



Traumatología Pediátrica



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza



Editor

Matías Sepúlveda Oviedo

Traumatología Pediátrica



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza



Editor

Matías Sepúlveda Oviedo
Universidad Austral de Chile
Hospital Base Valdivia, Chile

Traumatología Pediátrica

ISBN 978-956-414-308-8 (Impreso) ISBN 978-956-414-309-5 (Digital)

Copyright el “Editor” y los “Autores”, Santiago, Chile. 2023.

El Editor y los Autores cumplen con señalar explícitamente que las recomendaciones y la información contenida en este libro es considerada real y actualizada al momento de su publicación. Ni el Editor, ni los Autores entregan una garantía expresa ni implícita, en base al material contenido en este libro, ni por los errores u omisiones que se pueden haber cometido.

Las imágenes contenidas en el libro son de propiedad exclusiva de su Ilustrador, debiéndose solicitar su autorización directa para hacer uso de ellas.

Primera Edición, marzo 2023

PROYECTO



El presente libro ha sido desarrollado con apoyo de “Fondos para Publicación Científica 2021”, de la Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología, como proyecto del Comité de Ortopedia y Traumatología Infantil.

El libro es un proyecto incluido dentro del plan de trabajo de las directivas de los años 2021-2022-2023 del Comité de Traumatología Infantil de la Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología, con participación activa de miembros de éste en cada capítulo.

Directiva 2021

Pablo Schaufele M.
PRESIDENTE

Catalina Larraín B.
VICEPRESIDENTE

Matías Sepúlveda O.
SECRETARIO

Directiva 2022

Catalina Larraín B.
PRESIDENTE

Matías Sepúlveda O.
VICEPRESIDENTE

Alejandro Peña A.
SECRETARIO

Directiva 2023

Matías Sepúlveda O.
PRESIDENTE

Alejandro Peña A.
VICEPRESIDENTE

Cristian Artigas P.
SECRETARIO

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecemos a la Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología por el apoyo para la realización de este proyecto colaborativo educacional, logrado con esfuerzo.

Por mi parte, agradezco el tiempo y trabajo dedicado por cada uno de los autores de los distintos capítulos de este libro para lograr llevar a cabo la tarea. Sin duda este libro es el resultado de un trabajo en equipo comprometido, representante fiel del espíritu de la Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología Infantil (SCHOTI), comité de la Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología (SCHOT).

La inspiración de este libro surge de diversas conversaciones con el profesor Lyhn Staheli, recientemente fallecido, y Dalia Sepúlveda, mi mentora. La idea de un libro que oriente en forma sencilla al correcto diagnóstico del trauma musculoesquelético pediátrico, presentando opciones de tratamiento actualizadas y disponibles en nuestro medio, es fundamental para mejorar el acceso a una adecuada terapéutica, y debe estar al alcance de todos.

El libro es también un proyecto desarrollado por el equipo de Ortopedia y Traumatología del Instituto de Aparato Locomotor y de Rehabilitación de la Facultad de Medicina de la Universidad Austral de Chile, buscando ser el material de apoyo bibliográfico para el Curso Anual de Ortopedia y Traumatología. Este curso, realizado en la ciudad de Valdivia y dirigido a residentes de la especialidad de todo Chile, se ha desarrollado en forma continua desde el año 2010, y en el participan activamente como docentes varios de los autores de capítulos de este libro.

Finalmente, debo agradecer a mi familia. A mis padres por educarme y estimular a trabajar a diario por los ideales que tenemos, a mis hijos por permitirme dedicar el tiempo necesario a este y otros proyectos, y por supuesto a mi esposa, quien con su apoyo hace que estas labores sean posibles. Esto es sin mencionar los dibujos realizados por Estefanía, que apoyan varios capítulos, otra virtud en ella.

Matías F. Sepúlveda Oviedo
Valdivia, 2023

Contribuciones

Editor

Matías Sepúlveda Oviedo

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Magíster en Metodologías Clínica y Epidemiológicas para la Práctica Médica
Co-Director Capacitaciones en Ortopedia y Traumatología Infantil (COTI)
Profesor Auxiliar, Universidad Austral de Chile
Director Programa de Subespecialidad Médica en Ortopedia y Traumatología Pediátrica
Hospital Base, Valdivia, Chile
AO Trauma Intramedullary Nailing Expert Group
Past-Presidente Comité Cirugía Reconstructiva y Alargamiento Óseo de la Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología
Presidente Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología Infantil (SCHOTI)

Ilustraciones

Estefanía Birrer González

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Auxiliar, Universidad Austral de Chile.
Jefa de Unidad Ortopedia y Traumatología Pediátrica, Hospital Base, Valdivia, Chile
Past-President Ponseti International Association Chile (PIA-Chile)

María Silva Sazo

Ilustradora

Autores

Claudia Alday Inzunza

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología Infantil
Fellow Cirugía Artroscópica de Rodilla y Hombro
Profesor Asistente, Universidad de la Frontera
Jefe Unidad Quirúrgica Pediátrica, Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena, Temuco, Chile

Erika Arana Hernández

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Past-Presidente Ponseti International Association Latinoamérica
Hospital Civil de Guadalajara Fray Antonio Alcalde, Guadalajara, México

Alexandre Arkader

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow Ortopedia Pediátrica
Fellow Oncología Músculo-esquelética
Profesor Asociado, University of Pennsylvania
The Children's Hospital of Philadelphia, EE.UU.

Alejandro Baar Zimend

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Agregado, Universidad de Los Andes
Jefe Unidad Ortopedia Infantil, Clínica Universidad de Los Andes, Santiago, Chile
Past-President Comité Cirugía Reconstructiva y Alargamiento Óseo de la Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología

Javier Besomi Terrazas

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Asociado Adjunto, Universidad del Desarrollo
Jefe Unidad Ortopedia y Traumatología Infantil, Clínica Alemana, Santiago, Chile
Hospital Clínico San Borja Arriarán, Santiago, Chile

Cristian Artigas Preller

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow Ortopedia Pediátrica
Profesor Instructor Universidad de Chile
Profesor Instructor Universidad del Desarrollo
Hospital de Niños Dr. Roberto del Río, Santiago
Clínica Alemana, Santiago, Chile

Lenin Colmenares Ortiz

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Subespecialista en Cirugía Reconstructiva y Alargamiento Óseo
Profesor Adscrito, Universidad Católica del Maule
Hospital Regional, Talca, Chile

Estefanía Birrer González

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Auxiliar, Universidad Austral de Chile
Jefa de Unidad Ortopedia y Traumatología Pediátrica, Hospital Base, Valdivia, Chile
Past-President Ponseti International Association Chile (PIA-Chile)

Natalia Cifuentes Arriagada

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow Cirugía de Extremidad Superior
Hospital Clínico Herminda Martín, Chillán, Chile

Autores

Martín D'Elia Moreta

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Especialista en Ortopedia y Traumatología Pediátrica, Reconstrucción Ósea y Neurorropedia
Profesor, Universidad Nacional de Rosario
Jefe de Servicio de Ortopedia y Traumatología Pediátrica, Hospital de Niños Víctor J. Vilela, Rosario, Argentina

Gonzalo De La Fuente Santelices

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología Infantil
Jefe Unidad Ortopedia y Traumatología Infantil
Hospital Clínico San Borja Arriarán
Clínica Alemana, Santiago, Chile

Paulina De La Fuente Díaz

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow Ortopedia y Traumatología Infantil
Clínica Alemana, Santiago, Chile

Julio de Pablos Fernández

Médico Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología Infantil
Fellow Ortopedia Pediátrica
Profesor Asociado Universidad de Navarra
Hospital San Juan de Dios, Pamplona, España
Past President Sociedad Española de Ortopedia Pediátrica (SEOP)
Past Board Member European Pediatric Orthopedic Society (EPOS)

Pablo Echenique Díaz

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor instructor, Universidad Austral de Chile
Hospital Base, Valdivia, Chile
Mutual de Seguridad, Valdivia, Chile
Clínica Alemana, Valdivia, Chile

Maximiliano Espinosa Ipinza

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow Traumatología Infantil
Fellow Cirugía de Rodilla
Hospital Clínico San Borja Arriarán, Santiago, Chile
Clínica Alemana, Santiago, Chile

Florencia Espinoza Emhart

Médico Cirujano

María Jesús Figueroa Gatica

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow Ortopedia Infantil
Profesor Adjunto, Pontificia Universidad Católica de Chile
Hospital Dr. Sotero del Río, Santiago, Chile
Instituto de Rehabilitación Infantil TELETON, Santiago, Chile

Daniel Fodor Orellana

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Jefe de Servicio de Traumatología, Hospital de Villarrica, Villarrica, Chile
Presidente Comité Cirugía Reconstructiva y Alargamiento Óseo de la Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología

Mónica Foppiano Reyes

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología Infantil
Profesor Asistente, Universidad de la Frontera
Jefe de Servicio Ortopedia y Traumatología Infantil, Hospital Hernán Henríquez Aravena, Temuco, Chile

Pía Franz Ruiz

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow en Cirugía de Rodilla

Juan Fuenzalida Risopatrón

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Especialista en Ortopedia Oncológica
Profesor Instructor, Universidad de Santiago de Chile
Profesor Adscrito, Universidad de Los Andes
Hospital Dr. Luis Calvo Mackenna
Clínica Indisa, Santiago, Chile
Clínica Universidad de Los Andes, Santiago, Chile
Past-President Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología Infantil (SCHOTI)
Director y Secretario General Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología (SCHOT)

Humberto Galleano Ruiz

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología Infantil
Especialista en Ortopedia Oncológica.
Profesor, Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción
Hospital Central del Instituto de Previsión Social, Asunción, Paraguay

Jorge Gamboa Acencio

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Adjunto Universidad del Desarrollo
Hospital Clínico San Borja Arriarán
Clínica Alemana, Santiago, Chile

J. Eric Gordon

Médico Especialista en Cirugía Ortopédica
Profesor Washington University School of Medicine
St. Louis Children's Hospital for Children, St. Louis, Missouri, EE.UU.
Jefe del Centro Avanzado de Reconstrucción y Alargamiento de Extremidades, St. Louis Shriner's Hospital for Children, St. Louis, Missouri, EE.UU.

Autores

Daniel W. Green

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Master en Ciencias
Fellow American College of Surgeons
AO Trauma International Program Editor
Director Fellowship Cirugía Ortopédica Pediátrica del Hospital for Special Surgery
Profesor Clínico, Weill Cornell Medical College
Fundador División Pediátrica del Programa de Deporte del Hospital for Special Surgery
Director Clínica de Osteogénesis Imperfecta del Hospital for Special Surgery, Nueva York, EE.UU.

Alejandro Gündel Pinto

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Hospital Militar de Santiago, Chile
Clínica Dávila, Santiago, Chile

Hernán Guzmán Porras

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Past-President Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología Infantil (SCHOTI)
Past-President Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología (SCHOT)
Clínica Las Condes, Santiago, Chile

Juan Carlos Hernández Bueno

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Co-Director Capacitaciones en Ortopedia y Traumatología Infantil (COTI)
Profesor Asistente Adjunto, Universidad del Desarrollo
Encargado de Residentes Ortopedia y Traumatología, Hospital de Niños Dr. Roberto del Río, Santiago, Chile
Past-President Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología Infantil (SCHOTI)

Felipe Hodgson Ovalle

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Asistente, Pontificia Universidad Católica de Chile
Hospital Dr. Sótero del Río, Santiago, Chile

Angélica Ibáñez León

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Sub especialidad en Ortopedia Infantil
Profesor Asociado, Pontificia Universidad Católica de Chile
Directora Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología (SCHOT)

Fernando Inostroza

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Adjunto Universidad de la Frontera
Director Programa de Especialización Médica en Ortopedia y Traumatología Infantil
Hospital Hernán Henríquez Aravena, Temuco, Chile

Pedro Jorba Elguero

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Subespecialista en Ortopedia Pediátrica
Profesor Titular, Universidad Anahuac
AO Trauma Pediatric Education Taskforce
Hospital Pediátrico de Legaria, Ciudad de México, México

Catalina Larraín

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Clínica Las Condes, Santiago, Chile
Past-President Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología Infantil (SCHOTI)

Gino Martínez Soto

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow Neuroortopedia Infantil
Instituto TELETON, Santiago, Chile
Clínica Universidad de Los Andes, Santiago, Chile
Past-President Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología Infantil (SCHOTI)

Javier Masquijo

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow Ortopedia y Traumatología Infantil
Sanatorio Allende Córdoba, Argentina
Past-President Sociedad Argentina de Ortopedia y Traumatología Infantil (SAOTI)

Astrid Medina Canon

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología Infantil
Profesor Adjunta, Universidad Unisanitas
Profesor Adjunta, Universidad del Rosario
Profesor Adjunta, Universidad El Bosque
Clínica Pediatría Colsanitas, Bogotá, Colombia
Fundación Cardioinfantil, Bogotá, Colombia
Past-President Ponseti International Association Latinoamerica
Presidente Sociedad Colombiana de Ortopedia Infantil (SOCOIN)

Claudio Meneses Alvarado

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Especialista en Cirugía Pediátrica
Profesor Instructor, Universidad de Chile
Jefe de Servicio de Traumatología, Hospital Clínico San Borja Arriarán, Santiago

Laura Montes Medina

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Unidad de Ortopedia Infantil, Hospital Universitario Donostia, San Sebastián, España

Autores

Marco Morillo Armendáriz

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Jefe de Servicio Traumatología Hospital Clínico
Félix Bulnes Cerda, Santiago, Chile
Jefe Equipo Traumatología Infantil Clínica Vespucio, Santiago, Chile

Macarena Morovic Fuentes

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Subespecialista en Microcirugía
Fellow Extremidad Superior y Malformaciones
Profesor Instructor, Universidad Austral de Chile
Hospital Base, Valdivia, Chile
Clínica Alemana, Valdivia, Chile
Past-President Ponseti International Association
Chile (PIA-Chile)

Unni Narayanan

Médico Especialista en Ortopedia Pediátrica
Profesor Titular University of Toronto, Canadá
Director Fellowship de Ortopedia Pediátrica
Hospital for Sick Children, Toronto, Canadá

Cristián Olmedo

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Universidad del Desarrollo
Director Postítulo en Traumatología Infantil
Clínica Alemana, Santiago
Hospital Clínico San Borja Arriarán, Santiago
Hospital Padre Hurtado, Santiago

Consuelo Peirano

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Colaborador, Universidad de Concepción
Profesor Adjunto, Universidad Andres Bello
Hospital Regional Guillermo Grant Benavente,
Concepción, Chile
Instituto de Rehabilitación Infantil TELETON,
Concepción, Chile

María Elena Pérez Carrera

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor, Universidad de la República
Encargada Servicio de Ortopedia Pediátrico Centro
Hospitalario Pereira Rosell, Montevideo, Uruguay

Daniel Pineda Salgado

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Colaborador, Universidad de Concepción
Hospital Regional Guillermo Grant Benavente,
Concepción, Chile

Constanza Ramírez Mac-Lean

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow Ortopedia y Traumatología Infantil
Diplomado Medicina Deportiva y Actividad Física
Clínica MEDS, Santiago, Chile
Hospital Dr. Sótero del Río, Santiago, Chile

Rodrigo Rivera Sepúlveda

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Magíster en Administración y Finanzas en Salud
Magíster en Gestión Educacional
Jefe de Pabellón Central, Hospital Clínico Félix
Bulnes Cerda, Santiago, Chile
Clínica Vespucio, Santiago, Chile

Carlos Saavedra

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Asociado Universidad de Chile
Past-President Sociedad Chilena de Ortopedia y
Traumatología (SCHOT)
Past-President Sociedad Chilena de Ortopedia y
Traumatología Infantil (SCHOTI)
Socio Honorario Sociedad Latinoamericana de Ortopedia y Traumatología Infantil (SLAOTI)

Pablo Schaufele Muñoz

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Magíster en Educación Médica para las Ciencias
de la Salud
Diplomado en Infectología Pediátrica
Profesor Asistente, Universidad de Concepción
Hospital Regional Guillermo Grant Benavente,
Concepción, Chile
Past-President Sociedad Chilena de Ortopedia y
Traumatología Infantil (SCHOTI)

Dalia Sepúlveda Arriagada

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Co-Director Capacitaciones en Ortopedia y Traumatología Infantil (COTI)
Past-President Ponseti International Association
Latinoamerica
Past-President Ponseti International Association
Chile (PIA-Chile)
Past-President Sociedad Chilena de Ortopedia y
Traumatología Infantil (SCHOTI)
Past-President Sociedad Latinoamericana de Ortopedia y Traumatología Infantil (SLAOTI)

Matías Sepúlveda Oviedo

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Magíster en Metodologías Clínica y Epidemiológicas para la Práctica Médica
Co-Director Capacitaciones en Ortopedia y Traumatología Infantil (COTI)
Profesor Auxiliar, Universidad Austral de Chile
Director Programa de Subespecialidad Médica en Ortopedia y Traumatología Pediátrica
Hospital Base, Valdivia, Chile
Past-President Comité Cirugía Reconstructiva y Alargamiento Óseo de la Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología
Presidente Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología Infantil (SCHOTI)

Mauricio Silva

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Clínico, David Geffen School of Medicine at University of California at Los Angeles
Vicedirector Departamento de Cirugía Ortopédica, David Geffen School of Medicine at UCLA
Director Médico, Orthopaedic Institute for Children, Los Angeles, EE.UU.

Autores

Jamil F. Soni

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor Titular, Pontificia Universidad Católica del Paraná
Profesor Adjunto, Universidad Federal del Paraná
Past-President Sociedad Brasileira de Ortopedia y Pediatría (SBOP)
Past-President Sociedad Latinoamericana de Ortopedia y Traumatología Infantil (SLAOTI)

Julio Toledo Parra

Médico Especialista en Cirugía Infantil y Ortopedia
Profesor Instructor, Universidad de Concepción
Jefe de Unidad de Ortopedia Infantil, Hospital Guillermo Grant Benavente

María Jesús Tuca de Diego

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow Cirugía de Rodilla Adulto e Infante Juvenil
Profesora Adscrita, Pontificia Universidad Católica de Chile
Directora Programa Fellow de Rodilla Hospital Clínico Mutual de Seguridad, Santiago, Chile

Nicolás Valdivia Rojo

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Fellow Cirugía de Extremidad Superior
Past-President Ponseti International Association Chile (PIA-Chile)

Sergio Vial Sepúlveda

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Clínica Santa María, Santiago, Chile
Past-President Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología Infantil (SCHOTI)

Pablo Wagner Hitscheld

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Especialista en Salud Pública
Magíster en Gestión en Salud
Profesor Auxiliar, Universidad del Desarrollo
Profesor Auxiliar, Universidad de Los Andes
Clínica Alemana, Santiago, Chile
Hospital Militar de Santiago, Chile
Past-Presidente Comité Cirugía Reconstructiva y Alargamiento Óseo SCHOT

Rodrigo Yáñez Padilla

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Médico Especialista en Salud Pública
Master en Administración de Empresas con Especialización en Salud
Instructor Adjunto, Pontificia Universidad Católica de Chile
Jefe Unidad de Traumatología Infantil, Hospital Dr. Sótero del Río, Santiago, Chile

Rodrigo Zúñiga Aburto

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Magíster en Educación Universitaria en Ciencias de la Salud
Instructor Adjunto, Universidad de Chile
Clínica Alemana, Santiago, Chile
Hospital Clínico San Borja Arriarán, Santiago
Instituto de Rehabilitación Infantil TELETON, Santiago, Chile

Verónica Vilches Gálvez

Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología
Profesor, Universidad de Chile
Profesor Asistente, Adjunto Universidad del Desarrollo
Jefe Subdepartamento de Ortopedia y Traumatología, Hospital de Niños Dr. Roberto del Río, Santiago, Chile

INDICE DE CONTENIDOS

| | | | |
|-----------------------------|-----|---|----|
| <u>Proyecto</u> | V | <u>Generalidades del trauma pediátrico</u> | |
| <u>Reconocimientos</u> | VII | 1. Reparación ósea en el paciente pediátrico | 2 |
| <u>Contribuciones</u> | IX | 2. Lesiones del cartílago de crecimiento | 10 |
| <u>Índice de contenidos</u> | XIV | 3. Lesiones no accidentales | 22 |
| | | 4. Paciente pediátrico con lesiones múltiples | 30 |
| | | 5. Lesiones musculoesqueléticas por sobreuso | 38 |
| | | 6. Principios del tratamiento conservador | 48 |
| | | 7. Principios del tratamiento quirúrgico | 56 |

INDICE DE CONTENIDOS

Lesiones de extremidad superior

| | |
|--|-----|
| 8. Fractura de clavícula | 70 |
| 9. Fractura de húmero proximal | 78 |
| 10. Fractura diafisaria de húmero | 84 |
| 11. Fractura de cóndilo humeral | 90 |
| 12. Fractura de epitroclea | 102 |
| 13. Fractura supracondílea de húmero | 112 |
| 14. Lesión de Monteggia | 122 |
| 15. Fractura diafisaria de radio y de cúbito | 130 |
| 16. Fractura de radio distal | 140 |
| 17. Lesiones traumáticas de falanges | 150 |
| 18. Lesiones de punta de los dedos | 158 |

Lesiones de extremidad inferior

| | |
|--|-----|
| 19. Fracturas de pelvis | 170 |
| 20. Fracturas de cadera | 178 |
| 21. Fractura diafisaria de fémur | 186 |
| 22. Fractura de fémur distal | 194 |
| 23. Fractura de espina tibial | 202 |
| 24. Lesiones ligamentarias y meniscales | 212 |
| 25. Fracturas de tuberosidad anterior de tibia | 222 |
| 26. Fracturas de tibia proximal | 228 |
| 27. Fractura diafisaria de tibia | 236 |
| 28. Fracturas de tobillo | 246 |
| 29. Fracturas transicionales de tibia distal | 254 |
| 30. Lesiones traumáticas de pie | 262 |

GENERALIDADES DEL TRAUMA PEDIATRICO



CAPITULO 1 - Biología de la Reparación Ósea en el Paciente Pediátrico

María Elena Pérez

Sergio Vial

1. Biología de la reparación ósea en el paciente pediátrico

Para comprender el proceso de reparación y remodelación del tejido óseo tras una lesión fracturaria en pacientes pediátricos, es fundamental comprender la estructura del órgano denominado “hueso”, con las características propias del esqueleto inmaduro en desarrollo. Ya desde el siglo XVII se encuentran los trabajos desarrollados por Clopton Havers¹, quien realizó la descripción de los canales óseos que llevan su nombre. El hueso se compone de material orgánico (proteínas colágenas y no colágenas), y una fase o matriz mineral (compuesta de calcio y fósforo en su mayor parte). No es una estructura inerte, sino más bien es un tejido vivo, complejo, con múltiples funciones que se realizan en forma constante, principalmente a través de sus tres tipos celulares: osteocito, osteoblasto y osteoclasto. El hueso responde a fuerzas externas (la carga del esqueleto) y a señales locales y sistémicas (citoquinas, factores de crecimiento y diferentes hormonas: estrógenos, andrógenos, hormona paratiroidea, Vitamina D 3, entre otras). Además, se encuentra en constante comunicación con las células del sistema inmunológico y hematopoyético.

1.1 Estructura del tejido óseo

El tejido óseo es una estructura compleja, con variadas funciones y propiedades biomecánicas. El hueso es un material duro, resistente y durable, que puede soportar alta carga de peso e impacto, y responde dinámicamente a los desafíos mecánicos. Se repara y reemplaza a sí mismo durante toda la vida, y sirve como reservorio de iones (calcio, fósforo) que se movilizan a demanda de lo que requiera el cuerpo^{2,3}.

El tejido óseo está organizado como un mosaico de unidades conectadas, cuya base son los osteones que forman los Sistemas de Havers. Estas unidades, se aponen libremente como hueso trabecular esponjoso o densamente como hueso cortical compacto. Se adhieren entre sí por líneas de cemento que tiene componentes orgánicos e inorgánicos, lo que les asegura la unión molecular, manteniéndola durante la remodelación ósea, mientras el hueso se reabsorbe y va formando nuevo tejido óseo. Estos “equipos celulares”, responsables de la alternancia de los ciclos de resorción y formación ósea, se llaman Unidades Metabólicas / Multicelulares Óseas (UMB), y están compuestas de osteocitos, osteoblastos y osteoclastos. Este mecanismo fisiológico es lo que se conoce como “Recambio óseo” (Figura 1)^{4,5}.

Tanto el tejido óseo como la médula ósea son ricos en células pluripotenciales indiferenciadas (denominadas STEM cells), las cuales pueden dar origen a 5 estirpes celulares: osteoblastos, condroblastos, adipocitos, fibroblastos y mioblastos. La generación de uno u otro tipo celular dependerá de la activación de diferentes genes. Dentro de los procesos reconocidos involucrados en la diferenciación hacia la estir-

pe osteogénica se encuentran aquellos controlados por genes de la familia Hedgehog 3, factores de transcripción del Core (Cbfa1 o Runx2) y proteínas morfogenéticas óseas (BMPs). El colágeno I y la Osteopontina se expresan tempranamente en las células osteoprogenitoras⁶⁻⁸.

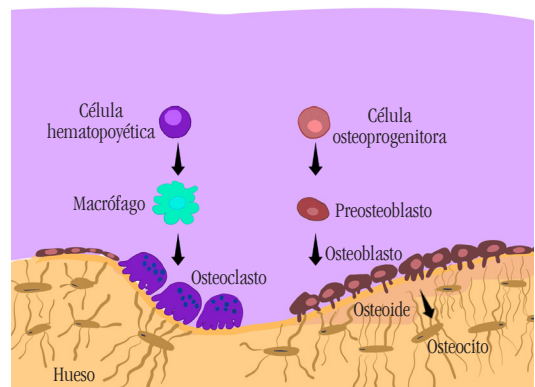


Figura 1. La homeostasis ósea se logra a través de la actividad de células de línea osteoclástica (resorción ósea) y de línea osteoblástica (secreción de hidroxiapatita y calcio, mineralización y formación de osteocitos).

La vía de Hedgehog es primordial en la organogénesis y el modelado de estructuras embrionarias, en especial en el eje caudo-cefálico y en el tubo neural. Las Hedgehog son una familia de proteínas que participan en el complejo e intrincado sistema de señalización intercelular. Se ha determinado también su importancia en algunos tumores y en el mantenimiento y regulación de células madres en algunos tejidos. Hay tres genes de la familia Hedgehog: Sonic Hedgehog (Shh), Indian Hedgehog (Ihh) y Desert Hedgehog (Dhh) los cuales son homólogos del gen Hh de *Drosophila* (la mosca de la fruta) que fue el primero en ser identificado.

Shh juega un rol fundamental en el desarrollo de las extremidades, controlando por ejemplo el número e identidad de los dedos en las cuatro extremidades^{9,10}.

Los osteoclastos son células grandes, multinucleadas que nacen de células madre hematopoyéticas medulares, denominadas Unidades Formadoras de Colonias de Granulocitos y Macrófagos (CFU-GM). La regulación de la formación de osteoclastos se basa en 3 moléculas claves: Osteoprotegerina (OPG), que es sintetizada por osteoblastos y pre-osteoblastos; RANKL, que es una molécula coestimulante de la vía de activación celular de precursores de osteoclastos y de los factores de transcripción de la cascada osteoclastogénica; y el RANK, que es el receptor del RANKL que se encuentra en la membrana de osteoclastos y pre-osteoclastos¹¹. El osteoclasto es la célula encargada de mantener la homeostasis ósea, realiza una osteolisis osteocítica para regular la calcemia, sintetizando y reabsorbiendo en forma limitada ciertos componentes de la matriz ósea. La forma activa de los osteoclastos se ubica en las lagunas de Howship, adosadas a la superficie del tejido óseo que debe ser removido. Tienen un borde dentado con proyecciones citoplasmáticas por las cuales se adhiere a los bordes de la cavidad. Secreta protones y enzimas osteolíticas (colagenasas, gelatinasas, catepsinas K y metaloproteínas de matriz [MMP-9]) para lograr la reabsorción de la superficie mineralizada del hueso (Figura 2).

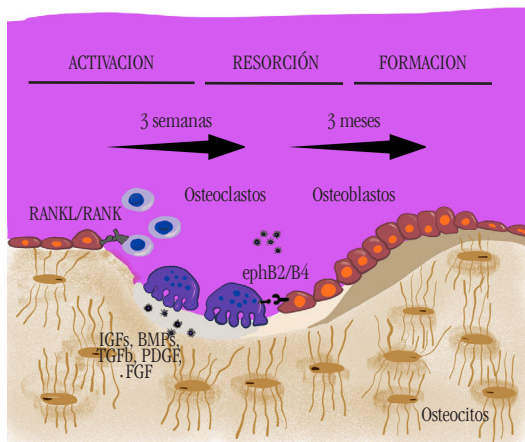


Figura 2. Esquema de las tres fases del proceso de remodelación ósea.

Los osteoblastos son células grandes, con gran retículo endoplásmico rugoso, que derivan de las células mesenquimales pluripotenciales. Sintetizan matriz orgánica o sustancia osteoide y presentan fosfatasa alcalina y pirofosfatasa, que permiten la mineralización rápida. Producen vesículas de matriz con acumulación de iones calcio y fósforo. Dirigen la

disposición de las fibras de la matriz extracelular y median en la reabsorción que realizan los osteoclastos a través de síntesis de citoquinas específicas. También sintetizan factores de crecimiento y el Colágeno tipo I, una proteína fibrilar de matriz extracelular, que determina la fuerza tensil del hueso. Ese colágeno tipo I no solo está en el hueso, sino también en ligamentos, tendones y piel. También secreta la Osteocalcina (OCN), que es una proteína no colágena que tiene una expresión específica para el hueso, la cual tiene ácidos glutámicos en su composición, que llevan a la formación de hidroxiapatita, componente inorgánico de la matriz extracelular.

La evolución o etapas de maduración del osteoblasto son: Osteoblasto inmaduro o pre-osteoblasto, Osteoblasto maduro, Osteocito osteoide, Osteocito precoz, Osteocito maduro, Osteoblasto diferenciado. Existe un “gen de control Master” necesario para la diferenciación del osteoblasto que se llama factor Runx2 de transcripción (Cbfa1, Osf2, Pebp2a1 o Am13). La ausencia de este factor (estudiado en ratones) lleva a la completa ausencia de formación ósea². El pasaje de Osteoblasto a Osteocito rodeado de matriz ósea, se realiza en un 15%, o puede permanecer en la superficie del tejido óseo recién formado, constituyendo las células planas de revestimiento óseo.

El osteocito es la etapa de diferenciación más madura del osteoblasto, cuando el mismo se rodea de matriz extracelular de hueso, en pequeños túneles llamados “canaliculi” que conectan todo el largo del hueso. La función principal del osteocito es distribuir el sentido y la cantidad de tensión mecánica que se aplica al hueso, por eso su ubicación dentro de la matriz extracelular ósea, que soporta la carga del mismo. Es evidente su acción en pacientes añosos o con tratamiento con glucocorticoides, donde la pérdida de osteocitos causa microdaño, pudiendo provocar fracturas por compresión. Por eso es tan importante mantener la integridad de la “red osteocítica”. Otra función importante de los osteocitos es la regulación de la homeostasis mineral, regulando la disponibilidad de calcio, sobre todo en condiciones normales, como la lactancia. También regula la homeostasis del fósforo.

La matriz ósea orgánica^{3,12} está compuesta por proteínas colágenas (90%) y proteínas no colágenas, proteoglicanos y lípidos (10%). También encontramos proteínas plasmáticas, algunas con gran afinidad por la matriz ósea, como la alfa2-HS glicoproteína (Fetuin A).

Las proteínas colágenas más importantes son: a. Colágeno tipo I, proteína más abundante en el tejido óseo, que también está presente en ligamentos, tendones, meniscos, periostio y

pericondrio, entre otros. Es un colágeno fibrilar que contiene una triple hélix, la que otorga una fuerza tensil alta, importante para la función ósea y de otros tejidos. Es fundamental la expresión coordinada de los genes COL1A1 y COL1A2 para asegurar el correcto ensamblaje de los diferentes tipos de cadenas de colágeno; b. Colágeno tipo V, que representa menos del 5% del colágeno total y; c. Colágeno tipo III. En la molécula de colágeno se identifica la secuencia Arg-Gly-Asp (RGD), que actúa con las integrinas de superficie de las células óseas y contiene los aminoácidos hidroxilisina e hidroxiprolina. Este último aminoácido es un marcador específico de fenotipos de colágeno y aumenta su excreción urinaria cuando aumenta la tasa de reabsorción ósea, como en la Osteogénesis imperfecta.

Las proteínas no colágenas a nombrar son: a. proteoglicanos intersticiales (10% de las proteínas no colágenas), ricos en Leucina, de los que se describen 4 tipos (Hialuronano, Condroitín Sulfato, Biglicano y Decorina), e intervienen en las fases iniciales de morfogénesis ósea y en las finales de formación; b. Fibromodulina y pequeños proteoglicanos relacionados; c. Trombospondinas; d. Osteonectina, proteína no colágena más abundante en la matriz ósea mineralizada; e. Fosfatasa Alcalina, glicoproteína que libera fosfato inorgánico a partir de éteres fosfóricos y es necesaria para la mineralización; f. Osteocalcina; g. Glicoproteínas ligadas a la Integrina; h. Sialoproteínas óseas; i. Fosfoproteínas de matriz dental; j. Osteopontina, glicoproteína fosfoproteína 1, que actúa como puente óseo entre las células óseas y la hidroxapatita; k. Proteínas plasmáticas, Albumina y alfa2-SH-glicoproteína; y l. Factores de crecimiento, polipéptidos que intervienen en la diferenciación, crecimiento y proliferación de las células.

La matriz ósea mineralizada representa el 65% del peso total óseo. El principal mineral cristalizado del cuerpo es la Hidroxapatita $-Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ - formado por calcio, fosfato y carbonato (en proporción 10:6:1), y en menor medida magnesio, sodio, potasio, manganeso y flúor.

Las proteínas de la matriz orgánica que tienen capacidad adhesiva, favorecen la mineralización, mientras que los proteoglicanos y pirofosfato inhiben la mineralización. La mineralización de la matriz extracelular ósea ocurre como el resultado de factores sistémicos circulantes que regulan la homeostasis de iones minerales en sangre, fluidos de plasma y tejido óseo junto con factores locales que actúan en la interfaz orgánico-inorgánica^{1,3,12}.

1.2 Proceso de osificación

En los vertebrados modernos, los vestigios del exo-esqueleto (cráneo y caja torácica), aunque se han integrado completamente con los del endo-esqueleto, todavía se forman de manera diferente en la embriogénesis. Estos huesos se forman por diferenciación directa de las células mesenquimáticas en osteoblastos (Figura 3) a través de lo que llamamos "Osificación Intramembranosa." Por otra parte, los huesos derivados del primitivo endo-esqueleto se desarrollan primero en moldes de cartílago, el que es luego reemplazado por hueso mediante la "Osificación endocondral"¹³.

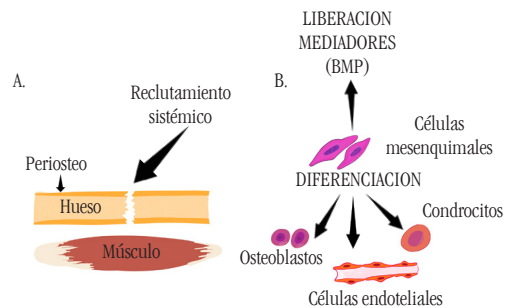


Figura 3. A. Origen de células mesenquimales en el proceso de reparación de una fractura. B. Actividad de las células mesenquimales en el foco de fractura.

Osificación intramembranosa

El inicio de la génesis del esqueleto comienza con la migración de células mesenquimales a los sitios de formación de los huesos futuros, lo que ocurre hacia el final del segundo mes de gestación. Estas células mesenquimales se diferencian en osteoblastos maduros, los que producen matriz extracelular, rica en colágeno I. Esta diferenciación ocurre en algunas zonas dentro del hueso intramembranoso, lo que se denomina "centros de osificación". El inicio de esta aglomeración es avascular, pero luego la diferenciación de los osteoblastos y la mineralización está íntimamente relacionada con la invasión de vasos sanguíneos. Por lo tanto el primer hueso formado en el embrión humano es de tipo inmaduro, con alta celularidad, y orientación desordenada de las fibras de colágeno. Al momento del nacimiento, este hueso es reemplazado por hueso laminar maduro, con capas de fibras de colágeno orientadas en forma uniforme^{14,15}.

Osificación endocondral

Este es un proceso más complejo, desencadenado por la proliferación de condrocitos en el centro del molde cartilaginoso, dando un estado hipertrófico no proliferativo que secretan una matriz de cartilago con presencia de colágeno tipo II, IX y XI y proteoglicanos. Esta condensación inicial se realiza en un ambiente avascular. La maduración sincrónica y la organización columnar de los condrocitos dan como resultado una característica histológica estructural conocida como placa de crecimiento o fisis. En la periferia de esta condensación las células se aplanan y forman una fina membrana llamada “pericondrio”, lo que separa al cartilago del mesénquima circundante. Se ha establecido que estas células tienen un potencial condrogénico que ayuda al crecimiento radial por aposición. La delgada capa que cubre el hueso recién formado se denomina periostio y es el que suministra osteoblastos, los que producen la matriz ósea de la diáfisis¹⁶.

1.3 Cartílago de crecimiento

La fisis, placa fisaria o cartilago de crecimiento, es un órgano único en la economía y que solo existe durante la etapa de crecimiento del ser humano. Se encuentra entre la metáfisis y la epífisis de los huesos largos. Su función es generar tejido óseo, otorgando crecimiento en longitud. Tiene diferentes capas, que desde la epífisis hacia la metáfisis son: zona de reposo, zona proliferativa, zona hipertrófica y zona de calcificación^{17,18}.

Las células pequeñas y relativamente inactivas están ubicadas en la zona de reserva, cerca del centro de osificación secundario, mientras que los condrocitos proliferantes están presentes en la zona proliferativa adyacente. Estas células experimentan expansión clonal y se alinean en columnas paralelas a la dirección de crecimiento longitudinal. A medida que las células entran en la zona hipertrófica, dejan de proliferar y pueden sufrir apoptosis¹⁹.

La placa fisaria es un sector mecánicamente más débil que el resto del complejo osteo-articular, por lo cual es una zona propensa a lesiones, refiriéndose una menor resistencia que el tejido ligamentario, habitual de dañarse con esguinces o luxaciones en el adulto. Siempre es importante, si existe un antecedente traumático directo o indirecto en las extremidades y si en la clínica el dolor es a nivel óseo, descartar que tenga una lesión fisaria y tratarla en consecuencia²⁰⁻²⁶.

1.4 Reparación ósea

El tejido óseo es uno de los pocos dentro de los vertebrados que se repara con su mismo tejido y no con tejido conectivo. La reparación ósea puede ser de dos formas: primaria (o directa o cortical) y secundaria (o indirecta). La primera requiere de una fijación rígida del foco de fractura, siendo un proceso creado por el humano en forma quirúrgica, por lo que es la menos frecuente de presentarse en pacientes pediátricos²⁷.

La reparación secundaria es la más frecuente (Figura 4). A toda edad presenta patrones moleculares y celulares similares a la formación ósea en el esqueleto embrionario, con la condensación de células mesenquimáticas en osificación endocondral. Este proceso consta de cinco etapas^{27,28}:

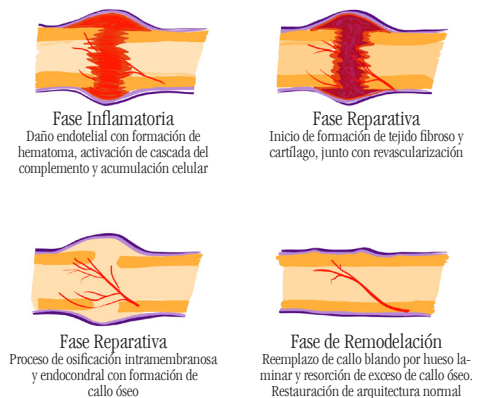


Figura 4. Fases de la reparación secundaria en el tejido óseo.

Fase inflamatoria

Formación del hematoma fracturario, proveniente de la lesión del hueso, periostio y tejidos blandos adyacentes. Se inicia inmediatamente producida la fractura, alcanza su máximo a las 48 horas y desapareciendo a los 7 días. Se activan las Células Nicho circundantes a la línea de fractura. Éstas regulan la respuesta de las células madre mesenquimáticas, promoviendo su diferenciación, al encontrar un daño en el tejido óseo. Se activan linfocitos, polimorfonucleares y macrófagos, los que liberan citoquinas para estimular la angiogénesis. El hematoma en el foco fracturario y bajo el periostio impide un mayor sangramiento y facilita la acumulación celular. Los osteocitos cercanos al rasgo de fractura mueren, lo que resulta en una necrosis ósea, con hipoxia y descenso del pH⁴.

Fase reparativa con osificación intramembranosa

Va desde los primeros días, hasta la segunda semana posterior a la fractura. Aparece una matriz cartilaginosa en el hematoma fracturario. Se inicia la actividad de los osteoblastos por fuera del tejido óseo, formando el callo blando. Se activan los macrófagos residentes del periostio y endostio.

Fase reparativa con condrogénesis

Fuera del callo óseo, células indiferenciadas y mesenquimáticas forman una matriz avascular de tejido fibroso, el que luego será reemplazado por tejido cartilaginoso⁵. Macrófagos son reclutados para remover el tejido necrótico y fibroblastos para expresar matriz extracelular. Estas células liberan factores de crecimiento y citoquinas, se reclutan células madre mesenquimáticas desde la médula ósea y el periostio, las que luego se diferencian a células osteoprogenitoras.

Fase reparativa (Osificación endocondral)

Luego de la segunda semana, el tejido cartilaginoso formado inicia una osificación endocondral. Condrocitos hipertróficos degradan glicosaminoglicanos y osteoblastos inician la calcificación de la matriz. El Periostio entrega una estabilidad intrínseca, ayudando a la calcificación del callo blando para una mayor estabilidad. Capilares del tejido óseo invaden el cartílago calcificado y los osteoblastos forman tejido óseo en el callo para conectar los bordes de la fractura. Se engrosa el periostio y se inicia la formación del callo óseo alrededor del rasgo de fractura. Las células osteoprogenitoras que están cerca de tejido óseo sano se diferencian a osteoblastos, produciendo matriz ósea, que posteriormente se calcifica a hueso. Las células que están más lejos, y en consecuencia tienen menos aporte de oxígeno, se diferencian a condroblastos para formar cartílago. Al mismo tiempo se induce la angiogénesis para que este tejido cartilaginoso se osifique endocondralmente, al ser invadido por osteoclastos y células osteoprogenitoras. Todo este proceso tiene gran semejanza con el desarrollo óseo en el período embrionario⁵. Las células endoteliales de estos nuevos vasos interactúan con las células osteoprogenitoras para facilitar la diferenciación de éstas a osteoblastos⁴.

Fase de remodelación

El callo óseo es reemplazado por hueso laminar siguiendo las cargas mecánicas a las que es expuesto. Finalmente se logra un hueso cortical y médula ósea similares al previo de la fractura.

Mucho menos frecuente es la reparación ósea primaria. Las fracturas en niños son tratadas habitualmente con métodos de estabilización relativa, pero ocasionalmente hay casos que se manejan con una fijación rígida del foco de fractura²⁷. La característica principal de este tipo de reparación es la ausencia de callo óseo. En este caso los bordes del rasgo de fractura están en contacto directo y sin movilidad. En esta situación se activan las BMU (Bone Multicellular Units o unidades multicelulares óseas). La BMU consiste en osteoblastos, osteocitos y osteoblastos. Los osteoclastos de un borde llegan al otro permitiendo la penetración de capilares y así nuevos sistemas haversianos al traer células endoteliales y osteoprogenitoras.

1.5 Factores que afectan la consolidación

La inmovilización del foco de fractura es un factor crítico para su adecuada reparación. El movimiento excesivo puede retrasar el proceso de consolidación, pero la estabilidad absoluta tampoco es beneficiosa. Se requiere de micromovilidad para lograr una reparación adecuada. Si existe mucha movilidad se producirá mayor cantidad de callo cartilaginoso debido a una mayor maduración de los condrocitos en la etapa 4 de la reparación ósea y además se alterará la formación de puentes vasculares. La micromovilidad del foco estimula la proliferación de células madre mesenquimáticas. La estabilidad absoluta, en contraparte, resulta en una reparación endóstica más débil⁶.

Múltiples factores de crecimiento se expresan en diferentes fases de la reparación ósea. Estas son proteínas secretadas por células para actuar sobre otras células y realizar una acción específica. Se han descubierto múltiples acciones realizadas por los factores de crecimiento: reclutamiento de células madre mesenquimáticas desde tejidos adyacentes al foco de fractura, proliferación de éstas y su diferenciación a condrocitos y osteoblastos y la invasión de vasos sanguíneos⁶. Son varios factores de crecimiento que participan en este proceso, pero los principales son Transforming Growth Factor beta (TGF-beta) Proteína morfogenética ósea (BMP), Factor de crecimiento de fibroblastos (FGF), Insulin like growth factor (IGF) y el Factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF)⁷.

La Terapia Celular también puede estimular la reparación ósea. Células osteoprogenitoras, ya sea en combinación o no con matriz mineral y/o citoquinas, podrían ser aplicadas en el defecto óseo y estimular la formación de hueso⁸. Los estudios actuales muestran que las células madre mesenquimáticas de la médula ósea tienen un gran potencial osteogénico y se pueden obtener fácilmente desde la cresta ilíaca. Luego se concentran y pueden ser combinadas con una matriz osteoconductiva para ser implantadas²⁹. También pueden ser cultivadas *in vitro* para obtener un mayor número de células. Obviamente la terapia celular sería un coadyuvante para la reparación ósea, siendo factores más importantes la ubicación de la fractura, edad del paciente, estado de las partes blandas, vascularización de la zona y la estabilidad del foco.

Osteogénesis por distracción

La osteogénesis por distracción tiene muchas similitudes con la reparación ósea. Esta consta de 3 fases³⁰:

Fase de latencia: muy similar a la fase inflamatoria de la reparación ósea. En vez de una fractura aquí es la osteotomía la que gatilla el proceso. La respuesta inflamatoria libera citoquinas, y se reclutan y proliferan las células madre mesenquimáticas, las que producen factores de crecimiento. Aparece el hematoma fracturario.

Fase de distracción: aquí se amplía el espacio donde se formó el hematoma fracturario alterando la expresión de los factores de crecimiento, los que aumentan en cantidad y variedad. También cambia la composición del colágeno, pasando de una mezcla de colágeno tipo I y tipo II, a predominar el tipo I. Se inicia la calcificación de la matriz ósea. La Hormona Paratiroidea (PTH) ayuda a la mineralización de la matriz junto con la disponibilidad de Vitamina D y calcio. Esta fase es muy similar a la de osificación intramembranosa de la reparación ósea.

Fase de consolidación: Esta fase es idéntica a la fase de remodelación. Al finalizar la distracción ósea, el hueso neoformado presenta una zona central no mineralizada con tejido que inicia su mineralización alrededor. Hay zonas periféricas con tejido óseo mineralizado que inician el proceso de remodelación. Empieza a disminuir la presencia de factores de crecimiento.

El uso de injertos óseos en niños con patología traumática es poco frecuente. En patología ortopédica suele ser más utilizado aunque considerablemente menos que en adultos. Las complicaciones del sitio dador suelen ser la principal razón para evitar su uso. En la cresta ilíaca cerca de un 25% de los pacien-

tes presenta dolor a largo plazo, además de hasta un 15% con algún grado de déficit funcional. A mayor volumen de toma de injerto, mayor es el índice de complicaciones³¹. La suplementación del auto injerto con aloinjerto es igual de efectiva que el uso de autoinjerto exclusivo. El autoinjerto óseo tiene función Osteogénica (estimula la formación de tejido óseo por las células de éste), Osteoinductiva (estimula la diferenciación de células madre mesenquimáticas a Cndroblastos y Osteoblastos) y Osteoconductiva (el proceso en que el tejido receptor ordena la estimulación de las células madre mesenquimáticas, desarrollo vascular y estructura de la matriz del tejido injertado). El aloinjerto no tiene propiedades Osteogénicas aunque sí Osteoconductivas y Osteoinductivas³².

1.6 Mensaje final

Una adecuada comprensión de los procesos de osteogénesis y reparación ósea es vital para planificar el tratamiento de una fractura. La elección de un tratamiento con una inmovilización externa otorgando micromovilidad al rasgo de fractura o privilegiar una reducción y osteosíntesis con reparación ósea primaria o secundaria no es azarosa sino que basada en sólidos fundamentos de la biología ósea.

En nuestra práctica habitual la mayoría de nuestros tratamientos serán de inmovilización con yeso para inducir una reparación secundaria. Es ésta la que debemos conocer a cabalidad, para su correcta indicación, colocación de inmovilizaciones y los tiempos de su uso.

1.8 Referencias

1. Trueta J. Osteogénesis. In Trueta J. La estructura del cuerpo humano. Barcelona: Labor S.A.; 1975. p. 3-14.
2. Jähn K, Bonewald LF. Bone Cell Biology: Osteoclasts, Osteoblasts, Osteocytes.. In Glorieux FH, Pettifor JM, Juppner H. Pediatric Bone. Biology and Diseases.: Elsevier ; 2012. p. 1-6.
3. Fernández-Tresguerres I, Gracia MAA, Pingarrón MdC, Jerez LB. Bases Fisiológicas de la Regeneración ósea I. Histología y fisiología del tejido óseo. Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal. 2006 Nov;(E47-51).
4. Salhotra A, Shah HN, Levi B, Longaker MT. Mechanisms of bone development and repair. Nat Rev Mol Cell Biol. 2020;21(11):696-711. doi:10.1038/s41580-020-00279-w

5. Miclau T, Schneider R, Frank Eames B, Helms J. Common Molecular Mechanisms Regulating Fetal Bone Formation and Adult Fracture Repair. In Lieberman J, Friedlaender G. Bone Regeneration and Repair.: Humana Press; 2005. <https://doi.org/10.1385/1-59259-863-3:045>
6. Kwong FN, Harris MB. Recent developments in the biology of fracture repair. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16(11):619-625. doi:10.5435/00124635-200811000-00001
7. Lieberman JR, Daluiski A, Einhorn TA. The role of growth factors in the repair of bone. Biology and clinical applications. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(6):1032-1044. doi:10.2106/00004623-200206000-00022
8. Rosset P, Deschaseaux F, Layrolle P. Cell therapy for bone repair. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014;100(1 Suppl):S107-S112. doi:10.1016/j.otsr.2013.11.010
9. Azurmendi P. Regulación de la organogénesis por la vía Hedgehog [Organogenesis regulation by Hedgehog signaling pathway]. *Medicina (B Aires).* 2016;76(4):258-260.
10. Ros Lasiera, M. La vía de Hedgehog: Embriogénesis y enfermedad. Redes de señalización y estrategias terapéuticas. Año 2009. SIBN 978-84-934430-9-2, pags. 161-183.
11. Muñoz-Torres M, López-Frías MdH, García DF. Avances en el conocimiento de la biología del osteoclasto: el sistema osteoprotegerina-ligando del RANK. *Medicina Clínica (Barcelona).* 2004; 122(2): p. 75-77.
12. McKee MD, Cole WG. Bone Matrix and Mineralization. In Glorieux F, Pettifor J, Juppner H. *Pediatric Bone. Biology and Diseases.*: Elsevier; 2011. p. 9-48.
13. Gómez JG. El proceso de la remodelación ósea. *Ortho-tips.* 2008; 4(3): p. 170-176.
14. Berendsen AD, Olsen BR. Bone development. *Bone.* 2015;80:14-18. doi:10.1016/j.bone.2015.04.035
15. Long F. Prenatal Bone Development. In Glorieux F, Pettifor J, Juppner H. *Pediatric Bone. Biology and Diseases.*: Elsevier; 2011. p. 39-48.
16. Fernández-Tresguerres I, Alobera MA, Canto Md, Jerez LB. Bases Fisiológicas de la regeneración ósea II. El proceso de remodelado. *Medicina oral. Patología Oral y Cirugía Bucal.* 2006; 11(E): p. 151-157.
17. Maes C, Kronenberg HM. Postnatal Bone Growth: Growth Plate Biology, Bone Formation and Remodeling. In Glorieux F, Pettifor J, Juppner H. *Pediatric Bone. Biology and Diseases.*: Elsevier; 2011. p. 55-77.
18. Brian JM, Choi DH, Moore MM. The primary Physis. *Seminars in Musculoskeletal Radiology.* 2018; 22(1): p. 95-103.
19. Hosseinzadeh P, Milbrandt T. The normal and fractured physis: an anatomic and physiologic overview. *J Pediatr Orthop B.* 2016;25(4):385-392. doi:10.1097/BPB.0000000000000245
20. Cepela DJ, Tartaglione JP, Dooley TP, Patel PN. Classifications In Brief: Salter-Harris Classification of Pediatric Physeal Fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2016;474(11):2531-2537. doi:10.1007/s11999-016-4891-3
21. Woo SL, Ohland KJ, Weiss JA. Aging and sex-related changes in the biomechanical properties of the rabbit medial collateral ligament. *Mech Ageing Dev.* 1990;56(2):129-142. doi:10.1016/0047-6374(90)90004-y.
22. Woo SL, Orlando CA, Gomez MA, Frank CB, Akeson WH. Tensile properties of the medial collateral ligament as a function of age. *J Orthop Res.* 1986;4(2):133-141. doi:10.1002/jor.1100040201
23. Martin RB, Burr DB. *Skeletal Tissue Mechanics.* Third. *Angewandte Chemie International Edition,* 6(11), 951-952. 1998.
24. Agashe V, Naik N. *Biomechanics and Biomaterials in Orthopedics.* Textbook of Orthopedics and Trauma (4 Volumes). 2016. 725-725 p.
25. Martin RB, Burr DB, Sharkey NA, Fyhrie DP. *Skeletal Biology. Skeletal Tissue Mechanics.* 2015. 35-93 p.
26. Bright RW, Burstein AH, Elmore SM. Epiphyseal-plate cartilage. A biomechanical and histological analysis of failure modes. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56(4):688-703.
27. Sfeir C, Ho L, Doll B, Azari K, Hollinger J. Fracture Repair. In Lieberman J, Friedlaender G. *Bone Regeneration and Repair.*: Humana Press; 2005. <https://doi.org/10.1385/1-59259-863-3:021>
28. Hing KA. Bone repair in the twenty-first century: biology, chemistry or engineering?. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 2004;362(1825):2821-2850. doi:10.1098/rsta.2004.146629-
29. Hernigou P, Mathieu G, Poinard A, Manicom O, Beaujean F, Rouard H. Percutaneous autologous bone-marrow grafting for nonunions. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88 Suppl 1 Pt 2:322-327. doi:10.2106/JBJS.F.00203
30. Hvid I, Horn J, Huhnstock S, Steen H. The biology of bone lengthening. *J Child Orthop.* 2016;10(6):487-492. doi:10.1007/s11832-016-0780-2
31. Betz RR, Lavelle WF, Samdani AF. Bone grafting options in children. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(17):1648-1654. doi:10.1097/BRS.0b013e3181ce8f4b
32. Khan SN, Cammisa FP Jr, Sandhu HS, Diwan AD, Girardi FP, Lane JM. The biology of bone grafting. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13(1):77-86.



CAPITULO 2 - Lesiones Traumáticas del Cartílago de Crecimiento

Estefanía Birrer
Benjamín Cancino
Julio de Pablos

2. Lesiones traumáticas del cartílago de crecimiento

La palabra fisis o “physis” proviene del griego, y se traduce como “crecer”, “brotar”, o “el que da origen”. También se denomina cartílago de crecimiento. Su función primordial es el crecimiento longitudinal de los huesos largos, y por ello puede considerarse un órgano como tal. La presencia de esta estructura hace la real diferencia entre el esqueleto infantil y el esqueleto adulto, siendo sus lesiones características de la infancia¹.

Las lesiones fisarias tienen dos características que debemos tener presentes. La primera es la gravedad de las secuelas que pueden quedar, incluso tras un tratamiento correcto. La segunda característica es su alta frecuencia en la edad pediátrica. Según Rang² llegan a ser una tercera parte de las lesiones en el esqueleto infantil.

La fisis es el “lugar de menor resistencia” (“locus minoris resistentiae”) del tejido esquelético, dado que la resistencia de ligamentos a su alrededor es mayor, por lo cual se producen la lesiones en dicha zona con mayor facilidad, aunque es posible encontrar lesiones concomitantes en ambas estructuras.

2.1 Anatomía Fisaria

El cartílago de crecimiento, o fisis, se desarrolla del modelo cartilaginoso que queda entre los centros de osificación primarios (diáfisis) y secundarios (epífisis) de los huesos largos. A partir de ahí comienza su organización en varias capas celulares, cada una con una función determinada, que van conformando la estructura final de la fisis, hasta el final del crecimiento del esqueleto, etapa en que acabará desapareciendo.

La fisis está formada por capas celulares (Figura 1), también llamadas “zonas”¹:

Zona de reposo: Llamada también zona germinal o zona de reserva (“células madre mesenquimales”). Se localiza adyacente al hueso epifisario. Esta zona está conformada por células cartilaginosas (condrocitos) quiescentes, fundamentalmente productoras de matriz condral. Almacena nutrientes y tiene una íntima relación con los vasos epifisarios. El daño de esta zona tendrá relación con secuelas de crecimiento a largo plazo.

Zona proliferativa: Caracterizada por un alto índice de mitosis de las células, y escasa matriz condral. La lesión de esta capa puede dar lugar al cese local del crecimiento. Involucrada en el crecimiento longitudinal, al igual que la columnar y la hipertrófica.

Zona hipertrófica: Llamada zona de columnas celulares. Los condrocitos mantienen una disposición en “pila de monedas” y aumentan su tamaño (diez veces su tamaño original), previo a degenerar y experimentar la apoptosis, coincidente con la invasión vascular. Esto produce tres áreas: maduración, degeneración y calcificación transitoria. Es la zona donde hay mayor actividad metabólica. En esta se produce matriz extracelular.

Zona de osificación: También denominada “esponjosa primaria”. Es la zona adyacente a la metáfisis. Los vasos sanguíneos invaden las celdas residuales tras la apoptosis de los condrocitos desde la metáfisis, y comienza el proceso de osificación de la fisis (osificación endocondral). Cuando se produce el cese o enlentecimiento de este proceso de osificación, ocurre un acúmulo de condrocitos que se traduce en un ensanchamiento generalizado de la línea fisaria. El raquitismo es un buen ejemplo de este fenómeno.

El punto mecánicamente más débil de la fisis es la unión de la zona de osificación con la zona hipertrófica, lugar donde se produce la mayoría de los desprendimientos epifisarios traumáticos.

La fisis está rodeada por una estructura fibrocartilaginosa denominada “complejo pericondral”³. Está compuesto por el surco de osificación de Ranvier que, mediante crecimiento

apositional, produce aumento del diámetro del hueso, y el anillo pericondral de LaCroix, que confiere resistencia mecánica circunferencial al cartílago de crecimiento. Esta resistencia parece disminuir durante la pubertad, lo que en parte explicaría la mayor predisposición a fallo fisario traumático durante ese período del desarrollo. La zona de Ranvier también es responsable del crecimiento latitudinal (aumento de grosor) del hueso metafisario.

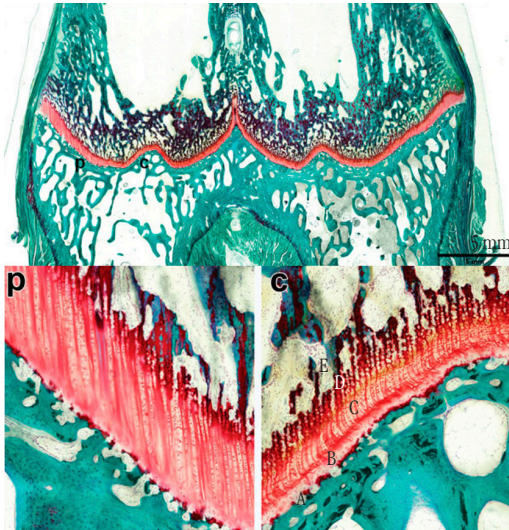


Figura 1. Imágenes en campo claro de corte histológico teñido con Safranina (SOFG), de metatarso izquierdo de una oveja (p: periferia; c: central), con las zonas del cartílago de crecimiento: A, zona de reposo, B, proliferativa; C, columnar; D, hipertrofica; E, calcificación provisoria³².

La fisis presenta distinta capacidad de crecimiento dependiendo de la edad, siendo mayor en los brotes fisiológicos, como en la pubertad, y de su localización. Los cartílagos de crecimiento con mayor aporte en longitud son los ubicados alrededor de la rodilla (fémur distal y tibia proximal), y en el húmero proximal (Figura 2).

El cartílago de crecimiento está irrigado por vasos epifisarios, metafisarios en el centro y pericondral en su periferia (Figura 3). Los vasos epifisarios están en relación directa con la capa germinal de la fisis, y su alteración puede generar cese o enlentecimiento del crecimiento dependiente de esa fisis. Los vasos metafisarios son fundamentales en el proceso de osificación endocondral en la vertiente metafisaria de la fisis, por lo que su interrupción generará el cese de esta función. En los primeros años de vida, los vasos epifisarios y metafisarios atraviesan la fisis, y se comunican unos con otros, pero con el tiempo estas conexiones desaparecen, quedando la zona hipertrofica relativamente avascular, particularmente en los niños mayores⁴.

2.2 Regulación del crecimiento

El crecimiento longitudinal del hueso está gobernado por una compleja red de señales endocrinas, generadas por la hormona de crecimiento, el Insulin-Like Growth Factor I (IGF-I), los glucocorticoides, la hormona tiroidea, estrógenos, andrógenos, vitamina D y leptina⁵. La hormona de crecimiento parece actuar directamente, produciendo un incremento en la proliferación condrocítica, e indirectamente, estimulando la producción local de IGF-I, la que a su vez estimula la diferenciación e hipertrofia de los condrocitos. El aumento durante la pubertad de los niveles de hormona de crecimiento y testosterona por un lado estimulan el crecimiento, pero por otro disminuyen la resistencia mecánica del cartílago fisario, favoreciendo la producción de desprendimientos epifisarios, traumáticos o no, en esta época de la vida².

Los efectos de las condiciones mecánicas en el crecimiento del esqueleto ya fueron observados por Jacques Delpech en el siglo XIX, y plasmados en la ley de Hueter-Volkmann. Está señalada que el crecimiento se inhibe con fuerzas de compresión, y se estimula con fuerzas de distracción. La compresión produce una disminución de la proliferación de condrocitos, mientras que las fuerzas en distracción causan el efecto contrario⁶.

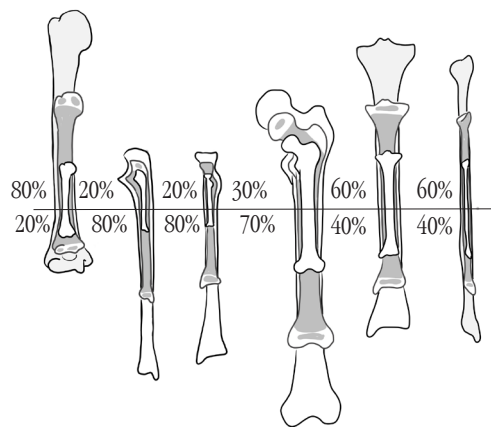


Figura 2. Aporte en porcentaje de cada fisis al crecimiento longitudinal, en los huesos largos de las extremidades.

El cartílago de crecimiento también experimenta cambios en su estructura y función en relación con otros factores, cuyos mecanismos desconocemos, pero que parecen evidentes. Es el caso de la malnutrición, que con frecuencia se asocia con la aparición de puentes óseos fisarios y múltiples deformidades óseas. También otros factores de índole socioeconómica, como la polución ambiental, se asocian con alteraciones del desarrollo esquelético.

Finalmente, es importante consignar la sensibilidad de la fisis ante problemas que generan algún tipo de situación estresante en el paciente pediátrico, como infecciones o traumatismos graves. En esas situaciones es frecuente ver detenciones temporales del crecimiento, que se manifiestan radiológicamente como líneas de condensación metafisaria (líneas de frenado del crecimiento, o líneas de Park-Harris), que se van alejando de la fisis una vez reestablecido el crecimiento normal (Figura 4). A pesar de su evidencia en los Rayos-X, su repercusión clínica es generalmente muy poco importante.

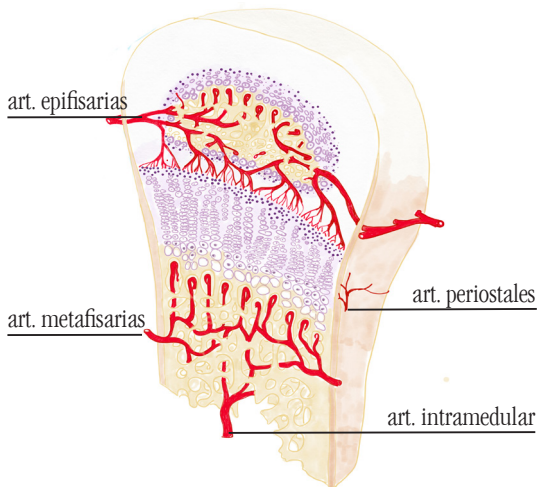


Figura 3. Esquema de la vascularización fisaria.

2.3 Trauma fisario

Histológicamente podemos encontrar dos tipos básicos de fallo fisario traumático. Uno es la separación metafiso-epifisaria, que típicamente se ubica entre las capas hipertróficas y de osificación de la fisis. El otro es la fractura fisaria longitudinal, transfisaria, que se reporta más asociada a la formación de puentes fisarios postraumáticos, probablemente por producir una comunicación entre la circulación metafisaria y epifisaria, o por la interrupción del riego epifisario y/o metafisario. Esto es habitual de ver en las epífisis completamente articulares, como por ejemplo en la epífisis femoral proximal^{7,8}.

El ensanchamiento de la línea fisaria, que se aprecia muy frecuentemente 2 a 3 semanas después de una fractura tipo separación fisaria, se debe más a un acúmulo de células degenerativas por interrupción temporal de la osificación endocondral, que a un posible estímulo fisario⁹. Una vez que dicha osificación endocondral se restablece, el grosor de la fisis tiende a normalizarse.



Figura 4. Radiografías anteroposterior y lateral de tobillo derecho de una niña de 10 años, donde se puede apreciar líneas de Park-Harris (flechas), paralelas a la fisis, indicando crecimiento simétrico.

2.4 Diagnóstico

Se debe estudiar el trauma fisario con radiografías convencionales del segmento afectado, en dos planos (Figura 5). Si hay duda en el diagnóstico, se pueden solicitar proyecciones oblicuas (por ejemplo, en fracturas de cóndilo humeral). Las radiografías bajo estrés no se recomiendan porque generan dolor para el paciente.

La resonancia magnética ha demostrado ser un examen de gran utilidad ya que permite la detección de la fractura, determinar su morfología, ayudar en la toma de decisiones terapéuticas, localizar y planificar el tratamiento quirúrgico de puentes óseos, e incluso guiar el pronóstico, incluso en lesiones mínimas (Figura 6). Su principal inconveniente es la alta sensibilidad, con riesgo de falsos positivos.



Figura 5. Radiografía anteroposterior y lateral de muñeca una niña de 12 años, con una fractura Salter y Harris tipo II, con un fragmento de Thurston Holland metafisario dorsal.

La Tomografía Axial Computarizada (TAC), en las fracturas articulares (Figura 7) permite un mejor entendimiento de los rasgos fracturarios y se asocia a mejores resultados tras el tratamiento^{10,11}.

Otros exámenes, como la cintigrafía ósea o la ecografía, son de valor más limitado.

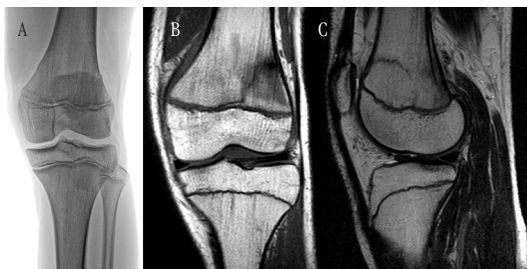


Figura 6. Radiografía anteroposterior de rodilla izquierda de un niño de 14 años, con una fractura de fémur distal Salter y Harris II, no evidente (A). Resonancia magnética en plano coronal secuencia T1 (B) y sagital secuencia T2 (C) confirman la lesión.

2.5 Clasificación

En 1863, previo a la era de los rayos-X, Foucher reportó la primera clasificación de las fracturas de la fisis en el libro “De la Divulsion des Epiphyses”. Años después, Poland hace la mayor contribución a este tema, escribiendo la clasificación extraída de numerosos casos clínicos y preparados, realizando ilustraciones de esta clasificación, siendo el pilar para las siguientes durante el siglo XX. En esa época se estudió y clasificó ampliamente este tipo de lesiones. Bergenfeldt¹, Aitken², y Brashear⁹ realizaron sus propias clasificaciones, pero la difusión de éstas no fue tan exitosa por no encontrarse algunas de ellas escritas originalmente en inglés^{1,9}.

Robert Salter y W. Robert Harris, de Canadá, describen su clasificación de 1963 con 5 tipos de lesiones (Figura 8). Está incluye los cuatro tipos descritos previamente por Poland, agregando un tipo sin correlación radiográfica aguda (Tipo V). Esta clasificación es aún la más popular, utilizada y enseñada alrededor del mundo¹².

Clasificación de Salter y Harris (SH)

Tipo I. Consiste en una separación completa epifiso-metáfisaria. Su pronóstico es en general bueno. En los desprendimientos epifisarios proximales femorales puede ocurrir necrosis avascular de la epífisis, por su ubicación completamente intraarticular y su anatomía vascular.

Tipo II. Es el tipo más común de fracturas fisarias. El rasgo de fractura es muy parecido al tipo I, pero después de transcurrir a lo largo de la mayor parte de la fisis se adentra en la metáfisis, quedando por tanto un pequeño fragmento metafisario (Fragmento de Thurston Holland). Su reducción suele ser fácil de obtener, ya que el periostio intacto y el fragmento metafisario actúan de bisagra, impidiendo la hipercorrección. El pronóstico es casi siempre excelente y no se suele afectar el aporte vascular a la epífisis.

TIPO III. En estas fracturas, parte del trayecto también es una separación fisaria pura, como en la tipo I, pero en un punto determinado se produce una inflexión y cruza la fisis y la epífisis hasta llegar a la superficie articular. Son fracturas mucho más raras y de pronóstico más reservado, por dos razones fundamentales. En primer lugar, se trata de una fractura intraarticular, que potencialmente puede condicionar una incongruencia de la superficie articular si no se reduce anatómicamente. En segundo lugar, se produce una comunicación de la circulación epifisaria y metafisaria que puede propiciar la aparición de cierres parciales prematuros del cartílago de crecimiento (puentes óseos). Por estos motivos, su reducción anatómica es fundamental.



Figura 7. Radiografía anteroposterior (A) y cortes coronal y axial de tomografía computada (B) de la rodilla derecha de una niña de 11 años. Se observa una fractura Salter y Harris tipo III, desplazada.

TIPO IV. En este tipo, la línea de fractura comienza en la superficie articular y atraviesa la epífisis, la fisis y la metáfisis, constituyendo una especie de combinación entre las fracturas tipo II y III. Las fracturas tipo IV son intraarticulares, y por el trazo, se produce una comunicación de las circulación metafisaria con la epifisaria. Esto puede dar lugar a incongruencia articular y/o ceses parciales prematuros del crecimiento fisiario. Como las tipo III, precisan una reducción anatómica.

TIPO V. Se trata de un traumatismo fisario por compresión. Esto produciría un aplastamiento fisario y consecuentemente una comunicación de las circulaciones epifisaria y metafisaria. Este hecho confiere un pronóstico particularmente malo, con una aparición de un cierre fisario prematuro, ocupando la totalidad o gran parte de la fisis afectada. El diagnóstico es retrospectivo, cuando se observa un cierre prematuro fisario en un hueso que previamente ha sufrido un traumatismo.

Existe debate en algunos puntos sobre esta clasificación. En cuanto a su valor pronóstico, un porcentaje significativo de lesiones tipo I y II, especialmente alrededor de la rodilla, producen trastornos del crecimiento debido a cierre fisario prematuro, no condicionándose el buen pronóstico asociado a estos tipos.

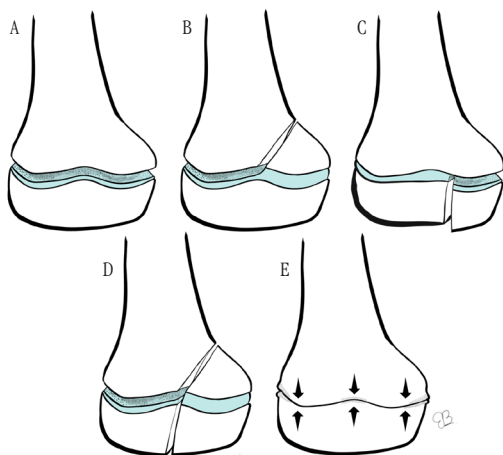


Figura 8. Esquema de la clasificación de Salter y Harris. A, tipo I; B, tipo II; C, tipo III; D, tipo IV; E, tipo V.

Otro punto es que algunas fracturas fisarias no pueden ser incluidas en la clasificación. Peterson^{1,13} propuso una clasificación añadiendo dos tipos (Figura 9).

Por último, las fracturas tipo V, por compresión, son aún controvertidas, ya que algunos autores defienden su existencia⁹, mientras que otros, por el contrario, no la admiten precisamente, por la falta de pruebas de que haya existido una fractura¹⁴⁻¹⁵.

Existen otros tipos especiales de lesiones fisarias traumáticas: las fracturas por sobrecarga (estrés) debidas a la aplicación repetida de fuerza sub-máximas, la epifisiolisis lenta, típicamente resultado de desequilibrio articular, y las fracturas fisarias en adultos, por ejemplo a nivel de la clavícula en su tercio proximal, que puede confundirse con una luxación esterno-clavicular.

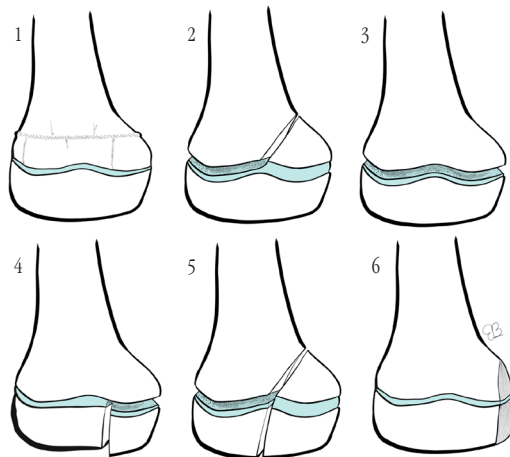


Figura 9. Esquema de la clasificación de Peterson. 1, fractura transversa metafisaria que se extiende a la fisis; 2, fractura metafisaria que continúa transversa en la fisis, con un fragmento metafisario unido a epífisis por segmento de fisis indemne; 3, fractura fisaria con separación completa de la metáfisis desde la epífisis; 4, fractura epifisaria que se continúa transversa en la fisis; 5, fractura que atraviesa metáfisis, epífisis y fisis; 6, pérdida de fragmento fisario.

2.6 Incidencia

Las fracturas fisarias representan el 15-30% de todas las fracturas pediátricas^{8,16,17}. Estas fracturas son más comunes en la adolescencia que a edades más tempranas, ya que en estas últimas la epífisis es más cartilaginosa y actúa como amortiguador de una cantidad significativa de fuerza que se transmite a la metáfisis.

Los niños se ven afectados con el doble de frecuencia que las niñas. Esto se explica porque sus fisis permanecen abiertas hasta una edad más avanzada. También por la mayor participación deportiva de los varones. A pesar de esto, la incidencia general de lesión epifisaria alcanza su punto máximo a los 12 años, tanto en niños como en niñas, y la edad media es de 10,3 años en los niños y de 8,9 años en las niñas¹⁷. Independientemente del sitio, la fisis de ubicación distal de cada hueso se afecta con más frecuencia que la proximal, siendo la fisis radial distal el sitio más frecuente de afectación, seguida de la fisis de las falanges y tibial distal^{18,19}.

La lesión traumática de la fisis puede causar perturbaciones en el crecimiento y esto se debe principalmente a daño a las células germinales, pérdida de suministro vascular, infección, o formación de un puentes óseos entre la epífisis y metáfisis. La tasa de daño permanente de la placa de crecimiento, que resulta en perturbación significativa del crecimiento, oscila entre 1%-10 % de las fracturas fisarias²⁰.

Kawamamoto¹⁷, encontró que las lesiones S-H tipo I representaron el 28,6% de las lesiones fisarias, el tipo II el 60,9%, el tipo III un 6,8%, y el tipo IV un 3,7%. Casos de tipo V no fueron identificados en este estudio. La principal causa de lesiones fisarias fueron accidentes durante la práctica deportiva (37,0%), frente a otras causas, como la caída (17,2%) o los accidentes de tráfico (1,7%). La mayoría de los casos se trataron de forma conservadora. Sin embargo, en las lesiones de extremidades de carga y en codo, existió una tendencia a resolución quirúrgica. Las lesiones S-H tipo I (80,0%) y tipo II (72,3%) se trataron principalmente de forma conservadora.

2.7 Mecanismo de lesión

La mayoría de estas lesiones ocurren durante el período de crecimiento acelerado del menor, cuando la fisis es más débil. Los niños activos son los más propensos a sufrir lesiones relacionadas con el cartílago de crecimiento, ya que los ligamentos y las cápsulas articulares que rodean el cartílago de crecimiento tienden a ser mucho más fuertes y estables. Por lo tanto, los ligamentos y las cápsulas pueden soportar mayores cargas externas en la articulación, en relación con la propia placa de crecimiento.

Las fracturas fisarias tienden a ocurrir entre las zonas hipertrófica y de osificación, sin embargo, pueden cruzar varias zonas según el tipo de lesión o la fuerza externa que se aplica (por ejemplo, fuerzas de cizallamiento, frente a compresión, frente a tensión).

2.8 Tratamiento

Una lesión fisaria representa un desafío terapéutico único, ya que las secuelas podrían provocar alteraciones del crecimiento a futuro. Estas alteraciones del crecimiento podrían manifestarse como diferencias en la longitud de las extremidades o deformidades angulares. De todas las fracturas fisarias, las alteraciones del crecimiento se observan en 1-10% de los casos¹⁹.

Las lesiones fisarias se curan más rápido que las lesiones óseas. Por lo general, una fractura fisaria sanaría en 3-4 semanas. En el caso de una lesión en una gran fisis ondulante, como una fractura fisaria del fémur distal, el plano de fractura atravesaría varias zonas de la fisis. Asimismo, las fracturas fisarias intraarticulares, como las fracturas S-H tipo III y IV atravesarían varias o todas las zonas de la fisis. Tales lesiones tienen un peor

pronóstico, ya que las posibilidades de formación de hueso a lo largo de la fisis aumentan cuando se lesionan múltiples zonas, con la consiguiente determinación de puentes fisarios.

Según la clasificación de Salter-Harris, una reducción cerrada segura es posible como tratamiento sin problemas significativos en la mayoría de las lesiones tipo I, excepto en el fémur proximal desplazada. La reducción cerrada también es segura en la mayoría de las lesiones tipo II, tipo de fractura más comúnmente vista (Figura 10). La reducción abierta con fijación interna puede ser necesaria en algunas áreas, como el fémur distal, donde el riesgo de alteración de crecimiento es más frecuente²⁰.



Figura 10. Fractura de radio distal izquierdo, de un niño de 12 años, con una fractura tipo Salter y Harris II (A). Se realizó reducción cerrada y estabilización con yeso moldeado en 3 puntos (B).

Las lesiones de S-H tipo III y tipo IV son fracturas intraarticulares. Se pueden observar alteraciones del crecimiento, rigidez articular y no-uniión. Con frecuencia se prefiere la reducción abierta y fijación interna para restaurar la anatomía de la articulación y de la placa de crecimiento, y evitar dichas complicaciones (Figura 11).

Se recomiendan los siguientes principios para tratar las lesiones fisarias en pacientes pediátricos, con algunas modificaciones según la ubicación de la lesión y la edad¹⁹:

- La fractura fisaria desplazada debe reducirse con tracción sostenida y manipulación suave. Evitar maniobras de reducción forzada, intentos repetidos de reducción o la inserción de instrumentos en la fisis para manipular los fragmentos de la fractura, ya que podría causar una lesión fisaria iatrogénica por trauma. La reducción abierta es mejor que múltiples intentos de reducción cerrada.

- Para una fractura fisaria extraarticular (SH tipo I y II), se debe evitar la reducción tardía, más allá de los 5-7 días después

de ocurrida la lesión. Esto por el alto riesgo de provocar una lesión fisaria iatrogénica, y la detención del crecimiento resultante. En su lugar, es mejor permitir que la fractura consolide y remodela. El tratamiento de una consolidación viciosa es más seguro que el de la detención del crecimiento en un paciente joven²¹.

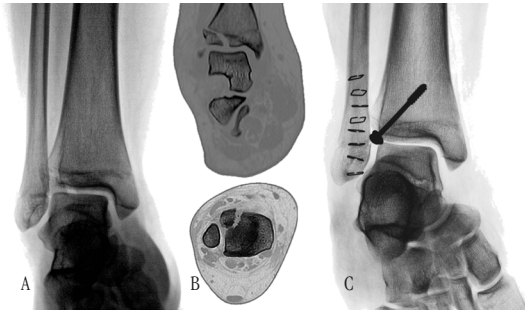


Figura 11. Radiografía anteroposterior (A) y cortes coronal y axial de tomografía computada (B) de tobillo derecho de una niña de 13 años, con una fractura Salter y Harris tipo III (Tillaux Juvenil). Fue tratada mediante reducción abierta y estabilización con tornillo canulado (C), transfisario por cercanía al término del crecimiento y estado de cierre de la fisis.

- Las fracturas fisarias desplazadas intraarticulares (SH III y IV) deben reducirse anatómicamente y estabilizarse mediante fijación interna, independientemente de su momento de presentación. La congruencia de la superficie articular es de suma importancia. Hay varios métodos para evaluar la precisión de la reducción de la superficie articular para las fracturas fisarias SH tipos III y IV. Estos incluyen visualización directa, fluoroscopia, artrografía o evaluación artroscópica.

- Los implantes utilizados para la fijación interna deben instalarse respetando la fisis. Agujas y tornillos idealmente paralelos a la fisis cuando la geometría de la fractura lo permita. Si se coloca un implante a través de la fisis (transfisario), se debe evitar la compresión (Figura 12).

- Si quedan más de 2 años de crecimiento, un implante transfisario debe retirarse una vez que haya consolidado la fractura.

- Para una lesión fisaria expuesta o aplastada, se puede realizar un procedimiento de Langenskiold anticipatorio. Esto consiste en el uso de injerto de grasa libre para cubrir la fisis, ayudando a prevenir la detención del crecimiento^{22,23}.

- Las líneas de detención del crecimiento (líneas de Park-Harris) son líneas transversales que se ven en la metafisis. Su orientación y relación con la fisis se utilizan para evaluar el crecimiento y las alteraciones del mismo, debiendo idealmente ser paralelas a ella^{24, 25}.

- Para una fractura fisaria desplazada, se debe monitorear al paciente por alteraciones del crecimiento durante al menos un año, o hasta que el paciente alcance la madurez esquelética. Para una fractura fisaria no desplazada, no hay necesidad de radiografías en serie. En cambio, se debe aconsejar a la familia sobre el bajo potencial de detención del crecimiento y hacer un seguimiento si se notan síntomas o se evidencian deformidades, especialmente en lesiones de fémur distal.

- Realizar un brocado transfisario ha demostrado tener un riesgo significativamente mayor en la formación de barras fisarias²⁶.

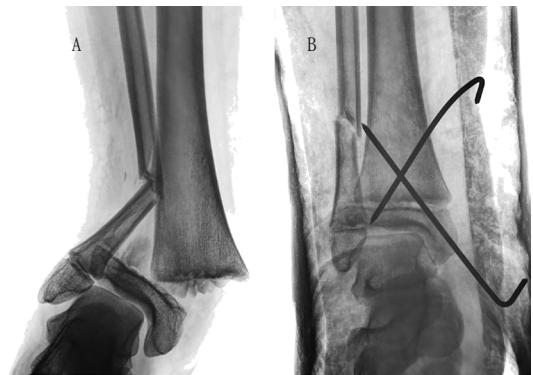


Figura 12. Radiografía anteroposterior de tobillo derecho de un niño de 12 años, donde se observa una fractura Salter y Harris tipo II de tibia distal, asociada a fractura de peroné (A). Se realiza reducción cerrada y estabilización con agujas de Kirschner lisas, transfisarias, evitando compresión (B).

2.9 Complicaciones

La complicación más catastrófica es la formación de puentes óseos a través de la fisis. Una vez formada la barra fisaria, es mandatorio realizar un estudio imagenológico acabado para definir el tamaño y la ubicación (Figura 13). Un pequeño puente fibroso se puede resolver de forma espontánea²⁷.

Aunque el mecanismo específico a través del cual los distintos agentes etiológicos provocan el cierre fisario prematuro es poco conocido, parece claro que, en el caso de las fracturas fisarias, el contacto entre los tejidos epifisario y metafisario, y la posterior osificación que se produce, particularmente en las fracturas transfisarias (SH tipos III, IV y V) son los culpables más probables del cierre fisario prematuro postraumático. No obstante, el cierre fisario prematuro postraumático también puede ser consecuencia de fracturas no transfisarias (SH tipos I y II), por improbable que parezca desde un punto de vista conceptual²⁸.

Una interrupción del flujo sanguíneo (isquemia), en o alrededor de la fisis, puede deberse a una microembolia, que causa daño muy localizado, o isquemia epifisaria masiva, que impide el suministro de sangre a la capa germinal del cartílago de crecimiento, como puede ser el caso de pacientes con fracturas intracapsulares del cuello femoral. Además, se ha visto que se produce cierre fisario prematuro postraumático tras algunas fracturas diafisarias de alta energía, en cartílagos de crecimiento situados a distancia de la fractura. Aunque podría haber un elemento isquémico involucrado, el mecanismo real de la lesión aún no se comprende por completo.



Figura 13. Radiografía anteroposterior de muñeca izquierda de una niña de 14 años, con una barra postraumática y la consecuente alteración de crecimiento (A). Resonancia magnética en planos coronal y sagital secuencia T1 (B) demuestran la estructura de la lesión.

El cierre fisario también puede ser iatrogénico. Varios estudios en animales han demostrado una correlación entre la fijación transfisaria con agujas de Kirschner y los trastornos del crecimiento^{28, 29}. Boyden y Peterson³⁰ observaron que el cierre fisario prematuro estaba potencialmente relacionado con el tamaño de la aguja, la ubicación de la aguja dentro de la fisis, la oblicuidad respecto a la fisis, el uso de agujas roscadas y la mayor duración de la retención de la aguja en la fisis. Por lo tanto, las agujas de Kirschner transfisarias deben usarse con criterio, en fracturas en que realmente sean necesarias. Sin embargo, no se recomienda evitar su uso en forma arbitraria, ya que en fracturas inestables, el riesgo de pérdida de reducción es significativamente mayor en los pacientes que no se fijaron³¹. Si es aconsejable evitar el uso de múltiples agujas, múltiples intentos de inserción, uso de agujas de gran tamaño, agujas intrafocales y agujas permanentes¹⁹.

Estas alteraciones del crecimiento, secundarias a un cierre fisario prematuro postraumático, podrían manifestarse como diferencia en la longitud de las extremidades o deformidades angulares (Figura 14). De todas las fracturas fisarias, la detención o alteraciones del crecimiento se observan en 1-10% de los casos. Esto corresponde a un 70% de todos los cierres fisarios

prematuros postraumáticos que podemos observar en nuestra práctica clínica²⁸.

Podemos clasificar un cierre fisario prematuro de la siguiente forma:

- Cierre fisario completo, donde veremos diferencia de longitud del segmento afectado en relación con el contralateral, pero pudiendo existir mínimos cambios angulares.
- Cierre fisario parcial, con predominancia de alteraciones angulares. Estos podremos subclassificarlos según la ubicación de la barra en la fisis, para predecir su comportamiento: Central, con diferencia de longitud, Periférico, con alteración angular, y Lineal, con cierre completo.

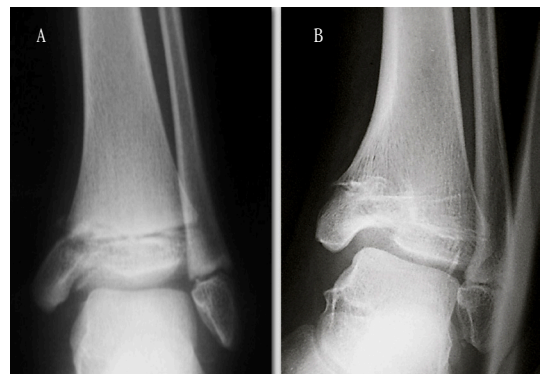


Figura 14. Radiografía anteroposterior de tobillo izquierdo de una niña de 7 años (A), con una fractura Salter y Harris 3 de tibia distal. Se observa en una radiografía a los 10 años de edad la formación de una barra postraumática y una desviación en varo del tobillo (B).

2.10 Mensaje final

La fisis, o cartílago de crecimiento, es la estructura que hace la diferencia entre el niño y el adulto. Podemos considerarla como un órgano propiamente tal, por ser un conjunto de células y tejidos que cumple la función primordial del esqueleto infantil, que es el crecimiento longitudinal de los huesos largos.

Su gran potencial de remodelación como respuesta a las lesiones traumáticas, y la capacidad de reorientación angular no son ilimitados y debemos conocer sus límites, como también reconocer las fisis con mayor actividad.

La lesión de las capas de reposo y proliferativa puede dar lugar al cese local del crecimiento. La zona más débil es la unión entre la capa hipertrófica y la capa de osificación, donde se producen la mayoría de los desprendimientos epifisarios postraumáticos.

La etiología más frecuente de las lesiones fisarias es la traumática, pero no debemos olvidar las lesiones por quemaduras, isquemia, eléctricas, entre otras. Las lesiones van desde una separación simple metafiso-epifisaria, menos graves, hasta lesiones transfisarias de peor pronóstico por la potencial producción de puentes óseos fisarios.

La respuesta reparativa fisiológica ante un daño es inmediata, por esto las lesiones fisarias deben ser manejadas de manera oportuna, sabiendo que tras una semana posterior al trauma, una reducción pudiese ser más perjudicial que beneficiosa.

Cuando la lesión destruye todo el espesor de la placa fisaria o, simplemente cuando se produce una comunicación vascular transfisaria, se puede generar una osificación entre la epífisis y metafisis (cierre fisario, arresto fisario o fisiodesis definitiva) que va alterar el crecimiento del resto de esa fisis. El que el puente óseo tenga mayor o menor repercusión en el crecimiento de un segmento óseo depende fundamentalmente de la edad del paciente (cuanto más joven mayor) y de la actividad de la fisis donde asiste (cuanto más activa, mayor) Así, por ejemplo, las lesiones fisarias alrededor de la rodilla, sobre todo en pacientes más jóvenes, son unas de las que mayores secuelas dejarán a largo plazo (Figura 15).



Figura 15. Tele-radiografía anteroposterior de extremidades inferiores de un joven de 20 años, con una secuela traumática de fisis distal de fémur izquierdo, con deformidad angular y acortamiento.

El daño traumático permanente de la fisis puede originar una barra. Teniendo en cuenta la zona donde ésta se encuentre, pudiese generar deformidades angulares, como también diferencias de longitud. Ambas lesiones dejarán secuelas permanentes con pérdida de la función y discapacidad en la “vida adulta”.

El cuidado de la fisis es tarea del médico y por sobre todo del Ortopedista Infantil.

2.11 Referencias

1. Peterson HA. “Epiphyseal growth plate Fractures” Springer 2007 ISBN 978-3-540-33801-7
2. Rang M. Injuries of the Epiphysis, Growth Plate and Perichondrial Ring. En: Rang M. Children’s Fractures. Filadelfia: JB Lippincott, 1974; 7-17.
3. Chung SM, Batterman SC, Brighton CT. Shear strength of the human femoral capital epiphyseal plate. J Bone Joint Surg Am. 1976;58(1):94-103.
4. Trueta J, Amato VP. The vascular contribution to osteogenesis. III. Changes in the growth cartilage caused by experimentally induced ischaemia. J Bone Joint Surg Br. 1960;42-B:571-587. doi:10.1302/0301-620X.42B3.571
5. Nilsson O, Marino R, De Luca F, Phillip M, Baron J. Endocrine regulation of the growth plate. Horm Res. 2005;64(4):157-165. doi:10.1159/000088791
6. Apte SS, Kenwright J. Physeal distraction and cell proliferation in the growth plate. J Bone Joint Surg Br. 1994;76(5):837-843.
7. Lee MA, Nissen TP, Otsuka NY. Utilization of a murine model to investigate the molecular process of transphyseal bone formation. J Pediatr Orthop. 2000;20(6):802-806. doi:10.1097/00004694-200011000-00021
8. Wattenbarger JM, Gruber HE, Phieffer LS. Physeal fractures, part I: histologic features of bone, cartilage, and bar formation in a small animal model. J Pediatr Orthop. 2002;22(6):703-709.
9. Hefti F. Basic Principles: Growth, in Hefti F, ed: Pediatric Orthopaedics in Practice. Berlin and Heidelberg, Germany, Springer Medizin Verlag, 2007, 41-48
10. Olgun ZD, Maestre S. Management of Pediatric Ankle Fractures. Curr Rev Musculoskelet Med. 2018;11(3):475-484. doi:10.1007/s12178-018-9510-3
11. Kim JR, Song KH, Song KJ, Lee HS. Treatment outcomes of triplane and Tillaux fractures of the ankle in adolescence. Clin Orthop Surg. 2010;2(1):34-38. doi:10.4055/cios.2010.2.1.34
12. Salter RB, Harris WR. Injuries Involving the Epiphyseal Plate. J Bone Surg 1963; 45-A: 587-622.

13. Peterson HA. Physeal fractures: Part 3. Classification. *J Pediatr Orthop*. 1994;14(4):439-448. doi: 10.1097/01241398-199407000-00004. PMID: 8077424.
14. Keret D, Mendez AA, Harcke HT, MacEwen GD. Type V physeal injury: a case report. *J Pediatr Orthop* 1990; 10: 545-48.
15. Peterson HA, Burkhart SS. Compression injury of the epiphyseal growth plate: fact or fiction?. *J Pediatr Orthop*. 1981;1(4):377-384. doi:10.1097/01241398-198112000-00004
16. Mann DC, Rajmaira S. Distribution of physeal and nonphyseal fractures in 2,650 long-bone fractures in children aged 0-16 years. *J Pediatr Orthop*. 1990;10(6):713-716. doi:10.1097/01241398-199011000-00002
17. Kawamoto K, Kim WC, Tsuchida Y, et al. Incidence of physeal injuries in Japanese children. *J Pediatr Orthop B*. 2006;15(2):126-130. doi:10.1097/01.bpb.0000191874.69258.0b
18. Duart J, de Pablos J. *Ortopedia infantil para residentes*. 2019. Sociedad Española de Ortopedia Pediátrica.
19. Singh V, Garg V, Parikh SN. Management of Physeal Fractures: A Review Article. *Indian J Orthop*. 2021;55(3):525-538. Published 2021 Jan 13. doi:10.1007/s43465-020-00338-6
20. Ömeroglu H. Basic principles of fracture treatment in children. *Eklemler Hastalik Cerrahisi*. 2018;29(1):52-57. doi:10.5606/ehc.2018.58165
21. Parikh SN, Wells L, Mehlman CT, Scherl SA. Management of fractures in adolescents. *Instructional Course Lectures*. 2011;60, 397-411.
22. Foster BK, John B, Hasler C. Free fat interpositional graft in acute physeal injuries: the anticipatory Langenskiöld procedure. *J Pediatr Orthop*. 2000;20(3):282-285.
23. Langenskiöld A. The Possibilities of Eliminating Premature Partial Closure of an Epiphyseal Plate Caused by Trauma or Disease. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1967;38:1-4, 267-279, doi: 10.3109/17453676708989640
24. Lee TM, Mehlman CT. Hyphenated history: Park-Harris growth arrest lines. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2003;32(8):408-411.
25. Ogden JA. Growth slowdown and arrest lines. *J Pediatr Orthop*. 1984;4(4):409-415. doi:10.1097/01241398-198408000-00003
26. Gruber HE, Ashraf N, Cox MD, Ingram JA, Templin M, Wattenbarger JM. Experimental Induction of Physeal Injuries by Fracture, Drill, and Ablation Techniques: Analyses of Immunohistochemical Findings. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(9):479-486. doi:10.1097/BPO.0000000000001093
27. Jaramillo D, Hoffer FA. Cartilaginous epiphysis and growth plate: normal and abnormal MR imaging findings. *AJR Am J Roentgenol*. 1992;158(5):1105-1110. doi:10.2214/ajr.158.5.1566676
28. de Pablos J, Arenas-Miquelez A, Arbeloa-Gutierrez L. Update on premature physeal closure. Diagnosis and treatment. *Curr Opin Pediatr*. 2021;33(1):79-89. doi:10.1097/MOP.0000000000000990
29. Escott, B. G., & Kelley, S. P. Management of traumatic physeal growth arrest. *Orthopaedics and Trauma*, 2012;26(3), 200-211.
30. Boyden EM, Peterson HA. Partial premature closure of the distal radial physis associated with Kirschner wire fixation. *Orthopedics*. 1991;14(5):585-588. doi:10.3928/0147-7447-19910501-13
31. Sengab A, Krijnen P, Schipper IB. Displaced distal radius fractures in children, cast alone vs additional K-wire fixation: a meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2019;45(6):1003-1011. doi:10.1007/s00068-018-1011-y
32. Nolte T, Baumgärtner W, Colbatzky F, et al. Proceedings of the 2020 Classic Examples in Toxicologic Pathology XXVII. *Toxicol Pathol*. 2021;49(6):1206-1228. doi:10.1177/01926233211019288



CAPITULO 3 - Lesiones No Accidentales

Daniel Fodor
Carlos Saavedra

3. Lesiones no accidentales

Existen distintas definiciones de Maltrato Infantil, concepto actualmente reemplazado en la literatura médica como Lesiones No Accidentales (LNA). La Ley Chilena N° 19.324¹ de violencia familiar lo define como el “resultante de una acción u omisión que produzca menoscabo en la salud física o psíquica de los menores”. La UNICEF² lo entiende como los niños/as y adolescentes de hasta 18 años que “sufren ocasional o habitualmente actos de violencia física, sexual o emocional, sea en el grupo familiar o en las instituciones sociales”. Sin embargo, la definición más completa y específica la da la OMS definiéndolo como los abusos y la desatención de que son objeto los menores de 18 años de edad, e incluye todos los tipos de maltrato físico o psicológico, abuso sexual, desatención, negligencia y explotación comercial o de otro tipo que causen o puedan causar un daño a la salud, desarrollo o dignidad del niño. Se ha utilizado ampliamente el término de “Maltrato Infantil”, concepto actualmente reemplazado en la literatura médica como LNA³⁻⁶.

La prevalencia mundial de las LNA varía según la definición del diagnóstico que se use, ya que definiciones más amplias entregan tasas de prevalencia más altas. Existe además inconsistencia en el reporte de los casos en la literatura mundial por subdiagnóstico. Se calcula que entre un 2-10% de los niños que son atendidos en servicios de urgencia presentan LNA, estimándose que el 20% de las fracturas por LNA en menores de 3 años no son diagnosticadas⁴.

3.1 Introducción

Las lesiones músculo-esqueléticas se presentan como el primer motivo de consulta en hasta un tercio de los pacientes con LNA, y uno de cada 8 niños de 18 meses o menos de edad con una fractura, es producto de LNA. Las formas más frecuentes de presentación son moretones, y fracturas en segundo lugar. Hay que considerar que entre 25-50% de los pacientes presenta recidiva de LNA, y de éstas, un 5-10% pueden ser fatales⁵.

Debemos siempre considerar que una LNA está presente a todo nivel en la sociedad, sin distinción de nivel educacional, socioeconómico, raza o religión⁶. Además existen algunos factores de riesgo descritos en la literatura^{7,8}. Se consideran factores de riesgo del niño un embarazo no planificado o no deseado, un recién nacido de pretérmino, con patologías crónicas o con necesidades especiales. Los factores de riesgo de los padres o cuidadores son el consumo perjudicial de alcohol o de sustancias, y una percepción negativa de la conducta de un niño. También se describen factores de riesgo del ambiente, como aislamiento social, pobreza, o desempleo.

Existe el mito de que es fácil reconocer una LNA. Sin embargo, sabemos que la mayoría de las lesiones en la población pediátrica no son el resultado de una LNA. De hecho, la mayoría de las lesiones en los niños no requieren siquiera atención médica. Para dificultar más el diagnóstico, existen lesiones con patrones inusuales que también son producto de lesiones acci-

dentales, al estar los niños y niñas involucrados a edades más tempranas en juegos peligrosos. Por último, es habitual que no existan testigos del accidente, o que las víctimas no deseen hablar por temor a represalias, o simplemente por su limitada comunicación si están en la etapa preverbal de su desarrollo. También se debe señalar que puede existir la posibilidad por parte del personal médico de no desear plantear el diagnóstico de LNA, por las situaciones asociadas y pérdida de confianza. Por todas estas situaciones, el plantear o diagnosticar una LNA es una de las responsabilidades más difíciles del ejercicio de la medicina con niños. Sin embargo, debemos saber que la identificación precoz puede detener el abuso, por lo tanto debemos tomarlo como una oportunidad de intervención obligatoria en la práctica médica.

3.2 Diagnóstico

Para lograr el diagnóstico de una LNA, el objetivo de la anamnesis debe ser recopilar la información de manera detallada, pero no acusatoria, con el fin de reconocer una potencial LNA. No es el objetivo de ésta el identificar a un agresor en particular. Ante la sospecha se debe realizar un estudio básico radiológico (enfocado primero en la lesión por la cual se consulta), y derivar o complementar su acción con otros médicos especialistas, para la completa evaluación, investigación y tratamiento del paciente^{9,10}. Preguntas amplias, un relato espontáneo del paciente inicialmente, sin interrupciones, y posteriormente preguntas del médico sobre el evento: hora, tes-

tigos, comportamiento del paciente previa, durante y posterior al accidente. Se deben tomar en consideración los antecedentes del paciente y su familia, consignando aquellos enfocados en el diagnóstico diferencial de LNA: enfermedades osteomusculares (por ejemplo, osteogénesis imperfecta), enfermedades óseas metabólicas, trastornos de coagulación¹¹.

Hay algunos elementos anamnésticos que sugieren LNA y que deben ser una alerta: explicación vaga o nula con respecto a una lesión grave, negación explícita de trauma en un paciente con una lesión evidente, cambios en el relato, o testigos que entregan distintas versiones de un hecho, una explicación que es inconsistente con el patrón, severidad de la lesión, edad o con sus capacidades físicas del paciente (por ejemplo en niños usuarios de ortesis o sillas de rueda), retraso no explicado en la búsqueda de atención médica, acompañante agresivo o evitativo. En niños menores, o preverbales, se debe investigar por cambios conductuales o de comportamiento. Es sugerente de LNA que distintos testigos entreguen distintas versiones (a diferencia de el hecho de que varios testigos entreguen una sola versión).

Las LNA pueden ser desde lesiones menores, hasta aquellas que provocan riesgo vital o son fatales. Pueden ser informadas por el propio paciente, por algún cuidador (por ejemplo profesorado), o por un testigo de los hechos. Como en todo niño lesionado, la prioridad será la estabilización de su condición médica.

Debemos recordar que rara vez una lesión es patognomónica de LNA, por lo que es fundamental considerar en conjunto la historia clínica, el examen físico completo y el análisis de los exámenes complementarios^{12,13}.

Se recomienda realizar un examen físico sistematizado o protocolizado, siempre acompañado de otro funcionario. Siempre debemos observar el comportamiento del paciente y sus cuidadores, y estar atento a lesiones sospechosas. En caso de sospecha de encontrarlas, es recomendable llevar un registro fotográfico o en diagramas corporales estándar de ellas, con el fin de documentar los hallazgos. Si se encuentran lesiones no mencionadas en el relato, durante el examen físico, lo apropiado es preguntar sobre el mecanismo de lesión. En el caso de que alguna sea una lesión relevante de tratamiento, preguntar sobre si el paciente lo ha recibido adecuadamente.

También se deben buscar signos de maltrato en la forma de abandono: malnutrición (usar gráficos de talla y peso según edad), caries dentales numerosas, dermatitis del pañal no tratada. Maltrato físico y abandono pueden ser concomitantes.

En el examen físico segmentario debemos buscar lesiones en piel, boca (lesiones de frenillo en lactantes), cabeza (alopécia traumática), parrilla costal (fracturas), alteraciones neurológicas (sugerentes de trauma) y extremidades (inspección y palpación cuidadosa). Las lesiones centinelas¹⁴ se definen como aquellas lesiones que, siendo médicamente de menor gravedad, son reconocidas por médicos o familiares antes del diagnóstico de LNA. Son infrecuentes en lesiones accidentales, pero comunes en LNA: están presentes en un 25% de los niños maltratados y un 35% de los niños con TEC grave provocado. Si bien los “moretones” son lesiones de partes blandas frecuentes en la infancia, también son la manifestación más frecuente de LNA. A pesar de esto, no son consideradas por el tratante como lesiones centinelas en la mitad de los casos graves y fatales de LNA. Son lesiones características predictivas de LNA (S 97% - E 84%) los “moretones” en tronco, orejas o cuello en niños hasta 4 años o cualquier “moretón” en menores de 4 meses¹⁵⁻¹⁷ (Figura 1).

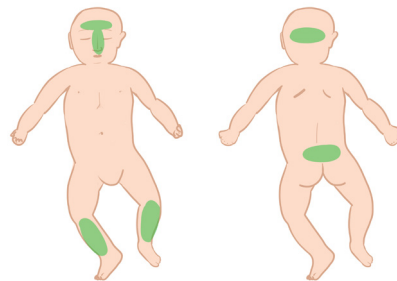


Figura 1. Sitios típicos de lesiones accidentales: prominencias óseas en EHH como rodillas, tibias, pero también cabeza y frente.

Las petequias están presentes en 22% de pacientes con LNA, mientras que solo en el 2% de las lesiones accidentales. El patrón y ubicación de las contusiones accidentales se correlaciona directamente con el grado de movilidad independiente del paciente (Figura 2). Recuerde: “si no camina, no se lesiona!”.

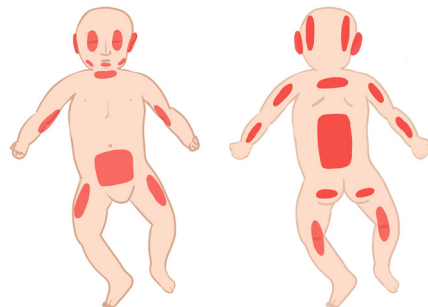


Figura 2. Sitios frecuentes de lesiones no accidentales

Se describen otras lesiones de tejidos blandos importantes a considerar¹⁸: Cúmulo de lesiones, las que se presentan en un modo típico de defensa (Figura 3); Mordeduras humanas, altamente sugerente de mecanismo no accidental; Quemaduras, las que no son lesiones típicas de LNA, sin embargo debe sospecharse este mecanismo si son graves, si tienen patrón de inmersión (línea demarcatoria que involucra genitales, glúteos y extremidades inferiores en una forma simétrica); Impronta del elemento usado para producir el daño (Figura 4).



Figura 3. Posición típica de defensa, en que se encuentran lesiones en cara externa de antebrazos, cara externa de rodillas en parte posterior de la cabeza.

También se asocian a LNA, lesiones de tejidos blandos en niños no deambulantes, en múltiples órganos o sistemas, en distintas etapas de evolución, con impronta de objetos, en ubicaciones típicas, sin mecanismo claro y concomitantes con otros tipos de abuso.

No olvidar que estos niños pueden presentar lesiones en otros sistemas diferentes al músculo-esquelético, por lo que ante la sospecha, se debe explorar en equipo la presencia de abuso sexual, lesiones tóraco-abdominales y lesiones craneanas. Tampoco se debe olvidar los diagnósticos diferenciales (Osteogénesis imperfecta, deficiencias nutricionales -vitamina C, vitamina D, cobre-) ¹¹.

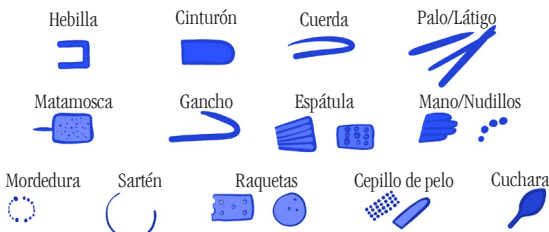


Figura 4. Improntas de elementos posibles de ver en casos de LNA.

La “Skeletal Survey” es el método estándar para detectar fracturas en niños con otras lesiones por sospecha de LNA^{19,20}. Esta evaluación radiológica incluye radiografías del esqueleto apendicular (Radiografía en proyección anteroposterior de húmero, antebrazo, mano, fémur, piernas y pie) y del esqueleto axial: (Radiografía de tórax en proyección anteroposterior, lateral y de parrilla costal, de pelvis anteroposterior, de columna lumbosacra lateral, de columna cervical lateral, anteroposterior y lateral de cráneo). Un análisis de 700 de estos exámenes encontró 11% de fracturas no reportadas, de las cuales la mitad eran LNA. Repetir el “Skeletal Survey” a las 2-3 semanas posteriores a la primera atención permite detectar un 25% de fracturas adicionales a las observadas al inicio²¹.

El “Skeletal Survey” debe solicitarse en forma regular a todo niño menor de 2 años, con lesiones evidentes por LNA, todo niño menor de 2 años, con lesiones sugerentes de LNA, pacientes con lesiones intracraneanas no explicables y hermanos de un paciente que haya sufrido LNA.

Son hallazgos altamente sugerentes de LNA en la evaluación radiológica²¹ la fractura de fémur en menores de un año, fractura de húmero en menores de 3 años, fractura de escápula, de esternón o de apófisis espinosas, y fracturas en distintas fases de consolidación. Estas últimas están presentes en un 70% de los casos de LNA en menores de un año, y en un 50% de todos los pacientes con LNA (Figura 5).



Figura 5. Fracturas en distintas fases de evolución. (Foto gentileza de Gerardo Aguilar, México)

Las fracturas costales se producen por un mecanismo de compresión antero-posterior-lateral (Figura 6). Las fractura de esquina metafisiaria en fémur y tibia son producto de un mecanismo de tracción y rotación, donde se genera un rasgo

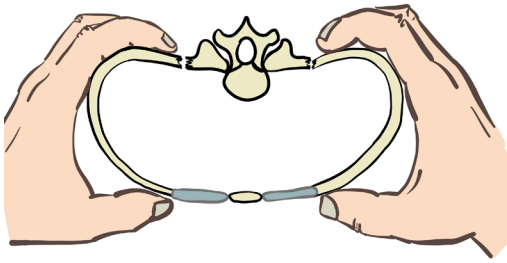


Figura 6. Mecanismo de fractura costal asociado a lesiones no accidentales por compresión torácica.

de fractura completo en el hueso esponjoso metafisiario, y un fragmento óseo periférico grueso que incluye fisis, periostio y hueso (Figura 7)²².

Son hallazgos moderadamente específicos en la evaluación radiológica las fracturas múltiples, especialmente si son bilaterales, las fracturas de dedos en no deambulantes y la separación epifisiaria por mecanismo de tracción que produce una listesis de la fisis del húmero distal (Figura 8). Esta fractura puede ser difícil de diagnosticar, especialmente en pacientes muy pequeños. Puede también producirse en el contexto de trauma del

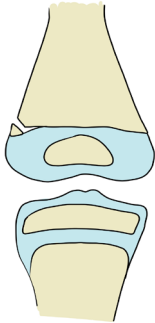


Figura 7. Esquema de fractura de esquina metafisiaria, asociada a lesiones no accidentales por tracción.

parto. Puede confundirse con una luxación de codo, sobre todo si el capitulum no está osificado. Como examen complementario puede ser de utilidad la ecografía.

Por lo tanto, debemos sospechar LNA ante la presencia de una fractura en niños no deambulante, en fracturas diafisiarias de húmero en fémur en preescolares, en fracturas poco usuales y altamente específicas (Esquina metafisiaria, esternón, escápula, apófisis espinosas), fracturas costales, asociadas a lesión de tejidos blandos u otros sistemas, fracturas múltiples o en distintas fases de consolidación e historia del accidente que no explica la fractura.

3.3 Tratamiento

El papel del traumatólogo en los casos de sospecha LNA varía de acuerdo a la gravedad del caso, a la formación propia del especialista y a la legislación local. Frente a los casos que presentan riesgo biomédico de secuela funcional grave o de muerte (0.25% de los casos²³) nuestro deber primordial es realizar los esfuerzos en relación con el rescate de nuestro paciente. Sin embargo la gran mayoría de los casos de LNA no se presentan con lesiones de riesgo biomédico severo en lo inmediato²³, por lo tanto nuestro manejo debe tener otras características frente a un caso sospechoso.

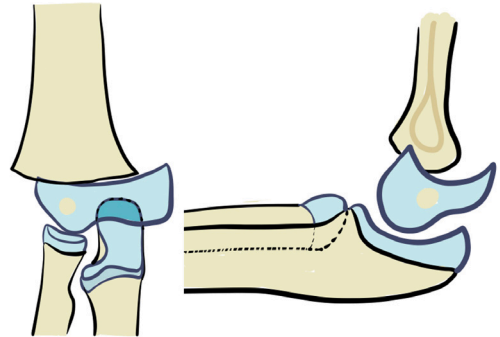


Figura 8. Separación epifisiaria: mecanismo de tracción que produce una fisilistesis del húmero distal

Sink²⁴ en su trabajo presenta un rol óptimo, que incluye una adecuada historia clínica, un examen físico prolijo, obtener radiografías adecuadas y la notificación a los organismos auxiliares, según cada país.

Ya se mencionaron los elementos sugerentes de LNA en la anamnesis y de los requisitos para solicitar el estudio esquelético imagenológico, debemos destacar la importancia del examen físico en la primera atención podemos agregar que está demostrado en casos de sospecha LNA 1 de cada 5 casos recibe un tratamiento subóptimo²⁵, con lo que los pacientes portadores de fracturas por LNA corren el riesgo de retraso en el diagnóstico y de repetición del patrón de abuso.

En cuanto a la notificación a organismos auxiliares, frente a una sospecha de LNA debemos activar una primera respuesta, que consiste en “las acciones en salud destinadas a la interrupción del maltrato, el establecimiento de condiciones seguras y de protección para el niño, niña o adolescente afectado(a)”²⁶.

Secundariamente, la primera respuesta también facilitará la persecución penal de los hechos y la sanción a los responsables. En la legislación chilena, la denuncia se define como “el acto jurídico que consiste en poner en conocimiento de un posible delito a la autoridad correspondiente” Para denunciar es suficiente la sospecha de una situación de maltrato, dado que su comprobación o no es función del Ministerio Público y no del médico denunciante. El plazo para realizar la denuncia, es de “veinticuatro horas siguientes al momento en que tomaren conocimiento del hecho”²⁷. Las denuncias pueden realizarse en Carabineros de Chile, Policía de Investigaciones, Ministerio Público y Tribunales de Garantía.

La sugerencia de estos autores es que en caso de sospecha o certeza de LNA, dadas las condiciones administrativas de nuestro país, y luego de realizar la denuncia, el paciente debiese

ser hospitalizado, independiente de la gravedad biomédica del cuadro, para ser evaluado por el equipo multidisciplinario de cada centro encargado del manejo de estos casos (Figura 9)²⁸.

3.4 Mensaje final

Como en todo diagnóstico médico, el manejo adecuado de la patología se inicia con prestar atención en los detalles durante la práctica clínica. Las LNA no son una entidad aislada, sino que corresponde a un evento clínicamente comprobable dentro de una línea de tiempo de abuso. Se debe mantener un alto índice de sospecha y se deben conocer los protocolos locales y los equipos interdisciplinarios involucrados en el manejo de estos pacientes.

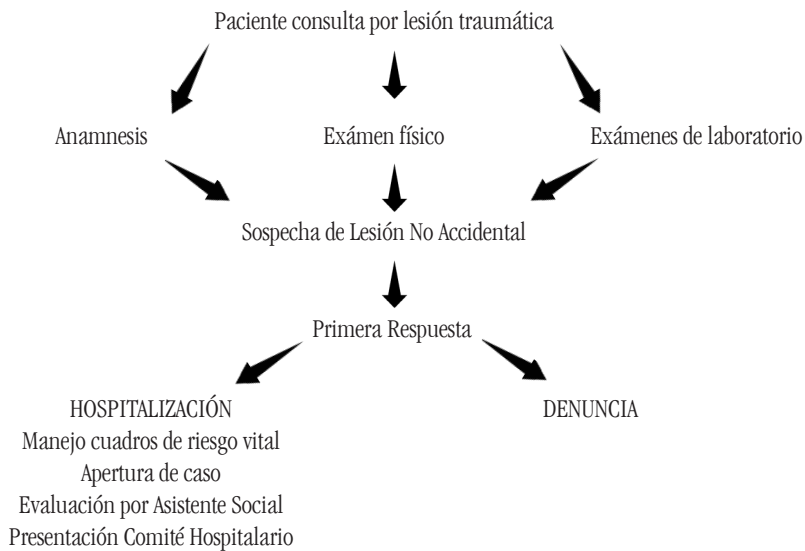


Figura 9. Flujograma propuesto frente a sospecha o detección LNA.

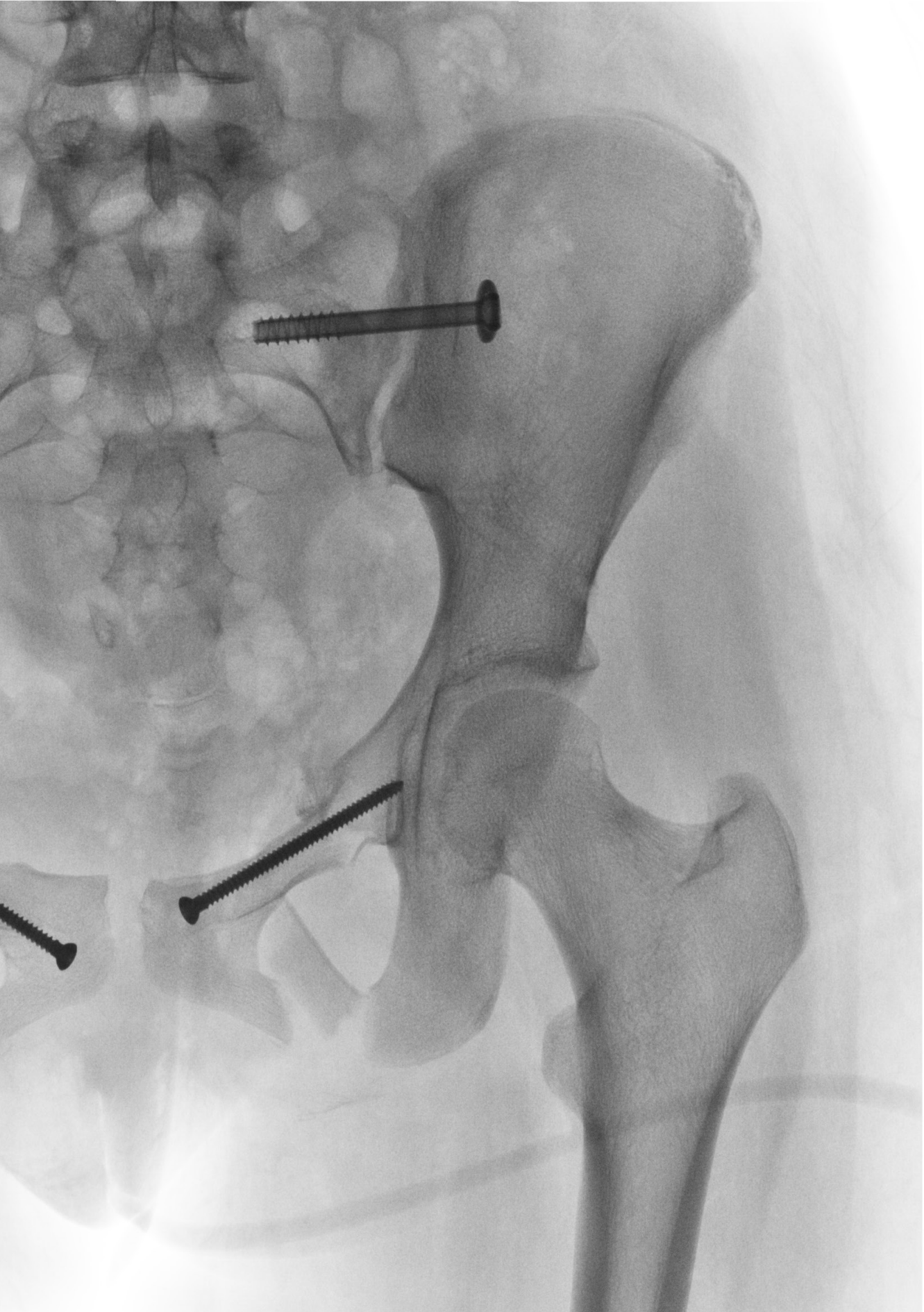
3.5 Referencias

1. Ministerio de Justicia, República de Chile. Ley N° 19.324. Diario Oficial de la República de Chile, 19 de Agosto 1994. <http://bcn.cl/2qc3q>. Accedido 12 de junio del 2022.
2. UNICEF. 4° Estudio Maltrato Infantil en Chile análisis comparativo 1994 - 2000 - 2006 - 2012. Santiago, Chile: UNICEF. 2012. Disponible en: https://www.unicef.org/chile/media/1306/file/4to_estudio_de_maltrato_infantil_en_chile.pdf. Accedido 12 de junio del 2022.
3. Teeuw AH, Derkx BH, Koster WA, van Rijn RR. Educational paper: Detection of child abuse and neglect at the emergency room. *Eur J Pediatr*. 2012;171(6):877-885. doi:10.1007/s00431-011-1551-1
4. McMahon P, Grossman W, Gaffney M, Stanitski C. Soft-tissue injury as an indication of child abuse. *J Bone Joint Surg Am*. 1995;77(8):1179-1183. doi:10.2106/00004623-199508000-00006
5. Jayakumar P, Barry M, Ramachandran M. Orthopaedic aspects of paediatric non-accidental injury. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(2):189-195. doi:10.1302/0301-620X.92B2.22923
6. Kocher MS, Kasser JR. Orthopaedic aspects of child abuse. *J Am Acad Orthop Surg*. 2000;8(1):10-20. doi:10.5435/00124635-200001000-00002
7. Austin AE, Lesak AM, Shanahan ME. Risk and protective factors for child maltreatment: A review. *Curr Epidemiol Rep*. 2020;7(4):334-342. doi:10.1007/s40471-020-00252-3
8. Sivasundaram L, Trivedi NN, Gatta J, Ning AY, Kim CY, Mistovich RJ. Demographics and Risk Factors for Non-Accidental Orthopedic Trauma. *Clin Pediatr (Phila)*. 2019;58(6):618-626. doi:10.1177/0009922819829045
9. United Nations Children's Fund. Hidden in Plain Sight: A statistical analysis of violence against children. New York, UNICEF. September 2014. https://www.unicef.org/publications/index_74865.html. Accedido 12 de junio del 2022.
10. Loder RT, Feinberg JR. Orthopaedic injuries in children with nonaccidental trauma: demographics and incidence from the 2000 kids' inpatient database [published correction appears in *J Pediatr Orthop*. 2008 Sep;28(6):699]. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(4):421-426. doi:10.1097/01.bpb.0000271328.79481.07
11. Wood JN, Christian CW, Adams CM, Rubin DM. Skeletal surveys in infants with isolated skull fractures. *Pediatrics*. 2009;123(2):e247-e252. doi:10.1542/peds.2008-2467
12. Christian CW; Committee on Child Abuse and Neglect, American Academy of Pediatrics. The evaluation of suspected child physical abuse [published correction appears in *Pediatrics*. 2015 Sep;136(3):583]. *Pediatrics*. 2015;135(5):e1337-e1354. doi:10.1542/peds.2015-0356
13. Sheets LK, Leach ME, Koszewski IJ, Lessmeier AM, Nugent M, Simpson P. Sentinel injuries in infants evaluated for child physical abuse. *Pediatrics*. 2013;131(4):701-707. doi:10.1542/peds.2012-2780
14. Wood, J.N., Fakeye, O., Mondestin, V. et al. Prevalence of abuse among young children with femur fractures: a systematic review. *BMC Pediatr* 14, 169 (2014). doi:10.1186/1471-2431-14-169
15. Expert Panel on Pediatric Imaging; Wootton-Gorges SL, Soares BP, et al. ACR Appropriateness Criteria® Suspected Physical Abuse-Child. *J Am Coll Radiol*. 2017;14(5S):S338-S349. doi:10.1016/j.jacr.2017.01.036
16. Onyon C, Rabb L, Debelle G. Non-accidental Injury and Bone Fragility Disorders: The Need for a Multidisciplinary Perspective. *Child Abuse Review*. 2009;18:346-353. doi:10.1002/car.1086
17. Carpenter RF. The prevalence and distribution of bruising in babies. *Arch Dis Child*. 1999;80(4):363-366. doi:10.1136/adc.80.4.363
18. Maguire S, Mann M. Systematic reviews of bruising in relation to child abuse-what have we learnt: an overview of review updates. *Evid Based Child Health*. 2013;8(2):255-263. doi:10.1002/ebch.1909
19. Kemp AM, Dunstan F, Harrison S, et al. Patterns of skeletal fractures in child abuse: systematic review. *BMJ*. 2008;337:a1518. Published 2008 Oct 2. doi:10.1136/bmj.a1518
20. Flaherty EG, Perez-Rossello JM, Levine MA, et al. Evaluating children with fractures for child physical abuse. *Pediatrics*. 2014;133(2):e477-e489. doi:10.1542/peds.2013-3793
21. Harper NS, Eddleman S, Lindberg DM; ExSTRA Investigators. The utility of follow-up skeletal surveys in child abuse. *Pediatrics*. 2013;131(3):e672-e678. doi:10.1542/peds.2012-2608
22. Sugar NF, Taylor JA, Feldman KW. Bruises in infants and toddlers: those who don't cruise rarely bruise. Puget Sound Pediatric Research Network. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 1999;153(4):399-403. doi:10.1001/archpedi.153.4.399
23. Pierce MC, Kaczor K, Aldridge S, O'Flynn J, Lorenz DJ. Bruising characteristics discriminating physical child abuse from accidental trauma [published correction appears in *Pediatrics*. 2010 Apr;125(4):861]. *Pediatrics*. 2010;125(1):67-74. doi:10.1542/peds.2008-3632.
24. Sink EL, Hyman JE, Matheny T, Georgopoulos G, Kleinman P. Child abuse: the role of the orthopaedic surgeon in nonaccidental trauma. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(3):790-797. doi:10.1007/s11999-010-1610-3
25. Ravichandiran N, Schuh S, Bejuk M, et al. Delayed identification of pediatric abuse-related fractures. *Pediatrics*. 2010;125(1):60-66. doi:10.1542/peds.2008-3794

26. U.S. Department of Health and Human Services AfCaF, Administration on Children, Youth and Families, Children's Bureau. Child Maltreatment. 2017. <https://www.acf.hhs.gov/sites/default/files/cb/cm2017.pdf>. Accedido 29 de marzo del 2019.

27. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. GUÍA CLÍNICA: Detección y primera respuesta a niños, niñas y adolescentes víctimas de maltrato por parte de familiares o cuidadores. Santiago de Chile, Editorial Valente Limitada, 2013. https://www.minsal.cl/sites/default/files/files/Guia_maltrato_Valente26dic2013.pdf. Accedido 12 de junio del 2022.

28. Ministerio de Justicia, República de Chile. Artículo 175 del Código Procesal Penal. Diario Oficial de la República de Chile, 12 de Octubre 2000. <http://bcn.cl/2f7dm>. Accedido 12 de junio del 2022.



CAPITULO 4 - El Paciente Pediátrico con Lesiones Múltiples

Pedro Jorba
Nicolás Valdivia

4. El paciente pediátrico con lesiones múltiples

Las lesiones intencionales, no intencionales y el homicidio causan más muertes en mayores de 1 año hasta los 18 años, que todas las otras causas de muerte en conjunto¹. Según los últimos reportes de la Organización Mundial de la Salud, los traumatismos ocasionados por accidentes de tránsito son la principal causa de mortalidad en la población de 5 a 29 años².

Según la última actualización del ATLS (Advance Trauma Live Support), las lesiones de origen traumático son la causa más frecuente de mortalidad y discapacidad en Estados Unidos en niños mayores de 1 año, registrándose aproximadamente 10.000 muertes al año³. En el año 2016, se registraron 20.360 muertes en niños y adolescentes. Más del 60% de estas muertes fueron secundarias a lesiones traumáticas. Los accidentes en vehículos motorizados fueron la principal causa de muerte en menores de 19 años, representando el 20% de todas las muertes, las lesiones por arma de fuego correspondieron a un 15%, y la siguen las muertes por asfixia y suicidio⁴.

4.1 Introducción

Dadas las preocupantes cifras durante el inicio del 2000, la implementación de nuevas normativas respecto a la prevención de accidentes y leyes más estrictas en Estados Unidos, la mortalidad por traumatismos de origen accidental bajó un 29% entre los años 2000-2009, es decir, de 15,5 a 11,0 por cada 100.000 individuos. Sólo el año 2009 hubo 9.143 muertes de niños por causa accidental⁵. Es por esto por lo que es de vital importancia implementar políticas gubernamentales en cada país, con normativas acerca del uso correcto de sistemas de seguridad adaptados para niños (con su modo adecuado de uso) en el interior de los vehículos, además de leyes y sanciones estrictas que permitan crear conciencia de las consecuencias que implica no cumplirlas.

Con respecto a la distribución por sexo, los niños tienen el doble de riesgo de sufrir una lesión traumática en comparación a las niñas, y existe evidencia de que un mayor porcentaje de las lesiones en los niños pueden requerir de hospitalización para su manejo⁶.

En nuestro país, las lesiones por traumatismo accidental corresponden a la tercera causa de muerte entre los 0-19 años, después de la patología perinatal y de las malformaciones congénitas, representando, el año 2014, el 20,5% de las muertes registradas, con una tasa de mortalidad de 12,5 x 100.000 habitantes⁷.

4.2 Causas de muerte

El agente causal más frecuente de muerte de origen traumático en pacientes pediátricos es el traumatismo encéfalo craneano (asociado o no a otras lesiones), cuya frecuencia es mayor en lactantes. Luego le sigue el trauma torácico, generalmente asociado a otras lesiones, y en tercer lugar el trauma abdominal, el que en un 90% de los casos es cerrado, y en el 85% es de manejo no quirúrgico exclusivo⁷.

Cuando hablamos de un paciente con lesiones múltiples, los traumatismos penetrantes son mucho más raros en el niño en comparación al adulto, y a medida que se acercan a la adolescencia, la tendencia es a que este tipo de lesiones sea similar al adulto. El trauma cerrado secundario a accidentes vehiculares, caídas de altura o abuso está más asociado a pacientes pediátricos que adultos.

Las fracturas son bastante frecuentes de ver en el paciente politraumatizado, y contribuyen significativamente a su morbilidad, pero raramente son la causa directa de mortalidad. Prácticamente en dos tercios de estos pacientes se puede observar fracturas de las extremidades. Dentro de este grupo, las fracturas de los huesos largos, principalmente las fracturas de fémur están asociadas en un 22%. Es habitual de encontrar fracturas de huesos largos tanto en la extremidad superior como inferior de forma ipsilateral en los accidentes vehiculares.

4.3 Características especiales del paciente pediátrico politraumatizado

Clásicamente se describen las condiciones anatómicas del esqueleto pediátrico y las relacionadas a trauma de alta energía. Los niños menores de 6 años poseen una cabeza considerablemente de mayor tamaño/peso en proporción al resto del cuerpo, lo que los hace más propenso a lesiones cervicales, trauma encefalo craneano. Es importante tener esto presente al momento de la inmovilización y transporte (véase más adelante).

En preadolescentes y menores que sufren de un atropello por un automóvil, debemos tener presente la tríada de Wadell, la cual consiste en que el niño inicialmente es golpeado en su muslo por el parachoques del vehículo (causando una fractura de fémur), seguido por un trauma alrededor del tórax o abdomen sobre el capó, y finalmente la región de la cabeza al impactar el suelo (Figura 1).

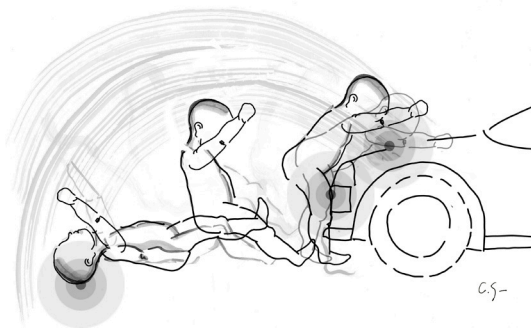


Figura 1. Tríada de Wadell. El auto impacta el muslo del menor, posteriormente el tronco golpea el capó, y finalmente el cráneo impacta el suelo.

4.4 Respuesta sistémica del paciente pediátrico politraumatizado

En un paciente politraumatizado, la lesión de múltiples órganos y sistemas desencadena una cascada inflamatoria, resultando con aumento de la permeabilidad endotelial, edema intersticial, oclusión intravascular, isquemia microvascular y eventualmente una falla del órgano afectado o multiorgánica. En general el patrón de falla multiorgánica en el paciente pediátrico es fisiopatológicamente distinto al del adulto.

El momento de falla multiorgánica en el niño y el adulto es distinto. En el niño, su aparición es prácticamente inmediata,

afectando casi todos los órganos de manera simultánea luego del trauma, a diferencia del adulto, donde ocurre entre 48-72 horas posteriores al trauma, con compromiso pulmonar inicialmente. Debemos recalcar que las lesiones pulmonares en el niño son 6 veces menos frecuentes que en el adulto⁸.

La respuesta fisiológica frente al trauma pediátrico es caracterizada por ser más amortiguada a nivel sistémico, pero con una respuesta a nivel del tejido lesionado mucho más intensa, lo que favorece en la reparación de tejidos a nivel local, generando menor daño sistémico. Esto podría inclinar la balanza a un manejo definitivo precoz en las fracturas quirúrgica.

En el manejo del paciente politraumatizado adulto, existe evidencia que inclina la balanza hacia el concepto de “Damage Control Orthopedic Surgery”, es decir que el manejo definitivo de fracturas se realiza en forma diferida y sólo se realiza una estabilización transitoria de éstas, ya que disminuiría el riesgo de falla multiorgánica, una menor respuesta inflamatoria sistémica y menor riesgo de distress respiratorio. En el paciente pediátrico no existe evidencia que esto sea así. Es más, la aparición del concepto “Early Total Care” (ETC) permitiría realizar un tratamiento temprano y definitivo de las fracturas. Pocos estudios están enfocados en el momento más adecuado para la estabilización y fijación definitiva en pacientes pediátricos, por lo que es muy difícil llegar a consenso. En 2019, se publicó un trabajo donde se analiza a 5.512 pacientes víctimas de trauma, dentro de ellos 316 niños, y se registró el uso de manejo conservador, “Damage Control” y “Early Total Care”. Destaca que el uso de fijador externo aumentaba con la edad, la mayoría de los niños recibía inmediatamente ETC y que al comparar estos pacientes con el grupo de adultos no existía diferencias en mortalidad, complicaciones como sepsis y falla multiorgánica⁹.

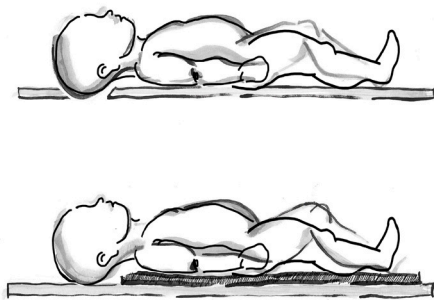
4.5 Evaluación y tratamiento

El tratamiento de un paciente politraumatizado puede dividirse en 2 partes: pre-hospitalaria, donde recibe la primera atención de soporte vital y traslado, y la de manejo en el servicio de urgencia, una vez trasladado el paciente.

Es de crucial importancia que el paciente deba ser trasladado en forma adecuada al centro de derivación, es decir, correctamente inmovilizado, con una vía aérea asegurada y soporte de oxígeno, dependiendo de los requerimientos de éste y el grado de compromiso de conciencia (Escala de Glasgow). Además,

se debe tener 2 vías venosas permeables de buen calibre (vía intraósea como alternativa), y adecuadas medidas físicas para evitar la hipotermia.

La lesión de columna cervical debe siempre asumirse en un paciente politraumatizado hasta demostrar lo contrario. La inmovilización de la columna cervical debe realizarse a través de un collar adecuado para el tamaño del niño, y usando una tabla espinal pediátrica. Esto se debe a que, en menores de 8-9 años, la cabeza es desproporcionadamente más grande que el tronco, y para dejar la columna cervical en posición neutra y la vía aérea despejada hay 2 alternativas: una tabla espinal con un orificio a nivel de la cabeza, o con un realce (sábanas o frazadas) bajo el cuerpo¹⁰ (figura 2).



C.5-

Figura 2. Posición adecuada de transporte de paciente pediátrico politraumatizado, evitando flexión cervical y manteniendo vía aérea despejada.

Una vez recibido el paciente en el servicio de urgencia, debe ser rápidamente ingresado a la sala de reanimación, y evaluado por un equipo, el que generalmente está comandado por un pediatra o un cirujano pediátrico. Uno de ellos, será la persona responsable de indicar las maniobras de reanimación y/o estabilización del paciente.

Mientras el médico a cargo de la reanimación evalúa al paciente, el traumatólogo paralelamente (sin interferir en maniobras de reanimación/estabilización) debe realizar una primera evaluación, buscando lesiones músculo esqueléticas que podrían afectar hemodinámicamente o neurológicamente al paciente (fracturas de pelvis, múltiples de huesos largos, columna vertebral), e inmovilizarlas transitoriamente para disminuir su sangrado. El uso de férulas neumáticas o con barras laterales y sistemas de tracción de partes blandas para extremidades inferiores permiten alinear y estabilizar rápidamente un segmento óseo, disminuyendo el sangrado, y actuando con un

efecto analgésico en forma significativa. Debemos recordar que una fractura de fémur en un adulto puede perder 1.000 a 1.500 cc de sangre o aproximadamente el 30% de la volemia. A pesar de esto, los niños raramente requieren una transfusión cuando tienen fracturas aisladas de fémur, pero al asociarse a otras lesiones la posibilidad de transfusión aumenta a un 39%¹¹.

Las fracturas de pelvis habitualmente se deben a traumatismos cerrados de alta energía, como accidentes automovilísticos o caídas de altura, por lo que hay que tener una alta sospecha en estos casos. La indemnidad y estabilidad del anillo pelviano debe ser evaluada acuciosamente. Las fracturas de pelvis son indicador de severidad cuando están presentes, la cual debe hacer sospechar lesiones asociadas como TEC (Traumatismo encéfalo craneano) e intraabdominales, con mayor riesgo de sangrado¹². Al igual que las fracturas de fémur, éstas fracturas cuando son aisladas (sin lesiones concomitantes) no presentan mayor riesgo de compromiso hemodinámico a diferencia del adulto¹⁰.

Una vez descubierto el paciente, se realiza una nueva evaluación, donde el traumatólogo debe buscar lesiones en el aparato músculo esquelético de forma más acuciosa que al inicio. Zonas con heridas erosivas, induradas, edematosas o deformidad, con hipoperfusión a distal de alguna extremidad (palidez, ausencia o disminución de pulsos, llene capilar lento) y/o signos de síndrome compartimental, deben ser identificadas y descritas con detalle.

La mayoría de los niños pequeños víctimas de politraumatismos que ingresa sin compromiso de conciencia al servicio de urgencia, lo hacen muy asustados, llorando o con agitación psicomotora. No es extraño ver que sean traídos por personal de ambulancia sin compañía de algún conocido o familiar. Estas condiciones hacen muy difícil la evaluación del paciente (sobre todo los niños pequeños). Es importante tratar de estar tranquilo, con el fin de calmar al niño y obtener cualquier información acerca del accidente (mecanismo del trauma, zonas de dolor, etc.), lo no permitirá acercarnos a un diagnóstico más preciso.

Cualquier paciente que no mueve o se rehúsa a mover alguna extremidad es un signo indicativo de fractura hasta que se demuestre lo contrario.

Una evaluación de la columna vertebral debe realizarse manteniendo la columna cervical inmovilizada, moviendo al paciente en bloque sin retirar la tabla espinal. Se debe buscar lesiones en la piel sugerentes de trauma, palpar y buscar puntos dolorosos o deformidad a lo largo de la columna vertebral.

Un examen neurológico detallado chequeando déficit sensitivo o motor nos permitirá identificar posibles lesiones en forma temprana y advertir al equipo de reanimación al momento de movilizar al paciente, realizar el traslado a otra unidad (imagenología, pabellón, etc.), y orientar al momento de tomar exámenes imagenológicos durante el proceso diagnóstico.

4.6 Diagnóstico imagenológico

Los estudios diagnósticos de imagen son un complemento crucial a la exploración física cuidadosa en la evaluación del niño politraumatizado. Aunque hay una gran cantidad de técnicas de imagen disponibles, las limitaciones de tiempo en una situación de urgencia obligan a elegir y utilizar eficientemente los estudios de imagen. Por este motivo, se prioriza habitualmente la sensibilidad sobre la especificidad, siendo el objetivo evitar que lesiones significativas pasen desapercibidas.

El Colegio Americano de Cirujanos, a través de las recomendaciones de Apoyo Vital Avanzado de Trauma (ATLS), recomienda realizar, como mínimo, tres radiografías en el paciente politraumatizado: proyección lateral de columna cervical, proyección anteroposterior de tórax y proyección anteroposterior de pelvis. A pesar de que no existe una recomendación específica para el paciente pediátrico, de manera habitual se ha ampliado esta misma recomendación para ellos, aunque no hay el mismo soporte de evidencia que en adultos.

Khan¹³ reporta una serie de 176 pacientes pediátricos politraumatizados a los que se les realizó la serie estándar de trauma. Ninguno de los pacientes presentó lesiones cervicales identificables clínica o radiográficamente. Con respecto al tórax, el 100% de los pacientes en los cuales se identificó una lesión radiográficamente presentaron también datos clínicos sugestivos. La proyección de pelvis reportó una lesión ósea en 6.25% de los pacientes, de los cuales solo 18% (2 de 11) no tuvieron datos clínicos positivos para el segmento. Estos hallazgos en su conjunto sugieren que el panel de trauma es de utilidad limitada en niños conscientes con exploración física normal.

El uso de Tomografía Axial Computada de Cuerpo Completo (WBCT, en inglés) ha demostrado ser capaz de disminuir la mortalidad en pacientes adultos politraumatizados. Sin embargo, en pacientes pediátricos el riesgo aumentado de cáncer derivado de la radiación obliga a ser más selectivo al momento de indicar estudios de TAC. Frellesen¹⁴ correlacionó variables clínicas con los hallazgos en WBCT en 100 paciente pediátricos, encontrando que ninguna variable clínica por sí misma

resultó capaz de predecir un estudio de imagen anormal, con excepción de la escala de coma de Glasgow, que sí fue capaz de predecir un TAC cerebral anormal con calificación igual o menor a 13. Es probable que sea preferible realizar TAC a segmentos corporales específicos, de acuerdo con los hallazgos clínicos.

La Resonancia Magnética de cuerpo completo ha sido sugerida como una alternativa libre de radiación para pacientes pediátricos, con una alta sensibilidad para detectar lesiones. Sin embargo, el tiempo significativamente más prolongado que se requiere para la realización del estudio limita su uso a pacientes que están estables hemodinámicamente, lo cual resta utilidad en la situación clínica. Hacen falta estudios adicionales para definir las indicaciones precisas de esta modalidad de imagen¹⁵.

4.7 Scores en politrauma pediátrico

Desde hace décadas se han desarrollado diferentes sistemas de calificación para pacientes traumatizados. Estos scores han demostrado ser de utilidad al facilitar el triage de estos pacientes, definiendo la severidad de las lesiones, y permitiendo predecir la necesidad de realizar tratamientos quirúrgicos. La definición misma de lo que es un politrauma está ligada a la calificación de la herramienta más utilizada, el Injury Severity Score (ISS), considerándose que existe cuando es mayor o igual a 16. Sin embargo, aún existe controversia al respecto, y se continúan la búsqueda de una definición ideal¹⁶. Brown¹⁷ propone tomar un score de ISS mayor o igual a 25 como indicativo de politrauma en niños, tras analizar los patrones de mortalidad y las diferencias con el paciente adulto.

A pesar de la demostrada utilidad del ISS, y su uso generalizado en el mundo, existe preocupación por que no sea la mejor opción en niños, por lo que se han diseñado scores específicos para pacientes pediátricos. El más utilizado es el Pediatric Trauma Score (PTS), el cual da valor al tamaño del niño, así como al estado de su vía aérea (Tabla 1). El PTS tiene un rango de calificación de -6 a 12, y las puntuaciones más bajas correlacionan fuertemente con un mal resultado, encontrándose una relación lineal entre el score y la mortalidad, siendo esta última de 100% cuando es igual o menor a 0, y de 9% cuando el score es igual o mayor a 8³.

Interesantemente, el PTS no ha logrado demostrar una superioridad clara sobre el ISS para predecir la necesidad de cirugía, ni el riesgo de mortalidad. Ninguno de los scores

| | +2 | +1 | -1 |
|-----------|-----------|------------|----------------------------------|
| PESO | >20 Kg | 10-20 Kg | <10 Kg |
| VIA AEREA | Permeable | Mantenible | No mantenible |
| PAS | >90 mmHg | 50-90 mmHg | <50 mmHg |
| SNC | Despierto | Obnubilado | Comatoso |
| FRACTURA | Ninguna | Cerrada | Múltiples, cerradas o abierta |
| HERIDA | Ninguna | Menores | Mayores, penetrantes, quemaduras |

Tabla 1. Puntuación para la obtención del Pediatric Trauma Score (PTS). PAS: presión arterial sistólica. SNC: Sistema nervioso central.

disponibles tiene la capacidad de predecir la severidad de la lesión craneoencefálica¹⁸, por lo que el uso conjunto de ambos scores probablemente es la mejor opción para el manejo de los pacientes pediátricos. En vista de las profundas diferencias fisiológicas entre niños y adultos, debemos seguir buscando herramientas mejores y más precisas para la evaluación del politrauma en el paciente pediátrico.

4.8 Lesiones asociadas

En el paciente politraumatizado pediátrico, el Trauma Encéfalo Craneal (TEC) es una de las lesiones más comunes, estando presente en 17% de los casos, y es la primera causa de muerte y discapacidad permanente. Como se comentó, el TEC es más común en niños por los factores anatómicos que lo predisponen. En los niños, hasta 80% de los pacientes desarrollarán aumento de la presión intracraneal, que es la principal causa de lesión cerebral secundaria. Cuando este aumento es causado por hematomas intracraneales, el drenaje oportuno puede permitir una recuperación total; cuando es causado por edema cerebral difuso sin lesiones ocupativas, el pronóstico es peor, a pesar de la realización de craneotomías descompresivas¹⁹. El manejo temprano multidisciplinario es crucial para buscar los mejores desenlaces en estas lesiones potencialmente devastadoras.

El trauma torácico se presenta en 8-62% de los pacientes pediátricos politraumatizados. Cuando se acompaña de TEC o trauma abdominal, la mortalidad es de hasta 25%. En comparación con los adultos, las lesiones esternales y costales son

poco comunes, y cuando llegan a estar presentes, pueden ser indicativas de lesiones cardiopulmonares severas. Las contusiones pulmonares son las lesiones torácicas más frecuentemente presentadas, y requieren manejo oportuno para no desarrollar complicaciones secundarias que pueden asociarse a morbilidad significativa. Las contusiones cardíacas, aunque poco comunes, deben ser consideradas siempre como la posible causa de un shock sin etiología aparente. Los niveles elevados de troponina en niños politraumatizados se asocian a una estancia más larga en terapia intensiva (UTI), y a una mortalidad más elevada, secundaria a contusiones pulmonares y/o miocárdicas, por lo que puede ser útil como un indicador pronóstico²⁰.

Las lesiones abdominales se reportan en aproximadamente una cuarta parte de los pacientes politraumatizados. Debido a la mayor reserva fisiológica de los niños, las repercusiones hemodinámicas de un sangrado abdominal suelen retrasar su aparición hasta que existe una pérdida volumétrica importante. Por su mayor tamaño relativo en el abdomen infantil, las lesiones esplénicas y hepáticas son las más comunes. Cuando hay estabilidad hemodinámica, el manejo conservador puede ser adecuado, pero el umbral para decidir exploración quirúrgica debe ser bajo. El manejo en dos tiempos para lesiones hepáticas severas, con empaquetamiento perihepático y posterior reparación definitiva permite evitar resecciones hepáticas grandes.

Una vez que ha concluido el manejo quirúrgico inicial del niño politraumatizado, debe continuar el monitoreo y manejo médico en una Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica, especializada, con un equipo multidisciplinario. El manejo en una UTI Pediátrica optimiza las posibilidades de supervivencia y recuperación funcional²¹.

4.9 Tratamiento de las lesiones ortopédicas

Una vez que se ha abordado inicialmente el paciente pediátrico politraumatizado y cumplido los objetivos de la reanimación, las lesiones musculoesqueléticas deben ser tratadas como parte de la evaluación secundaria. El manejo ortopédico debe enfocarse al manejo de fracturas expuestas graves, así como la estabilización temprana de otras fracturas.

En fracturas cerradas de los huesos largos, es recomendable evitar el uso de férulas o valvas grandes o por períodos prolongados, particularmente si el paciente requiere manejo en una Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Los aparatos de inmovilización dificultan los cuidados de enfermería, limitan la mo-

vilización en cama y traen consigo un riesgo no insignificante de provocar úlceras por presión, particularmente en pacientes con estado de consciencia alterado.

El uso temprano de dispositivos de fijación externa transitorios tiene múltiples ventajas en el manejo del paciente pediátrico politraumatizado. Pueden aplicarse rápidamente, sin entorpecer la realización de cirugías urgentes en otros segmentos corporales, y simplifican de forma importante el manejo posterior del paciente, reduciendo el dolor y el riesgo de complicaciones secundarias a la inestabilidad de las fracturas. Es crítico considerar al momento de instalar el fijador externo, el tipo de fijación definitiva que eventualmente se realizará, para evitar interferir con abordajes potenciales. Siempre hay que considerar la posibilidad de que nunca sea posible realizar otra fijación definitiva, ya sea por deterioro en la condición médica del paciente o por cualquier otro factor ajeno al control del médico ortopedista. Por este motivo, es recomendable siempre buscar la mejor reducción posible al momento de aplicar la fijación externa.

El manejo definitivo de las fracturas cerradas de huesos largos habitualmente es el mismo que se elegiría en una fractura similar aislada, y, como se comentó previamente, en general se busca hacer la osteosíntesis definitiva en cuanto las condiciones del paciente así lo permitan, al no haberse documentado hasta ahora los beneficios de la Cirugía de Control de Daños en pacientes pediátricos.

Las fracturas expuestas en pacientes pediátricos habitualmente son resultado de trauma de alta energía, y son clasificadas más comúnmente con la clasificación de Gustilo-Anderson. A pesar de que no existe ninguna clasificación específica para niños, los principios de manejo utilizados en adultos aplican en forma general en los pacientes pediátricos, aunque siempre se debe ser más conservador en niños, particularmente al momento de decidir entre amputar tempranamente o intentar rescatar una extremidad gravemente lesionada.

En fracturas expuestas de la tibia, la evolución en niños suele ser favorable, a diferencia de lo que ocurre en pacientes adultos. Varios estudios han demostrado que la fijación primaria con clavos elásticos de titanio, incluso en lesiones tipo II o IIIA de Gustilo-Anderson, es segura y da resultados comparables al uso de fijación externa inicial con osteosíntesis diferida^{22,23}. En fracturas expuestas de la diáfisis femoral o del antebrazo, en las cuales la cubierta de tejidos blandos es superior a la de la tibia, también puede utilizarse la osteosíntesis definitiva con clavos elásticos de titanio de forma temprana.

4.10 Mensaje final

Las lesiones constituyen la primera causa de muerte en los niños y adolescentes a partir del año de edad. En este grupo de edad, la más común causa de muerte es el traumatismo encéfalo craneano, seguido del trauma torácico. Aunque las lesiones ortopédicas casi nunca provocan la muerte, si pueden llevar a discapacidad permanente.

A diferencia de lo que sucede en adultos, en los niños y adolescentes la respuesta metabólica al politrauma inicia de forma inmediata, y es más marcada a nivel tisular que sistémico. Esto hace que sea factible realizar tratamiento total temprano en la mayor parte de los casos, en lugar de control de daños. En el caso de fracturas expuestas, de igual modo puede elegirse realizar osteosíntesis definitiva desde un inicio, cuando el estado de la cobertura de tejidos blandos lo permite. Estos dos factores hacen que la evolución y resultados de las lesiones ortopédicas en niños politraumatizados sea superior al de los adultos, con menor riesgo de complicaciones.

4.11 Referencias

1. COMMITTEE ON PEDIATRIC EMERGENCY MEDICINE, COUNCIL ON INJURY, VIOLENCE, AND POISON PREVENTION, SECTION ON CRITICAL CARE, SECTION ON ORTHOPAEDICS, SECTION ON SURGERY, SECTION ON TRANSPORT MEDICINE, PEDIATRIC TRAUMA SOCIETY, AND SOCIETY OF TRAUMA NURSES PEDIATRIC COMMITTEE. Management of Pediatric Trauma. *Pediatrics*. 2016;138(2):e20161569. doi:10.1542/peds.2016-1569
2. World Health Organization. Children: new threats to health. 19 de Noviembre del 2020. Acceso 29 de abril del 2022. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/children-new-threats-to-health>
3. Galvagno SM Jr, Nahmias JT, Young DA. Advanced Trauma Life Support® Update 2019: Management and Applications for Adults and Special Populations. *Anesthesiol Clin*. 2019;37(1):13-32. doi:10.1016/j.anclin.2018.09.009
4. Cunningham RM, Walton MA, Carter PM. The Major Causes of Death in Children and Adolescents in the United States. *N Engl J Med*. 2018;379(25):2468-2475. doi:10.1056/NEJMs1804754
5. Abzug JM, Kozin SH, Zlotolow DA. *The Pediatric Upper Extremity*. Springer New York, NY; 2015. doi: 10.1007/978-1-4614-8515-5

6. Borse N, Sleet DA. CDC Childhood Injury Report. Patterns of Unintentional Injuries Among 0- to 19-Year Olds in the United States, 2000–2006. 2009;32(2):189. doi:10.1097/01.fch.0000347986.44810.59
7. Wegner Araya A. Reanimación con control de daños en el trauma grave pediátrico [Damage control resuscitation in pediatric severe trauma]. *Rev Chil Pediatr.* 2018;89(1):118-127. doi:10.4067/S0370-41062018000100118
8. Pandya NK, Upasani VV, Kulkarni VA. The pediatric polytrauma patient: current concepts. *J Am Acad Orthop Surg.* 2013;21(3):170-179. doi:10.5435/JAAOS-21-03-170
9. Horst K, Andruszkow H, Weber CD, et al. Surgical treatment strategies in pediatric trauma patients: ETC vs. DCO—an analysis of 316 pediatric trauma patients from the TraumaRegister DGU®. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2019;45(5):801-808. doi:10.1007/s00068-019-01092-7
10. Loubani E, Bartley D, Forward K. Orthopedic Injuries in Pediatric Trauma. *Curr Pediatr Rev.* 2018;14(1):52-58. doi:10.2174/1573396313666170911140044
11. Compton E, Andras LM, Murgai RR, Skaggs DL, Illingworth KD. Isolated femoral shaft fractures in children rarely require a blood transfusion. *Injury.* 2020;51(3):642-646. doi:10.1016/j.injury.2020.01.005
12. Spiguel L, Glynn L, Liu D, Statter M. Pediatric pelvic fractures: a marker for injury severity. *Am Surg.* 2006;72(6):481-484.
13. Alam Khan T, Jamil Khattak Y, Awais M, et al. Utility of complete trauma series radiographs in alert pediatric patients presenting to Emergency Department of a Tertiary Care Hospital. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2015;41(3):279-285. doi:10.1007/s00068-014-0413-8
14. Frellesen C, Klein D, Tischendorf P, et al. Indication of whole body computed tomography in pediatric polytrauma patients-Diagnostic potential of the Glasgow Coma Scale, the mechanism of injury and clinical examination. *Eur J Radiol.* 2018;105:32-40. doi:10.1016/j.ejrad.2018.05.022
15. Ludwig J, Heumann P, Gümbel D, et al. Full-body MR imaging: a retrospective study on a novel diagnostic approach for children sustaining high-energy trauma. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2022; 48(3): 2165–2172. 2022 Jun;48(3):2165-2172. doi: 10.1007/s00068-021-01736-7
16. Rau CS, Wu SC, Kuo PJ, et al. Polytrauma Defined by the New Berlin Definition: A Validation Test Based on Propensity-Score Matching Approach. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(9):1045. Published 2017 Sep 11. doi:10.3390/ijerph14091045
17. Brown JB, Gestring ML, Leeper CM, et al. The value of the injury severity score in pediatric trauma: Time for a new definition of severe injury?. *J Trauma Acute Care Surg.* 2017;82(6):995-1001. doi:10.1097/TA.0000000000001440
18. Wendling-Keim DS, Hefe A, Muensterer O, Lehner M. Trauma Scores and Their Prognostic Value for the Outcome Following Pediatric Polytrauma. *Front Pediatr.* 2021;9:721585. Published 2021 Sep 3. doi:10.3389/fped.2021.721585
19. Figaji AA. Anatomical and Physiological Differences between Children and Adults Relevant to Traumatic Brain Injury and the Implications for Clinical Assessment and Care. *Front Neurol.* 2017;8:685. Published 2017 Dec 14. doi:10.3389/fneur.2017.00685
20. Braun CK, Schaffer A, Weber B, Huber-Lang M, Kalbitz M, Preßmar J. The Prognostic Value of Troponin in Pediatric Polytrauma. *Front Pediatr.* 2019;7:477. Published 2019 Nov 20. doi:10.3389/fped.2019.00477
21. Naqvi G, Johansson G, Yip G, Rehm A, Carrothers A, Stöhr K. Mechanisms, patterns and outcomes of paediatric polytrauma in a UK major trauma centre. *Ann R Coll Surg Engl.* 2017;99(1):39-45. doi:10.1308/rcsann.2016.0222
22. Pandya NK. Flexible Intramedullary Nailing of Unstable and/or Open Tibia Shaft Fractures in the Pediatric Population. *J Pediatr Orthop.* 2016;36 Suppl 1:S19-S23. doi:10.1097/BPO.0000000000000754
23. Hong P, Rai S, Tang X, Liu R, Li J. External fixation versus elastic stable intramedullary nailing in the treatment of open tibial shaft fractures in children. *J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):528. Published 2021 Aug 25. doi:10.1186/s13018-021-02679-w.



CAPITULO 5 - Lesiones Musculoesqueléticas por Sobreuso en el Paciente Pediátrico

Claudia Alday
María Angélica Ibañez

5. Lesiones musculoesqueléticas por sobreuso en el paciente pediátrico

La actividad física de un niño es el conjunto de acciones, tanto cotidianas como recreativas y deportivas formales. Durante el último tiempo se ha incrementado la práctica de deportes en forma competitiva en la población pediátrica, lo que, a pesar de sus beneficios, implica un riesgo de morbilidad asociado a la especialización y el entrenamiento intensivo. Conocer la patología por sobre entrenamiento, sus factores de riesgo y características clínicas, contribuye a un diagnóstico temprano y tratamiento precoz de estas lesiones, evitando secuelas importantes. Además, permite implementar prácticas preventivas para evitar futuras lesiones.

5.1 Introducción

Analizar la actividad física de un niño no es simplemente una cuestión de sumar la cantidad de horas que dedica cada semana a deportes organizados, sino también la cantidad de actividades recreativas, tanto dentro como fuera de la escuela (Figura 1). Debemos considerar que hay una disminución general en estos días en dicha actividad diaria, lo que es reemplazado por actividades sedentarias, como trabajar en el computador o jugar videojuegos. Esto conduce a un menor nivel de condición física basal en los niños que comienzan un deporte, aumentando su riesgo de sufrir lesiones^{1,2}.



Figura 1. Actividades a considerar para determinar la actividad física realizada por el paciente.

Por otra parte, durante las últimas décadas hemos presenciado un incremento de las actividades deportivas competitivas y recreativas en la población pediátrica y adolescente, lo que, si bien genera incontables beneficios físicos, psicológicos y mentales para este grupo etario, trae consigo el riesgo de morbilidad asociado a la especialización deportiva y el entrenamiento atlético intensivo. Términos como agotamiento, sobre entrenamiento y lesiones por uso excesivo, condiciones que antes se pensaba que sólo ocurrían en atletas de élite, se han vuelto más comunes³. Este fenómeno ha provocado un aumento de las lesiones del aparato locomotor, que presentan particularidades que hay que considerar al momento de tratar y prevenir².

Las lesiones del sistema musculoesquelético pueden presentarse en forma aguda o subagudas, siendo las primeras asociadas a un traumatismo en un determinado momento, donde una estructura falla ante la solicitud mecánica ejercida, mientras que las segundas se presentan de manera progresiva cuando una estructura es sometida a cargas repetitivas sin que ella tenga tiempo suficiente para reparar el daño^{4,5}. A éstas últimas las llamaremos lesiones por uso excesivo o sobreuso.

En comparación con las lesiones deportivas traumáticas agudas, existe escasa literatura sobre la epidemiología de las lesiones por sobreuso en la población pediátrica. Una posible razón de esto es la dificultad para identificar y reconocer, por parte del atleta pediátrico inexperto, las lesiones por uso excesivo, debido a su presentación y características clínicas. Este tipo de lesiones pueden tener un inicio insidioso, con síntomas fluctuantes según el nivel actual de actividad del atleta, y pueden no resultar en pérdida de tiempo de actividad deportiva, malinterpretándose los vagos síntomas como fatiga o disminución del rendimiento. También es menos probable que los niños busquen cuidado, pudiendo continuar realizando las actividades a pesar del dolor, debido a la naturaleza crónica de estas lesiones y a las crecientes presiones de las familias, los entrenadores o compañeros de equipo⁶.

Este capítulo se centrará en los posibles factores de riesgo de las lesiones por uso excesivo en el esqueleto inmaduro. Además, mostraremos algunas de las lesiones por sobreuso más comunes observadas en el entorno clínico, su diagnóstico, tratamiento y formas de prevención.

5.2 Consideraciones anatómicas

Dentro de las características del aparato locomotor en crecimiento, se encuentran condiciones mecánicas y funcionales especiales, que lo diferencian de las del adulto (Tabla 1).

| | |
|-------------------|---|
| HUESO | Zonas distintas al adulto: epífisis, fisis, metafisis, diáfisis, y apófisis Mayor flexibilidad Consolidación segura Capacidad de remodelación Epífisis y apófisis cartilaginosas Unión osteotendínea cartilaginosa |
| OTROS COMPONENTES | Ligamentos y tendones más elásticos Músculos de masa y elasticidad variable Proporciones corporales variadas |

Tabla 1. Diferencias del aparato locomotor en desarrollo, del paciente pediátrico, y el del paciente adulto.

Los pacientes pediátricos tienen un mayor riesgo de sufrir lesiones por uso excesivo debido a su sistema esquelético inmaduro. La elasticidad de estructuras blandas, asociada a la fragilidad relativa que tienen las estructuras cartilaginosas y óseas, determinan que los patrones de lesión sean variables dependiendo de la edad del menor. Específicamente, zonas como las uniones fisario-epifisario, apófisis o uniones osteotendíneas son áreas exclusivas de los niños y lugares en riesgo de lesionarse por estrés (Figura 2).

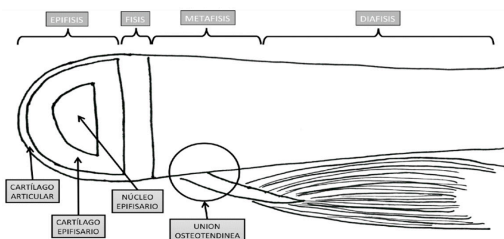


Figura 2. Zonas de riesgo de lesión en pacientes pediátricos.

5.3 Fisiopatología

Las lesiones por uso excesivo suelen estar relacionadas con el estrés fisiológico repetitivo, submáximo, y la carga del sistema musculoesquelético, sin que el cuerpo tenga tiempo suficiente para recuperarse. Esto da como resultado una adaptación del tejido. Aunque tal adaptación puede ser beneficiosa, también puede producirse una lesión tisular perjudicial cuando los factores estresantes en curso se combinan con un descanso inadecuado³.

Por lo general, las lesiones por esfuerzo repetitivo ocurren en los puntos de unión, donde las fuerzas mecánicas multidireccionales se transmiten a tejidos de diferentes consistencias y resistencias a la tracción. Los patrones de lesión dependen del mecanismo específico asociado al deporte realizado, así como de la madurez del esqueleto. En el atleta joven, la parte más débil del sistema musculoesquelético es la unión del cartilago fisario con el tejido óseo osificado adyacente, en la base de las epífisis y apófisis. Con la madurez, los sitios de inserción tendinosa se convierten en la estructura más débil. Las lesiones por estrés más comunes en edad pediátrica son las fracturas por estrés, apofisitis por tracción y lesiones fisarias repetitivas⁷.

| | |
|----------------------|---|
| FACTORES EXTRINSECOS | Especialización temprana Técnica incorrecta de entrenamiento Volumen e intensidad alta de entrenamiento Participación deportiva durante todo el año Deporte de movimiento repetitivo Equipamiento inadecuado Presión de padres y entrenadores |
|----------------------|---|

| | |
|----------------------|---|
| FACTORES INTRINSECOS | Inmadurez esquelética Crecimiento acelerado Factores anatómicos Nivel de desarrollo cognitivo Flexibilidad Edad Sexo Índice de masa corporal (IMC) Lesiones previas |
|----------------------|---|

Tabla 2. Factores de riesgo para lesiones musculoesqueléticas por uso excesivo.

Aunque hay una escasez de investigaciones con respecto a lesiones o tratamientos específicos por patología causada por uso excesivo en niños, la literatura reciente ha tendido a identificar factores de riesgo (Tabla 2), tanto intrínsecos como extrínsecos^{3,8,9}.

5.4 Clasificación

El término más comúnmente usado para estas definir estas lesiones es “osteochondrosis”, que corresponde a una alteración de la osificación endocondral, incluidas la osteogénesis y la condrogénesis, en sujetos sin trastorno del crecimiento inicial. La osteochondrosis puede ser epifisaria, fisaria o apofisaria, según el sitio afectado. Si bien no existe consenso sobre la etiología de la osteochondrosis, parecen estar involucrados múltiples factores vasculares, traumáticos, o combinados (Figura 3)².

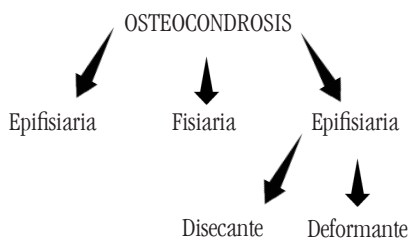


Figura 3. Tipos descritos de osteochondrosis.

5.5 Tratamiento

Al evaluar a un atleta pediátrico, es fundamental una historia clínica y un examen físico completos³.

En la historia clínica, el dolor mecánico es el principal signo de lesiones por uso excesivo. Limita o impide significativamente la participación en el deporte o las actividades diarias^{2,8}. Respecto del dolor, es importante encontrar la ubicación precisa, determinar cuándo se observó por primera vez en el área afectada, cuándo comenzó a afectar el rendimiento, la intensidad del síntoma y las acciones que lo gatillan. El dolor permite dividir las lesiones en 4 etapas según su evolución (Figura 4).

Además, es importante obtener información acerca de factores de riesgo presentes:

- Deportes en los que participa el paciente y el grado de compromiso en ellos (horarios, número de clubes o ligas);
- Errores de entrenamiento;
- Introducción reciente de alguna nueva técnica o método de entrenamiento;
- Días de descanso de la actividad cada semana;
- Tiempo fuera de la actividad durante los últimos 6 a 12 meses;
- Tipo de equipamiento que se está utilizando y cuándo fue reemplazado por última vez;

- Lesiones anteriores y cómo se trataron (o no);
- Determinación del estado puberal, menstrual y curva de crecimiento;
- Motivación del niño;
- Expectativas de los padres;
- Existencia de algún trastorno nutricional o del sueño.

El examen físico debe intentar localizar el tejido lesionado con la mayor precisión posible, recomendándose siempre comparar ambas extremidades. Palpar con cuidado la zona dolorida es fundamental. Se debe evaluar la alineación, flexibilidad, laxitud articular y el tono muscular. Observar al paciente para detectar rigidez de músculos y/o tendones. Hay que considerar que la hiperlaxitud también puede ser una fuente de dolor. El examen físico debe abordar las articulaciones por encima y por debajo del área en cuestión, ya que el dolor referido puede ser parte del cuadro clínico subyacente. Evaluación de los estabilizadores dinámicos y estáticos y los puntos de referencia anatómicos dentro de la zona. También es pertinente un examen neuromuscular, que incluya perfusión, sensación y función motora del área afectada.

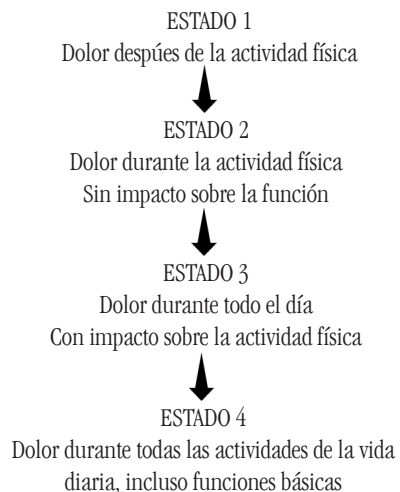


Figura 4. Etapas evolutivas de una lesión musculoesquelética por uso excesivo.

Muchas lesiones por uso excesivo pueden diagnosticarse y tratarse inicialmente sin necesidad de diagnóstico con exámenes complementarios, pero estos deben solicitarse en el caso de compromiso unilateral o dolor inusual, como dolor nocturno o inflamatorio y aquellas lesiones que no responden al tratamiento inicial.

Se pueden considerar los estudios radiográficos para respaldar o refutar la historia y los componentes del examen físico. Las vistas comparativas del lado contralateral pueden ser útiles cuando las variantes anatómicas no están claras, ya sea como el origen de la patología o como una variante normal en la maduración. En estos casos es importante evaluar cuidadosamente la necesidad de imágenes adicionales, incluida la ecografía, cintigrafía ósea, resonancia magnética (RM) o la tomografía computarizada (TC), para los casos que requieran datos muy específicos para el diagnóstico y tratamiento.

5.6 Lesiones por sobreuso más frecuentes

Lesiones de las extremidades superiores

Las lesiones por uso excesivo de los miembros superiores son menos frecuentes que las de los miembros inferiores. El atleta por encima de la cabeza, como el nadador, el lanzador de béisbol, el jugador de tenis, así como los atletas que soportan mucho peso en las extremidades superiores, como las gimnastas, pueden buscar atención médica por este tipo de lesiones.

Con las actividades de soporte de peso de las extremidades superiores, la distribución de fuerzas a través de la muñeca puede equivaler a casi el doble del peso corporal. Estas fuerzas de compresión y cizallamiento se transfieren a través de la fisis

distal, y pueden superar el límite de lo que el cuerpo en crecimiento es capaz de soportar, especialmente en el contexto de un descanso inadecuado. Esto puede llevar a generar alteraciones de la estructura fisiaria (Figura 5).

En la Tabla 3 se resumen las lesiones más frecuentes por sobreuso de la extremidad superior y su segmento afectado.

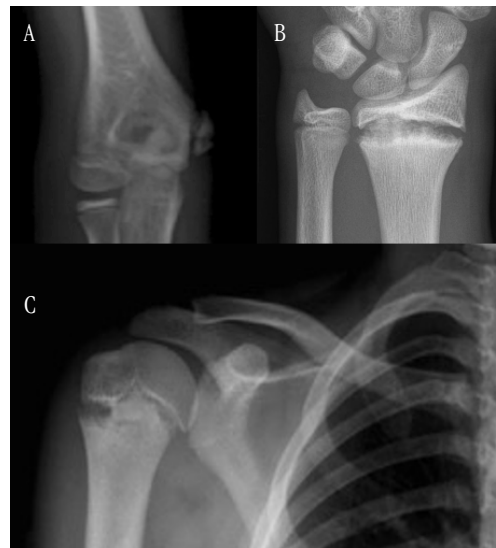


Figura 5. Radiografías de lesiones por sobreuso en extremidad superior, con hallazgos característicos. A. Codo de ligas menores, B. Muñeca de gimnasta; C. Hombro de ligas menores.

Tabla 3. Lesiones más frecuentes por sobreuso de extremidad superior.

| LESION | DEPORTE | UBICACION | MECANISMO | CLINICA | IMAGENOLOGIA | TRATAMIENTO |
|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|---|
| Hombro de ligas menores | Béisbol, Tenis, Vóleibol, Natación | Fisis proximal de húmero | Torque rotacional al lanzar | Dolor y fatiga al lanzamiento. | Normal o ensanchamiento fisiario. RM con cierre fisario. | Reposo 6 semanas. Retorno gradual. Corrección de riesgo. |
| Codo de ligas menores | Béisbol | Epicóndilo medial humeral | Tensión en valgo | Dolor a flexión e inestabilidad en valgo | Normal o ensanchamiento de apófisis epicóndilo medial | Reposo 4-6 semanas. Fisioterapia y corregir factor de riesgo. |
| Osteocondrosis discante del capitelum | Básquetbol, Béisbol, Gimnasia | Capitelum lateral | Insuficiencia vascular microtraumática por valgo | Dolor y limitación de movilidad, con bloqueo articular | RM con lesión fragmentaria y daño condral de capitelum | Estables, reposo. Inestables, tratamiento quirúrgico. |
| Muñeca de gimnasta | Gimnasia | Fisis distal del radio | Soporte de peso con EE.SS. | Dolor epicrítico en fisis. | Ensanchamiento fisiario | Descanso, refuerzo muscular y fisioterapia |

Tabla 4. Lesiones más frecuentes por sobreuso de extremidad inferior.

| LESION | DEPORTE | UBICACION | MECANISMO | CLINICA | IMAGENOLOGIA | TRATAMIENTO |
|--|-------------------------------|---|---|--|--|--|
| Apofisitis de calcáneo (Sever) | Atletismo, Gimnasia | Apófisis calcánea, inserción de Aquiles | Tracción de Aquiles e impacto en talón | Talagia, 8-10 años | Normal o fragmentación núcleo 2rio de calcáneo | Reposo relativo, talonera blanda, elongación |
| Apofisitis TAT (Osgood Schlatter) | Fútbol, Básquetbol, Vóleibol, | Inserción tendón patelar en TAT | Microtrauma por tracción | Dolor en TAT, aumento de volumen | Normal o fragmentación TAT. Calcificación tendón patelar. | Reposo y fortalecimiento muscular. Frio local y AINES. |
| Apofisitis polo inferior de rótula (Sinding Larsen Johanson) | Carrera | Polo inferior de rótula | Tracción repetitiva tendón patelar | Dolor en polo inferior rótula e inflamación | Fragmentación polo inferior de rótula | Reposo y fortalecimiento muscular. Frio local y AINES. |
| Apofisitis base 5º metatarsiano (iselin) | Carrera, Saltos | Inserción de tendón peronéo corto | Tracción peronéo corto en base de 5º metatarsiano | Dolor y aumento de volumen base de 5º metatarsiano | Esclerosis y fragmentación paralela a fisis de 5º metatarsiano | Reposo, AINES. Bota removible 4 semanas. |

Lesiones de las extremidades inferiores

Los atletas jóvenes son vulnerables a la apofisitis de las extremidades inferiores durante épocas de rápido crecimiento y desarrollo. Las tres áreas de la extremidad inferior que se ven afectadas con mayor frecuencia son el calcáneo (Sever), el tubérculo tibial (Osgood Schlatter) (Figuras 6) y el polo inferior de la rótula (Sinding Larseen). En general, son de naturaleza auto limitada y se presentan clínicamente con fluctuaciones en la sintomatología. Una descripción de cada una de estas áreas se describe con mayor detalle en Tabla 4.



Figura 6. Radiografías de lesiones por sobreuso de extremidad inferior, con hallazgos característicos. A. Osgood Schlatter; B. Enfermedad de Sever.

Lesiones pélvicas

La pelvis de un atleta joven presenta múltiples apófisis abiertas, que son propensas a lesiones, tanto agudas como por uso excesivo. El tendón, el músculo y el hueso osificado son mucho más resistentes que la apófisis parcialmente cartilaginosa, en desarrollo dinámico.

Hay siete sitios de inserción de músculos grandes en la pelvis, y generalmente estas son las áreas más comunes de afectación, tanto para tendinitis como para apofisitis. Esto se relaciona con la edad esquelética y el estado de término de la osificación del paciente. Tener un conocimiento de la anatomía de la zona puede ayudar al médico a completar un examen adecuado (Tabla 5).

Una vez que se diagnostica una lesión pélvica apofisaria, el reposo, la eliminación de las fuerzas repetitivas a través del área lesionada y, ocasionalmente, un período de descarga de peso, son necesarios para la curación. Sin la atención y el descanso adecuados, estas áreas apofisarias pueden ensancharse, e incluso progresar a lesiones por avulsión aguda y repentina.

| | |
|-------------------------------|---|
| CRESTA ILIACA | Origen m. tensor fascia lata, inserción m. oblicuo interno y externo, y m. transverso del abdomen |
| ESPINA ILIACA ANTERO SUPERIOR | Inserción del m. sartorio |
| ESPINA ILIACA ANTERO INFERIOR | Origen de m. recto femoral |
| TUBEROSIDAD ISQUIATICA | Origen de isquiotibiales |
| PUBIS | Origen de aductores y m. gracilis |
| TROCANTER MAYOR | Inserción de m. glúteo mayor y medio, piriforme y rotadores de la cadera |
| TROCANTER MENOR | Inserción de Psoas íliaco |

Tabla 5. Apófisis alrededor de la pelvis y musculatura asociada.

Lesiones de columna

El dolor de espalda en los deportistas es un signo de alerta, especialmente en aquellos que realizan hiperextensión repetitiva de la columna. De los atletas adolescentes que buscan atención para su dolor lumbar, alrededor del 50% de ellos tendrá una espondilolisis. La incidencia de espondilolisis en adolescentes está en el rango de 8-15%. Los atletas con alto riesgo de sufrir tales lesiones incluyen gimnastas, buzos, luchadores, levantadores de pesas, atletas de lanzamiento e incluso remeros^{3,6}.

La espondilolisis es una fractura de la pars interarticularis del arco vertebral, y puede ser unilateral o bilateral. La porción pars del hueso es la parte más débil del arco neural, y con un estrés repetitivo y carga mecánica a través de maniobras de hiperextensión, los elementos óseos se fatigan de manera similar al mecanismo de una fractura por estrés. Con fracturas bilaterales de la pars, existe la posibilidad de un deslizamiento anterior de las vértebras que resulte en una espondilolistesis.

El examen se caracteriza por dolor lumbar focal y a la extensión de la columna lumbar. Las radiografías iniciales pueden ser negativas, lo que no descarta una espondilolisis, y pueden ser necesarias imágenes avanzadas, como TAC, RM o cintigrama ósea.

El tratamiento consiste en el cese de las actividades por algunas semanas, para pasar a un período posterior de fisioterapia, orientada al fortalecimiento muscular. El uso de aparatos ortopédicos es controvertido.

Fracturas por stress

Las fracturas por stress se producen por cargas repetitivas sobre un hueso que no alcanza a repararse en el tiempo entre entrenamientos. Son relativamente poco frecuentes en los niños, por lo que puede representar un desafío en el diagnóstico. Su frecuencia es mayor a medida que el niño se acerca a la madurez esquelética.

La ubicación más frecuente es en las extremidades inferiores. Es común en la tibia proximal y en los metatarsianos en los pacientes corredores (Figura 7). En deportistas que usan las extremidades superiores puede comprometerse la extremidad superior y la columna lumbar.



Figura 7. Fractura por sobrecarga de 5º metatarsiano izquierdo (Flecha).

Se manifiesta por dolor de larga evolución, en general en relación con la actividad física. Debe estudiarse con radiografías, que mostrarán una reacción perióstica si es un proceso avanzado, lo que puede complementarse con cintigrafía ósea y resonancia magnética.

El tratamiento consta de reposo deportivo de la actividad que produjo la lesión, siendo tolerable sólo actividades sin impacto.

5.7 Opciones de tratamiento

Es importante que comprendamos el problema para entender mejor por qué ocurren estas lesiones. El tratamiento curativo no debería significar suspender todas las actividades deportivas hasta que el niño deje de crecer, sino que debe adaptarse caso a caso. El tratamiento preventivo debe seguir siendo el objetivo principal para que los niños puedan reanudar sus actividades físicas favoritas, de la manera más rápida y completa posible⁸.

Si la lesión se considera por sobreuso, ya sea por un descanso inadecuado y/o debido a factores de riesgo modificables, una prueba de manejo conservador con reposo y modificación de la actividad es casi siempre la terapia de primera línea. La eliminación del estrés de la fisis y/o apófisis en crecimiento permite con frecuencia una curación adecuada. Una vez que mejoran los niveles de dolor, se puede iniciar la fisioterapia y mejorar factores como la flexibilidad y el equilibrio.

5.8 Prevención

La mayoría de las lesiones en los niños ocurre en actividades no estructuradas, por lo que no pueden ser modificadas por las políticas de prevención deportiva institucional, pero pueden ser abordadas a través de una buena educación a la población¹².

Sin embargo, a pesar de la escasa información para la práctica deportiva pediátrica, existen recomendaciones orientadas al atleta, con el fin de disminuir el riesgo de lesiones por sobreuso^{2,8}:

- Descanso semanal, de 1-2 días;
- 2-3 meses de descanso al año del entrenamiento deportivo específico, para hacer la transición a un juego recreativo más libre¹³;
- La especialización en un deporte debe retrasarse hasta la pubertad tardía^{14,15,16};
- Se recomienda el uso de elementos de protección para los deportes de contacto o con riesgo de caídas. Estos son casco, protectores dentales, muñequeras, canilleras, guantes, según corresponda al deporte. Dichas protecciones deben ser del tamaño y calidad adecuadas;
- Equipamiento específico, de la mejor calidad posible, del tamaño adecuado y cumplir con las características técnicas de ese deporte en particular;
- Programas para la prevención de lesiones específicas^{15,16}. En niños, estos programas tienen más dificultades para implementarse, pero se recomienda en cada deporte buscar los que han demostrado bajar la incidencia de lesiones¹⁶⁻²⁰;

- Hábitos de vida saludable: sueño, descanso adecuado, alimentación sana y el no uso de alcohol y drogas¹⁶.

Por último, es de esperar que se desarrollen lineamientos científicos que generen políticas de prevención específicas para niños y adolescentes en el deporte, así como las hay para concusiones cerebrales, que están muy desarrolladas¹⁷.

5.9 Mensaje final

Las lesiones por uso excesivo en los niños son comunes, especialmente en los atletas en período crecimiento rápido. La naturaleza cada vez más competitiva de los deportes juveniles, la especialización temprana y la participación durante todo el año, con períodos de descanso inadecuados, parecen contribuir al aumento de la prevalencia de este tipo de lesión en la población pediátrica.

El manejo de estas patologías no es solo médico, también debe involucrar al paciente, la familia y el entrenador, dándoles a conocer estos factores de riesgo, lo que es fundamental para ayudar a prevenir estas lesiones

El diagnóstico temprano, y el tratamiento adecuado, ayudan a que el atleta vuelva a jugar de manera oportuna y evita las secuelas a largo plazo.

5.10 Recomendaciones de los autores

- El dolor en los niños durante el deporte no debe considerarse normal, si no que puede ser una señal de advertencia.
- El diagnóstico preciso se realiza conociendo los gestos técnicos del deporte realizado, además de una anamnesis dirigida y examen físico exhaustivo.
- La sospecha de una lesión por sobreuso, puede requerir una modificación o disminución de la actividad, una revisión de elementos técnicos o de la forma de entrenar.
- Es muy importante identificar y controlar la ansiedad de padres, profesores y paciente durante el proceso.
- Es fundamental el apoyo del equipo de salud para que el niño pueda volver a sus actividades normales.

5.11 Referencias

1. Valovich McLeod TC, Decoster LC, Loud KJ, et al. National Athletic Trainers' Association position statement: prevention of pediatric overuse injuries. *J Athl Train*. 2011;46(2):206-220. doi:10.4085/1062-6050-46.2.206
2. Launay F. Sports-related overuse injuries in children. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015;101(1 Suppl):S139-S147. doi:10.1016/j.otsr.2014.06.030
3. Magrini D, Dahab KS. Musculoskeletal Overuse Injuries in the Pediatric Population. *Curr Sports Med Rep*. 2016;15(6):392-399. doi:10.1249/JSR.000000000000303
4. Hyman M. The most expensive game in town. The rising cost of youth sports and the toll on today's families. Boston, MA: Beacon Press, 2012.
5. Luke A, Lazaro RM, Bergeron MF, et al. Sports-related injuries in youth athletes: is overscheduling a risk factor?. *Clin J Sport Med*. 2011;21(4):307-314. doi:10.1097/JSM.0b013e3182218f71
6. Wu M, Fallon R, Heyworth BE. Overuse Injuries in the Pediatric Population. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2016;24(4):150-158. doi:10.1097/JSA.0000000000000129
7. Bedoya MA, Jaramillo D, Chauvin NA. Overuse injuries in children. *Top Magn Reson Imaging*. 2015;24(2):67-81. doi:10.1097/RMR.0000000000000048
8. DiFiori JP. Evaluation of overuse injuries in children and adolescents. *Curr Sports Med Rep*. 2010;9(6):372-378. doi:10.1249/JSR.0b013e318181fdb58
9. DiFiori JP, Benjamin HJ, Brenner JS, et al. Overuse injuries and burnout in youth sports: a position statement from the American Medical Society for Sports Medicine. *Br J Sports Med*. 2014;48(4):287-288. doi:10.1136/bjsports-2013-093299
10. Ridenour R, Hennrikus W. Overuse Injuries in Pediatric Athletes. *Advances in Pediatrics*. 2020; 67:171-182. doi:10.1016/j.yapd.2020.04.001
11. Trentacosta N. Pediatric Sports Injuries. *Pediatr Clin North Am*. 2020;67(1):205-225. doi:10.1016/j.pcl.2019.09.013
12. Nauta J, Martin-Diener E, Martin BW, van Mechelen W, Verhagen E. Injury risk during different physical activity behaviours in children: a systematic review with bias assessment. *Sports Med*. 2015;45(3):327-336. doi:10.1007/s40279-014-0289-0
13. Sporting Goods Manufacturers Association Research/Sports Marketing Surveys USA. U.S. Trends in Team Sports Report. Jupiter, FL, 2011. Updated May 2011.
14. van Reijen M, Vriend I, van Mechelen W, Finch CF, Verhagen EA. Compliance with Sport Injury Prevention Interventions in Randomised Controlled Trials: A Systematic Review. *Sports Med*. 2016;46(8):1125-1139. doi:10.1007/s40279-016-0470-8
15. Carder SL, Giusti NE, Vopat LM, et al. The Concept of Sport Sampling Versus Sport Specialization: Preventing Youth Athlete Injury: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2020;48(11):2850-2857. doi:10.1177/0363546519899380
16. Gao B, Dwivedi S, Milewski MD, Cruz AI Jr. Lack of Sleep and Sports Injuries in Adolescents: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(5):e324-e333. doi:10.1097/BPO.0000000000001306
17. Göpfert A, Van Hove M, Emond A, Mytton J. Prevention of sports injuries in children at school: a systematic review of policies. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018;4(1):e000346. Published 2018 Jun 4. doi:10.1136/bmjsem-2018-000346
18. Mugele H, Plummer A, Steffen K, Stoll J, Mayer F, Müller J. General versus sports-specific injury prevention programs in athletes: A systematic review on the effect on injury rates. *PLoS One*. 2018;13(10):e0205635. Published 2018 Oct 19. doi:10.1371/journal.pone.0205635
19. Falk B, Dotan R. Harefuah. 2019;158(8):515-519.
20. Brown T, Moran M. Pediatric Sports-Related Injuries. *Clin Pediatr (Phila)*. 2019;58(2):199-212. doi:10.1177/0009922818810879



CAPITULO 6 - Principios del Tratamiento Conservador en el Paciente Pediátrico

Erika Arana

Mónica Foppiano

6. Principios del tratamiento conservador en el paciente pediátrico

El trauma músculo esquelético en los niños es una patología frecuente. Es así como una de cada cuatro de las lesiones secundarias a trauma, se acompañará de una fractura. La participación cada vez mayor de menores en actividades deportivas y el aumento de la obesidad en la población infantil, han generado una tendencia al alza de las lesiones traumáticas. Además, se observa en los últimos años una mayor cantidad de lesiones de alta energía por accidentes automovilísticos¹.

Las características particulares del esqueleto inmaduro, la gran variabilidad del rango etario y la presencia de los cartílagos de crecimiento, hacen que el manejo de estas lesiones sea un desafío. El objetivo debe ser obtener un resultado óptimo, con la menor cantidad de acciones necesarias, y evitar acciones iatrogénicas que generen deterioro con el crecimiento y el paso del tiempo. Para esto, en la gran mayoría de los casos, el tratamiento ortopédico será el de elección, conduciendo la respuesta reparadora en los niños y adolescentes. Sin embargo, existen casos complejos, como fracturas expuestas, con compromiso neuro vascular asociado, politraumatismo o lesiones en hueso patológico, que requerirán de tratamiento más agresivo y habitualmente de procedimientos quirúrgicos¹.

6.1 Características del tejido óseo pediátrico

El niño no es un adulto de tamaño pequeño. Existen varias características de su tejido esquelético que lo diferencian. El hueso tiene mayor cantidad de agua, porosidad cortical y mayor porcentaje de componente cartilaginoso, lo que permite una gran capacidad de absorción de la energía del trauma, por lo que observamos fracturas especiales, incompletas, que sólo se ven en los niños. Además hay mayor elasticidad del complejo articular, con poca incidencia de esguinces².

Por otra parte, la presencia del cartílago fisiario o de crecimiento, que permite el crecimiento longitudinal del hueso, puede manifestarse con fracturas específicas de la infancia. Si bien permite gran cantidad de la remodelación ósea posterior a una fractura, si se produce un daño de esta estructura, con crecimiento remanente suficiente, existe la posibilidad de secuelas de significancia, como alteración de ejes o diferencias de longitud de extremidades. Esta estructura, en conjunto con la presencia de los núcleos de osificación que aparecen durante el crecimiento, pueden dificultar la interpretación radiográfica por personal no acostumbrado al manejo de pacientes pediátricos¹.

Cabe señalar que la fuerza de un trauma en un niño impacta sobre una menor superficie corporal, con menos tejido graso y conectivo elástico, siendo capaz de traspasar e impactar a

órganos internos, que en pacientes politraumatizados pueden ser mortales, incluso, sin aparición de lesiones óseas. También debemos considerar que en los niños las pérdidas sanguíneas y de calor corporal son proporcionalmente mayores².

Finalmente, el periostio infantil es un tejido más vascularizado, grueso y resistente que el del adulto. Ayuda a proporcionar estabilidad, disminuyendo la complejidad y el desplazamiento de los rasgos de la fractura. Junto con el hematoma de la fractura, contribuye a la formación rápida de un callo óseo lo suficientemente fuerte, promoviendo que la fractura repare más rápido que en el adulto. Una vez que se consigue la consolidación, el hueso pediátrico en crecimiento tiene la capacidad de remodelar algunas de las deformidades angulares residuales, pudiendo incluso quedar sin signos de haber tenido una lesión³. Entre más joven sea el paciente, tendrá mayor potencial de remodelación. Un adolescente que está cerca de la madurez esquelética tendrá menor capacidad de remodelación por el limitado crecimiento remanente².

Debido a estas características, podemos decir que la mayoría de las fracturas en el paciente pediátrico, pueden ser tratadas de forma no quirúrgica, al mantener la alineación y proteger la lesión con el uso de una inmovilización prefabricada o de un yeso bien moldeado, teniendo escasas posibilidades de rigidez articular, retraso en la consolidación y no unión.

6.1 Proceso de reparación ósea

La reparación ósea se divide en tres fases. Estas son: fase inflamatoria, fase reparativa y fase de remodelación⁴.

La fase inflamatoria se produce en forma aguda, tras la pérdida de integridad de las estructuras óseas, con la formación del hematoma de fractura. Este hematoma contiene fibrina, que es reemplazada por una estructura de colágeno, la que sirve de matriz para el tejido óseo. Además, se producen proteínas y se generan cascadas de señales que estimulan la diferenciación celular para la formación de hueso nuevo. En la fase reparativa se produce el callo óseo inicial, con formación de hueso endocondral (endostal) e intramembranosa (perióstica). Esto ocurre en los primeros 2-3 meses del proceso reparativo, otorgando la estabilización inicial. Finalmente ocurre la fase de remodelación, que puede durar meses o años, donde se reemplaza el callo provisional por hueso nuevo, en forma más estructurada, el que puede soportar la actividad física normal (Figura 1)⁵.



Figura 1. Proceso de reparación ósea en una fractura de fémur de un niño de 2 años de edad tratado en forma conservadora.

En niños, la remodelación ósea puede restaurar la alineación de fracturas que consolidaron inicialmente con mala unión, lo que permite que, en muchos casos, la reducción anatómica sea menos esencial que en el adulto. Esta remodelación también depende de la acción muscular, las fuerzas de reacción articular y la carga fisiológica de peso corporal. La remodelación, en la mayoría de los casos, puede corregir traslación, angulación y acortamiento, sin embargo, es importante considerar que la remodelación rotacional es casi inexistente⁵.

Los factores más importantes que determinan el potencial de remodelación son: a) la edad esquelética, que es proporcional al potencial de crecimiento remanente, mayor en niños me-

nores de 8 años; b) la cercanía de la fractura con la fisis; c) el potencial de crecimiento específico de la fisis cercana, siendo mayor la remodelación alrededor de rodilla, en húmero proximal o en antebrazo distal; d) la orientación de la deformidad, dado que en el plano de movimiento del eje articular será mayor la remodelación; e) el grado de deformidad a remodelar; y f) el segmento afectado, describiéndose mejor remodelación en la extremidad inferior, aparentemente por estar sujeta a mayor carga mecánica. El grueso y activo periostio infantil también contribuye a la remodelación por presencia de osteoclastos y crecimiento aposicional que moldea el callo óseo⁵.

La remodelación ósea será diferente de acuerdo con la localización de la fractura en el segmento óseo. La metáfisis es un área de remodelación activa, adyacente a la fisis, por su gran vascularización y potencial osteogénico, que facilita la reparación de las fracturas. Por otra parte, la diáfisis es un área con osteogénesis latente, donde la producción de tejido óseo es un equilibrio entre la osificación intramembranosa subperióstica, en la superficie, y la resorción ósea endóstica, en el canal medular. Además, en la diáfisis el hueso es rígido y compacto (hueso cortical), relativamente avascular. Por estos motivos, hay menor potencial de remodelación en esta área, por lo que las fracturas en esta zona tardan más en consolidar y remodelar⁴. En la diáfisis, la remodelación se conduce por la ley de Wolf, que describe que la estimulación de formación de hueso se produce en el lado cóncavo de la angulación, por fuerzas de compresión, mientras en el lado convexo, bajo tensión, se produce resorción ósea. Aproximadamente un 20% del potencial de la remodelación ocurriría en esta zona (Figura 2)⁶.

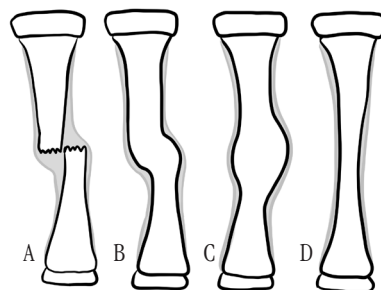


Figura 2. Esquema del proceso de remodelación diafisaria de los huesos largos. A, fractura con hematoma subperióstico; B, callo óseo inicial; C, callo óseo prominente en lado cóncavo; D, recuperación de anatomía normal.

El crecimiento longitudinal, aportado por la fisis, se encarga aproximadamente del 75% de la remodelación de la deformidad angular. Esto es a través de un crecimiento asimétrico de ésta, hasta lograr la perpendicularidad con el eje axial del hueso, siguiendo la ley de Hueter-Volkman. Tras esto se reinicia el crecimiento simétrico del cartilago de crecimiento (Figura 3)⁵.

También puede desarrollarse “sobrecrecimiento” de un segmento óseo durante el proceso de reparación de una fractura que estimuló el crecimiento óseo. Esta situación se presenta principalmente en la diáfisis del fémur, con promedio de 9.2 mm (6.9-11 mm), y en la tibia de 5.7 mm, (4-6 mm)⁴. Este mayor crecimiento podría ser por un aumento del flujo sanguíneo en zonas adyacentes a áreas de crecimiento, pudiendo durar hasta 3 años posterior a la lesión.

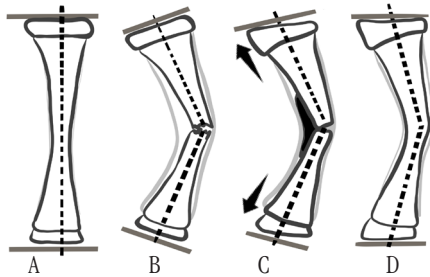


Figura 3. Esquema del aporte al proceso de remodelación de los huesos largos de la fisis. A, eje normal; B, pérdida de eje por fractura; C, crecimiento asimétrico fisiario, mayor en lado cóncavo, buscando corregir eje; D, eje articular corregido, y posterior crecimiento simétrico.

6.2 Diagnóstico

El diagnóstico de las fracturas requiere realizar una anamnesis completa del incidente traumático, considerando el tipo de accidente, mecanismo causal, horario y tratamiento recibido. El examen físico debe ser completo, en busca de aumento de volumen, dolor, impotencia funcional, deformación del segmento, equimosis, pérdida de ejes, movilidad anómala y crépito óseo. Es importante la concordancia del evento con las lesiones encontradas. De no ser así, o en niños pequeños no deambulantes, se debe descartar una lesión no accidental⁷.

La radiografía simple es nuestro primer pilar de apoyo diagnóstico, siendo en la mayor parte de los casos suficiente para guiar el tratamiento. Debe al menos obtenerse dos proyecciones de la zona e incluir las articulaciones vecinas (Figura 4).

En algunas ocasiones será de utilidad obtener proyecciones oblicuas o contralaterales, y siempre se deben buscar signos indirectos de fractura (Figura 5).

La ecografía es un exámen complementario que tiene la ventaja de ser económico y muy útil en lesiones cartilaginosa no visibles en las radiografías. Su principal desventaja es que requiere de un operador experimentado en patología ósea pediátrica⁷.

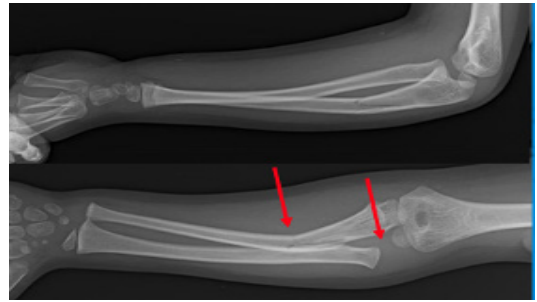


Figura 4. Fractura de antebrazo asociado a luxación de radio proximal (luxofractura de Monteggia), revelando la importancia de incluir las articulaciones contiguas en el estudio radiológico.

En casos más complejos es de utilidad el uso de tomografía computada (TAC). Este examen es rápido de realizar, y entrega una excelente visualización de las lesiones óseas. Además, permite un análisis tridimensional, muy útil al momento de decidir el tratamiento de algunas lesiones. Presenta la desventaja de la mayor radiación asociada. La resonancia magnética (RM), si bien no irradia, es más costosa, no siempre es accesible, y requiere sedación o anestesia en niños pequeños por su duración⁷.



Figura 5. Fractura supracondilea de húmero distal, evidenciando signo de almohadilla grasa anterior (flecha) que guía en el diagnóstico.

6.3 Indicaciones de tratamiento conservador

Para el tratamiento de las fracturas en niños, es esencial comprender los principios generales de la remodelación ósea, pero también lo es saber las variaciones y límites de aceptación de angulación residual para las fracturas en los diferentes huesos y a determinadas edades. Esto nos ayudará a tomar decisiones adecuadas para el tratamiento de las fracturas en los niños⁶.

Las fracturas de clavícula son las más comunes de las fracturas de huesos largos en pacientes pediátricos. Se ven frecuentemente en el departamento de emergencias de los hospitales, y comprenden hasta el 10-15% de todas las fracturas pediá-

tricas. Permiten un amplio margen de deformidad, y por esta razón, en la mayoría de los casos, el tratamiento ideal es el no quirúrgico. Sin embargo, existen algunos parámetros, que, al combinarse, es preferible elegir tratamiento quirúrgico, para evitar complicaciones. Entre estos parámetros se encuentran el grado de desplazamiento (falta de contacto entre los fragmentos), paciente de sexo masculino, y ser adolescente (entre 13-15 años de edad)⁸. Para el fémur, la tibia, el húmero proximal y diafisario, y la diáfisis del radio, podemos guiarnos, de acuerdo con la edad y la desviación en los planos sagital y coronal⁵ (Tabla 1). Rangos de deformidad mayores no corregirán por completo por el proceso de remodelación.

Tabla 1. Rangos de deformidad residual tolerable por segmento para el tratamiento conservador de las fracturas en pacientes pediátricos.

| Húmero proximal | | |
|--------------------|---|----------|
| EDAD | DESPLAZAMIENTO | |
| <5 años | <70° angulación/desplazamiento completo | |
| 5-12 años | 40°-70° angulación | |
| >12 años | <40° angulación / 50% aposición | |
| Diáfisis de húmero | | |
| DESPLAZAMIENTO | ANGULACION | |
| Varo | 20-30° | |
| Apex anterior | 20° | |
| Diáfisis de radio | | |
| EDAD | ANGULACION | ROTACION |
| <9 años | 15° | 45° |
| >9 años | 10° | 30° |
| Diáfisis de fémur | | |
| EDAD | VARO/VALGO | SAGITAL |
| <2 años | 30° | 30° |
| 2-5 años | 15° | 20° |
| 6-10 años | 10° | 15° |
| >10 años | 5° | 10° |
| Diáfisis de tibia | | |
| DEFORMIDAD | <8 años | >8 años |
| Varo | 10° | 5° |
| Valgo | 5° | 5° |
| < Posterior | 5° | 0° |
| < Anterior | 10° | 5° |
| Rotación | 5° | 5° |
| Acortamiento | 10 mm | 5 mm |

De acuerdo con esto, la mayoría de las fracturas en niños pueden tratarse con éxito mediante métodos no quirúrgicos. Sin embargo, tiene limitaciones para su uso en niños con múltiples traumatismos, fracturas abiertas, fracturas en hueso patológico, asociadas a lesiones vasculares, que tienen antecedente de tratamiento no quirúrgico inicial fallido y en fracturas donde tendrá malos resultados, como lo son las fracturas del cuello del fémur, algunas fracturas fisarias, las fracturas supracondíleas del húmero distal desplazadas, las fracturas de fémur, tibia y diáfisis de antebrazo en niños mayores o adolescentes, y en fracturas inestables de pelvis y acetábulo¹.

6.4 Opciones para tratamiento conservador

Es necesario recordar que para realizar un tratamiento no quirúrgico de una fractura en un paciente pediátrico, debemos considerar los tres principios básicos del mismo: reducción de la fractura, inmovilizar para mantener la posición adecuada (retención) y finalmente recuperar el movimiento.

La reducción de la fractura debe ser adecuada, teniendo en cuenta los límites de corrección permitida del hueso a tratar⁹. Si es necesario realizar maniobras para lograr esto, en la mayoría de los casos se llevan a cabo mediante el mecanismo inverso al que produjo la fractura.

La inmovilización debe siempre neutralizar las fuerzas musculares, para evitar desplazamientos, por lo que es fundamental su buena instalación. La aplicación de un yeso debe tener como objetivo prevenir la pérdida de la reducción. Para esto se debe moldear adecuadamente, imitando la forma de la extremidad que se está inmovilizando, con un acolchado no excesivo. Sin embargo, en el momento inicial de la lesión, y de acuerdo con el mecanismo de lesión, se recomienda el uso de férulas o yesos circulares bivalvos, con el fin de evitar un aumento de la presión intracompartimental secundario al edema que se producirá.

Se debe tener especial cuidado en proteger las prominencias óseas y los bordes del yeso, para evitar heridas por roce, zonas de presión e incluso úlceras. Es fundamental instruir a los pacientes y a sus responsables en los cuidados del yeso, signos de alarma¹⁰ (úlceras en bordes del yeso, presencia de material purulento, yeso roto, dolor excesivo o aumento de requerimientos de analgesia, mal olor excesivo, cambio en la coloración o retardo en el llenado capilar).

Si la fractura no está desplazada o tiene una deformidad aceptable, el propósito del yeso es mantener esa alineación mientras se logra la consolidación. Si la fractura tiene una alineación inaceptable, deberá ser reducida para lograr una buena alineación en todos los planos¹¹. Para esto será indispensable analizar la fractura, para saber cómo actuaron las fuerzas que la provocaron. Una vez que determinemos el mecanismo, podremos realizar la manipulación, semejando las fuerzas que la provocaron, pero en sentido inverso. También debemos tomar en cuenta cómo actúan las fuerzas musculares, que pueden desplazar la reducción del hueso en tratamiento, para neutralizarlas. Para realizar una reducción cerrada, es indispensable que el paciente esté sedado o anestesiado, para evitar el dolor y facilitar las maniobras mediante relajación muscular¹². Según las características especiales que pueda tener cada paciente, pueden realizarse bloqueos regionales, o incluso infiltración del hematoma, para poder manipular la fractura sin dolor.

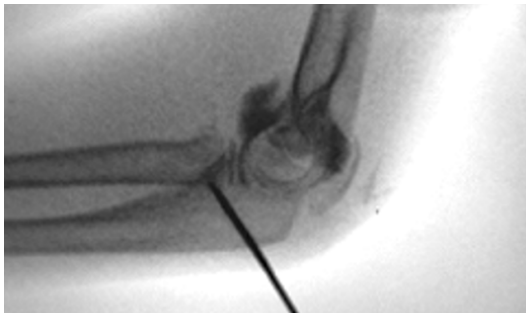


Figura 6. Reducción de fractura de cúpula radial con asistencia de aguja de Kirschner percutánea, a manera de palanca.

En general, el yeso es el material más utilizado para mantener la reducción de una fractura. El mejor material para utilizar en la inmovilización debe ser moldeable, con la capacidad de mantener la forma deseada (“Moldeabilidad”). En la actualidad existen diferentes tipos de materiales, más sofisticados, ligeros y más fáciles de retirar. En un estudio realizado por Aronsson¹³, donde compararon tres tipos de materiales para valorar su capacidad de moldeabilidad (yeso de París, fibra de vidrio y venda semiflexible), el “yeso de París” resultó ser más moldeable que la fibra de vidrio y la venda semiflexible, por tanto, en aquellos casos en los que requerimos de precisión para moldear y mantener la reducción, el yeso de París es el material de preferencia. En casos en que no se requiera precisión en el moldeo, la fibra de vidrio y las fibras semiflexibles son la elección, por ser más ligeras, resistentes al agua y tener una amplia gama de colores, lo que puede ser más amigable para los pacientes pediátricos¹⁵.

En aquellos casos susceptibles de manejo no quirúrgico y en los que no se logra una reducción cerrada, podemos realizar las maniobras con la ayuda de una aguja de Kirschner de forma percutánea¹⁴, la que posteriormente es retirada, siguiendo la inmovilización habitual (Figura 6).

6.5 Complicaciones

El realizar un tratamiento no quirúrgico para resolver una fractura, no nos exime de complicaciones¹⁵⁻¹⁶. Es habitual ver lesiones dérmicas (eritema, irritación dérmica, puntos de presión, úlceras) que aparecen por la instalación de yesos inapropiados o mal moldeados (Figura 7).



Figura 7. Valva de yeso mal moldeada, evidenciando zona de presión. Al retirarla se evidencia posición inadecuada y escara en zona de presión.

Pueden producirse infecciones superficiales de la piel por la humedad y alteraciones cutáneas. También pueden presentarse lesiones térmicas por el calor generado durante el fraguado del yeso. Esto se relaciona con el uso de agua caliente para mojar las vendas (>50°C) y/o a un alto espesor del yeso, lo que concentra el calor⁹. En un estudio realizado por Sawyer¹⁰, se reporta que, en un período de 5 años, hubo 168 visitas no planificadas a emergencias de un hospital, todas relacionadas con problemas del yeso. De estas, 29% estaban relacionadas con yesos húmedos, 23% con yesos apretados y 13% con yesos sueltos. Los yesos húmedos y sucios pueden favorecer que la piel se macere, e incluso propiciar la aparición de fascitis necrotizante y síndrome de choque tóxico.

También es muy común que los pacientes introduzcan objetos de todo tipo en el interior del yeso (Figura 8). Esto puede ocasionar puntos de presión e infección en la piel. Cualquier objeto dentro del yeso puede traer problemas, por lo que es fundamental retirar adornos o joyas previo a su instalación (Figura 9).

Otra complicación es la pérdida de la reducción de la fractura, lo que nos puede condicionar a la necesidad de realizar un nuevo procedimiento, ya sea reducción cerrada o abierta, y/o uso de material de osteosíntesis¹⁸.

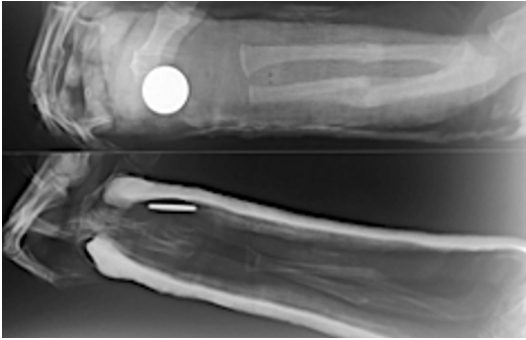


Figura 8. Radiografía de antebrazo inmovilizado en un yeso moldeado, evidenciándose la presencia de cuerpo extraño metálico dentro del mismo.

6.6 Mensaje final

El gran potencial de remodelación en los niños permite aceptar deformidades en determinados rangos que mejorarán con el tiempo. Esta remodelación, en conjunto con las características biológicas y mecánicas del hueso en crecimiento, hacen factible que la gran mayoría de las fracturas en pacientes pediátricos puedan ser tratadas de forma no quirúrgica. Es así como el desplazamiento en traslación remodela completamente en niños menores de 10 años⁵. Sin embargo, debemos tomar en cuenta que la remodelación del desplazamiento rotacional prácticamente no ocurre.

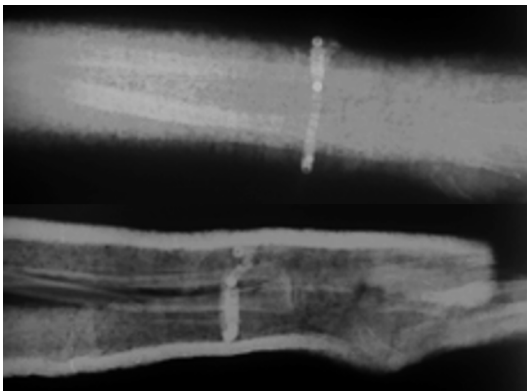


Figura 9. radiografía previa y posterior a instalación de yeso antebraquial, con la presencia en ambas de pulsera de la paciente, no retirada al momento de la instalación del yeso.

6.7 Recomendaciones de los autores

Siempre es importante lograr un eje alineado, estabilizarlo con una inmovilización adecuada, y realizar un seguimiento cercano de los pacientes, para detectar posibles pérdidas de reducción. El uso de yesos circulares bivalvos es recomendado en agudo, para evitar complicaciones por edema. El mejor material para la inmovilización dependerá de la fractura a tratar¹⁹.

Recordar la frase “Yesos chuecos, para huesos derechos” (Máxima de Monnier). Por ejemplo, colocar una bota larga en equino, para evitar un recurvatum de una fractura de pierna; o un yeso antebraquial con la muñeca en leve flexión y cubitalización, para mantener la alineación de una fractura de radio distal desplazada a dorsal. También usamos la frase “Dedos para la reducción, palmas para la contención” (Máxima de Carrasco), refiriéndose a usar los dedos para la maniobra de Blount y luego las palmas para dejar el yeso moldeado, no compresivo.

El moldeo del yeso debe buscar tener 3 puntos de contención, para evitar el desplazamiento de la fractura. Siempre piense en la ubicación de su ayudante, en posición cómoda, y a favor del moldeo necesario del yeso. Es importante realizar esto con un paciente relajado y tranquilo, idealmente con asistencia fluoroscópica. De no lograr una reducción cerrada sencilla, el uso de agujas de Kirschner puede ayudarnos a la reducción, limitando maniobras traumáticas que pueden producir problemas.

La colocación de férulas o yesos circulares debe efectuarse en las mejores condiciones posibles, es decir, paciente y ortopedista cómodos, para facilitar el manejo actuando a favor de la gravedad. Por ejemplo, si se coloca una férula suropodálica para una fractura del pie o tobillo, la posición del paciente en la camilla en decúbito prono facilita el trabajo a favor de la gravedad y no en contra, como cuando colocamos a ese mismo paciente en decúbito supino. En una fractura de tibia que pretendemos inmovilizar con un yeso inguinopédico, lo ideal al colocar el yeso es que el paciente se siente al borde de la camilla con flexión de rodilla a 90° y el ortopedista este sentado a la altura de la misma para la colocación del yeso y moldeo en la pierna.

Recordar que el paciente pediátrico no es un adulto de tamaño pequeño; requiere delicadeza, tacto y amabilidad para lograr la tranquilidad, tanto de él como de sus cuidadores, para un tratamiento exitoso.

6.8 Referencias

1. Ömeroglu H. Basic principles of fracture treatment in children. *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi*. 2018;29(1):52-57. doi:10.5606/ehc.2018.58165
2. Jevsevar DS, Shea KG, Murray JN, Sevarino KS. AAOS Clinical Practice Guideline on the Treatment of Pediatric Diaphyseal Femur Fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23(12):e101. doi:10.5435/JAAOS-D-15-00523
3. Lindaman LM. Bone healing in children. *Clin Podiatr Med Surg*. 2001;18(1):97-108.
4. Stilli S, Magnani M, Lampasi M, Antonioli D, Bettuzzi C, Donzelli O. Remodelling and overgrowth after conservative treatment for femoral and tibial shaft fractures in children. *Chir Organi Mov*. 2008;91(1):13-19. doi:10.1007/s12306-007-0003-6
5. Naik P. Remodelling in Children's Fractures and Limits of Acceptability. *Indian J Orthop*. 2021;55(3):549-559. Published 2021 Mar 10. doi:10.1007/s43465-020-00320-2
6. Wilkins KE. Principles of fracture remodeling in children. *Injury*. 2005;36 Suppl 1:A3-A11. doi:10.1016/j.injury.2004.12.007
7. Kraus R, Wessel L. The treatment of upper limb fractures in children and adolescents. *Dtsch Arztebl Int*. 2010;107(51-52):903-910. doi:10.3238/arztebl.2010.0903
8. Strauss BJ, Carey TP, Seabrook JA, Lim R. Pediatric clavicular fractures: assessment of fracture patterns and predictors of complicated outcome. *J Emerg Med*. 2012;43(1):29-35. doi:10.1016/j.jemermed.2011.06.132
9. M Halanski, B A Nemeth, K J Noonan. Cast and splint immobilization, remodeling and special issues of children's fractures. In: *Rockwood and Wilkins Fractures in Children*. 8th edition. Wolters Kluwer Health; 2015. p. 57-94.
10. Sawyer JR, Ivie CB, Huff AL, et al. Emergency room visits by pediatric fracture patients treated with cast immobilization. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(3):248-252. doi:10.1097/BPO.0b013e-3181d213bc
11. Hubbard EW, Riccio AI. Pediatric Orthopedic Trauma: An Evidence-Based Approach. *Orthop Clin North Am*. 2018;49(2):195-210. doi:10.1016/j.ocl.2017.11.008
12. Mora F, Espíndola J, Mejía L, López A, Isunza A, Hernández S, Antonio C. Remodelación de fracturas desplazadas de la metáfisis distal del antebrazo en niños. *Rev Esp Méd Quir* 2012;17(3):186-190
13. Daines SB, Aronsson DD, Beynon BD, Sturnick DR, Lisle JW, Naud S. What is the best material for molding casts in children?. *J Pediatr Orthop*. 2014;34(7):743-748. doi:10.1097/BPO.000000000000178
14. Laaksonen T, Puhakka J, Stenroos A, Kosola J, Ahonen M, Nietosvaara Y. Cast immobilization in bayonet position versus reduction and pin fixation of overriding distal metaphyseal radius fractures in children under ten years of age: a case control study. *J Child Orthop*. 2021;15(1):63-69. doi:10.1302/1863-2548.15.200171
15. Pace JL. Pediatric and Adolescent Forearm Fractures: Current Controversies and Treatment Recommendations. *J Am Acad Orthop Surg*. 2016;24(11):780-788. doi:10.5435/JAAOS-D-15-00151
16. Jevsevar DS, Shea KG, Murray JN, Sevarino KS. AAOS Clinical Practice Guideline on the Treatment of Pediatric Diaphyseal Femur Fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23(12):e101. doi:10.5435/JAAOS-D-15-00523
17. Herman MJ, McCarthy JJ. The principles of pediatric fracture and trauma care. In: Weinstein SL, Flynn JM, editors. *Lovell and Winter's Pediatric Orthopaedics*. 7th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2014. p. 1661-93.
18. Kosuge D, Barry M. Changing trends in the management of children's fractures. *Bone Joint J*. 2015;97-B(4):442-448. doi:10.1302/0301-620X.97B4.34723
19. Ömeroglu H, Cassiano Neves M. Tendency towards operative treatment is increasing in children's fractures: results obtained from patient databases, causes, impact of evidence-based medicine. *EFORT Open Rev*. 2020;5(6):347-353. Published 2020 Jun 1. doi:10.1302/2058-5241.5.200012



CAPITULO 7 - Principios del Tratamiento Quirúrgico en el Paciente Pediátrico

Felipe Hodgson
Alexandre Arkader

7. Principios del tratamiento quirúrgico en el paciente pediátrico

Durante las últimas décadas, el tratamiento de las fracturas en niños y adolescentes ha sido cada vez más invasivo y la variedad de materiales de osteosíntesis que tenemos en el mercado han llevado al traumatólogo pediátrico, sobre todo a los más jóvenes, a intervenir y aplicar con más frecuencia tratamientos quirúrgicos de las fracturas pediátricas, a diferencia de lo que sucedía medio siglo atrás, cuando la mayoría de las fracturas en pacientes menores de 18 años se resolvía de forma ortopédica. Es importante aclarar que, en algunos tipos de fracturas, los resultados que se obtenían a mediados del siglo pasado no eran del todo buenos, pero gracias a los avances en los métodos de osteosíntesis, principalmente en antebrazo, codo y fémur, los resultados han mejorado de manera sustancial en cuanto a la consolidación, además de reinsertar a los pacientes a sus actividades en forma mucho más rápida¹.

7.1 Introducción

Debemos considerar que el hueso en la edad infantil presenta una serie de particularidades en su composición y fisiología respecto al adulto, y ante una fractura se generan reacciones características del tejido esquelético inmaduro.

Los niños y adolescentes presentan un elevado grado de elasticidad, siendo el hueso infantil más plástico y menos frágil que el del adulto; además presenta un grueso periostio, lo que le confiere más resistencia. Por estas características, las fracturas incompletas, como en tallo verde, son muy comunes. Si el médico no está habituado a distinguirlas, algunas de estas pueden pasar inadvertidas. Asimismo, la localización de los traumatismos óseos difiere en el niño respecto al adulto. La diferencia más importante radica en el hecho de que el hueso se encuentra en pleno desarrollo y las fracturas pueden afectar el cartílago de crecimiento, representando hasta un 20% del total de fracturas. Todo lo anterior determina la gran diferencia en el enfoque y manejo de los pacientes entre el traumatólogo general y el ortopedista infantil.

Al realizar la pregunta de cuándo y por qué debemos realizar una osteosíntesis en niños y adolescentes, la respuesta más lógica debería ser objetiva y relativamente estandarizada, pero por lo regular cada cirujano aborda el tratamiento con base a su propia experiencia. La edad es el parámetro más importante que debe tomarse en cuenta cuando tratamos una fractura en edad pediátrica, porque, como se mencionó anteriormente, el poder de remodelación de estos pacientes va disminuyendo con el paso del tiempo. No es lo mismo una angulación de antebrazo en un niño de 3 años que en un adolescente de 14

años; en el primero, con el paso de los meses la deformidad se podrá corregir completamente, pero en el segundo la corrección no será tan perfecta.

Otro factor importante en relación con el tratamiento con o sin osteosíntesis, es la localización de las fracturas, ya que las que ocurren cerca del cartílago de crecimiento y las que la angulación está en el sentido de la articulación más próxima, tienen más oportunidad de corregirse, puesto que la fractura está en el sentido del movimiento de la articulación. Así mismo, fracturas anguladas en otros sentidos, tendrán menor capacidad de remodelación. Cuando la fractura compromete el cartílago de crecimiento, es muy importante reducirla en forma urgente y mantener esa reducción estable. La mayoría de las veces una inmovilización con yeso por el tiempo que sea necesario será suficiente, y en otras se requiere la utilización de algún material de osteosíntesis (habitualmente agujas de Kirschner para disminuir el riesgo de daño fisiario).

Existen otros factores que también debemos considerar en la decisión de osteosíntesis, como son el mecanismo lesional, siendo habitual que lesiones de alta energía requieran uso de osteosíntesis. A su vez, los pacientes con lesiones asociadas o fracturas múltiples, en especial en pacientes en cuidados intensivos, son otro factor que debemos considerar a favor de la osteosíntesis².

Muchos cambios se han producido en la fijación de fracturas en niños y adolescentes en los últimos años, principalmente debido a los avances científicos en los campos de la biomecánica y en la biología de la consolidación, además de la comprensión de las importantes diferencias de los niños y su crecimiento.

No hay muchas publicaciones sobre la fisiopatología de la curación de fracturas en niños donde se utiliza algún material de osteosíntesis. Téot describió, el año 1987, como ocurre la consolidación de fracturas en niños donde se utilizaron clavos intramedulares flexibles, realizando estudios de los aspectos biológicos, como la preservación del periostio y del hematoma de la fractura. Destacó el papel fundamental de la conservación del periostio y la importancia de la vascularización medular. Además, reveló el papel de las proteínas morfogénicas óseas (BMP), las interacciones osteoblastos-osteoclastos, la contribución de la isquemia y la hipoxia, y el fenómeno de inducción eléctrica³.

Durante las últimas décadas, la fijación interna de las fracturas diafisarias evolucionó enormemente bajo el alero de la Fundación AO. El concepto de fijación anatómica rígida se transformó en un diseño más amigable con la biología, lo que resultó en placas de compresión bloqueadas. El deseo de mantener el entorno mecánico a través del equilibrio muscular y la vascularización ósea, llevó a la idea de una cirugía mínimamente invasiva. Las terapias basadas en células madre y los factores osteoinductivos ahora se utilizan clínicamente. Dado que los niños rara vez tienen alteraciones en la consolidación ósea, el mundo de la ortopedia pediátrica es un espectador de estos desarrollos, por ahora. Sin embargo, sin verdaderos estudios pediátricos sobre la curación ósea, sólo podemos extrapolar a los niños los hallazgos científicos recientes.

En cuanto a la fijación de fracturas, los siguientes puntos ya son bien conocidos que favorecen la consolidación en un contexto biológico: mantener el periostio intacto, no alterar el hematoma de la fractura, cierta flexibilidad durante la fijación (algo de estrés biomecánico es esencial para una adecuada curación ósea) y desarrollo de la cirugía percutánea⁴.

7.2 Rol de la fijación

Es importante subrayar que esta etapa se caracteriza por el crecimiento, proceso que es impulsado por dos estructuras específicas: la placa de crecimiento (o fisis) y el periostio, que es un verdadero aliado del cirujano ortopédico pediátrico. Cada una de estas estructuras puede presentar sus propias complicaciones y desafíos durante la fijación de la fractura. Aunque el crecimiento corrige muchos casos de consolidación defectuosa, es un error creer que lo resuelve todo. Deformidades rotacionales o en sentido opuesto a la dirección de movimiento de la articulación adyacente tienen menor posibilidad de remodelar.

Siempre debemos recordar que el tratamiento conservador (no quirúrgico) conduce, en la mayoría de los casos, a una curación más rápida y confiable que la fijación de la fractura. La fijación sólo está indicada si la consolidación de la fractura no tiene suficiente capacidad de remodelación o es alterada por otros factores. Las indicaciones dependerán principalmente de la edad del niño y del lugar de la fractura. Las excepciones a esta regla son niños politraumatizados, las refracturas, las fracturas intrarticulares desplazadas, la asociación a traumatismo craneoencefálico grave, las fracturas patológicas o determinadas por enfermedades subyacentes como el deterioro neurológico o la fragilidad ósea congénita y fracturas fisarias desplazadas. Algo más discutible, especialmente en niños, es la fijación de fracturas en deportistas de alto rendimiento, para un retorno precoz a sus actividades⁵.

Las siguientes reglas de la remodelación ósea sustentan algunas indicaciones para la fijación de una fractura. Una unión defectuosa habitualmente remodelará en forma adecuada si el niño es pequeño (menos de 10 años de edad en hombres y 8 en mujeres), y si la unión defectuosa está cerca de una metáfisis activa, con un alto potencial de crecimiento (cerca de la rodilla, lejos del codo). Además, si el plano principal de la deformidad corresponde al movimiento principal de la articulación vecina, tendrá mayor capacidad de remodelación (alta tolerancia en la muñeca a angulaciones volar-dorsal, y poca o nula tolerancia para el desplazamiento varo-valgo en el tobillo).

Algo más discutible es la corrección de alteraciones rotacionales de la fractura, debido a que es una deformidad con menor potencial de corregirse por sí sola. Históricamente se explicaba que las alteraciones rotacionales no remodelan, sin embargo, su ubicación y la capacidad de compensación de articulaciones vecinas, determinará el éxito funcional futuro. Debido a esto debemos tener cuidado con las fracturas supracondíleas en el codo, la fijación de la diáfisis media del húmero, del fémur y las fracturas de metacarpianos o falanges.

Todos estos factores ayudan a explicar el elevado éxito para el tratamiento conservador u ortopédico de las fracturas de muñeca o húmero proximal, y un gran número de indicaciones quirúrgicas para las fracturas a nivel del codo y en el tobillo.

7.3 Preservar el periostio a toda costa

La fijación de las fracturas diafisarias en menores por mucho tiempo fueron estabilizadas con implantes para “adultos”, que constaban de placas bastante largas. Sin embargo, estas placas tenían diversas complicaciones, como la necesidad de grandes abordajes quirúrgicos, el riesgo de hemorragia e infección, y el sobrecrecimiento relacionado con la necesidad de remover el periostio. Los defensores de este método, que se utiliza con menos frecuencia en trauma pediátrico, creen que se logra un mejor control sobre la rotación, y que el paciente y cirujano están sujetos a menor radiación. Dos eventos sucesivos rompieron estas creencias: la llegada de la fijación intramedular flexible y la aparición de placas de compresión bloqueadas. Los avances en fluoroscopia y protección radiológica han sido fundamentales para disminuir los riesgos de exposición a radiación.

7.4 Enclavado Endomedular Elástico

La técnica de enclavado endomedular flexible, desarrollada en 1980 por cirujanos de Nancy, Francia, se ha perfeccionado. Esta técnica también se conoce como enclavado endomedular elástico estable (EEEE). Ahora se utiliza universalmente, desde que se dispuso de imágenes intraoperatorias. En la actualidad este es el tratamiento estándar de fracturas diafisarias en huesos largos de población pediátrica, y se rige por los criterios biológicos descritos anteriormente (se conserva el hematoma y sus factores de crecimiento). El periostio, fuera del daño relacionado con la fractura, no se destruye. La flexibilidad del constructo permite los micromovimientos necesarios para estimular el periostio y asegurar la curación. Los clavos no llenan completamente el canal medular, por lo que no alteran el callo en el endostio. La estabilidad de la construcción está asegurada en los tres planos: frontal, sagital y rotacional (Figura 1)⁶.

Con el clavo moldeado en direcciones opuestas, tres puntos de apoyo aseguran el equilibrio y vuelven a estabilizar la fractura cada vez que se coloca una carga deformante sobre el hueso. Los movimientos de rotación se controlan mediante el anclaje medular de las puntas curvas. La técnica se desarrolló inicialmente para la fijación del fémur, el cual por su característico canal tubular endomedular circunferencial permite su anclaje adecuado. Otras áreas, como el canal endomedular triangular de la tibia, pueden presentar menor estabilidad, requiriendo protección con yeso o órtesis externas. Los clavos de Ender fueron la base del diseño para clavos flexibles, que se pueden moldear.

La técnica quirúrgica habitual para la introducción de clavos endomedulares flexibles en huesos largos comprende el uso de una mesa radiolúcida, el paciente con anestesia general y bajo control fluoroscópico. Se utilizan clavos de diámetro correspondiente al 30-40% del canal medular en el istmo, o al doble del grosor de la cortical ósea. Se reduce la fractura mediante manipulación y tracción, comprobado bajo control fluoroscópico en proyección anteroposterior y lateral. Se determina el punto de inserción de 1 a 2 cm de la fisis. Se realizan dos incisiones, una medial y otra lateral, de 1 cm desde el punto de inserción, en dirección distal. Se realizan dos orificios, uno en cada lado del hueso, utilizando el punzón iniciador con inclinación de 45° con respecto al eje longitudinal de la diáfisis, con el cuidado de no perforar la cortical opuesta.

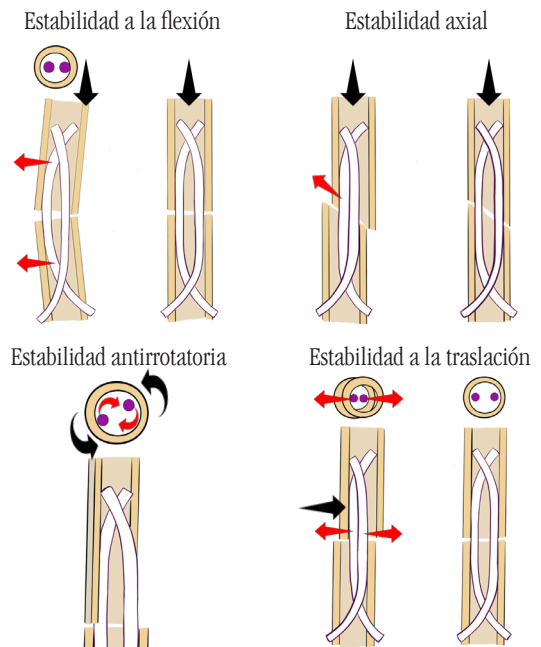


Figura 1. Estabilidad del enclavado endomedular elástico en todos los planos de movimiento. Ante fuerzas deformantes (flecha negra), la fuerza restauradora de la forma del clavo (flecha roja) mantiene la reducción, en estabilidad relativa, mientras se logre una configuración simétrica.

Antes de introducir los clavos es recomendable curvar su extremo distal en un ángulo de 30°. El resto del clavo se curvará en forma de “C”, hasta 3 veces el diámetro del canal. El clavo se monta en un mango manipulador, y se introduce perpendicular en el orificio previamente hecho. Se orienta el clavo en sentido contrario de la fisis, y se avanza manualmente hasta el foco de fractura con movimientos rotatorios, y de la misma manera el siguiente clavo.

Una vez comprobada la adecuada reducción bajo fluoroscopia, se introduce uno de los clavos, y luego el segundo, hasta llegar cercano a la fisis contraria. Los clavos se cortan una vez definida la posición, que sobresale a 5 mm a su punto de inserción para facilitar la extracción. El uso de casquillos de cierre es una alternativa para fracturas inestables; por ejemplo, en las fracturas conminutas, espiroideas y oblicuas largas, a fin de evitar mayor impactación, sin embargo, su uso es poco frecuente (Figura 2)⁷.

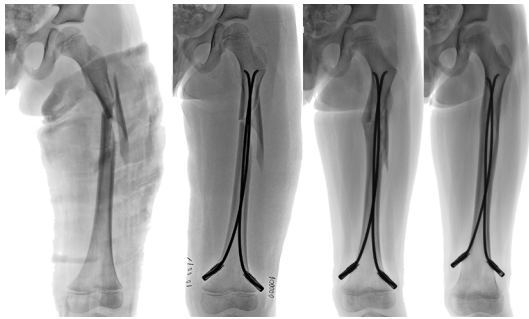


Figura 2. Fractura de fémur en un niño de 6 años, estabilizada con clavos elásticos y con apoyo de casquillo de cierre. Control postoperatorio (sin necesidad de yeso), 3 meses y un año postoperado.

Elección de materiales

Los clavos están disponibles en titanio o acero inoxidable. Ambos tienen el mismo tipo de curvatura e instrumentación similar. El titanio es más elástico que el acero inoxidable, lo que hace que el titanio sea más adecuado para aumentar el micromovimiento en el constructo y estimular el periostio. Los clavos de acero inoxidable son más rígidos. La rigidez de un clavo de acero inoxidable de un diámetro determinado es la misma que la de un clavo de titanio 0,5 mm más grande de diámetro. Como resultado, se necesita un clavo de titanio de mayor diámetro para lograr la misma rigidez que un clavo de acero inoxidable, pero es posible que el canal medular no sea lo suficientemente grande para poder utilizarlo (recordar que se requiere una ocupación del 70-80% del diámetro del canal medular). Dado que ambos tipos de materiales sufren cantidades similares de corrosión relacionada con la fricción, la elección del material depende del grado de rigidez deseado. En términos generales, el titanio se puede utilizar en pacientes pequeños, cuando es permitido un mayor grado de elasticidad. El acero inoxidable es indispensable en pacientes más grandes y adolescentes que todavía tienen cartílagos de crecimiento

abiertos, y en quienes la estabilidad es esencial. Un punto a considerar es que los clavos de titanio tienen mayor osteointegración, por lo que su remoción, especialmente en antebrazo, puede ser más difícil. La decisión final se reduce a la biomecánica, la preferencia del cirujano y las consideraciones financieras (el titanio puede ser más caro).

Diámetro del clavo endomedular

Se han descrito varios métodos para guiar la selección del tamaño para el fémur: diámetro del canal endomedular $\times 0,4$; (diámetro del canal endomedular / 2) - 1; según la edad (3 mm para pacientes <7 años de edad; 3,5 mm para 7-10 años; 4 mm para >10 años). En la tibia se utilizan clavos de 3-4 mm de ancho y en el antebrazo, de 2-2,5 mm. Estas dimensiones son más complicadas de medir en radiografías digitalizadas con tamaños de imagen reducidos, lo que puede dar lugar a errores. El clavo debe ser lo más largo posible, teniendo en cuenta el punto de inserción lo más distal posible en relación con el lugar de la fractura y además lo suficientemente alejado del anillo pericondral de LaCroix. El extremo intramedular debe anclarse lo suficiente en el hueso esponjoso para conservar la biomecánica del constructo. Los clavos se doblan manualmente hasta que sean simétricos y la curva se ubique sobre el sitio de la fractura. Debemos tener especial cuidado de no entrecruzar ambos clavos, para mantener el apoyo en tres puntos.

Indicaciones principales de clavos elásticos endomedulares

Este método se utilizó por primera vez en el fémur. Se prefiere el enclavado retrógrado ascendente, excepto en los casos en que se trata de fracturas del extremo distal del fémur. Si se necesita mayor estabilidad en fracturas distales, es aceptable el anclaje epifisario con trayectorias individuales para cada clavo. La edad mínima está definida por los límites de la remodelación diafisaria, con una capacidad más reducida después de los 5 años de edad. A partir de esta edad, se debe considerar la fijación estándar de estas fracturas. Las excepciones son los pacientes politraumatizados, fracturas en hueso patológico o aquellos con condiciones asociadas (neurológicas, congénitas), o una inestabilidad significativa de la fractura que no se controla adecuadamente con un tratamiento conservador (yeso pelvipedio). Este constructo puede no ser lo suficientemente rígido en los adolescentes. La necesidad de mayor estabilidad y los riesgos de impactación de la fractura, especialmente cuando la fractura es conminuta, ha dado lugar a dos mejoras adicionales: el uso de casquillos de cierre que se atornillan en el extremo distal de los clavos o en el extremo

proximal del clavo tibial. Esta técnica evita la impactación del sitio de fractura o el hundimiento del clavo con la contracción activa del músculo. Además del desarrollo de clavos especiales para los adolescentes, de inserción trocantérica.

El límite superior para las indicaciones de clavos endomedulares flexibles está determinado por la madurez esquelética y el peso del paciente. Trabajos recientes determinan que el peso máximo para su utilización es de 49 kg en fémur⁸. Los clavos tradicionales rígidos (con o sin bloqueo) y sus puntos de entrada, son peligrosos a esta edad debido al riesgo de necrosis de la cabeza femoral o pseudoartrosis del cuello femoral. Las fracturas tibiales rara vez se tratan con clavos flexibles, la gran mayoría de estas fracturas son tratadas de forma ortopédica. En los adolescentes, la técnica está limitada por la posibilidad de enclavar, idealmente cuando la tuberosidad anterior de la tibia esté completamente fusionada, debido al riesgo de genu recurvatum.

El húmero proximal tiene una elevada capacidad de remodelación por lo que las indicaciones para la fijación quirúrgica son poco frecuentes. En las fracturas diafisarias de húmero, en especial en adolescentes, puede ser una buena indicación como alternativa al tratamiento habitual con brace funcional o yeso. Está reservada para fracturas en hueso patológico o fracturas con extensión intrarticular que requieren métodos de fijación híbrido. El enclavado endomedular en esta ubicación tiene riesgo de complicaciones relacionadas con la piel. El enclavado se utiliza de forma muy limitada para las fracturas supracondíleas de húmero, técnica demandante pero eficaz. Una ventaja es que no es necesario inmovilizar el codo.

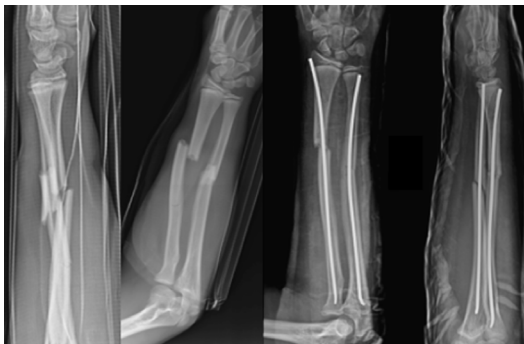


Figura 3. Fractura de antebrazo en niña de 11 años, se realizó reducción cerrada y fijación con clavos endomedulares flexibles.

La fijación con enclavado endomedular estable en el antebrazo (Figura 3) está indicada en fracturas expuestas, fracturas inestables, deformidades angulares inaceptables, en redespazamientos, en fracturas irreducibles a causa de interposición de tejidos blandos, en refracturas y cuando están acompañadas de múltiples traumas y daños complejos. Dado que el cúbito y el radio diafisario tienen baja capacidad de remodelación, la reducción cerrada debe proporcionar una buena alineación y se requieren 2-3 meses de inmovilización. Esto explica por qué la instalación de clavos elásticos se usa ampliamente en niños mayores de 8-10 años. En estos casos, solo se coloca un clavo en cada hueso; la membrana interósea une el marco del antebrazo. Si la fluoroscopia no está disponible o la reducción es difícil, se puede hacer una pequeña incisión sobre el sitio de la fractura para ayudar a insertar los clavos. Los clavos deben dejarse en su lugar al menos 6 meses antes de ser retirados. En algunas ocasiones puede ser necesario sólo la fijación de uno de los huesos del antebrazo o puede ser de utilidad constructos híbridos, como placa a radio distal y clavo elástico a cúbito.

Las complicaciones son raras si se siguen ciertas reglas técnicas. En 2001, Lascombes informó una tasa de revisión quirúrgica del 4% y una tasa de secuelas del 0,1%. Los problemas de la piel se presentan en el 14% de los casos, principalmente con fracturas de húmero o tibia, pero también en el fémur si los clavos están insertados distalmente. Se ha encontrado menos de 1 cm de desigualdad en la longitud de las extremidades en fracturas aisladas de fémur. Las refracturas son comunes en el antebrazo si el material no se deja colocado durante al menos 6 meses. Otras complicaciones se deben a errores técnicos. Los problemas técnicos más comunes son: elección incorrecta del tamaño del clavo elegido; clavos demasiado cortos; clavos insertados en la dirección equivocada; orientación de los clavos; evaluación inexacta de la edad o del tamaño del paciente, especialmente con adolescentes; no lograr un arco de moldeo doble y tener los clavos cruzados varias veces. Los problemas encontrados durante la cirugía a menudo se deben a problemas relacionados con el paciente o a la falta de reducción antes de iniciar la inserción del clavo. El cirujano no se debe confiar en la punta curva para lograr la reducción de la fractura, ya que su verdadero propósito es dirigir el clavo. La reducción debe realizarse en la mesa de tracción o mediante maniobras externas. En algunos casos, como el 15% de las fracturas de antebrazo, se hace una incisión en la piel sobre el lugar de la fractura para lograr la adecuada reducción. La consolidación tardía y la pseudoartrosis son raras, pero pueden ocurrir debido a una infección, una reducción abierta de la fractura y especialmente a un error técnico.

El material se puede retirar aproximadamente 6 meses después de la inserción, una vez que el callo de fractura tenga signos de un canal intramedular, a fin de evitar refracturas.

7.5 Placa de compresión bloqueada (LCP)

En la actualidad, la fijación estándar de las fracturas diafisarias son los clavos endomedulares flexibles, sin embargo, para la fijación de algunas fracturas en la diáfisis se han utilizado placas largas y rígidas. La compresión en el sitio de la fractura ha sido un problema secundario y las desventajas de estas placas son las lesiones en los tejidos blandos, las cicatrices grandes y la extracción perióstica agresiva que provocan un alargamiento excesivo. La inmovilización suplementaria induce atrofia muscular, como ocurre en los adultos.

La llegada de las placas bloqueadas de compresión ha generado un avance importante desde un punto de vista biológico y también ha cambiado la forma en que se realizan los cuidados postoperatorios. Estas placas son el equivalente a usar la fijación externa internamente. La construcción es corta y rígida, al mismo tiempo que permite que el resto del eje permanezca flexible. La placa no está adherida al hueso, por lo que el periostio puede sanar, la inmovilización no es necesaria y hay menor dolor postoperatorio. Además, este tipo de placas está indicada cuando hay una mala calidad ósea debido a patologías asociadas. La rehabilitación se puede iniciar rápidamente y se permite soportar peso casi de inmediato. Estas ventajas son fundamentales en casos de enfermedades neurológicas y puede ser considerado como una alternativa a la fijación con clavos endomedulares.

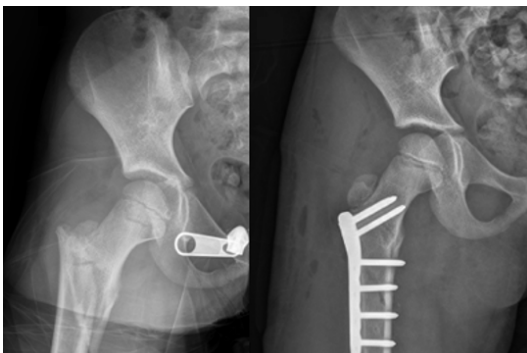


Figura 4. Fractura de cadera desplazada en niña de 6 años, tratada mediante reducción abierta y fijación con placa bloqueada de cadera pediátrica.

En general se utilizan placas cortas y rectas, de cuatro a seis orificios (igual a tener un tornillo en ocho superficies corticales) en el fémur, tibia o húmero para mantener la rotación. Las otras indicaciones de la fijación con este tipo de placas son principalmente en la cadera. La enorme gama de implantes disponibles incluye múltiples variantes de placas láminas, junto con placas más tornillos y placas anteriores o laterales. Cada equipo quirúrgico tiene sus materiales preferidos, pero muchos de estos sistemas todavía requieren el uso de inmovilización después de la cirugía. Las placas lámina tienen la desventaja de ser más difícil su correcta ubicación, por lo que habitualmente se utilizan más en osteotomías que en fracturas agudas. El concepto de tornillos de bloqueo ha llevado al desarrollo de placas pediátricas de cadera específicas para cada grupo de edad, utilizadas para la estabilización en fracturas proximales de fémur (Figura 4). Como se mencionó anteriormente, sus principales ventajas son la movilización temprana y el soporte de peso. La triangulación de los tornillos de bloqueo proximales en el cuello femoral garantiza que los tornillos no se salgan.

7.6 Fijación externa (FE)

La fijación externa es indispensable en el tratamiento inicial de fracturas cerradas o expuestas con lesión severa de partes blandas. La elección del fijador se basa en el lugar a instalarse, las preferencias y la formación del cirujano, y las limitaciones económicas. Los pros y los contras de cada tipo de sistema (anillo, unilateral o combinación) deben ser bien entendidos y el cirujano debe estar familiarizado con las técnicas de implantación específicas para cada uno. Los fijadores circulares se utilizan principalmente en segmentos distales, mientras que los monolaterales rectos en segmentos diafisarios. Los fijadores modulares tienen múltiples usos, pero a menudo necesitan una variedad de piezas accesorios. En traumatismos, el uso inicial se limita a fracturas cerradas, o expuestas con severa lesión de partes blandas (Figura 5), revisiones, tratamiento de consolidación tardía, infecciones, aunque algunos cirujanos han mantenido su uso en algunas fracturas cerradas de fémur como tratamiento definitivo. También ofrece la posibilidad de corrección axial gradual, a través de varias modificaciones de alineación o por distracción asimétrica, para disminuir el riesgo de síndrome compartimental. En algunos casos puede ser utilizada como ayuda para lograr una adecuada reducción de una fractura y en ese momento realizar la osteosíntesis definitiva con clavos endomedulares u otros dispositivos. Los fijadores externos también serían útiles en climas tropicales donde los yesos no se toleran tan bien. La capacidad de soportar peso estimula casi inmediatamente el callo de la fractura y reduce

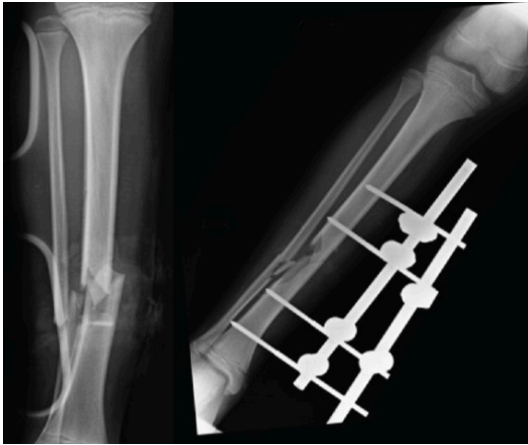


Figura 5. Adolescente con fractura expuesta pierna derecha. Se realizó estabilización inicial con fijador externo monoplano modular.

el riesgo de tromboembolismo en pacientes mayores. Sus inconvenientes están relacionados con la incomodidad del dispositivo y su apariencia antiestética. Además necesita un cuidado especial de los tornillos y agujas para reducir el riesgo de infección. Idealmente debiera considerarse la fijación externa como un tratamiento inicial a fin de reconvertir la osteosíntesis a métodos internos apenas las condiciones lo permitan.

7.7 Fracturas por fragilidad ósea

Ya hemos insistido en la realización sistemática de la fijación en pacientes politraumatizados, sin importar la edad, lo que va en contra de las reglas habituales que rodean los casos de trauma infantil. Además, se describen algunas patologías pediátricas asociadas a fragilidad ósea que se benefician de la fijación de fracturas.

Pacientes con deterioro neurológico, en los que tratamientos conservadores deben realizarse con cuidado, ya que el síntoma dominante es la espasticidad o la hipertonía. La inmovilización prolongada aumenta el riesgo de úlceras por presión, contracciones tendíneas, musculares y atrofia muscular rápida. El período de inmovilización debe ser lo más breve posible y la rehabilitación debe iniciarse tan pronto como desaparezca el dolor. La fijación con clavos endomedulares está más indicada, lo que requiere una inmovilización más corta en pacientes que no caminan. También pueden utilizarse placas bloqueadas según el tipo de fractura.

Pacientes con osteogénesis imperfecta en los que la fijación tiene dos objetivos, tratar la fractura y prevenir la recurrencia.

El sistema de fijación elegido idealmente debe permitir el crecimiento y se prefieren los dispositivos endomedulares (Figura 6). Los clavos telescópicos tipo Fassier-Duval son los más utilizados, sin embargo, el material debe cambiarse a medida que el niño crece.

En pacientes con lesiones tumorales los clavos endomedulares permiten proteger lesiones óseas líticas benignas (quiste óseo simple, quiste óseo aneurismático, displasia fibrosa). Es compatible con los tratamientos actuales que incluyen relleno con injerto óseo, inyección de médula ósea, alcohol absoluto y corticoides. Dependiendo de la edad del paciente, se utilizará un dispositivo de fijación de tipo “adulto”, como clavos bloqueados, clavos gamma, placas con tornillos y otros, para las lesiones permanentes. En fémur actualmente se cuenta con clavos pediátricos de entrada trocantérica para disminuir riesgo de necrosis avascular de la cabeza femoral, con diámetros de clavos más pequeños.

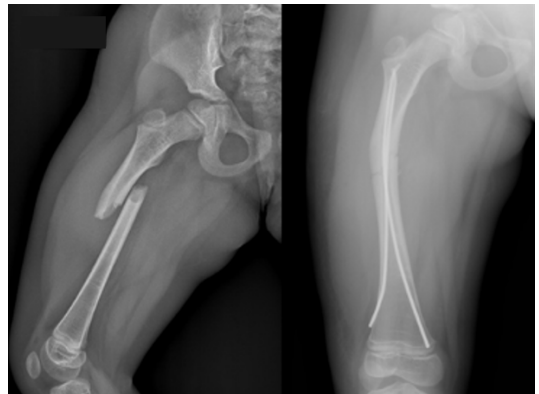


Figura 6. Fractura de fémur desplazada en niña de 7 años con osteogénesis imperfecta. Se realizó reducción cerrada con clavo endomedular flexible.

7.8 Consideraciones con la fisis

La lesión de las extremidades que afecta la superficie articular, requiere de una reducción anatómica de la fractura, lo que es sinónimo de cirugía y fijación. La principal complicación de estas lesiones es el cierre prematuro de la fisis, pero también es posible observar necrosis epifisaria o pseudoartrosis. Aunque la aparición de complicaciones depende del tipo de fractura, el tiempo antes de la reducción y la calidad de la reducción, el tratamiento quirúrgico es una fuente importante de factores de riesgo con el tipo de material y el abordaje quirúrgico utilizado. Una abordaje extenso, especialmente en el codo y en la cadera, puede inducir la desvascularización del fragmento, especialmente si se usa excesivamente el electrocoagulador.

También se ha descrito el crecimiento alterado del olécranon después de una osteosíntesis con bandas de tensión con alambre. Estas complicaciones se han reducido mediante el desarrollo de cirugía percutánea mínimamente invasiva y dispositivos segmentos específicos.

Debemos evitar complicaciones del cartílago de crecimiento en la utilización de materiales de osteosíntesis. Este daño puede ser inducido por una compresión directa o relacionado a una alteración de la actividad del cartílago. Un estudio realizado en fémur distal de conejos mostró que la cantidad y duración de la compresión aplicada son los principales factores que afectan la actividad de la fisis. La compresión inicial proporcionada por un dispositivo de fijación y el tiempo antes de retirar el material deben ser considerados cuando se utilizan para la osteosíntesis. Al contrario, este crecimiento reducido se puede inducir a propósito cuando se desea epifisiodesis (fijación con tornillos, grapas, placas en forma de ocho) o fusión intencional de la epífisis femoral con deslizamiento epifisario, eligiendo un implante de mayor diámetro, tamaño y volumen⁹.

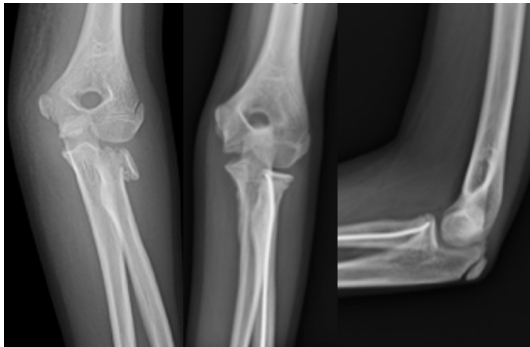


Figura 7: Fractura de cuello radial desplazada en una niña de 12 años. Se realizó reducción cerrada con clavo endomedular flexible.

Se ha demostrado en conejos que las agujas de Kirschner deben tener un diámetro inferior a 2 mm para evitar alterar el crecimiento. Si extrapolamos estos hallazgos al tamaño de varias fisis en pacientes pediátricos, 1,8 mm es el diámetro máximo que se puede utilizar en un maléolo medial, por ejemplo. En base a los requisitos descritos anteriormente, debemos recordar que el uso de la fijación con placa en zona fisaria está prácticamente prohibido, porque elimina el periostio del área pericondral e induce la compresión fisiaria debido a la formación de puentes óseos. Las opciones para este tipo de fracturas son la fijación externa, especialmente fijación circular tipo Ilizarov, que hace posible no atravesar la fisis, y ofrece la opción de usar agujas de Kirschner olivadas para compactar los fragmentos. El inconveniente es que puede inducir compresión y la utilización de un

fijador externo en una situación de urgencia es complejo, con un volumen de constructo que puede ser molesto.

Los clavos endomedulares flexibles cumplen con los requisitos establecidos. Son útiles y eficaces en las fracturas epifisarias sin afectación articular, como las fracturas del cuello radial. Un clavo, preferiblemente de acero inoxidable para mayor rigidez y facilidad de retiro, debe insertarse de manera retrógrada a través del extremo distal del radio (Figura 7).

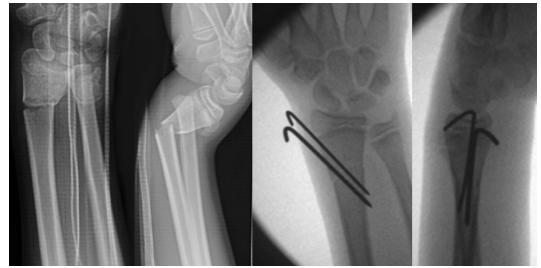


Figura 8: Fractura antebrazo distal en un varón de 14 años. Se realizó reducción cerrada y osteosíntesis con agujas de Kirschner, protegido por yeso.

Las agujas de Kirschner son un material de osteosíntesis utilizado extensamente por los cirujanos infantiles en la fijación de fracturas epifisarias-metafisarias. Como se mencionó anteriormente, el diámetro de la aguja de Kirschner idealmente no debe exceder los 2 mm, porque prácticamente no se induce compresión. Sin embargo, el diámetro dependerá del tamaño del paciente, de la fisis afectada, de la cantidad de agujas instaladas, además de la energía involucrada en la lesión. Es una opción de constructo estable, pero no fuerte. Siempre debe ir acompañada de una inmovilización con yeso hasta lograr la consolidación (Figura 8 y 9).



Figura 9: Fractura supracondílea de húmero en una niña de 8 años. Tratada con reducción cerrada y agujas percutáneas desde lateral.

Habitualmente las agujas de Kirschner son instaladas en forma percutánea y dejadas expuestas a través de la piel, para realizar su retiro entre la 3^o-4^o semana, una vez que la consolidación ha progresado. Recordemos que la inmovilización prolongada de una articulación en los niños no produce rigidez como en adultos. Sin esta inmovilización adicional, el constructo puede sufrir un desplazamiento secundario.

7.9 Tornillos

La fijación con tornillos se utiliza cuando se requiere compresión de dos fragmentos e idealmente cruzano la fisis. El desarrollo de tornillos canulados de varios diámetros ha llevado a un mayor uso de la fijación percutánea. Las principales indicaciones de los tornillos de pequeño diámetro son la fijación del tobillo (Figura 10) y las fracturas del epicóndilo medial (Figura 11).

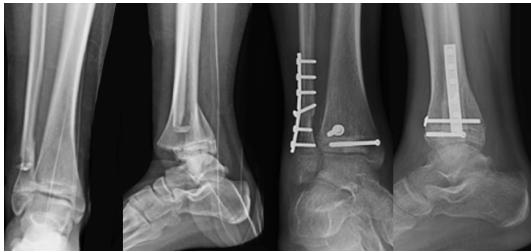


Figura 10: Fractura triplanar de tobillo en una niña de 12 años. Se realizó reducción abierta y fijación con tornillos y placa a peroné.

Los tornillos de mayor diámetro se utilizan para fracturas de epífisis más grandes, como fémur distal, fracturas del cuello femoral y, por extensión, en deslizamiento epifisario de cadera.



Figura 11: Fractura de epitroclea desplazada intra-articular tras luxación de codo en una niña de 9 años. Se realizó reducción abierta y fijación con tornillo canulado.

7.10 Otras opciones de osteosíntesis

La fijación de fracturas no siempre requiere de dispositivos metálicos. Los fragmentos de hueso también se pueden estabilizar por otros medios. La sutura reabsorbible es útil para estabilizar algunos fragmentos pequeños o tratar avulsiones epifisarias o apofisarias. El desarrollo de las anclas de titanio con suturas reabsorbibles de gran calibre ha ampliado las indicaciones en los niños. Aparte de las transferencias tendíneas, estas técnicas pueden ser muy útiles en fracturas del epicóndilo medial, fracturas de espinas tibiales con lazada en la base del ligamento cruzado anterior (Figura 12) y esguinces de tobillo con avulsión ósea (ligamento talofibular). Los pines reabsorbibles incluso se pueden utilizar durante la fijación de ciertas fracturas.

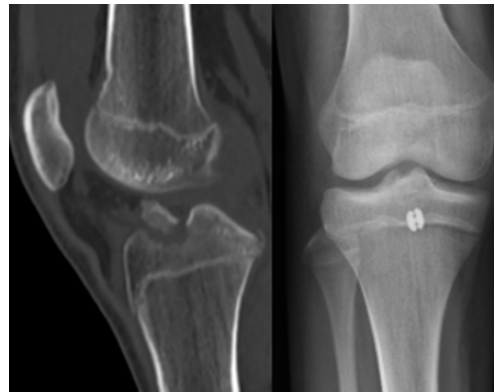


Figura 12: Fractura de espinas tibiales desplazada en un niño de 14 años. Se realizó reducción artroscópica y fijación con sutura a través de túneles óseos.

7.10 Retiro de materiales de osteosíntesis

Las fracturas en pacientes esqueléticamente inmaduros a menudo requieren sólo un manejo ortopédico, sin embargo, ciertas lesiones requieren una intervención quirúrgica y el uso de material de osteosíntesis. El utilizar estos dispositivos puede llevar a la necesidad de procedimientos secundarios para retirarlos. Las indicaciones en pediatría para la extracción de este material de osteosíntesis son variadas, y hay pocas pautas basadas en la evidencia para la toma de decisiones clínicas.

Se ha demostrado repetidamente que el material de osteosíntesis sirve como un posible nido para la infección. La revisión de Boulou encontró que *S. aureus* fue el organismo infeccioso más común (32%), seguido por MRSA (15%) y otros gram negativos. Esto es importante a tener en cuenta al prescribir antibióticos a los pacientes con material de osteosíntesis infectado antes de la identificación¹⁰.

Además, en el estudio de Boulos observaron que la causa de retiro fue de un 30% por infección, un 25% por material de osteosíntesis sintomático, un 13% por dolor y un 5% por pseudoartrosis. Otros autores han observado que las principales razones para la extracción de clavos endomedulares en fémur y antebrazo incluyen la prominencia o incomodidad del extremo del clavo. De las fracturas de antebrazo tratadas con placas en pacientes pediátricos, alrededor del 20% elige remover el implante por irritación. Se ha descrito que los pacientes con material de osteosíntesis en el pie y el tobillo presentan más dolor, asociado con la reanudación de la carga de peso en las actividades, y los pacientes tienen significativamente menos dolor después de la remoción electiva del implante. En aquellos procedimientos en los que la indicación principal para la remoción fue el dolor, no pudieron identificar una causa evidente. Esto enfatiza la necesidad de una mayor investigación, con el fin de reducir cirugías innecesarias y sus costos asociados.

Además de la infección y el material de osteosíntesis sintomático, los cirujanos pueden recomendar la remoción del implante para evitar futuras complicaciones; esto incluye dificultad para retirar implantes más adelante en la vida, fractura perimplante debido a estrés, migración del material de osteosíntesis con el crecimiento, alergia al metal y posible carcinogénesis debido a la corrosión de elementos metálicos. Sin embargo, la extracción de implantes no está exenta de riesgos y puede resultar en posibles complicaciones postoperatorias como refractura, infección, hematoma, dehiscencia de la herida, pérdida de sangre y prolongado tiempo operatorio. En una encuesta de cirujanos ortopédicos pediátricos, muchos creían que los implantes debían conservarse debido a las complicaciones mencionadas anteriormente y las preocupaciones relativas a la anestesia. Un estudio encontró para los pacientes sometidos a retiro del implante en EEUU, el cargo hospitalario promedio después de la extracción del implante por cualquier causa fue de \$ 36,349 dólares, y \$ 21,040 si excluimos las causas infecciosas de extracción. Esta no es una cantidad insignificante, y puede provocar un estrés financiero tanto para los pacientes como para los hospitales, especialmente si el retiro del implante no se realiza por causas sintomáticas.

Hay escasa literatura basada en la evidencia y las guías prácticas mantienen el tema de debate entre la necesidad de retiro del implante, versus su retención después de la consolidación de la fractura. Sin embargo, las tasas de complicaciones de retiro de implantes en pacientes electivos, no sintomáticos, sugiere que el retiro de material debe realizarse sólo por indicaciones clínicas o razones válidas.

7.11 Mensaje final

La mayoría de las fracturas en pacientes pediátricos deben ser tratadas en forma ortopédica, pero algunas requieren la fijación con diferentes dispositivos para lograr una consolidación adecuada. Esta fijación puede parecer fácil o sencilla para algunos cirujanos, asociado a que se sabe que el crecimiento corrige muchos defectos. Sin embargo, se ha demostrado que esta aparente simplicidad esconde ciertas complicaciones por lo que el aprendizaje no debe detenerse nunca. Aunque tenemos una mejor comprensión de la biomecánica del hueso, es esencial comprender su biología para no comprometer la consolidación ósea y no dañar estructuras como el cartílago de crecimiento o el periostio.

En caso de utilizar la fijación, habitualmente utilizaremos clavos endomedulares flexibles para fracturas diafisarias, y como alternativa tendremos la utilización de placas bloqueadas. En fracturas que comprometan la región epifisaria o metafisaria, puede ser necesario la estabilización con agujas de Kirschner asociado a inmovilización, y en algunas ocasiones podremos utilizar tornillos o clavos endomedulares. El uso de fijación externa se reserva para la estabilización de fracturas con extenso compromiso de partes blandas.

Los nuevos desarrollos para el tratamiento de las fracturas en los niños deben combinar nuestro conocimiento de la mecánica con los avances en la ingeniería de tejidos y materiales.

7.12 Referencias

1. Ömero lu H, Cassiano Neves M. Tendency towards operative treatment is increasing in children's fractures: results obtained from patient databases, causes, impact of evidence-based medicine. *EFORT Open Rev.* 2020;5(6):347-353. Published 2020 Jun 1. doi:10.1302/2058-5241.5.200012
2. Juanto M, Fernández E, Ramacciotti A, et al. Osteosíntesis en pediatría. ¿Cuándo y por qué?. *Ortho-tips.* 2015;11(1):7-14.
3. de Billy B, Gindraux F, Langlais J. Osteotomy and fracture fixation in children and teenagers. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014;100(1 Suppl):S139-S148. doi:10.1016/j.otsr.2013.11.006
4. Ömero lu H. Basic principles of fracture treatment in children. *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi.* 2018;29(1):52-57. doi:10.5606/ehc.2018.58165
5. Beaty JH, Kasser JR. *Rockwood-Wilkins. Fracturas en el niño.* 5a edición. Marban, Madrid: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.

6. J.-P. Métaizeau, L'embrochage centro-médullaire élastique stable (ECMES), *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*, Volume 92, Issue 4, 2006, Pages 409-411, ISSN 0035-1040, [https://doi.org/10.1016/S0035-1040\(06\)75791-9](https://doi.org/10.1016/S0035-1040(06)75791-9).
7. Dietz HG, Schmittbecher P, Slongo T, Wilkins K. *Elastic Stable Intramedullary Nailing (ESIN) in Children*. 1^o Edition. Thieme, New York. 2006.
8. Donovan RL Mr, Harries L Mr, Whitehouse MR Mr. Flexible nails have a significantly increased risk of complications compared with plating techniques when treating diaphyseal femoral fractures in children aged 5-12: A systematic review. *Injury*. 2020;51(12):2763-2770. doi:10.1016/j.injury.2020.09.024
9. Mäkelä EA, Vainionpää S, Vihtonen K, Mero M, Rokkanen P. The effect of trauma to the lower femoral epiphyseal plate. An experimental study in rabbits. *J Bone Joint Surg Br*. 1988;70(2):187-191. doi:10.1302/0301-620X.70B2.3346285
10. Boulos A, DeFroda SE, Kleiner JE, Thomas N, Gil JA, Cruz AI Jr. Inpatient orthopaedic hardware removal in children: A cross-Sectional study. *J Clin Orthop Trauma*. 2017;8(3):270-275. doi:10.1016/j.jcot.2017.06.020

LESIONES DE EXTREMIDAD SUPERIOR



CAPITULO 8 - Fractura de Clavícula

Martín D'Elía
Pablo Schaufele

8. Fractura de clavícula

La fractura de clavícula es una de las tres fracturas más frecuentes de presentación durante la infancia, por lo que el conocimiento de su epidemiología, mecanismo de lesión, tratamiento y posibles complicaciones es de vital importancia para el traumatólogo general, e incluso para el médico no especialista. Su ubicación más frecuente en el segmento es la diafisaria, siendo en más del 95% de tratamiento ortopédico conservador. En este capítulo abordaremos tanto los conceptos clásicos como los modernos, para su diagnóstico y tratamiento.

8.1 Epidemiología

Las fracturas de clavícula representan de 8-15% de las fracturas generales en los pacientes pediátricos, lo que las hace una de las fracturas más frecuentes en la edad pediátrica. El 63% se produce en varones y, si consideramos solo los pacientes sobre los 10 años, este porcentaje aumenta al 77%. Es en este último grupo etario donde se concentra el 30% de estas lesiones¹.

8.2 Mecanismo de lesión

En el 85% de los casos, el mecanismo de lesión es la caída sobre el hombro o un golpe directo. Este es habitualmente producto de una caída desde la cama en lactantes y preescolares, que comienzan a explorar el entorno o simplemente disfrutan jugar en ellas. En escolares y adolescentes se asocia a traumatismos durante la práctica deportiva, como fútbol y rugby, por ejemplo. En lactantes menores, que no inician la marcha, es importante considerar una lesión no accidental ante la ausencia de un mecanismo traumático accidental evidente.

Según el mecanismo o energía del trauma que ocasiona la fractura, las podemos dividir en: 1) de baja energía (caídas a nivel), 2) de mediana energía (golpe directo en actividad deportiva, caída en bicicleta o patineta); y 3) de alta energía (accidente deportivo grave durante la práctica de fútbol, hockey, esquí, snowboard, vehículo todoterreno, motocross y lesiones por colisión de vehículos motorizados). Existen también fracturas que ocurren durante el proceso del parto, donde, producto de una presentación distócica o macrosomía fetal, se producen en forma accidental y/o en forma dirigida por el equipo médico, para facilitar el nacimiento.

8.3 Anatomía

Morfológicamente, la clavícula es un hueso largo en forma de «S», con una epífisis medial que se inclina hacia adelante, y una epífisis lateral hacia posterior. Debido a que el tercio medio de la clavícula es delgado y está desprovisto de estabilizadores musculares o ligamentarios, la fractura de esta porción de la clavícula es la más frecuente. Sus inserciones musculares, y por tanto, las principales fuerzas que desplazan los fragmentos de la fractura de clavícula, son el esternocleidomastoideo en el fragmento medial, que lo eleva, y el peso del cuerpo junto con el músculo pectoral mayor en el fragmento distal, que lo hacen descender (Figura 1).

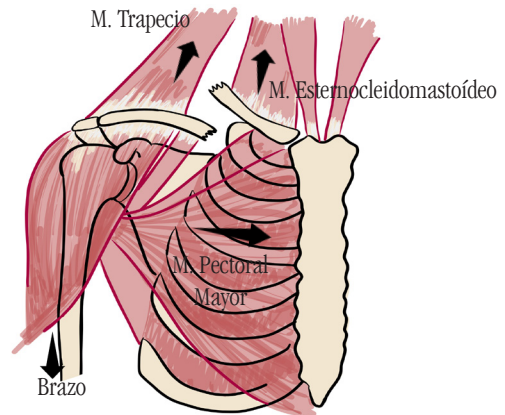


Figura 1. Esquema que demuestra las fuerzas musculares que generan el desplazamiento de una fractura de clavícula de tercio medio.

Funcionalmente, la clavícula conecta el esqueleto axial con la extremidad torácica, ayuda a soportar el peso de dicha extremidad, además de proteger estructuras neurovasculares. Participa principalmente en tres ejes de movimiento: 1) anteropulsión y retropulsión escapular, 2) elevación y descenso escapular, y 3) rotación y balanceo escapular.

La clavícula es el primer hueso en iniciar su osificación, a las 5 semanas in útero¹². Su fisis medial aporta el 80% del crecimiento de la clavícula, y su cierre ocurre entre los 23-25 años de edad. Según los estudios de Smekal y McGraw⁶, a los 10 años de edad, la clavícula habrá alcanzado el 80% de su longitud total. Después de esta edad, y hasta el cierre de la fisis, solamente se modificará en un 20%⁵. Esto apoyaría la idea de la necesidad de reducción anatómica en pacientes adolescentes. Sin embargo, recientes estudios afirman que entre los 12-25 años la clavícula crece un 34% en varones y un 26% en mujeres, lo que da cuenta del crecimiento y remodelación remanentes en la etapa final del desarrollo esquelético³. Por esto el manejo en adolescentes persiste en discusión, especialmente por los buenos resultados funcionales del manejo conservador.

8.4 Diagnóstico

El cuadro clínico que acompaña a esta fractura es diferente entre los recién nacidos y el resto de los pacientes. Los recién nacidos pueden presentar irritabilidad producto del dolor, síntoma muy poco específico, pero indicativo de alguna alteración. En estos pacientes el reflejo de Moro es generalmente incompleto, incluso pudiendo estar ausente, especialmente si la fractura se acompaña de una lesión del plexo braquial. Este problema se puede encontrar hasta en el 10% de las fracturas de clavícula a esta edad. Es por esta razón que un examen neurológico es vital en el recién nacido con esta fractura. Dada su escasa sintomatología, solamente alrededor de un 11% se detecta en la primera evaluación neonatal, y sólo el 50% tiene el diagnóstico descrito al momento del egreso hospitalario. El restante 50% se diagnostica alrededor de las 2 semanas de ocurrida la fractura, ante la evidencia del callo óseo prominente (Figura 2).



Figura 2. Fractura de clavícula en tercio medio, de una semana de evolución, en un paciente recién nacido.

En los pacientes mayores, el dolor localizado es el signo cardinal, y aumenta al realizar movimientos de hombro o al palpar la zona fracturada. Se encuentra aumento de volumen producto principalmente de la deformidad, por el hematoma de la fractura, o por el callo óseo cuando el diagnóstico es tardío. Los pacientes además pueden presentar inclinación cervical o giro de la cabeza hacia la fractura, como una manera de relajar en forma antálgica el músculo esternocleidomastoideo. La equimosis de la zona es de presentación tardía, y puede ser de consideración (Figura 3).



Figura 3. Equimosis tras una semana de fractura de clavícula izquierda.

Finalmente la crepitación ósea, descrita en la literatura, produce dolor, por lo que no es aconsejable buscarla.

Un signo importante de evaluar ante la existencia de una fractura proximal de la clavícula con desplazamiento posterior, es la dificultad para deglutir o ventilar, y constituyen indicadores de necesidad de resolución de emergencia, con apoyo de equipo médico especialista de tórax.

En relación al diagnóstico con imágenes, habitualmente la radiografía en proyección anteroposterior es suficiente para realizarlo. Sin embargo, otras proyecciones pueden aportar detalles como la proyección cefálica, donde el brazo se coloca en rotación interna. En esta proyección se visualizan la cara posterior del troquíter mayor y el troquíter de perfil. El haz de rayos X se dirige perpendicular al plano coronal del cuerpo. Se describe también el uso de la proyección lordótica apical, con el paciente en decúbito dorsal o de pie y el rayo en dirección cefálica de 30°, a 1 mt de distancia, y la proyección axial esca-

pular, que se obtiene con el paciente de pie o en prono, con el margen anterior del lado afectado rotado de 30° a 45° hacia el chasis. Para las fracturas del tercio distal, una radiografía con carga (5 kg) en proyección anteroposterior comparativa, pueden aportar al diagnóstico y decisión de manejo.

Para las fracturas proximales de clavícula, la proyección de “serendipity” nos aporta información en relación al desplazamiento de la clavícula. Se realiza decúbito supino, una proyección centrada en el esternón, con angulación cefálica de 40°. Sin embargo, la tomografía computada (TAC) es de mayor utilidad, y se debería solicitar en todo paciente con esta fractura (Figura 4).



Figura 4. TAC de una niña de 13 años, con una fractura de clavícula en tercio proximal, Salter Harris tipo 2, sin evidencia de osificación en epífisis proximal de la clavícula.

Por último, el uso de la ecografía es una excelente opción para el diagnóstico en pacientes neonatos, donde la osificación es escasa.

8.5 Clasificación

La clasificación más utilizada para estas lesiones es la de Allman (1967), quien las divide en tres tipos, dándole la numeración según la frecuencia de presentación de éstas (Figura 5). Es así como la tipo 1, que corresponde a la fractura del tercio medio, tiene una frecuencia de hasta el 85% en la publicación original, pero que en nuestra realidad es de alrededor del 90%. La tipo 2 de esta clasificación corresponde a la fractura del tercio distal, y alcanzara entre el 12-28%. Por último, la fractura tipo 3 corresponde a la fractura de tercio proximal, y su frecuencia sería entre el 3%-6%.

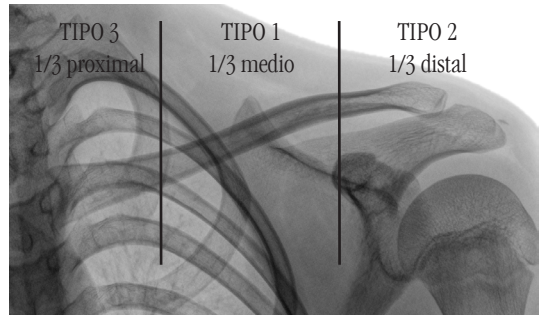


Figura 5. Clasificación de las fracturas de clavícula de acuerdo a Allman.

8.6 Tratamiento

Para definir el tratamiento a realizar para estas lesiones, se debe agrupar a los pacientes por edades.

En el grupo de los recién nacidos, la fractura tipo 1 de Allman es aún más frecuente, cercano al 96% de los casos, por lo que el tratamiento es ortopédico. Se indica la inmovilización de la extremidad afectada, adosándola al tórax, ya sea con una simple tela adhesiva sobre la ropa o mediante sujeción con un alfiler de gancho de la manga de la ropa a la zona torácica de ésta, por 7-10 días (Figura 6).



Figura 6. Inmovilización de brazo izquierdo en un recién nacido con fractura de clavícula izquierda.

En los pacientes preescolares, escolares y preadolescentes, con una fractura Tipo 1, el manejo es mediante inmovilización con un cabestrillo por 3-4 semanas. En los niños más inquietos se puede usar un cabestrillo inmovilizador de hombro, para asegurar la adherencia (Figura 7).

Otras alternativas de manejo descritas son el vendaje “en ocho” o vendaje con argollas, pero han caído en descrédito por

presentar complicaciones neurovasculares, por tensión a nivel axilar, y al no existir diferencias en el resultado final con el uso del cabestrillo.



Figura 7. Alternativas para el tratamiento de las fracturas de clavícula. cabestrillo simple y cabestrillo inmovilizador de hombro.

En este mismo grupo etario, para el manejo de las fracturas Tipo 2, de tercio distal, debe tenerse en consideración que en ellas el periostio grueso y vascularizado de la clavícula se desgarrar por la zona superior, permaneciendo adheridos a él los ligamentos coraco-claviculares por inferior (Figura 8).

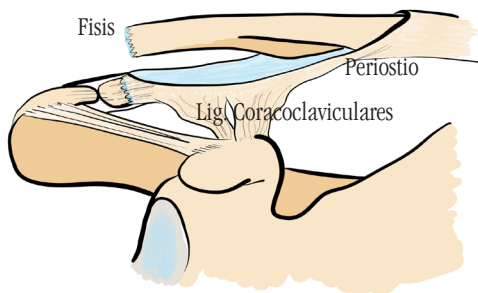


Figura 8. Esquema de la presencia de periostio con ligamento coracoclaviculares adheridos, en una fractura Allman Tipo 2.

Además, estas fracturas son mayoritariamente metafisarias o transfisarias, por lo que, ante la ausencia de osificación radiológica de la epifisis distal de la clavícula, pueden confundirse con una disyunción acromioclavicular, lo que es extremadamente raro en menores de 18 años. Por lo tanto, antes de la adolescencia, estas fracturas son intrínsecamente estables, y su desplazamiento no alcanza habitualmente al 100%, motivo por el que su manejo es conservador, similar a las tipo 1. Sin embargo, en los casos donde hay más del 100% de desplazamiento al medir la distancia coraco-clavicular en forma comparativa de ambos hombros, en una proyección de Zanca (decúbito supino, proyección AP centrada en la articulación

acromio-clavicular con angulación cefálica de 10°), o la fractura sea inestable, desplazada hacia posterior, o con riesgo de exposición, se recomienda realizar tratamiento quirúrgico de ellas. Esto se lleva a cabo mediante una reducción abierta, cierre del periostio desgarrado y fijación con aguja de Kirschner (1 ó 2), material que se deja fuera de la piel en su extremo lateral, y se retira a las 3 semanas (Figura 9).

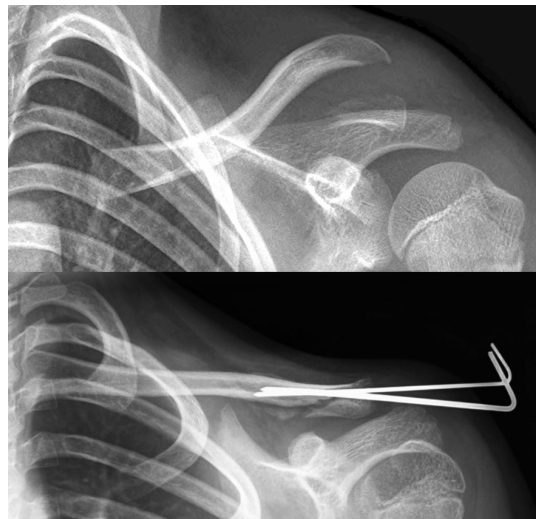


Figura 9. Fractura de clavícula Allman 2, tratada con reducción abierta, reparación de periostio y estabilización con agujas Kirschner percutáneas.

Otra alternativa de tratamiento es la reducción cerrada y fijación percutánea con aguja de Kirchner, o el uso de una fijación con sistema de suturas y botón, que mantiene la clavícula en su posición mientras se produce la cicatrización de los tejidos (Figura 10).

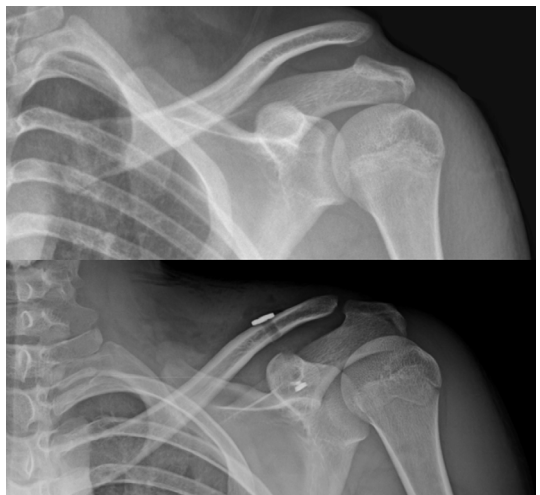


Figura 10. Fractura tipo Allman 3, reducida con botón y sutura.

Para el manejo de las fracturas tipo 3 o de tercio proximal, es imprescindible recordar que la mayoría de éstas son fracturas de tipo Salter y Harris I o II, ya que la epífisis está fija al esternón mediante los ligamentos esternoclaviculares, por lo que la fuerza se disipa por la estructura más débil, que es el cartilago de crecimiento. Dada su ubicación, existe la posibilidad de daño de las estructuras nobles vecinas, por lo que es recomendable realizar una TAC para su evaluación, especialmente si se indica tratamiento quirúrgico.

Si la fractura está muy desplazada hacia anterior, se recomienda realizar una tracción longitudinal de la extremidad superior, mientras se aplica presión directa sobre el fragmento distal de la clavícula, de forma gentil. Si por el contrario, el desplazamiento es posterior, se sugiere contar con un cirujano de tórax al momento de realizar la reducción, ya que su ayuda puede ser requerida. La reducción se realiza mediante tracción en el eje de la extremidad y del segmento distal de la clavícula con una pinza tipo Backhaus. Luego de obtenida la reducción de esta fractura, lo habitual es que sean estables, por lo que se inmoviliza la extremidad con un cabestrillo inmovilizador de hombro por 3-4 semanas. Si la reducción no es estable, se pueden colocar suturas transóseas o adicionar una aguja de Kirchner percutánea por 1-2 semanas, en los pacientes más voluminosos.

Tradicionalmente, las fracturas de clavícula en adolescentes pospuberales se han tratado de forma conservadora^{3,5}. Se reserva el tratamiento quirúrgico para pacientes en el contexto de politraumatismo, lesiones expuestas, con compromiso cutáneo, o lesión neurovascular, pero el grado de desplazamiento o de acortamiento no se consideraban como referencia. Sin embargo, estudios recientes realizados en adultos informan tasas altas de pseudoartrosis y deterioro biomecánico después del tratamiento no quirúrgico de fracturas desplazadas y acortadas⁶, lo que se ha extrapolado a este grupo etario. Los casos con 20 mm o más de desplazamiento entrarían en el rango de opción de cirugía. Sin embargo, estudios de Schulz y Baet⁷ han sugerido que incluso las fracturas con más de 15-20 mm de acortamiento no se asocian con limitaciones funcionales en adolescentes tratados de forma conservadora. Es más, nuevas investigaciones sugieren que las técnicas de medición tradicionales pueden sobreestimar el desplazamiento real de la fractura, al no tener en cuenta la naturaleza oblicua de ellas. Por esto se recomienda la proyección caudo-apical, con una inclinación del rayos X de entre 20-40°, para realizar una adecuada evaluación y decisión terapéutica. Además, hay que considerar que los pacientes adolescentes se diferencian de los adultos en términos de crecimiento remanente, potencial

de remodelación y nivel de actividad. Por lo tanto, cualquier deterioro funcional puede ser severo y tener consecuencias duraderas para el paciente adolescente^{4,5}, por lo que todos estos factores biológicos, como así también los requerimientos estéticos, deben ser incluidos en una decisión informada de tratamiento (Figura 11).



Figura 11. Paciente de 13 años con fractura desplazada tipo Allman 1, tratada en forma conservadora. Se aprecia evolución favorable a los 3 meses.

McGraw⁶ analizó digitalmente radiografías de tórax de 961 individuos entre el nacimiento y los 18 años de edad, mapeando los patrones de crecimiento clavicular. Se demostró un crecimiento constante de la clavícula para ambos sexos, desde el nacimiento hasta los 12 años, a una razón de 8,4 mm por año. Además, se encontró que en las niñas la clavícula creció 2,6 mm por año después de los 12 años, mientras que en niños el crecimiento anual fue de 5,4 mm tras dicha edad. En general, la clavícula alcanzó el 80% de su longitud a los 9 años en niñas, y a los 12 años en niños. Sin embargo, otras publicaciones recientes muestran que el crecimiento medio de la clavícula aumenta significativamente entre los 12 y los 25 años, tanto en hombres como en mujeres. En dichos artículos, para los hombres el aumento desde los 16 a los 25 años descrito es de 17,5 mm, lo que representa el 10,6% de la longitud total de la clavícula. En las mujeres, el aumento descrito desde los 14 a los 25 años fue de 7,7 mm, lo que representa el 5,2% de la longitud total de la clavícula. Encontramos entonces que desde la madurez esquelética, hasta el cierre del centro de osificación secundario, el crecimiento fue de 17,5 mm en varones (10,6% de la longitud total de la clavícula) y de 7,7 mm en las mujeres (5,2% de la longitud total de la clavícula)³.

Comprender este potencial de crecimiento en longitud de la clavícula influye en las decisiones de manejo³ y debe ser considerado en la evaluación, en conjunto con los límites tolerables

de desplazamiento de los extremos de la fractura (acortamiento mayor de 20 mm o angulación mayor de 30°, riesgo de exposición ósea por prominencia de los fragmentos de la fractura), teniendo en cuenta la exigencia funcional del paciente en sus actividades diarias.

Si se decide un tratamiento no quirúrgico, se recomienda el uso de un cabestrillo, el que puede apoyarse con un inmovilizador de hombro para manejo del dolor. Otras opciones descritas en la literatura son el uso un vendaje blando acolchado en forma de "8", o una inmovilización de yeso de similar forma. Existe evidencia consistente de que el tratamiento conservador de fracturas aisladas cerradas de la diáfisis de la clavícula en adolescentes resulta exitoso, con una baja tasa de complicaciones, alta tasa de retorno al nivel de actividad previa y una alta tasa de unión. La evidencia es insuficiente para definir cual de las opciones de inmovilización es mejor, por lo que se recomienda la de mayor comodidad para el paciente⁶.

Las indicaciones de tratamiento quirúrgico de clavícula, a pesar de no existir consenso absoluto en la bibliografía, son: tensión riesgosa de daño de la piel por encima de los fragmentos, angulación mayor de 30° de los fragmentos, conminución ósea de significancia, y acortamiento mayor a 20 mm.

También debe discutirse la opción de tratamiento quirúrgico en pacientes que realizan actividades de alta demanda con el miembro superior, como son deportistas de alta competencia que realizan movimientos por encima del nivel del hombro, donde se describen alteraciones funcionales en su actividad si las estructuras óseas no son reparadas en forma anatómica.

Para el tratamiento quirúrgico, la fijación de la fractura se puede realizar con una placa con tornillos, con un clavo intramedular, preferentemente clavos endomedulares elásticos.

La fijación con clavos endomedulares es un procedimiento que se recomienda para fracturas en cuña, fragmentadas y anguladas en la zona media de la clavícula. Para los otros patrones se prefiere la estabilización con placa y tornillos. El objetivo del tratamiento con clavo endomedular para este tipo de fracturas es lograr la reducción anatómica y luego el efecto de férula interna con la fijación intramedular. La forma del clavo manteniendo la del hueso, logra la alineación anatómica. El acortamiento se evita por el contacto óseo de los fragmentos. Si se decide el uso de agujas de Kirschner para este método, se debe tener en consideración la limitada opción de tamaño, su escasa flexibilidad para replicar la forma en "S" de la clavícula y la alta tasa de complicaciones descrita en la literatura¹¹.

Se recomienda utilizar la inserción por abordaje medial, o retrógrada, en la cual a través de una incisión medial anterior, a 2 cm de la articulación esternoclavicular, se realiza la perforación de la clavícula en su tercio medial, insertando el clavo de medial a lateral. Este clavo habitualmente tiene un diámetro de 2-3 mm. Se debe tener especial cuidado en el estrechamiento del canal medular por el afinamiento de la clavícula en su tercio lateral, pudiendo realizar la apertura del canal con una broca, y evitar perforar la cortical lateral. La reducción se puede realizar con pinzas de reducción en forma percutánea o a través de incisiones mínimas⁸. Esta configuración de la fijación presenta mayor probabilidad de irritación de la piel, por lo que se debe tener una medición adecuada previa a realizar el procedimiento y una buena impactación en el ingreso del clavo. La probabilidad de complicaciones mayores es muy baja



Figura 12. Fijación de fractura de clavícula Allman 1 con clavo endomedular, desde medial a lateral. (Figura 12).

Para la instalación de una placa con tornillos, se recomienda el abordaje subclavicular, para lograr buena cobertura de partes blandas para el implante. Durante el abordaje quirúrgico se debe identificar y evitar dañar las ramas supraclaviculares sensitivas. Se sugiere mantenerse siempre en un plano subperióstico, para que esta capa de tejido actúe de protección para las estructuras neurovasculares vecinas. La colocación de la placa en el borde anterosuperior de la clavícula tendría ventajas biomecánicas sobre la posición superior, la que tendría mayores molestias secundarias, requiriendo habitualmente



Figura 13. Fractura de clavícula Allman 1 en un adolescente de 14 años, tratada con placa de osteosíntesis con tornillos.

una segunda cirugía para el retiro del implante (Figura 13). Actualmente existen implantes contorneados anatómicamente, con tornillos bloqueados, con ventajas biomecánicas en fracturas conminutas. Se recomienda utilizar tornillos de compresión interfragmentaria en patrones oblicuos o conminutos, y compresión a través de la placa en patrones transversos. El retiro de los implantes no es de rutina, salvo intolerancia de los mismos por sobre 12 meses después de la cirugía.

8.7 Mensaje final

En síntesis, más allá de que las indicaciones de tratamiento quirúrgico están establecidas en acortamientos mayores a 20 mm, angulaciones del trazo mayores de 30° y tensión de la piel sobre los fragmentos desplazados, y los buenos resultados en la literatura para el tratamiento conservador, cada caso merece una minuciosa y detallada evaluación del médico tratante para matizar entre las ventajas y las desventajas de cada tratamiento en relación a las demandas funcionales, sobre todo en los pacientes pediátricos puberales y adolescentes, situación que se viene presentando con mayor frecuencia en la actualidad, con el fin de que el paciente y sus adultos a cargo realicen la mejor decisión.

8.8 Consejos de los autores

- El tratamiento de la gran mayoría de los casos será conservador, con excelentes resultados, siendo solo de indicación quirúrgica en casos excepcionales.
- En caso de requerir tratamiento quirúrgico, la elección del implante intramedular con clavo elástico tendría buena indicación en fracturas conminutas ya que produce el efecto de férula interna por estabilidad relativa, se recupera la alineación y longitud de la clavícula a través de la fijación en los extremos del hueso.
- En el tratamiento quirúrgico, la utilización de tracción lateral en el eje del hueso y rotación externa del miembro superior, o utilizar clamps percutáneos o por incisiones mínimas, ayudan a lograr la reducción.
- El cierre en un solo plano que incluya piel, celular, fascia y periostio reduce la posibilidad de dehiscencia de heridas en la fijación abierta con placa.

8.9 Referencias

1. Aliaga C, Henríquez E, Gómez A, Vásquez M, Schaufele P, Silva N. Evaluación funcional y de satisfacción en pacientes entre 10 y 15 años con fractura diafisaria cabalgada tratadas no quirúrgicamente. 54° Congreso Chileno de Ortopedia y Traumatología. 2018. Santiago, Chile.
2. Hughes JL, Newton PO, Bastrom T, Fabricant PD, Pennock AT. The Clavicle Continues to Grow During Adolescence and Early Adulthood. *HSS J.* 2020;16(Suppl 2):372-377. doi:10.1007/s11420-020-09754-8
3. Hosseinzadeh P, Pokala N, Meyer Z, et al. Clavicles continue to grow beyond skeletal maturity: radiographic analysis of clavicle length in adolescents and young adults. *J Pediatr Orthop B.* 2020;29(2):195-199. doi:10.1097/BPB.0000000000000644
4. Gausden EB, Fabricant PD. Management of Clavicle Fractures in Adolescents: A Critical Analysis Review. *JBJS Rev.* 2018;6(9):e4. doi:10.2106/JBJS.RVW.17.00194
5. McIntosh AL. Surgical Treatment of Adolescent Clavicle Fractures: Results and Complications. *J Pediatr Orthop.* 2016;36 Suppl 1:S41-S43. doi:10.1097/BPO.0000000000000757
6. McGraw MA, Mehlman CT, Lindsell CJ, Kirby CL. Postnatal growth of the clavicle: birth to 18 years of age. *J Pediatr Orthop.* 2009;29(8):937-943. doi:10.1097/BPO.0b013e3181c11992
7. Bae DS, Shah AS, Kalish LA, Kwon JY, Waters PM. Shoulder motion, strength, and functional outcomes in children with established malunion of the clavicle. *J Pediatr Orthop.* 2013;33(5):544-550. doi:10.1097/BPO.0b013e3182857d9e
8. Flynn JM, Skaggs DL, Waters PM. *Rockwood and Wilkins' Fractures in Children.* 8th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2015.
9. Kubiak R, Slongo T. Operative treatment of clavicle fractures in children: a review of 21 years. *J Pediatr Orthop.* 2002;22(6):736-739.
10. Vander Have KL, Perdue AM, Caird MS, Farley FA. Operative versus nonoperative treatment of midshaft clavicle fractures in adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2010;30(4):307-312. doi:10.1097/BPO.0b013e3181db3227
11. Luo TD, Ashraf A, Larson AN, Stans AA, Shaughnessy WJ, McIntosh AL. Complications in the treatment of adolescent clavicle fractures. *Orthopedics.* 2015;38(4):e287-e291. doi:10.3928/01477447-20150402-56



CAPITULO 9 - Fractura de Húmero Proximal

Juan Fuenzalida
Humberto Galleano

9. Fracturas de Húmero Proximal

Las fracturas de húmero proximal se producen generalmente en la adolescencia, en relación con traumatismos durante prácticas deportivas, por mecanismos directos o indirectos. Hay otro grupo de fracturas en relación con el parto (trauma obstétrico), o caídas de la cama en preescolares. En su mayoría corresponden a fracturas fisiarias del tipo Salter-Harris I o II, y, debido al extraordinario potencial de crecimiento y remodelado de la fisis proximal del húmero, son en su mayoría tratadas con éxito mediante métodos conservadores, con excelentes resultados funcionales y anatómicos. Las clasificamos según su desplazamiento de acuerdo con Neer y Horwitz. El tratamiento quirúrgico solo es indicado en fracturas con desplazamientos severos y en niños con madurez esquelética avanzada.

9.1 Introducción

Las fracturas del húmero proximal representan el 2.2% de todas las fracturas pediátricas, y generalmente involucran a la fisis humeral proximal, siendo éstas el 3% de todas las lesiones fisiarias del paciente pediátrico. Estas fracturas presentan su mayor incidencia entre los 11-15 años, siendo 4 veces más frecuentes en los niños con respecto a las niñas. Las vemos relacionadas a mecanismos de moderada intensidad producto de caídas, por trauma directo durante la práctica de deportes de contacto, gimnasia deportiva, caídas de bicicletas, y de alta energía, como los accidentes de tránsito. La misma puede ocurrir en cualquier otro momento de la vida pediátrica, inclusive en relación con partos distócicos.

Este tipo de fractura en el menor de 2 años sigue teniendo importancia como indicador de sospecha de abuso o maltrato infantil, siendo el segundo hueso en frecuencia que se lesiona en este tipo de situaciones, por lo que debe tenerse siempre en cuenta al momento de recibir un paciente con esta lesión.

Hay un grupo que se asocia a fracturas en hueso patológico, por presencia de tumores o quistes óseos (Figura 1), lo que se debe considerar en el diagnóstico y para el tratamiento.

El principal método de tratamiento es la inmovilización con cabestrillo o con inmovilizador de hombro, aunque en fracturas con desplazamiento severo en niños mayores puede requerir tratamiento quirúrgico.

9.2 Anatomía

La epífisis proximal del húmero se forma luego de la fusión a los 7 años de 3 núcleos de osificación independientes, el de la cabeza humeral, que aparece a los 4-6 meses, el troquíter, que aparece a los 3 años, y el troquíen, que aparece a los 5 años.

Esta fisis mantiene un alto nivel de actividad, por lo que es encargada del 80% del crecimiento longitudinal del húmero, y llega a su cierre definitivo recién a los 16 años, y a veces hasta los 19 años.



Figura 1. Fractura en hueso patológico. Fractura de húmero proximal sobre quiste óseo esencial.

La cápsula glenohumeral cubre toda la superficie articular e incluye en gran parte la porción medial de la fisis proximal. Además, la presencia de un periostio muy grueso, con inserciones ligamentarias en la zona, le brindan una gran resistencia y estabilidad.

Los músculos del manguito rotador se insertan a nivel de la epífisis en los núcleos de osificación previamente descritos, y confieren no solo estabilidad, sino que también el rango de movimiento amplio característico de dicha articulación. El músculo pectoral mayor se inserta medial en la metafisis cercana a la fisis, y el deltoides por lateral, pero más a distal.

La fractura generalmente ocurre proximal a la inserción del pectoral mayor y del deltoides, rompiendo el periostio por lateral a la inserción proximal del bíceps, lo que condiciona la mayor parte de las veces el desplazamiento de la diáfisis en aducción y hacia proximal.

9.3 Mecanismo de lesión

El mecanismo indirecto que produce esta fractura es la caída tratando de sostenerse, apoyando la mano en el suelo, con el miembro superior en extensión, abducción y rotación externa del hombro. En el mecanismo directo, la energía viene desde dirección lateral o posterolateral a nivel del hombro o la porción superior del brazo. Ambas situaciones requieren una moderada cantidad de energía para fracturar el hueso, como lo vemos en actividades deportivas y recreativas habituales de la adolescencia (gimnasia deportiva, deportes de contacto, bicicleta, equitación, etc.).

A causa del grosor del periostio en este grupo etario y las inserciones capsulares y ligamentarias, la mayor parte de las fracturas del húmero proximal son fisarias del tipo Salter-Harris (S-H) I o II, estas últimas con un importante fragmento metafisario de Thurstan Holland medial, y muy estables en general. Además, estas particularidades hacen que sea una excepción las fracturas asociadas a luxación de hombro.

Cuando se produce la fractura, la integridad de la parte medial y posterior del periostio puede hacer difícil la reducción cerrada, por interposición de éste entre los fragmentos.

Por la ley de Wolff, dado el amplio rango de movimiento de la articulación glenohumeral, y la gran capacidad de crecimiento de la fisis humeral proximal, podemos esperar una extraordinaria capacidad de remodelado en las fracturas de húmero proximal.

Esta estabilidad, gracias a los componentes de partes blandas, y el potencial de remodelación óseo, hacen que se puedan tratar de manera conservadora pese a diferentes grados de desplazamiento a este nivel, que son tolerables.

9.4 Diagnóstico

En el neonato, el diagnóstico resulta complicado por la ausencia del núcleo de osificación proximal del húmero a esa edad, y se da ante la presencia de una pseudoparálisis de hombro, posterior a un parto distócico, y luego de descartar

los diagnósticos diferenciales como artritis séptica de hombro, fractura de clavícula, y la parálisis braquial obstétrica en sí. Durante el resto de la edad pediátrica, el diagnóstico se basa en la sospecha clínica luego de un evento traumático, ya sea directo o indirecto, y posterior al cual la impotencia funcional y el dolor alrededor del hombro son intensos.

Al examen físico se constata tumefacción del hombro y puede verse equimosis. Cuando la fractura está muy desplazada, se hace evidente una prominencia anterior alrededor de la zona axilar, que corresponde con la metáfisis proximal del húmero. Tanto la palpación de la zona, como la movilización de la articulación, son de difícil realización por el dolor y la tumefacción local.

Ante la sospecha clínica deben ser solicitadas radiografías ortogonales en proyecciones anteroposterior de hombro y lateral axilar, que son las más importantes para evaluar la fractura, además de una escapular en Y, no solo para confirmar el diagnóstico y excluir otras fracturas alrededor del hombro, sino que también para clasificarla y decidir la conducta terapéutica (Figura 2). Aunque en la mayor parte de las veces no pueden realizarse todas las proyecciones debido al dolor e impotencia funcional, debemos insistir en por lo menos obtener una buena visión anteroposterior que nos permita evaluar la articulación glenohumeral, y una axial para evaluar los ejes.



Figura 2. Fractura en húmero proximal en un niño de 4 años. Proyecciones radiológicas escapular en "Y", anteroposterior de hombro y anteroposterior de hombro en rotación interna.

El uso de TAC o RM solo son indicados ante la sospecha de lesiones mas complejas, como las avulsiones de las tuberosidades, luxaciones, sospecha de fracturas en hueso patológico, compromiso articular, y muy ocasionalmente lesiones asociadas (clavícula o elementos de la escápula).

La ecografía ha sido de utilidad en los casos de sospecha de fractura del húmero proximal en el neonato debido a la falta de osificación del húmero proximal, y para diagnóstico diferencial de infecciones articulares.

9.5 Clasificación

Las fracturas proximales del húmero en niños se clasifican según la localización anatómica en fracturas de la fisis, metafisarias, del troquíen y del troquíter.

Las lesiones fisarias se clasifican según Salter-Harris (Figura 3). Las Tipo I se ven generalmente en edades tempranas y en pacientes pequeños. La mayor parte de los casos corresponden a Tipo II, que se ven en los adolescentes, a partir de los 11 años. Las lesiones Tipo III o IV ocurren en raras ocasiones, en relación con accidentes graves y de alta energía, ya que la gran movilidad de la epífisis proximal humeral le confiere cierta protección a este tipo de lesiones.

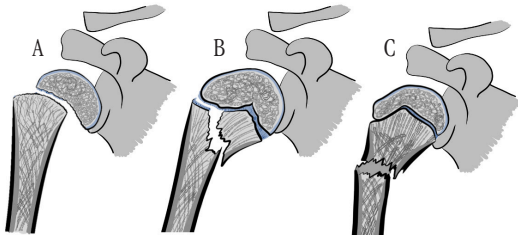


Figura 3. Lesiones traumáticas habituales de húmero proximal. A, fractura Salter y Harris tipo 1; B, fractura Salter y Harris tipo 2; C, fractura metafisaria proximal de húmero.

Neer y Horwitz clasifican estas fracturas en base a la magnitud del desplazamiento entre la porción proximal y la diáfisis. Las grado I tienen menos de 5 mm de desplazamiento; Las grado II entre 5 mm y 1/3 del diámetro de la diáfisis; Las grado III entre 1/3 y 2/3 del diámetro de la diáfisis; y las grado IV más de 2/3 del diámetro de la diáfisis.

La angulación al momento de la clasificación no modifica a la misma, aunque sí puede tener un rol importante en la toma de decisiones, junto con la edad ósea del paciente.

9.6 Tratamiento

El tratamiento tradicional en principio corresponde al ortopédico, no quirúrgico, debido al enorme potencial de remodelado del húmero proximal, y el grosor del periostio, que le da estabilidad. Además, las características del gran rango articular que poseen las articulaciones en el miembro superior permiten compensar funcionalmente, haciendo tolerables angulaciones y desplazamientos residuales en la región proxi-

mal del húmero. Las diferentes opciones de tratamiento no quirúrgico corresponden al uso de inmovilizador de hombro o cabestrillo, vendaje o yeso Velpeau, férula en "U" asociada a cabestrillo, y yeso braquiopalmar colgante con charratera. El tiempo de reparación de la fractura es de 3 a 6 semanas. Ya a la 3ª semana hay estabilidad del foco fracturario y se puede retirar la inmovilización, pero no reiniciar el deporte. No es una mala idea la utilización de un cabestrillo en situaciones de accidentes potenciales, como eventos escolares y actividades recreativas familiares, retirando la inmovilización una vez que se vuelva al ambiente controlado.

La simple inmovilización del miembro superior, con el brazo adherido al cuerpo con un vendaje sin tensión, o el uso de un alfiler de gancho que una la manga de la ropa al tórax, para mantener en la posición descrita, son suficientes para el tratamiento de una fractura de húmero proximal en neonatos. No se debe olvidar acolchar la axila para evitar la maceración del pliegue. La reparación produce un callo exuberante alrededor de la segunda semana, a partir de la cual ya no es necesario el uso de ninguna inmovilización (Figura 4).

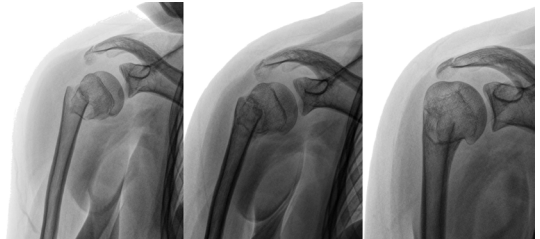


Figura 4. Fractura proximal de húmero en una niña de 12 años. A, Radiografía inicial de la lesión; B, Control radiográfico al mes de evolución, donde se observa callo óseo; C, Control radiográfico a los 3 meses de evolución.

Según la clasificación de Neer-Horwitz se puede sugerir, para las Grado I y II, el tratamiento conservador, sin intento de reducción cerrada, en todas las edades, con el uso de inmovilizador de hombro por 3 a 4 semanas. Para las Grado III y IV se recomienda un intento de reducción cerrada, para disminuir el dolor y mejorar la deformidad cosmética. En mayores de 10 años se espera un menor potencial de remodelado, con una corrección de menos de 30° en el eje axial. La maniobra de reducción se realiza previa estabilización del tórax con una cinta que es sujeta por un ayudante, manteniendo tracción, abducción, flexión anterior y rotación externa del brazo, bajo visión radioscópica. Muchas veces la reducción cerrada puede ser difícil de obtener a causa de la interposición de tejidos en el foco de fractura, ya sea del periostio del húmero, del tendón

del bíceps, de la porción anterior del músculo deltoides, y a veces algún fragmento conminuto del húmero.

No existe a la fecha un consenso en la literatura acerca de las indicaciones absolutas y relativas del tratamiento quirúrgico en las fracturas del húmero proximal. Aunque en general se consideran quirúrgicas las fracturas con desplazamiento en un esqueleto que tiene poco potencial de remodelado (desde los 13-15 años).

Dobbs sugiere indicaciones para el tratamiento quirúrgico en las fracturas Grado III o IV de Neer-Horwitz, según la edad y el grado de angulación: en pacientes menores de 7 años y con angulación $>75^\circ$, en pacientes entre 7-11 años con angulación $>60^\circ$ y en pacientes mayores de 11 años con angulación $>45^\circ$.

Otras indicaciones quirúrgicas son: fracturas articulares (Salter-Harris III y IV), fracturas expuestas, lesiones neurovasculares, imposibilidad de conseguir reducción y estabilidad con maniobra cerrada, polifracturados (para el mejor cuidado del paciente), y enfermedades neuromusculares ó parálisis, ya que disminuyen la posibilidad de remodelación adecuada.

Entre las opciones de fijación de la fractura podemos encontrar el uso de agujas de Kirschner, clavos elásticos, tornillos canulados, o placa y tornillos.

La reducción, ya sea de manera cerrada (Figura 5), siempre que sea posible, o abierta, cuando hay interposición de alguna estructura anatómica, y posterior fijación percutánea con agujas de Kirshner, es un método habitual de tratamiento. Las agujas se retiran en consultorio ambulatorio, entre la 3ª y 4ª semana del postoperatorio.

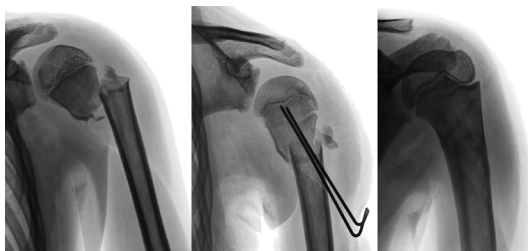


Figura 5. A. Radiografías de un niño de 12 años con una fractura de húmero proximal desplazada. B. Se realizó reducción cerrada y fijación con agujas de Kirschner percutáneas. C. Control radiográfico a un año de la lesión.

El uso de técnica de enclavado endomedular elástico estable, con clavos elásticos flexibles, vía retrógrada demanda mayor tiempo quirúrgico, mayor pérdida sanguínea, y muchas veces requieren extracción del clavo en el futuro, pero permiten menor tiempo de inmovilización y mayor estabilidad.

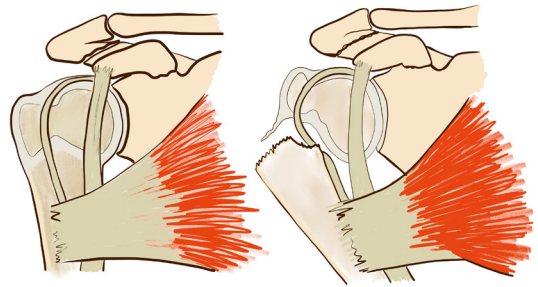


Figura 6. Interposición del tendón del bíceps a nivel del foco de fractura..

La reducción y osteosíntesis con tornillos canulados se utiliza en fracturas con un fragmento metafisario grande, que lo permita. Por último, la reducción y osteosíntesis con placas y tornillos se reserva para casos con esqueletos maduros, muy poco frecuentes.

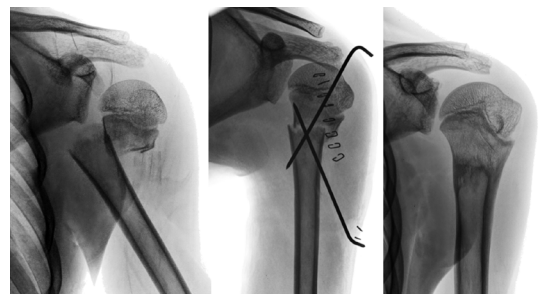


Figura 7. Fractura de húmero proximal (A), que requirió reducción abierta por interposición de tejidos, y fijación con agujas posterior (B). Control a los 6 meses postoperada.

En caso de requerir realizar una reducción abierta, esta se realiza con el paciente en decúbito dorsal, de preferencia en posición de "silla de playa". Se efectúa un abordaje deltopectoral, divulsionando por planos, y una artrotomía anterior, según la necesidad, ante la presencia de fragmentos intraarticulares. Tras la identificación y remoción de la estructura anatómica que impide la reducción, habitualmente el tendón del bíceps (Figura 6), se logra la reducción anatómica de los fragmentos articulares o metafisarios, y se fija con el método elegido. Es importante evaluar con imágenes en proyecciones ortogonales para identificar la posible protrusión intraarticular de las agujas de Kirschner y confirmar la reducción.

9.7 Complicaciones

Dentro de las complicaciones descritas, encontramos la parálisis del plexo braquial o lesión de nervios periféricos, que habitualmente se relacionan con el trauma inicial. No olvidar la estrecha relación del nervio axilar con el cuello humeral en su cara posterior.

También podemos enfrentar una lesión fisiaria, con acortamiento del húmero, siendo de hasta 3 cm sin repercusión funcional, similar a una angulación en varo residual, sin repercusión mayor. Son de frecuencia menor las lesiones arteriales y la necrosis de la cabeza humeral.

En el caso de realizar un tratamiento quirúrgico, podemos encontrar infecciones en el trayecto las agujas, migración intraarticular de las mismas, fractura en su trayecto, o pinzamiento acromial causado por una aguja anterógrada.

9.8 Situaciones especiales

La fractura del trocín es generalmente una avulsión, ya sea por sobreuso en movimientos repetitivos de lanzamiento, o por un mecanismo de fuerza de rotación externa y aducción durante una caída de espaldas, al apoyar la extremidad superior con la extremidad en extensión, lo que produce una tracción violenta y súbita del tendón subescapular. En la clínica se evidencia dolor con las maniobras en rotación externa del hombro. Las radiografías axilares, junto con el TAC, confirman tanto la lesión, como el desplazamiento del fragmento. El tratamiento conservador con cabestrillo es exitoso en las fracturas no desplazadas, siendo la reducción quirúrgica, ya sea abierta o vía artroscópica, la opción terapéutica para las que presentan mayor desplazamiento.

La luxación de hombro asociada a fractura de húmero es muy poco frecuente en la edad pediátrica. Mayormente se relaciona con un traumatismo de alta energía. Son lesiones quirúrgicas, buscando en primera instancia la reducción de la luxación, ya sea por vía cerrada o abierta, para luego tratar la fractura, según los criterios antes discutidos. Tener en cuenta que esta lesión aumenta considerablemente el riesgo de necrosis avascular de la cabeza humeral, por lo que debemos hacer un seguimiento más prolongado a estos pacientes.

El húmero proximal es una región anatómica donde podemos encontrar fracturas en hueso patológico, por quistes óseos esenciales, quistes óseos aneurismáticos, lesiones fibrosas y sarcomas. Muchas veces, los quistes óseos esenciales pueden

curar de manera espontánea luego de una fractura, no así en los quistes óseos aneurismáticos. Ante la persistencia de una lesión quística esencial luego de 3 meses desde la fractura, debe plantearse algún tratamiento, ya sea curetaje, injerto, o resección tumoral, con o sin osteosíntesis. Los riesgos o complicaciones que presentan este tipo de fractura incluyen: las refracturas, lesiones de la fisis, aumento de las lesiones líticas, y recurrencia del quiste. Frente a la sospecha de un tumor maligno, se debe proceder a derivar el paciente a un centro oncológico, sin intervenir la fractura.

9.9 Mensaje final

La fractura de húmero proximal en el paciente pediátrico es de baja frecuencia. Se debe sospechar en traumatismos directos o indirectos sobre el hombro y extremidad superior. Para su estudio se solicitan habitualmente radiografías en 2 planos. El tratamiento más frecuente es ortopédico, con reducción e inmovilización por un período corto de tiempo. Eventualmente se requiere de imágenes avanzadas y tratamiento quirúrgico con osteosíntesis.

9.10 Referencias

1. Popkin CA, Levine WN, Ahmad CS. Evaluation and management of pediatric proximal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* 2015;23(2):77-86. doi:10.5435/JAAOS-D-14-00033
2. Shore BJ, Hedequist DJ, Miller PE, Waters PM, Bae DS. Surgical management for displaced pediatric proximal humeral fractures: a cost analysis. *J Child Orthop.* 2015;9(1):55-64. doi:10.1007/s11832-015-0643-2
3. Pandya NK, Behrends D, Hosalkar HS. Open reduction of proximal humerus fractures in the adolescent population. *J Child Orthop.* 2012;6(2):111-118. doi:10.1007/s11832-012-0398-y
4. Pahlavan S, Baldwin KD, Pandya NK, Namdari S, Hosalkar H. Proximal humerus fractures in the pediatric population: a systematic review. *J Child Orthop.* 2011;5(3):187-194. doi:10.1007/s11832-011-0328-4
5. Herring J, Ho C. *Upper Extremity Injuries.* Herring J edit. *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics.* Philadelphia: Elsevier; 2014. 1253 – 1258.
6. Samara E, Tschopp B, Kwiatkowski B, Vardar E, Lutz N, Zambelli PY. A Single Retrograde Intramedullary Nail Technique for Treatment of Displaced Proximal Humeral Fractures in Children: Case Series and Review of the Literature. *JB JS Open Access.* 2021;6(1):e20.00119. Published 2021 Jan 25. doi:10.2106/JBJS.OA.20.00119
7. Rockwood & Wilkins' *Fracturas en el Niño.* 5ª edición. Marbrán. Capítulo 17 p 740-751.



CAPITULO 10 - Fractura de Diáfisis Humeral

Marco Morillo
Rodrigo Rivera

10. Fracturas de Diáfisis Humeral

Las fracturas diafisarias en pacientes pediátricos son una lesión de baja frecuencia, representando el 1 a 2% del total de las fracturas en este grupo etario. Estas lesiones por lo general tienen buen pronóstico, con buenos resultados funcionales a largo plazo y en su gran mayoría tienen tratamiento ortopédico. Sin embargo, en los últimos años el manejo quirúrgico ha ido en aumento, sobre todo en los pacientes adolescentes, en donde la reducción y osteosíntesis han permitido resultados funcionales excelentes, con un pronto reintegro a las actividades de la vida diaria y deportivas.

10.1 Epidemiología

Las fracturas de la diáfisis del húmero en este rango de edad son lesiones poco frecuentes, correspondiendo entre el 1-2% del total de fracturas. Tienen una incidencia anual de entre el 1.2-4.4 x 10.000, lo que corresponde a menos del 5% de las fracturas en la niñez. Esta lesión tiene una presentación bimodal, con mayor frecuencia en pacientes menores de 3 años y luego en mayores de 12 años. A mayor edad se relaciona en forma prevalente con accidentes durante la práctica deportiva.

10.2 Mecanismo de lesión

Esta fractura se puede observar desde la etapa de recién nacido, existiendo causas asociadas a las diferentes edades del menor. En los neonatos, dado la adopción de diferentes posturas durante el parto, se puede producir una fractura por hiperextensión o rotación del brazo durante el paso a través del canal del parto, teniendo asociación con recién nacidos macrosómicos o en partos en posición podálica. En nuestra experiencia los casos evaluados tienen relación con partos en posición podálica con retención de hombros, donde se produce la fractura de húmero al extraer la extremidad atrapada. En niños mayores el mecanismo más frecuente es el traumatismo, pudiendo ser por impacto indirecto, como la caída con la extremidad superior extendida, o directo, como en accidentes de tránsito o durante actividades de juego o deportivas. Un mecanismo que se debe tener en consideración, son las lesiones no accidentales, lo que supone un accionar determinado por parte del profesional médico para buscar de forma activa esta causa. A mayor edad del paciente, los accidentes deportivos juegan un rol más frecuente. Finalmente, la fractura puede estar asociada a alteraciones óseas estructurales, como lesiones pseudotumorales, por ejemplo un quiste óseo esencial (Figura 1), tumores óseos malignos o benignos, osteogénesis imperfecta y otras alteraciones metabólicas.

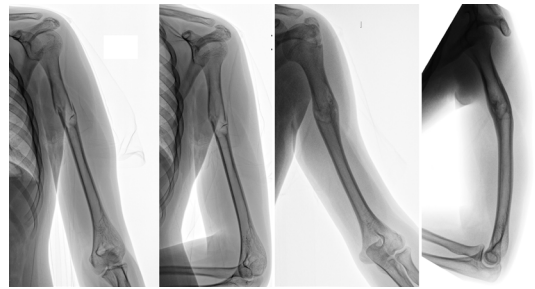


Figura 1. Fractura de diáfisis de húmero en hueso patológico. Niño de 15 años con fractura de húmero izquierdo sobre quiste óseo esencial.

Es importante recordar las características del esqueleto inmaduro, donde destaca que es un sistema en crecimiento, en donde la fisis juega un rol fundamental. Es así como la fisis del húmero proximal, la más activa de este segmento, aporta casi el 80% del crecimiento longitudinal de este hueso, por lo que fracturas cercanas a este cartilago de crecimiento tienen un gran potencial de remodelación.

Por otra parte, destaca la presencia de un periostio grueso, lo que entrega mayor estabilidad, por lo que se pueden producir fracturas propias de la infancia, con rasgos incompletos.

Se debe recordar que el nervio radial tiene proximidad a la diáfisis humeral, ya que transcurre por el canal de torsión de la misma, por lo que no es infrecuente un daño de esta estructura neurológica, tanto por el trauma inicial, como por los procedimientos de reducción y de la misma cirugía.

Finalmente es importante señalar que el brazo tiene una gran movilidad, especialmente dada por la articulación del hombro, por lo que deformidades menores y acortamientos residuales se compensan fácilmente, con un bajo impacto funcional.

10.3 Diagnóstico

La historia clínica tiene un rol fundamental, junto al examen físico y los exámenes de imágenes, en donde la radiografía simple por lo general es suficiente.

En recién nacidos los signos de una fractura de húmero pueden ser de difícil detección. El niño puede estar irritable, o evitando mover el brazo afectado, lo que se denomina “pseudoparálisis”. Es necesario conocer si existe historia de un parto distócico, macrosomía fetal o de dificultad de extracción del recién nacido. En estos casos es muy útil el estudio de imágenes comparativo con la extremidad sana.

Los niños mayores pueden relatar una historia acorde a una lesión en su extremidad superior, pudiendo presentar los signos clásicos de una fractura, como dolor localizado, crepitación ósea, impotencia funcional e incluso equimosis y deformidad evidente en este segmento corporal. El médico debe realizar un examen físico cuidadoso, desde la clavícula hacia distal, comparando la extremidad afectada con la contralateral, evitando pasar por alto lesiones concomitantes. Es importante no causar mayor dolor al paciente, explicando tanto al niño como a los padres el procedimiento de evaluación.



Figura 2. Fractura de diáfisis de húmero derecho, en un niño de 13 años, evaluada en proyecciones radiológicas anteroposterior y lateral.

Para la confirmación diagnóstica es necesario realizar un estudio de imágenes. En la mayoría de los casos es suficiente una radiografía con proyecciones en 2 planos distintos (Figura 2). En el caso de imágenes radiológicas no concluyentes, la ecografía realizada por un radiólogo con experiencia puede ser de utilidad para demostrar una solución de continuidad en la cortical del húmero o un hematoma subperióstico. La tomografía computada (TAC) tiene utilidad en la caracterización de fracturas en hueso patológico, conminutas, o de extensión articular. Finalmente, el estudio con resonancia magnética (RM), se reserva para los casos con patología tumoral o infecciosa. Hay que tener en consideración que este estudio puede requerir el uso de anestesia general, especialmente en pacientes menores.

10.4 Clasificación

Las fracturas diafisarias de húmero en niños se clasifican descriptivamente según su localización anatómica: tercio medio, tercio proximal o tercio distal. Desde el año 2018 existe la clasificación AO de las fracturas pediátricas, la cual no es muy utilizada en el ámbito clínico habitual, sino más bien descriptiva para estudios clínicos.

También se puede describir por el tipo de rasgo que presenta en las imágenes radiográficas: transversa, oblicua corta, espiroidea o conminuta (Figura 3). Cabe señalar que las fracturas espiroideas se han identificado en relación con accidentes de niños pequeños con electrodomésticos, específicamente centrífugas de carga vertical.

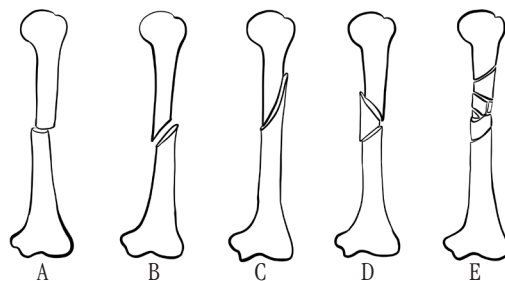


Figura 3. Clasificación de las fracturas de diáfisis de húmero en base a la descripción del rasgo de fractura: A, transversa simple; B, oblicua corta; C, oblicua larga o espiroidea; D, en ala de mariposa; E, conminuta.

Otra forma de describir estas fracturas es en la categoría de expuestas o cerradas, o está presente en un hueso patológico. Es relevante mencionar que si existe una fractura de antebrazo ipsilateral se denomina “codo flotante”, lo cual tendrá implicancias para el tratamiento (Figura 4).

10.5 Opciones de tratamiento

El tratamiento de estas fracturas es principalmente ortopédico, no quirúrgico. Es fundamental comprender que cuanto más proximal esté ubicado el rasgo de fractura en la diáfisis, más cercano a la fisis proximal, mayor es el potencial de remodelación. Es así como fracturas desplazadas y acortadas hasta 2 centímetros en este segmento pueden tratarse en forma conservadora (Figura 5). Existen múltiples opciones descritas de inmovilización, las que se emplean dependiendo de factores como: la edad del paciente, su nivel de actividad y las condiciones asociadas. En los recién nacidos es suficiente la inmovilización de la extremidad superior afectada, utilizando la ropa habitual. En niños mayores es de gran utilidad el inmovilizadores de hombro de talla según edad, los que permiten su ajuste adecuado, y facilitan el aseo del paciente. En pacientes muy activos o inquietos, que presentan una fractura inestable, es preferible asegurar la inmovilización con métodos más rígidos, como el yeso, ya sea mediante un brace funcional, o de un yeso braquiomano colgante. Configuraciones como el yeso toraco-braquial o el yeso tipo Velpeau no son utilizados habitualmente en la actualidad.

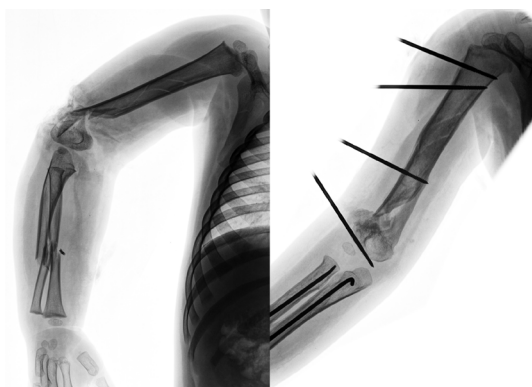


Figura 4. Radiografías de la extremidad superior de un niño de 4 años, con una lesión denominada "codo flotante": fractura de diáfisis humeral y de antebrazo ipsilateral, derecho. Tratado con enclavado endomedular elástico a antebrazo y fijador externo a húmero

El tratamiento quirúrgico de estas lesiones ha tenido un aumento en su indicación, especialmente en pacientes adolescentes. Tiene indicación en fracturas expuestas, paciente politraumatizado, fracturas bilaterales, codo flotante, fractura en hueso patológico, lesión vascular y lesión neurológica que requiera reparación.

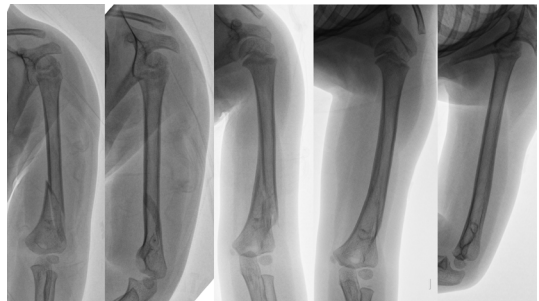


Figura 5. Fractura de húmero izquierdo en una niña de 4 años, en que se realiza tratamiento conservador. Se ve la evolución a los 3 meses y un año.

Dentro de las alternativas de osteosíntesis para llevar a cabo el tratamiento quirúrgico tenemos el uso de agujas Kirschner percutáneas, agujas Kirschner endomedulares y los clavos elásticos. Los clavos rígidos requieren que la fisis esté cerrada para evitar complicaciones en la zona de crecimiento, por lo que se reservan para casos especiales, principalmente al término del crecimiento. Las placas con tornillos tienen indicación cuando se requiere abordar el segmento en forma abierta, por ejemplo, ante la presencia de un cuadro subyacente en hueso patológico, siendo su principal desventaja el amplio abordaje y la pérdida del hematoma de fractura (Figura 6). Otras posibilidad quirúrgica es el uso de fijación externa, especialmente en caso de fracturas expuestas, conminutas o con pérdida segmentaria.



Figura 6. Fractura de húmero derecho de un niño de 15 años, en quien se realizó reducción abierta y estabilización con placa de osteosíntesis.

De todos estos métodos de osteosíntesis mencionados, el enclavado endomedular elástico estable, ya sea con clavos de titanio o acero, es el más usado en la actualidad para el manejo quirúrgico de las fracturas diafisarias de húmero. Esta técnica tiene una baja tasa de complicaciones, es fácil su aprendizaje, pero requiere el retiro de los elementos de osteosíntesis en una segunda cirugía, lo cual se debe explicar a los padres y el paciente. Se puede llevar a cabo mediante configuración anterógrada, para manejo de fracturas de tercio distal, o retrógrada, para estabilización de fracturas de tercio medio y proximal (Figura 7). Es fundamental respetar los conceptos técnicos del método: entrada de los clavos a la misma altura, diámetro adecuado (habitualmente 30% del canal medular cada uno), moldeado a nivel de foco de fractura y bordes cortados adecuadamente, bajo la piel.

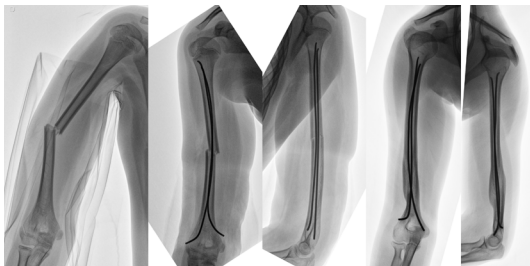


Figura 7. Fractura de diáfisis de húmero derecho, en un niño de 12 años, estabilizada mediante técnica de enclavado endomedular elástico. Se observa el proceso de consolidación a los 4 meses.

Con respecto a la rehabilitación en los pacientes pediátricos con fractura de diáfisis de húmero operada, es recomendable el tratamiento kinésico para el retorno precoz a las actividades manuales, a través de ejercicios de rango de movimiento de hombro y codo, potencia de puño y pronosupinación. También el apoyo con terapeuta ocupacional para el manejo de las cicatrices puede ser de gran ayuda para evitar secuelas estéticas mayores.

10.6 Complicaciones

Se describen múltiples complicaciones en estas fracturas, pero de baja frecuencia en los pacientes pediátricos.

Entre las más frecuentes de encontrar tenemos la parálisis del nervio radial. Esta se asocia con una fractura del tercio distal del húmero que resulta con el atrapamiento del nervio radial, denominada fractura de Holstein-Lewis. Es de buen pronóstico, ya que la gran mayoría de las veces corresponde a una neuropraxia del nervio radial, por contusión primaria, en el momento de la fractura, o secundaria, durante el procedimiento de reducción. Ante la presencia de una lesión primaria se recomienda la observación por un período de 3 meses. Si no se aprecia recuperación gradual se recomienda mayor estudio. Ante la presencia de una lesión secundaria dependerá de lo realizado por el cirujano durante el procedimiento quirúrgico la necesidad de una exploración.

Estas fracturas pueden consolidar con una alteración de eje o acortamiento (Figura 8). Esto es habitualmente bien tolerado en los niños pequeños, por el alto grado de movilidad de la extremidad.

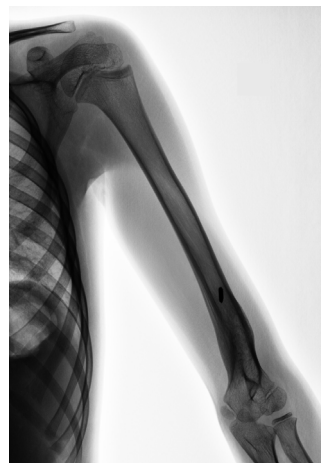


Figura 8. Fractura diafisaria de húmero, en un niño de 10 años, consolidada en varo, en proceso de remodelación.

Otras complicaciones menos frecuentes son la no unión, que se asocia con fracturas expuestas que requirieron manejo quirúrgico, el síndrome compartimental, algunas lesiones vasculares asociadas, y la infección, en relación con manejos invasivos. Finalmente se reportan casos de síndrome de dolor regional complejo, complicación que se presenta por lo general en pacientes sobre los 10 años de edad, sin causa clara, y que requiere un tratamiento específico con el equipo de rehabilitación.

10.7 Mensaje final

Las fracturas diafisarias de húmero en los niños y adolescentes son lesiones de baja frecuencia, sin embargo, es importante reconocerlas a la brevedad para iniciar el tratamiento adecuado. La mayoría de los casos requieren manejo ortopédico, existiendo una variedad de posibilidades de inmovilización, lo cual se debe evaluar según la edad del paciente, grado de actividad física, preferencia de los padres, así también se debe considerar las posibilidades de control y seguimiento. Es importante reconocer los diagnósticos diferenciales en los niños pequeños, en donde las lesiones no accidentales son de suma relevancia. En estos casos se debe contar con un protocolo específico y conocido por los profesionales para realizar la activación de la red de protección social lo antes posible.

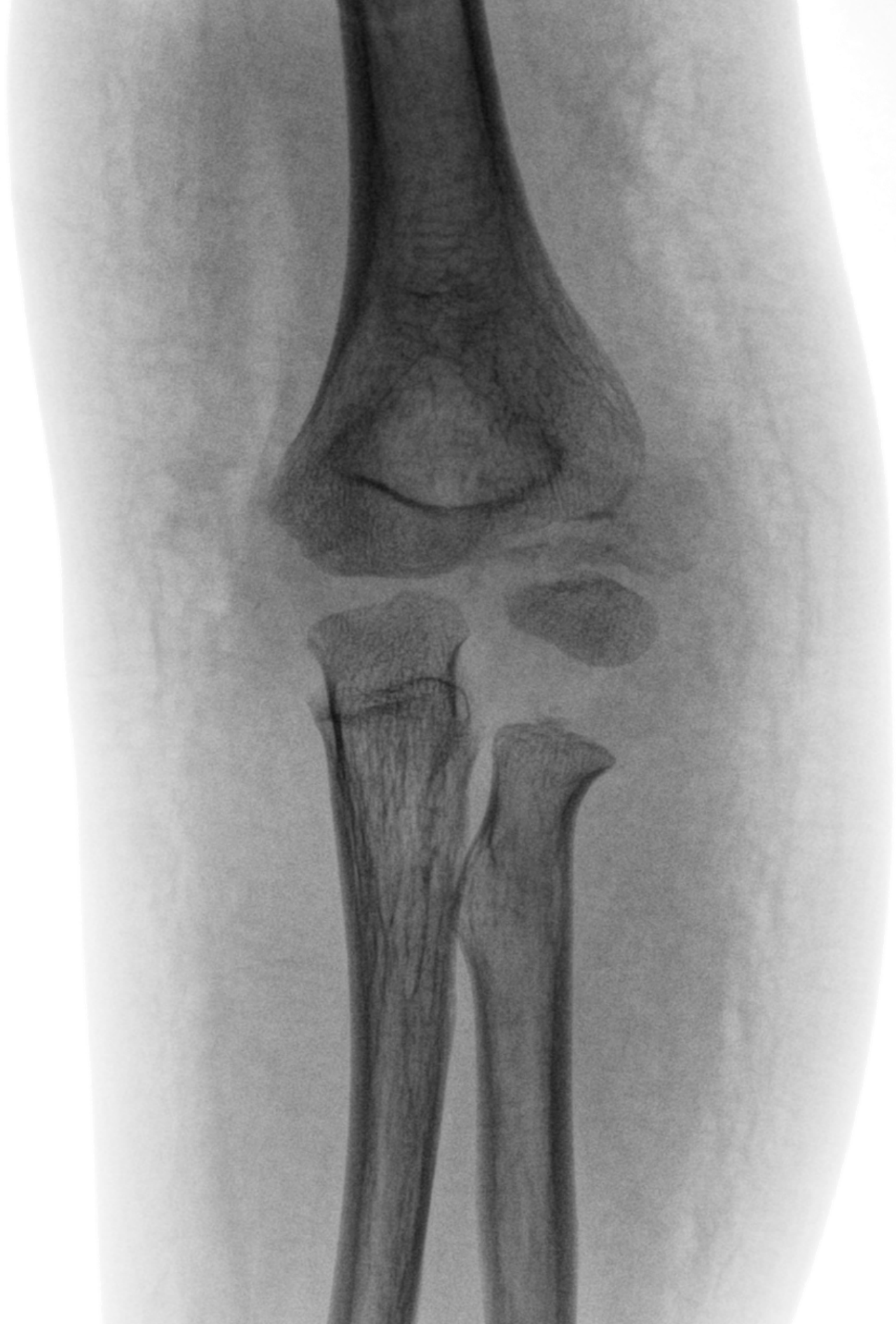
10.8 Recomendaciones de los autores

Es fundamental recalcar que el manejo de estas lesiones es preferentemente ortopédico, con inmovilizaciones funcionales. Esto porque el tratamiento quirúrgico va en aumento constante, ganado cada vez más adeptos, especialmente por la gran cantidad de información y acceso libre a ella que tienen los padres, quienes exigen una resolución rápida del caso. Se busca a través de esto evitar el uso de inmovilizaciones rígidas con sus limitaciones funcionales y molestias asociadas, por lo que es comprensible que el método quirúrgico sea el preferido por muchos especialistas y también por los padres. Sin embargo, es importante tener en cuenta que todo procedimiento quirúrgico tiene riesgos asociados, costos económicos y habitualmente la necesidad de una segunda intervención para el retiro de la osteosíntesis, situaciones que deben estar en consideración al momento de la decisión de tratamiento.

De las opciones de osteosíntesis disponibles, la recomendación de los autores es el uso de los clavos elásticos de titanio, al ser una técnica es de sencilla ejecución, con una tasa baja de complicaciones, y de costo menor en comparación con otros sistemas de osteosíntesis que existen en la actualidad. Se recomienda el retiro de estos clavos cuando se logre la consolidación de la fractura, idealmente antes del año de operado, pero no antes de los 6 meses, por el riesgo de fractura. Por otra parte, consideramos que en los pacientes adolescentes con fisis cerrada, los clavos sólidos bloqueados son la mejor alternativa, en los centros con experiencia en su uso.

10. Referencias

1. Kraus R, Wessel L. The treatment of upper limb fractures in children and adolescents. *Dtsch Arztebl Int.* 2010;107(51-52):903-910. doi:10.3238/arztebl.2010.0903
2. Ömeroglu H. Basic principles of fracture treatment in children. *Ekleml Hastalik Cerrahisi.* 2018;29(1):52-57. doi:10.5606/ehc.2018.58165.
3. Hubbard EW, Riccio AI. Pediatric Orthopedic Trauma: An Evidence-Based Approach. *Orthop Clin North Am.* 2018;49(2):195-210. doi:10.1016/j.ocl.2017.11.008
4. Zhao CF, Gao QY, Zhang TJ, et al. *Zhongguo Gu Shang.* 2017;30(7):622-626. doi:10.3969/j.issn.1003-0034.2017.07.008
6. Canavese F, Marengo L, Cravino M, et al. Outcome of Conservative Versus Surgical Treatment of Humeral Shaft Fracture in Children and Adolescents: Comparison Between Nonoperative Treatment (Desault's Bandage), External Fixation and Elastic Stable Intramedullary Nailing. *J Pediatr Orthop.* 2017;37(3):e156-e163. doi:10.1097/BPO.0000000000000843
7. Marengo L, Rousset M, Paonessa M, et al. Displaced humeral shaft fractures in children and adolescents: results and adverse effects in patients treated by elastic stable intramedullary nailing. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2016;26(5):453-459. doi:10.1007/s00590-016-1758-y
8. Pogorelic Z, Kadic S, Milunovic KP, Pintaric I, Jukic M, Furlan D. Flexible intramedullary nailing for treatment of proximal humeral and humeral shaft fractures in children: A retrospective series of 118 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103(5):765-770. doi:10.1016/j.otsr.2017.02.007
9. Altintas B, Anderson NL, Boykin R, Millett PJ. Operative treatment of torsional humeral shaft fractures in throwers leads to an earlier return to sport: a survey of expert shoulder and elbow surgeons. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(12):4049-4054. doi:10.1007/s00167-019-05733-7
10. Sahu RL. Percutaneous Kirschner wire (K-wire) fixation for humerus shaft fractures in children: A treatment concept. *Niger Med J.* 2013;54(5):356-360. doi:10.4103/0300-1652.122375
11. Landry BW, Fischer PR, Driscoll SW, et al. Managing Chronic Pain in Children and Adolescents: A Clinical Review. *PM R.* 2015;7(11 Suppl):S295-S315. doi:10.1016/j.pmrj.2015.09.006
12. Weissmann R, Uziel Y. Pediatric complex regional pain syndrome: a review. *Pediatr Rheumatol Online J.* 2016;14(1):29. Published 2016 Apr 29. doi:10.1186/s12969-016-0090-8
13. Abu-Arafah H, Abu-Arafah I. Complex regional pain syndrome in children: a systematic review of clinical features and movement disorders. *Pain Manag.* 2017;7(2):133-140. doi:10.2217/pmt-2016-0036



CAPITULO 11 - Fracturas de Cóndilo Humeral

Gino Martínez
Mauricio Silva

11. Fracturas de cóndilo humeral

De todas las fracturas del codo en los pacientes pediátricos, la fractura del cóndilo lateral es la segunda más común, luego de las fracturas supracondíleas, y representa entre un 12-20% de todas las fracturas de la extremidad superior¹. Por lo general, estas fracturas ocurren en menores entre los 4-10 años¹. Existen dos mecanismos que pueden explicar esta fractura: una caída con la mano extendida, el antebrazo supinado y el codo en extensión (mecanismo de tracción), o una caída en la cual el codo sufre una lesión en valgo (mecanismo de impacto)¹⁻³.

11.1 Clasificación

Múltiples sistemas de clasificación han sido utilizados para describir las fracturas del cóndilo lateral del húmero en los pacientes pediátricos, incluyendo las clasificaciones de Milch¹, Jakob³, Song⁴, y Weiss⁵.

La clasificación de Milch¹ describe la localización anatómica de la fractura; en el tipo I, la línea de fractura es lateral a la tróclea y, por lo general, divide el capitulum; en el tipo II (más común que el tipo I), la línea de fractura se extiende medialmente y envuelve la tróclea, haciendo que el codo sea inestable (Figura 1A).

Jakob³ clasifica las fracturas en relación su desplazamiento, con tres tipos específicos: sin desplazamiento o tipo I, con desplazamiento mínimo o tipo II, y completamente desplazadas o tipo III.

Song⁴ sugiere un algoritmo terapéutico para el manejo de la fractura del cóndilo lateral basado en las características radiológicas de la fractura, con un énfasis especial en la radiografía oblicua interna. Las fracturas en Estado 1, aquellas con un desplazamiento <2 mm y una línea de fractura metafisaria pequeña, son generalmente estables. Las fracturas en Estado 2, aquellas con un desplazamiento <2mm y una brecha únicamente lateral, pueden tener una estabilidad comprometida. Las fracturas en Estado 3, aquellas con un desplazamiento <2mm, pero con brechas medial y lateral, son inestables. Las fracturas en Estado 4 tienen un desplazamiento >2mm, no tienen componente rotacional, y son inestables. Las fracturas en Estado 5 tienen un desplazamiento >2mm, tienen un componente rotacional, y son inestables. En general, recomienda tratamiento quirúrgico para las fracturas inestables (Estados 3, 4 y 5). Estudios recientes han validado esta clasificación, demostrando tener una alta fiabilidad intra e inter-observador⁶.

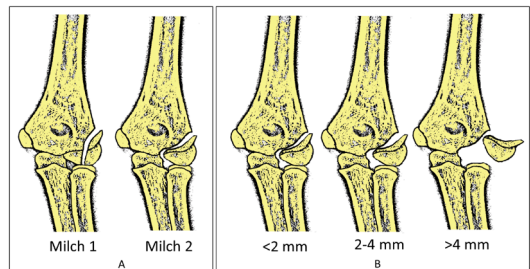


Figura 1.A. La clasificación de Milch describe la localización anatómica de la fractura; en el tipo I, la línea de fractura es lateral a la tróclea; en el tipo II la línea de fractura se extiende medialmente y envuelve la tróclea, haciendo que el codo sea inestable. B. Weiss et al. describe un sistema de clasificación basado en el desplazamiento y la congruencia del cartílago articular: Las fracturas tipo I tienen un desplazamiento <2 mm sin alteración de la congruencia articular; las fracturas de tipo II tienen un desplazamiento > 2 mm con una superficie articular congruente; las fracturas de tipo III tienen un desplazamiento > 2 mm con una superficie articular incongruente. (Orthopedic Institute for Children Image Bank)

Weiss⁵ describe un sistema de clasificación basado en el desplazamiento y la congruencia del cartílago articular (demostrada con una artrografía) (Figura 1B). Las fracturas tipo I tienen un desplazamiento <2 mm sin alteración de la congruencia articular. Las fracturas de tipo II tienen un desplazamiento >2 mm con una superficie articular congruente. Las fracturas de tipo III tienen un desplazamiento >2 mm con una superficie articular incongruente. Los autores recomiendan el tratamiento quirúrgico para fracturas en Estados II y III, prediciendo menores complicaciones para fracturas en Estado II. En general, pacientes con un desplazamiento de fractura entre 2-4 mm se benefician de una artrografía para determinar la congruencia de la superficie articular y decidir entre un tratamiento quirúrgico cerrado (no o mínima incongruencia) o abierto (incongruencia articular). Fracturas con un desplazamiento >4 mm por lo general están asociadas con incongruencia articular y requieren un tratamiento que incluye una reducción abierta. El sistema de clasificación de Weiss ha sido validado en el largo plazo como un sistema que puede predecir el resultado del tratamiento⁷.

11.2 Diagnóstico

Un paciente con una fractura del cóndilo lateral del húmero presenta, por lo general, inflamación alrededor del codo afectado. Una equimosis en el aspecto lateral del codo sugiere una fractura inestable asociada con una ruptura de la aponeurosis del músculo braquiorradial. La palpación sobre el aspecto lateral del codo afectado es dolorosa, y es posible evidenciar una limitación del arco de flexo-extensión del codo debido al dolor. Es importante examinar la extremidad completa, incluyendo la palpación del hombro y la muñeca, para poder identificar la presencia de otras fracturas asociadas. De la misma manera, es importante realizar un examen neurológico y vascular completo de la extremidad afectada, incluyendo la evaluación de las funciones motoras y sensitivas de la mano, los pulsos periféricos, y el llenado capilar.

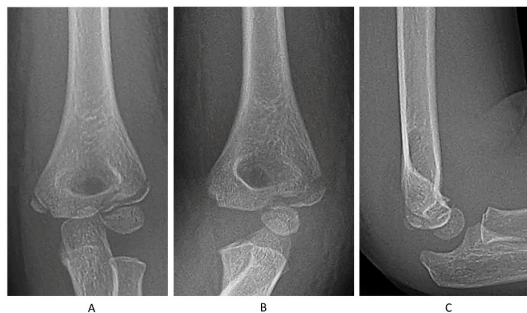


Figura 2. El diagnóstico de las fracturas del cóndilo lateral del húmero se realiza utilizando radiografías simples, incluyendo proyecciones antero-posterior (A), oblicua interna (B) y lateral (C). La proyección oblicua interna (B) provee una evaluación más precisa del tamaño de la brecha y el patrón de fractura. (Orthopedic Institute for Children Image Bank)

En general, el diagnóstico de las fracturas del cóndilo lateral del húmero se realiza utilizando radiografías simples. Se debe obtener tres proyecciones del codo, incluyendo una proyección antero-posterior, una lateral, y una oblicua interna (Figura 2). La proyección oblicua interna (Figura 2B) provee una evaluación más precisa del tamaño de la brecha y el patrón de fractura^{8,9}.

El tamaño de la brecha de fractura (o desplazamiento) juega un papel determinante en la decisión del tratamiento a seguir. Este desplazamiento está determinado por la mayor distancia (en milímetros) medida entre el húmero y el fragmento de la fractura en cualquiera de las tres proyecciones radiográficas¹⁰.

Un factor adicional en la decisión del tratamiento a seguir incluye el determinar si la fractura del cóndilo lateral está asociada con una luxación del codo. Esta combinación de lesiones es rara (Figura 3), pero requiere una identificación temprana para proceder a reducir la luxación inmediatamente, y facilitar el tratamiento quirúrgico^{11,12}.



Figura 3. Paciente con una luxación medial del codo asociada a una fractura desplazada del cóndilo lateral. Es indispensable realizar una reducción inmediata de la luxación del codo. Una vez reducida la luxación, la reducción de la fractura y su fijación se pueden realizar en forma programada. (Orthopedic Institute for Children Image Bank)

En pacientes pequeños, el húmero distal es cartilaginoso y, por lo tanto, no puede ser visualizado utilizando radiografías simples. La artrografía puede ser utilizada en estos casos para ayudar a delinear el compromiso articular secundario a la fractura, y para determinar la calidad de la reducción de la superficie articular, en casos en que una reducción cerrada es elegida como tratamiento. Una artrografía se obtiene al inyectar un material de contraste dentro de la articulación del codo. Esta inyección se puede realizar utilizando una aguja de un calibre relativamente grande (18 G) conectada a una jeringa a través de una extensión. Se puede utilizar el portal antero-lateral del codo o el portal posterior. El material de contraste se debe diluir al 50% con solución salina. Es importante asegurarse (con una imagen radiológica) que la aguja está en una posición intra-articular, antes de inyectar una cantidad mayor de la solución, para evitar una extravasación del material de contraste. La extravasación del material de contraste dificulta la evaluación precisa de la superficie articular del húmero. Una vez hay certeza de la posición intraarticular de la aguja, se procede a inyectar una cantidad suficiente de la solución (2-3 cc). Luego de la inyección, el codo se somete a un arco de flexo-extensión completo, lo que permite que el material de contraste se disperse uniformemente dentro del codo. El material de contraste dentro de la articulación produce un delineamiento del húmero distal; ante la presencia de una fractura desplazada, la presencia de este material permite determinar la presencia de brechas y/o escalones articulares.

En algunos casos, el uso de imágenes avanzadas puede ser útil para determinar el grado de desplazamiento de la fractura del cóndilo lateral.

En algunos casos, el uso de imágenes avanzadas puede ser útil para determinar el grado de desplazamiento de la fractura del cóndilo lateral

La tomografía computarizada (TAC) permite una determinación más precisa del tamaño de la brecha de fractura, comparado con las radiografías simples. Sin embargo, es importante considerar que produce niveles de radiación mucho mayores que la radiografía simple y que puede requerir que el paciente sea sometido a sedación profunda. Por estas razones, se utiliza raramente ¹³.

La ventaja potencial de las imágenes de resonancia magnética es el permitir una evaluación precisa de la integridad del cartilago articular, especialmente en fracturas del cóndilo lateral con mínimo desplazamiento. Su uso no es rutinario debido a la necesidad de sedación profunda y los costos secundarios asociados¹⁴.

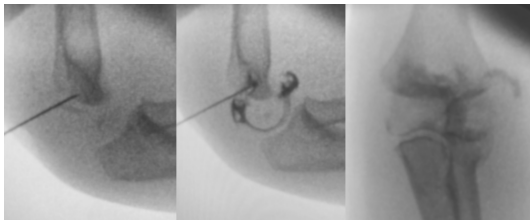


Figura 4. Artrografía de codo via posterior. Se inyecta medio de contraste en fosa olecraneana, intra-articular. En proyección en plano anteroposterior se aprecia indemnidad de superficie articular.

11.3 Tratamiento conservador

En general, las fracturas del cóndilo lateral con desplazamiento mínimo (<2mm) se pueden tratar sin cirugía, con un resultado clínico satisfactorio^{3-5, 14, 15}. El tratamiento ortopédico consiste en inmovilizar el codo con yeso braquiopalmar, idealmente con la muñeca en extensión y supinación para relajar las inserciones musculares del cóndilo lateral. Es importante evaluar la fractura con nuevas radiografías obtenidas entre 7-10 días después de la aplicación del yeso, para asegurarse de que no hay un desplazamiento secundario de la fractura, lo que se ha reportado hasta en un 15% de las fracturas del cóndilo lateral del húmero tratadas en forma ortopédica¹⁶. En general, el yeso se mantiene por un total de 4-6 semanas, luego de lo cual es retirado y se permite la movilización progresiva del codo, evitando actividades deportivas y de contacto por un período adicional de 4 semanas.

11.4 Tratamiento quirúrgico

El tratamiento quirúrgico está indicado en fracturas con un desplazamiento mayor a los 2 mm, con incongruencia articular^{4, 5, 10, 14}. Las alternativas para reducir anatómicamente y fijar la fractura incluyen la reducción cerrada con fijación percutánea, y la reducción abierta con fijación interna. En general, la reducción cerrada con fijación percutánea, realizada bajo anestesia general, está indicada en fracturas con un desplazamiento entre 2-4 mm. La reducción abierta con fijación interna está indicada para fracturas con un desplazamiento mayor a los 4 mm, o en aquellas con un desplazamiento inicial entre 2-4 mm en las cuales la reducción cerrada no produjo una reducción anatómica de la superficie articular (Figura 5).

No existe un consenso general en cuanto al tipo de fijación para este tipo de fracturas. La fijación tradicional incluye el uso los clavos de Kirschner introducidos en forma percutánea, aun cuando algunos autores recomendad el uso de tornillos compresivos. Estudios recientes sugieren que no hay mayores diferencias clínicas entre los dos tipos de fijación (aun cuando los tornillos pueden proveer mayor compresión sobre la fractura); sin embargo, el uso de tornillos requiere de una segunda intervención quirúrgica para removerlos ¹⁷⁻¹⁹.

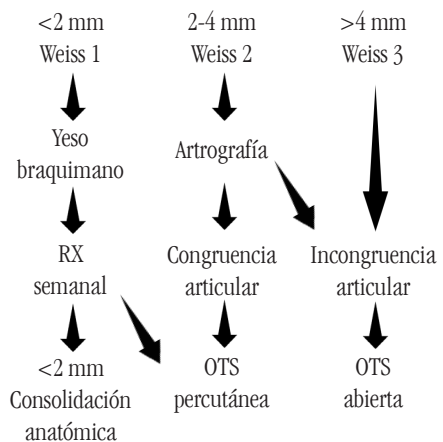


Figura 5. Algoritmo de tratamiento basado en la clasificación de Weiss.

La reducción cerrada y fijación percutánea está indicada para fracturas con un desplazamiento entre los 2-4 mm. Consiste en reducir la fractura por un mecanismo de flexión del codo, pronación de antebrazo, y compresión directa sobre el cóndilo lateral, seguido por la fijación percutánea utilizando agujas de Kirschner (agujas de Kirschner de 1.6 mm de diámetro). En algunos casos, las agujas se pueden utilizar para guiar la reducción. En estos casos, se insertan únicamente en el fragmento de fractura y se utilizan como palanca para manipular el fragmento y facilitar la reducción. Idealmente, se deben utilizar 2-3 agujas divergentes (idealmente con una divergencia mayor a los 60°), con su punto de entrada en la porción lateral y distal del fragmento de fractura, obteniendo una fijación bi-cortical²⁰. El objetivo es obtener una fijación estable de la fractura con un desplazamiento residual menor a los 2 mm. La calidad de la reducción de la fractura se puede evaluar utilizando imágenes fluoroscópicas; sin embargo, la evaluación precisa de la integridad de la superficie articular es indispensable, y requiere del uso de artrografía. Por lo general, es recomendable realizar la artrografía después de que la fractura ha sido fijada percutáneamente. El medio de contraste dentro de la articulación permite confirmar que la superficie articular es congruente, sin la presencia de brechas o peldaños articulares residuales (Figura 6). Estudios recientes han cuestionado la utilidad de la artrografía en el manejo de fracturas del cóndilo lateral que se han sometido a una reducción cerrada y fijación percutánea, indicando que el resultado de la artrografía no altera el manejo quirúrgico en las fracturas manejadas con este protocolo^{21, 22}.

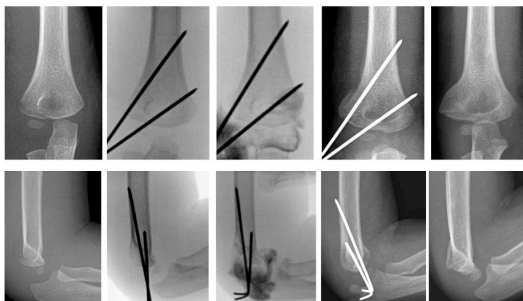


Figura 6. Radiografías de un paciente con una fractura del cóndilo lateral con un desplazamiento de aproximadamente 3mm. El paciente es sometido a una reducción cerrada con fijación percutánea utilizando agujas de Kirschner. Una vez completada la fijación, se realiza una artrografía para determinar que la superficie articular es congruente, sin la presencia de brechas o peldaños articulares residuales. (Orthopedic Institute for Children Image Bank)

La reducción abierta y fijación interna se utiliza en fracturas con desplazamiento mayor a los 4 mm. Con el paciente en posición supina en una mesa quirúrgica regular, el codo afectado se puede posicionar sobre el brazo en C del aparato de fluoroscopia (Figura 7A), o sobre una extensión lateral (Figura 7B).

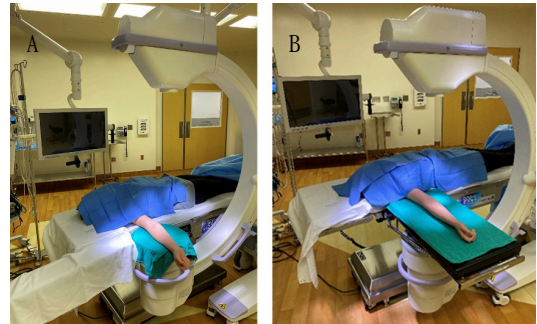


Figura 7. Con el paciente en posición supina en una mesa quirúrgica regular, el codo afectado se puede posicionar sobre el brazo en C del aparato de fluoroscopia (A), o sobre una extensión lateral (B), dependiendo de la preferencia del cirujano. (Orthopedic Institute for Children Image Bank)

Se debe aplicar un torniquete en el brazo afectado, asegurándose de utilizar un tamaño adecuado, que permita dejar libre la porción más distal del brazo. Se efectúa un abordaje lateral del codo con una incisión de entre 4-5 cm, centrada sobre el cóndilo lateral, extendiéndose hacia la cúpula radial. Una vez que la piel, el tejido subcutáneo, y la fascia superficial han sido disecados, es común encontrar que el intervalo de la disección profunda ha sido creado por un defecto en la musculatura que conecta directamente con la fractura.



Figura 8. Reducción abierta y osteosíntesis con clavos divergentes en fractura Weiss III con fragmento rotado.

La inserción de la musculatura en el fragmento de fractura se debe elevar únicamente en su porción anterior, evitando cualquier disección en el aspecto posterior del fragmento, para evitar un daño en su vascularización. La cápsula anterior del codo se disecciona hasta exponer la superficie articular del fragmento de fractura. El periostio del fragmento proximal se puede elevar cuidadosamente de lateral a medial, para facilitar la visualización de la fractura y su reducción. Una vez que la fractura está completamente expuesta, y que el hematoma de fractura se ha drenado completamente, se procede a reducir la fractura utili-

zando una tenaza de reducción. Para asegurar una reducción anatómica, es importante poder observar la superficie articular medial al fragmento de fractura. Una reducción anatómica requiere que la superficie articular este completamente restaurada y congruente. Una vez la reducción es anatómica, y mientras se mantiene utilizando la tenaza de reducción, se procede a fijar la fractura con 2-3 clavos de Kirschner, como se describió previamente (Figura 8). Es importante que los clavos se introduzcan en forma percutánea, y no a través de la incisión abierta, para permitir el cierre completo de la incisión.

11.5 Manejo post-operatorio

El manejo post-operatorio es similar tanto para pacientes que han recibido una reducción cerrada, como para aquellos que han recibido una reducción abierta con fijación interna. Una férula posterior o un yeso braquiopalmar se utiliza inicialmente.

El paciente se debe evaluar 8-10 días luego de la cirugía con radiografías, para asegurarse de que la reducción es anatómica y la fijación estable. En caso de haberse utilizado inicialmente una férula posterior, esta se reemplaza con un yeso braquiopalmar durante esta visita. Las agujas de Kirschner se mantienen hasta completar 4 semanas post-operatorias. Es recomendable dejarlos fuera de la piel para ser retirados fácilmente en la consulta, sin necesidad de una nueva intervención^{23, 24}. Al respecto, se ha demostrado dejar las agujas bajo la piel no sólo requiere de una nueva intervención para removerlas, sino que también está asociado a una mayor incidencia de complicaciones locales e infección por protrusión a través de la piel^{23, 25}.

La administración oral de medicación analgésica previa al retiro de las agujas percutáneas no resulta en una disminución significativa del dolor que, en general, es mínimo^{26, 27}. Un nuevo yeso braquiopalmar se utiliza por un periodo adicional de 2 semanas hasta completar un total de 6 semanas post-operatorias, luego de lo cual es retirado y se permite la movilización progresiva del codo, evitando actividades deportivas y de contacto por un período adicional de 4 semanas.

El seguimiento clínico y radiológico se debe continuar hasta asegurarse de que el arco de movimiento se ha recuperado²⁸ y de que la fractura a cicatrizado por completo. En pacientes mayores, con una mayor osificación de la paleta humeral, pueden usarse tornillos compresivos en lugar de clavos. Estos deben retirarse obligatoriamente en niños con fisis abierta, ya que pueden provocar epifisiodesis y deformidades secundarias.

11.6 Resultados del tratamiento

Comparada con la reducción abierta, la reducción cerrada con fijación percutánea de las fracturas del cóndilo lateral del húmero ha demostrado ser una alternativa adecuada para fracturas con un desplazamiento menor a los 4 mm. Además de ofrecer la ventaja cosmética de no requerir una incisión en la piel, la reducción cerrada con fijación percutánea ofrece resultados clínicos similares a aquellos obtenidos con una reducción abierta y está asociada con tiempos quirúrgicos reducidos^{29, 30}. Comparadas con fracturas tratadas con una reducción abierta, las fracturas del cóndilo lateral tratadas con reducción cerrada y fijación percutánea demostraron resultados clínicos similares, incluyendo la recuperación del arco de movimiento (99.2% vs. 99.7%), formación de un espolón lateral (75% vs. 68%), índice de complicaciones (6.3% and 3.6%), y resultados satisfactorios (88.3% vs. 89.3%)²⁹.

Múltiples series de casos han reportado excelentes resultados en el tratamiento de las fracturas del cóndilo lateral utilizando una reducción abierta³¹. Leonidou³¹ reportó resultados excelentes en 105 pacientes tratados con reducción abierta y fijación interna utilizando clavos de Kirschner. En esta serie, se reportaron excelentes resultados en el 96% de las fracturas tratadas. En general, se puede esperar una recuperación rápida del arco de movimiento durante las 6 semanas siguientes al momento en que el yeso se remueve, seguido de una recuperación lenta y progresiva hasta un año después de la cirugía inicial²⁸.

Existe cierta controversia con respecto a la necesidad de realizar el tratamiento quirúrgico en forma aguda o temprana, con estudios sugiriendo que resultados satisfactorios se observan cuando el tratamiento quirúrgico se realiza durante las dos primeras semanas luego de la lesión inicial, con tiempos quirúrgicos, resultados funcionales, e índices de complicaciones, comparables a aquellos obtenidos en pacientes en los que la fractura se maneja de manera aguda dentro de los primeros siete días después de la lesión. Reducciones abiertas realizadas en forma más tardía (>3 semanas después de la lesión inicial) pueden resultar en un índice alto de complicaciones, incluyendo la necrosis avascular del cóndilo lateral, arresto fisario prematuro y limitaciones funcionales^{3, 32}.

11.7 Complicaciones

Una mala-uni3n ocurre cuando el fragmento de la fractura del c3ndilo lateral cicatriza en una posici3n anormal o no anatómica, resultando en una deformidad en varo o valgo³³ (Figura 9).



Figura 9. Una mala-uni3n ocurre cuando el fragmento de fractura del c3ndilo lateral cicatriza en una posici3n anormal o no-anatómica, resultando en una deformidad en varo o valgo. En este caso, el paciente fue sometido a una osteotomía correctora, realineando la superficie articular. (Orthopedic Institute for Children Image Bank)

Se considera presentaci3n tardía cuando la fractura del c3ndilo lateral se evalúa por primera vez más de tres semanas después de la lesi3n original. Se considera un retardo de la consolidaci3n cuando la fractura del c3ndilo lateral no muestra signos de consolidaci3n entre 6 y 12 semanas después de la lesi3n inicial. Realizar una reducci3n abierta tardía (>3 semanas después de la lesi3n original) para una fractura desplazada del c3ndilo lateral es técnicamente difícil. En estos casos, los mejores resultados se obtienen cuando el fragmento de fractura tiene una porci3n metafisaria grande, cuando se utiliza una disecci3n limitada para lograr la reducci3n (evitando el daño al suministro vascular del fragmento), y cuando la brecha de fractura es menor a 1cm (Figura 10).

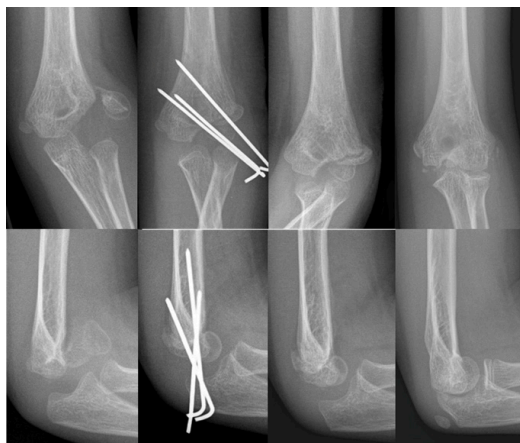


Figura 10. Radiografías de codo de una niña que se presentó 6 semanas después de haber sufrido una caída sobre su codo izquierdo. Aún cuando la reducci3n de la superficie articular no es completamente anatómica, se obtuvo una realineaci3n parcial de la superficie articular que le permitió a la paciente recuperar el arco de movimiento y evitar una deformidad en valgo del codo. (Orthopedic Institute for Children Image Bank)

Aún cuando es ideal obtener una reducci3n anatómica del fragmento fractura, una reducci3n tardía no siempre logra restaurar la superficie articular anatómicamente. Sin embargo, obtener la cicatrizaci3n de la porci3n metafisaria del fragmento, con una realineaci3n parcial de la superficie articular, provee al paciente con las mejores posibilidades de recuperaci3n del arco de movimiento y previene una deformidad progresiva en valgo del codo afectado^{34,35}.

La no-uni3n se define como una falta de consolidaci3n 12 semanas después de la lesi3n original. Las no uniones pueden ser el resultado de una fractura no diagnosticada (y por lo tanto, no tratada), de una fractura tratada no quirúrgicamente en la cual se presentó un desplazamiento tardío, o de una fractura tratada quirúrgicamente en la cual se ha presentado un re-desplazamiento^{36,37} o se ha notado un desplazamiento residual mayor a 1mm después de la fijaci3n³⁸. Su incidencia de ha reportado entre el 1-5% de las fracturas del c3ndilo lateral^{10,39,40}. Es comú que los pacientes con una no uni3n del c3ndilo lateral presenten dolor a la palpaci3n de la regi3n lateral del codo, con deformidad (usualmente en valgo), y algú grado de limitaci3n del arco de movimiento del codo (Figura 11).

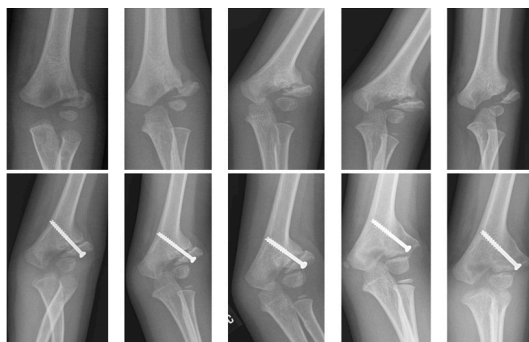


Figura 11. Es comú que los pacientes con una no-uni3n del c3ndilo lateral presenten dolor a la palpaci3n de la regi3n lateral del codo, con deformidad (usualmente en valgo), y algú grado de limitaci3n del arco de movimiento del codo. En este caso notamos una deformidad en valgo progresiva. La no-uni3n del c3ndilo lateral se manej3 con una fijaci3n percutánea con un tornillo de compresi3n, logrando su consolidaci3n. (Orthopedic Institute for Children Image Bank)

Existen múltiples técnicas descritas para el manejo de una no-uni3n del c3ndilo lateral del húmero, incluyendo la reducci3n abierta con fijaci3n interna con clavos o tornillos (con o sin injertos óseos) y la fijaci3n percutánea con un tornillo compresivo⁴¹⁻⁴³.

En general, si el fragmento de fractura tiene un desplazamiento mínimo, la fijación percutánea con un tornillo de compresión es generalmente satisfactoria, especialmente cuando la cirugía se realiza dentro de las 16 semanas después de la fractura original⁴² (Figura 12).

Para fracturas con un mayor desplazamiento, se puede considerar la reducción abierta de la no-uni6n, con o sin injerto 6seo, y fijaci6n interna estable³⁷. En casos en que la no-uni6n este asociada con una deformidad en valgo, la fijaci6n in-situ de la no-uni6n se debe complementar con una osteotomía correctora⁴⁴. Las deformidades en valgo del codo no corregidas pueden resultar en inestabilidad del codo, con neuropatías cr6nicas secundarias del nervio cubital, por elongaci6n. En pacientes sintomáticos, se debe considerar la transposici6n anterior del nervio cubital para mejorar los sntomas.



Figura 12. Radiografías del codo de una niña de 8 años que se presentó 3 semanas después de una caída. A. Radiografía inicial. La paciente recibió un yeso braquiopalmar como tratamiento. B. Radiografías obtenidas 2 meses después de la lesión inicial, demostrando un retardo de la consolidación.

C. Imágenes fluoroscópicas demostrando el tratamiento con fijación percutánea con un tornillo de compresión. D. Radiografías obtenidas dos meses después de la cirugía, demostrando una cicatrización completa de la fractura del cóndilo lateral. (Orthopedic Institute for Children Image Bank)

La deformidad en “cola de pez” es una complicaci6n tardía asociada a fracturas desplazadas, causada por un cierre fisario central que resulta en un crecimiento desigual de la paleta humeral, en el cual únicamente crecen sus extremos laterales⁴⁵. Generalmente, se presenta varios años después de la lesión inicial, y clínicamente se caracteriza por una limitaci6n del arco de movimiento del codo, dolor, presencia de cuerpos libres en el codo, y una deformidad en valgo. Habitualmente, la deformidad es mucho más llamativa en la radiografía que el impacto clínico real sobre la anatomía externa del codo y su funci6n. En los casos en que la presentaci6n es asintomática, que son la mayoría, se puede observar el paciente. De presentarse asociada a dolor, se pueden considerar opciones quirúrgicas que incluyen la remoci6n de los cuerpos libres, epifisiodesis, o una osteotomía del húmero distal.

La necrosis avascular del húmero distal es una complicaci6n relativamente rara, con una incidencia reportada en 1.4%⁴⁶. En general, esta complicaci6n está asociada con fracturas del cóndilo lateral desplazadas (Weiss tipo III) que han sido manejadas con reducci6n abierta y fijaci6n interna. Las fracturas asociadas con un mecanismo de alta energía que produce un desplazamiento mayor de los fragmentos 6seos tienen un riesgo mayor de presentar una necrosis avascular del húmero distal. Una disecci6n excesiva de la musculatura que se inserta en cóndilo lateral, especialmente en su porci6n posterior, puede afectar la irrigaci6n del cóndilo lateral, y resultar en una necrosis avascular. La mayoría de los pacientes que desarrollan una necrosis avascular del cóndilo lateral tiene un curso asintomático, con una recuperaci6n casi completa del arco del movimiento del codo en el largo plazo⁴⁶.

La historia natural de la necrosis avascular del cóndilo lateral del húmero no está completamente descrita, aun cuando hay reportes de una reconstituci6n completa del capitulo humeral⁴⁶ (Figura 13).



Figura 13. Radiografías de una niña de 3 años que se sometió a reducci6n abierta y fijaci6n interna de una fractura del cóndilo lateral del codo izquierdo, 8 días después del trauma (A-B). Los clavos se removieron 3 semanas después de la cirugía (C). A las 4 semanas, la consolidaci6n ha mejorado, pero se nota una irregularidad de la porci6n medial del cóndilo lateral (D). Un año después de la cirugía inicial, la radiografía demuestra fragmentos 6seos localizados entre la metáfisis humeral y la cabeza del radio (E).

Radiografías 5 años después de la cirugía inicial con una reconstituci6n completa del cóndilo humeral (F) (Orthopedic Institute for Children Image Bank).

El espolón lateral es muy común en pacientes con fracturas del cóndilo lateral del húmero. Hay reportes indicando que el 73% de los pacientes con fracturas del cóndilo lateral presenta un espolón lateral⁴⁷ (Figura 14). Es más común en pacientes tratados quirúrgicamente (91%), pero también se presenta en pacientes sometidos a tratamiento no quirúrgico (59%). En general, las fracturas asociadas con un mecanismo de alta energía, y por lo tanto con un desplazamiento mayor, tienen a tener un riesgo mayor de desarrollar un espolón lateral. El espolón lateral tiene implicaciones cosméticas, ya que puede resultar en una aparente deformidad en varo, pero no tiene consecuencias funcionales para el paciente.

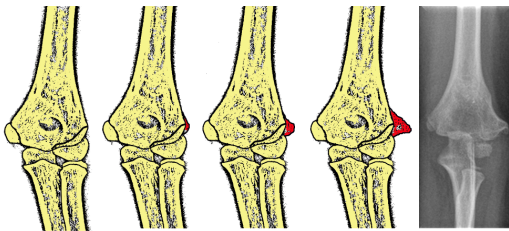


Figura 14. El espolón lateral se presenta en 73% de los pacientes con fracturas del cóndilo lateral. La severidad del espolón depende de su tamaño con relación al tamaño de la paleta humeral. (Orthopedic Institute for Children Image Bank)

11.8 Mensaje final

La fractura del cóndilo lateral del húmero es la segunda más frecuente del codo en el niño. Es importante identificarlas y tratarlas adecuadamente para preservar la indemnidad y congruencia articular del codo. El tratamiento es ortopédico en las no desplazadas (<2mm) y quirúrgico en las desplazadas (>2mm) mediante reducción y osteosíntesis abierta o percutánea, dependiendo del grado de desplazamiento. Las complicaciones son frecuentes si no se tratan adecuadamente, siendo la no-uni6n la principal.

11.9 Referencias

- MILCH H. FRACTURES AND FRACTURE DISLOCATIONS OF THE HUMERAL CONDYLES. *J Trauma*. 1964;4:592-607. doi:10.1097/00005373-196409000-00004
- Pirker ME, Weinberg AM, Höllwarth ME, Haberlik A. Subsequent displacement of initially nondisplaced and minimally displaced fractures of the lateral humeral condyle in children. *J Trauma*. 2005;58(6):1202-1207. doi:10.1097/01.ta.0000169869.08723.c8
- Jakob R, Fowles JV, Rang M, Kassab MT. Observations concerning fractures of the lateral humeral condyle in children. *J Bone Joint Surg Br*. 1975;57(4):430-436.
- Song KS, Kang CH, Min BW, Bae KC, Cho CH, Lee JH. Closed reduction and internal fixation of displaced unstable lateral condylar fractures of the humerus in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(12):2673-2681. doi:10.2106/JBJS.G.01227
- Weiss JM, Graves S, Yang S, Mendelsohn E, Kay RM, Skaggs DL. A new classification system predictive of complications in surgically treated pediatric humeral lateral condyle fractures. *J Pediatr Orthop*. 2009;29(6):602-605. doi:10.1097/BPO.0b013e3181b2842c
- Ramo BA, Funk SS, Elliott ME, Jo CH. The Song Classification Is Reliable and Guides Prognosis and Treatment for Pediatric Lateral Condyle Fractures: An Independent Validation Study With Treatment Algorithm. *J Pediatr Orthop*. 2020;40(3):e203-e209. doi:10.1097/BPO.0000000000001439
- Nazareth A, VandenBerg CD, Sarkisova N, et al. Prospective Evaluation of a Treatment Protocol Based on Fracture Displacement for Pediatric Lateral Condyle Humerus Fractures: A Preliminary Study. *J Pediatr Orthop*. 2020;40(7):e541-e546. doi:10.1097/BPO.0000000000001491.
- Song KS, Kang CH, Min BW, Bae KC, Cho CH. Internal oblique radiographs for diagnosis of nondisplaced or minimally displaced lateral condylar fractures of the humerus in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(1):58-63. doi:10.2106/JBJS.E.01387
- Bland DC, Pennock AT, Upasani VV, Edmonds EW. Measurement Reliability in Pediatric Lateral Condyle Fractures of the Humerus. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(8):e429-e433. doi:10.1097/BPO.0000000000001200
- Silva M, Paredes A, Sadlik G. Outcomes of ORIF >7 Days After Injury in Displaced Pediatric Lateral Condyle Fractures. *J Pediatr Orthop*. 2017;37(4):234-238. doi:10.1097/BPO.0000000000000640
- Silva M, Cooper SD, Cha A. Elbow dislocation with an associated lateral condyle fracture of the humerus: a rare occurrence in the pediatric population. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(4):329-333. doi:10.1097/BPO.0000000000000270

12. Lan X, Dai M, Zhang B, Huang G. Comparative study of lateral condyle fracture with or without posteromedial elbow dislocation in children. *Int Orthop*. 2018;42(3):619-624. doi:10.1007/s00264-018-3795-0
13. Park DY, Cho JH, Lee DH, Choi WS, Bang JY, Yin XY. A 3-Dimensional Analysis of the Fracture Planes in Pediatric Lateral Humeral Condyle Fractures for Image-Based Pin Positioning During Fixation. *J Orthop Trauma*. 2017;31(10):e340-e346. doi:10.1097/BOT.0000000000000914
14. Horn BD, Herman MJ, Crisci K, Pizzutillo PD, MacEwen GD. Fractures of the lateral humeral condyle: role of the cartilage hinge in fracture stability. *J Pediatr Orthop*. 2002;22(1):8-11.
15. Bast SC, Hoffer MM, Aval S. Nonoperative treatment for minimally and nondisplaced lateral humeral condyle fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 1998;18(4):448-450.
16. Knapik DM, Gilmore A, Liu RW. Conservative Management of Minimally Displaced (≤ 2 mm) Fractures of the Lateral Humeral Condyle in Pediatric Patients: A Systematic Review. *J Pediatr Orthop*. 2017;37(2):e83-e87. doi:10.1097/BPO.0000000000000722
17. Ganeshalingam R, Donnan A, Evans O, Hoq M, Camp M, Donnan L. Lateral condylar fractures of the humerus in children: does the type of fixation matter?. *Bone Joint J*. 2018;100-B(3):387-395. doi:10.1302/0301-620X.100B3.BJJ-2017-0814.R1
18. Gilbert SR, MacLennan PA, Schlitz RS, Estes AR. Screw versus pin fixation with open reduction of pediatric lateral condyle fractures. *J Pediatr Orthop B*. 2016;25(2):148-152. doi:10.1097/BPB.0000000000000238
19. Wendling-Keim DS, Teschemacher S, Dietz HG, Lehner M. Lateral Condyle Fracture of the Humerus in Children: Kirschner Wire or Screw Fixation?. *Eur J Pediatr Surg*. 2021;31(4):374-379. doi:10.1055/s-0040-1714656
20. Bloom T, Chen LY, Sabharwal S. Biomechanical analysis of lateral humeral condyle fracture pinning. *J Pediatr Orthop*. 2011;31(2):130-137. doi:10.1097/BPO.0b013e3182074c5b
21. Swarup I, Chan C, Mehta N, Lawrence JT. Does an elbow arthrogram change management after closed reduction of mildly displaced lateral condyle fractures in children?. *J Pediatr Orthop B*. 2022;31(1):7-11. doi:10.1097/BPB.0000000000000811
22. Vorhies JS, Funk S, Elliott M, Riccio A, Ramo B. The Utility of Intraoperative Arthrogram in the Management of Pediatric Lateral Condyle Fractures of the Humerus. *Orthopedics*. 2020;43(1):30-35. doi:10.3928/01477447-20191031-01
23. Das De S, Bae DS, Waters PM. Displaced humeral lateral condyle fractures in children: should we bury the pins?. *J Pediatr Orthop*. 2012;32(6):573-578. doi:10.1097/BPO.0b013e318263a25f
24. Raghavan R, Jones A, Dwyer AJ. Should Kirschner wires for fixation of lateral humeral condyle fractures in children be buried or left exposed? A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019;105(4):739-745. doi:10.1016/j.otsr.2019.03.007
25. Qin YE, Li ZJ, Li CK, Bai SC, Li H. Unburied versus buried wires for fixation of pediatric lateral condyle distal humeral fractures: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(34):e7736. doi:10.1097/MD.0000000000007736
26. Lim KB, Tan SS, Abdullah SN, Ong LL, Wong ML, Allen JC. Percutaneous pin removal in the outpatient clinic--do children require analgesia?: a randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96(7):597-602. doi:10.2106/JBJS.M.00806
27. Sorenson SM, Hennrikus W. Pain during office removal of K-wires from the elbow in children. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(4):341-344. doi:10.1097/BPO.0000000000000269
28. Bernthal NM, Hoshino CM, Dichter D, Wong M, Silva M. Recovery of elbow motion following pediatric lateral condylar fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93(9):871-877. doi:10.2106/JBJS.J.00935
29. Silva M, Cooper SD. Closed Reduction and Percutaneous Pinning of Displaced Pediatric Lateral Condyle Fractures of the Humerus: A Cohort Study. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(7):661-665. doi:10.1097/BPO.0000000000000376
30. Pennock AT, Salgueiro L, Upasani VV, Bastrom TP, Newton PO, Yaszay B. Closed Reduction and Percutaneous Pinning Versus Open Reduction and Internal Fixation for Type II Lateral Condyle Humerus Fractures in Children Displaced >2 mm. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(8):780-786. doi:10.1097/BPO.0000000000000570
31. Leonidou A, Chettiar K, Graham S, et al. Open reduction internal fixation of lateral humeral condyle fractures in children. A series of 105 fractures from a single institution. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2014;9(2):73-78. doi:10.1007/s11751-014-0193-z
32. Wattenbarger JM, Gerardi J, Johnston CE. Late open reduction internal fixation of lateral condyle fractures. *J Pediatr Orthop*. 2002;22(3):394-398.
33. Skak SV, Olsen SD, Smaabrekke A. Deformity after fracture of the lateral humeral condyle in children. *J Pediatr Orthop B*. 2001;10(2):142-152.
34. Abzug JM, Dua K, Kozin SH, Herman MJ. Current Concepts in the Treatment of Lateral Condyle Fractures in Children. *J Am Acad Orthop Surg*. 2020;28(1):e9-e19. doi:10.5435/JAAOS-D-17-00815
35. Shrestha S, Hutchison RL. Outcomes for late presenting lateral condyle fractures of the humerus in children: A case series. *J Clin Orthop Trauma*. 2020;11(2):251-258. doi:10.1016/j.jcot.2019.09.012

36. Liu TJ, Wang EB, Dai Q, Zhang LJ, Li QW, Zhao Q. Open reduction and internal fixation for the treatment of fractures of the lateral humeral condyle with an early delayed presentation in children: a radiological and clinical prospective study. *Bone Joint J.* 2016;98-B(2):244-248. doi:10.1302/0301-620X.98B2.34429
37. Agarwal A, Qureshi NA, Gupta N, Verma I, Pandey DK. Management of neglected lateral condyle fractures of humerus in children: A retrospective study. *Indian J Orthop.* 2012;46(6):698-704. doi:10.4103/0019-5413.104221
38. Salgueiro L, Roocroft JH, Bastrom TP, et al. Rate and Risk Factors for Delayed Healing Following Surgical Treatment of Lateral Condyle Humerus Fractures in Children. *J Pediatr Orthop.* 2017;37(1):1-6. doi:10.1097/BPO.0000000000000578
39. Pace JL, Arkader A, Sousa T, Broom AM, Shabtai L. Incidence, Risk Factors, and Definition for Nonunion in Pediatric Lateral Condyle Fractures. *J Pediatr Orthop.* 2018;38(5):e257-e261. doi:10.1097/BPO.0000000000001153
40. Launay F, Leet AI, Jacopin S, Jouve JL, Bollini G, Spon-seller PD. Lateral humeral condyle fractures in children: a comparison of two approaches to treatment. *J Pediatr Orthop.* 2004;24(4):385-391.
41. Park H, Hwang JH, Kwon YU, Kim HW. Osteosynthesis in situ for lateral condyle nonunion in children. *J Pediatr Orthop.* 2015;35(4):334-340. doi:10.1097/BPO.0000000000000353
42. Knight DM, Alves C, Alman B, Howard A. Percutaneous screw fixation promotes healing of lateral condyle nonunion in children. *J Pediatr Orthop.* 2014;34(2):155-160. doi:10.1097/BPO.0000000000000077
43. Prakash J, Mehtani A. Open reduction versus in-situ fixation of neglected lateral condyle fractures: a comparative study. *J Pediatr Orthop B.* 2018;27(2):134-141. doi:10.1097/BPB.0000000000000443
44. Tien YC, Chen JC, Fu YC, Chih TT, Hunag PJ, Wang GJ. Supracondylar dome osteotomy for cubitus valgus deformity associated with a lateral condylar nonunion in children. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(7):1456-1463. doi:10.2106/JB-JS.C.01545
45. Narayanan S, Shailam R, Grottkau BE, Nimkin K. Fishtail deformity--a delayed complication of distal humeral fractures in children. *Pediatr Radiol.* 2015;45(6):814-819. doi:10.1007/s00247-014-3249-9
46. Shabtai L, Lightdale-Miric N, Rounds A, Arkader A, Pace JL. Incidence, risk factors and outcomes of avascular necrosis occurring after humeral lateral condyle fractures. *J Pediatr Orthop B.* 2020;29(2):145-148. doi:10.1097/BPB.0000000000000698
47. Pribaz JR, Bernthal NM, Wong TC, Silva M. Lateral spurring (overgrowth) after pediatric lateral condyle fractures. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(5):456-460. doi:10.1097/BPO.0b013e-318259ff63



CAPITULO 12 - Fracturas de Epitróclea

María Jesús Figueroa

Julio Toledo

12. Fracturas de epitróclea

Las fracturas de la epitróclea representan el 11-20% de todas las lesiones óseas en el codo en la población pediátrica¹. Estas fracturas ocurren con mayor frecuencia entre las edades de 9-14 años, y son cuatro veces más comunes en niños que en niñas¹. Aproximadamente el 50% de los casos se asocia a luxación en el codo, siendo la incarceration del fragmento menos frecuente, entre 5-18% de los casos². La asociación a disfunción del nervio cubital ha sido reportado en 10-16% de los niños con estas fracturas³. Son lesiones cada vez más frecuentes de encontrar en la población pediátrica, especialmente la involucrada en actividades deportivas de alto rendimiento desde edades muy tempranas⁴.

12.1 Anatomía

El centro de osificación de la epitróclea en el húmero distal es visible radiológicamente entre los 4-9 años (Figura 1), y es el último en fusionarse con el resto de la paleta humeral, entre los 15-20 años¹.



Figura 1. Radiografía anteroposterior de codo en un niño de 10 años. Se visualiza la epitróclea como un centro de osificación por el borde medial de la paleta humeral.

La epitróclea es una apófisis de la cara posteromedial del húmero distal, estando sujeta a fuerzas de tracción, que pueden conducir a la avulsión. Como apófisis, no contribuye al crecimiento longitudinal^{1,5}. Corresponde al punto de origen de la masa muscular flexora-pronadora del antebrazo (Figura 2), constituida por el Pronador redondo, el Flexor carpi radialis, el Flexor digitorum superficialis y el Flexor carpi ulnaris, cumpliendo un papel fundamental en la biomecánica de los movimientos de la muñeca^{6,7}. Su parte inferior y distal es el punto de origen del ligamento colateral cubital, principal estabilizador del codo, y responsable de su estabilidad en valgo. La porción anterior del ligamento es la más importante para la estabilidad, especialmente en flexión y extensión^{7,2}.

En niños menores de 8 años, parte de la inserción de la cápsula articular puede extenderse hasta la línea fisiaria de la epitróclea. En niños mayores, sin embargo, dado que la epitróclea migra hacia proximal, la fractura es típicamente extraarticular¹.

El nervio cubital entra en el túnel cubital posterior a la epitróclea. Su proximidad, lo pone en riesgo de lesión en las fracturas de dicha apófisis¹, por lo que debemos analizar su estado durante el examen físico.

La irrigación de la epitróclea proviene de la arteria colateral cubital y una arcada vascular medial, que es una anastomosis entre las arterias colaterales cubitales superior e inferior y la rama recurrente cubital posterior de la arteria cubital¹.

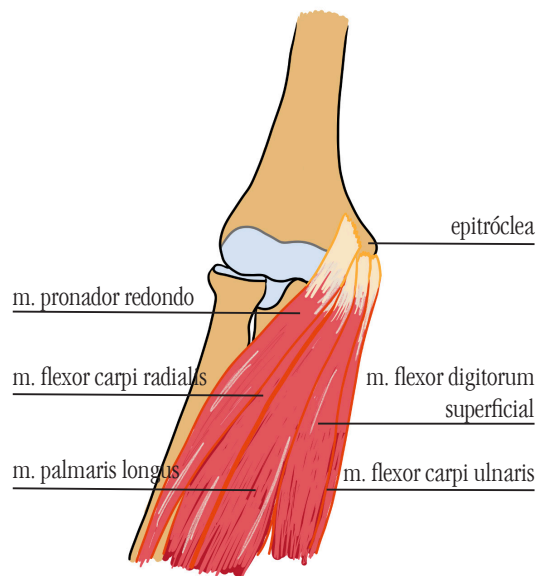


Figura 2. Esquema de las inserciones musculares a nivel de la epitróclea.

12.2 Mecanismo de lesión

Las fracturas de epitróclea pueden ser resultado de dos mecanismos de lesión: trauma directo o avulsión.

El trauma directo corresponde a un golpe en la región postero-medial del codo, donde el fragmento puede resultar conminuto¹.

La lesión por avulsión es el mecanismo más frecuente. Se puede presentar en 3 situaciones^{3,9,13}: avulsión y extensión, con estrés en valgo forzado en codo bloqueado durante una caída, eventualmente asociado a muñeca en extensión, lo que provoca la tensión de los músculos flexores del antebrazo; avulsión aislada, mediante el acto de lanzar una bola de béisbol (pitching) o en la lucha, donde la contractura súbita de los músculos flexores del antebrazo es capaz de provocar el colapso de la epitróclea; y asociado a luxación de codo, donde la fuerza avulsiva del ligamento colateral cubital, en luxación posterior de codo produce la tracción.

12.3 Diagnóstico

El paciente con una fractura de epitróclea presenta habitualmente aumento de volumen de los tejidos blandos y dolor a la palpación en cara medial del codo. Se puede identificar crépito óseo y deformidad. El rango de movimiento del codo se puede comprometer, con limitación secundaria al dolor, ante la presencia de un fragmento encarcerado, o luxación franca.

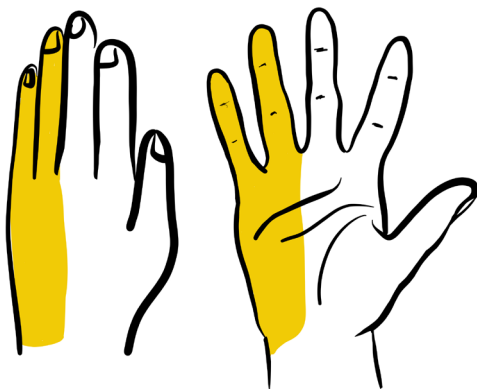


Figura 3. Inervación sensitiva del nervio cubital, la que debe ser evaluada ante la presencia de una fractura de epitróclea.

Es importante un examen cuidadoso del resto de la extremidad, ya que esta fractura puede estar asociada a otras lesiones, incluyendo fracturas del radio distal, cabeza y cuello del radio, apófisis coronoides y olécranon¹.

Debe realizarse un detallado examen neurovascular, con especial atención a función del nervio cubital, evaluando la abducción y aducción de los dedos, y la sensación sobre el borde cubital del quinto dedo⁵ (Figura 3).

Por la complejidad de la osificación del codo, en ocasiones la radiografía simple no cuantifica el grado de desplazamiento real del fragmento óseo, lo que dificulta la toma de decisiones en cuanto al tratamiento.



Figura 4. Proyecciones anteroposterior y lateral de un codo de un niño de 6 años, con una fractura de epitroclea desplazada.

La radiografía simple en proyecciones anteroposterior, lateral y oblicua interna se recomiendan para el diagnóstico de una fractura de epitróclea (Figura 4). Sin embargo la precisión predictiva del desplazamiento no supera el 60%⁵. Se debe evaluar la interrupción del contorno cortical en la proyección anteroposterior, con pérdida del paralelismo ambos márgenes escleróticos de la apófisis, y aumento del ancho de radiolucencia en la línea apofisiaria. La proyección oblicua es útil particularmente para evaluar el desplazamiento. El desplazamiento máximo, típicamente hacia anterior, se observa en una proyección oblicua interna (Figura 5). El signo de almohadilla grasa ("Fat pad") y efusión capsular están usualmente ausentes, por ser una lesión extraarticular. Si existe gran efusión se debe sospechar una luxación de codo u otras fracturas asociadas. La proyección axial de húmero distal ha demostrado ofrecer el mejor resultado entre precisión del desplazamiento y la cantidad de exposición a radiación²⁷. Se realiza con el húmero en 45° de la vertical, y el haz dirigido a 25° del eje del húmero, de superior a inferior.

Se debe evaluar cuidadosamente todas las proyecciones en búsqueda de encarceramiento, sobre todo ante una luxación de codo. Cada vez que el epicóndilo medial se ve al nivel de la articulación o no se observa, debe considerarse al menos parcialmente encarcerado, hasta que se demuestre lo contrario. El fragmento encarcerado generalmente se encuentra entre la tróclea y la muesca de la carilla semilunar del olécranon⁴.

Se ha demostrado que incluso en fracturas no desplazadas radiográficamente, al estudiarse con Tomografía Computarizada (TAC) se evidencia un desplazamiento de hasta 10 mm. Otros autores^{8,9} demuestran que las radiografías, en proyección anteroposterior convencional, subestiman el desplazamiento en promedio unos 5.5 mm, y en las proyección lateral es difícil observar desplazamiento de <10 mm, cuestionando así el valor de estos estudios. Además, algunas de estas fracturas pueden pasar inadvertidas, por superposición del fragmento con la tróclea humeral. Incluso el uso de las proyecciones oblicuas, recomendadas por algunos autores, que aunque mejoran la precisión diagnóstica, subestiman el grado de desplazamiento, en promedio de 3.8 mm^{6,24}.

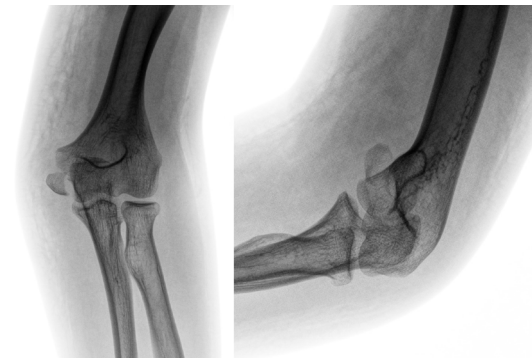


Figura 5. Proyecciones anteroposterior y oblicua interna de un codo de una niña de 12 años, con una fractura de epitroclea desplazada. Se puede apreciar el desplazamiento anterior significativo.

La dirección de desplazamiento del fragmento óseo es hacia anterior, debido al vector de fuerza resultante de sus inserciones musculares. Por esta razón la radiografía en proyección anteroposterior tiene bajo desempeño en describir la magnitud del desplazamiento. Se ha recomendado el estudio con TAC, e incluso con RM, para cuantificar la magnitud y dirección del desplazamiento, pero el uso rutinario de estos estudios no resulta práctico en nuestro medio, especialmente en población pediátrica¹². En caso de incertidumbre con respecto al diagnóstico o al tratamiento óptimo, se deben obtener imágenes avanzadas. La tomografía computarizada (TAC) está indicada en casos donde no es fácilmente identificable la ubicación de

la epitroclea (Figura 6), o la dirección y magnitud de su desplazamiento⁴. En los atletas con sospecha de lesiones severas o crónicas, se puede considerar la Resonancia Magnética porque proporciona información sobre la presencia de cambios preexistentes, así como sobre posibles lesiones ligamentarias.

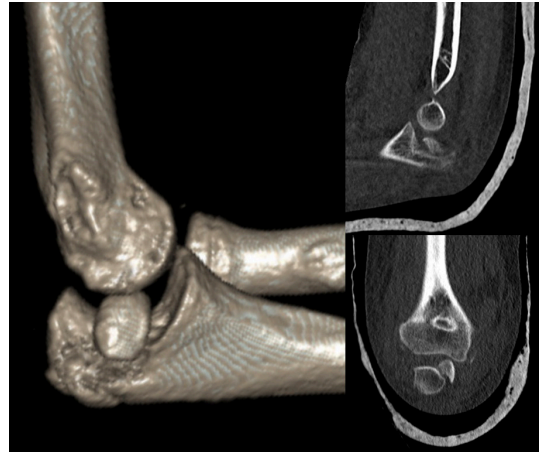


Figura 6. Fractura de epitroclea, con fragmento intra articular posterior a la reducción de una luxación de codo asociada. Se puede observar incongruencia humero troclear secundaria.

12.4 Clasificación

Varios autores han propuesto sistemas de clasificación para la fractura del epicóndilo medial, incluidos Watson-Jones¹³, Papavasiliou³⁴, Rang y Smith³⁴. Debido a que todos se basan en la radiografía en proyección anteroposterior, tienen un valor descriptivo, pero ninguno de estos se encuentra aceptado. En general, la mayoría se basan en la cuantía del desplazamiento medido en milímetros, y la asociación con luxación del codo, lo que se ha demostrado que influye a la hora de definir si se opta por manejo ortopédico conservador o quirúrgico⁵.

La Clasificación de Watson-Jones¹³ es la más utilizada. Sin embargo, a pesar su aparente simpleza, existe una alta variabilidad interobservador, de hasta un 87%^{14,15}.

Define 4 tipos (Figura 7): Tipo I, con menos de 5 mm de desplazamiento; Tipo II, con más de 5mm de desplazamiento; Tipo III, asociada a la epitroclea fracturada encarcerada dentro de la articulación (correspondiendo a una luxación del codo reducida, asociada a una fractura con gran desplazamiento); y Tipo IV, asociada a luxación del codo.

Esta lesión en la Clasificación AO pediátrica corresponde al 13-M/7m. Se desglosa en: 1(húmero) 3(distal) M (metafisario)/ 7(epicóndilo) m (medial). Esta clasificación tiene un escasa

utilidad clínica, siendo su función principalmente para el registro de datos.

La clasificación de Papavasiliou³⁴ tiene 4 tipos: Tipo 1, pequeña avulsión; Tipo 2, fractura completa no encarcerada; Tipo 3, con fragmento encarcerado; y Tipo 4, asociado a luxación de codo.

Por último, la clasificación de Rang y Smith³⁴: también nos entrega 4 tipos: Grado I, avulsión apofisiaria con mínimo (<2mm) o inexistente desplazamiento; Grado II, avulsión apofisiaria con desplazamiento o rotación; Grado III, avulsión apofisiaria con desplazamiento intraarticular del fragmento; y Grado IV, avulsión apofisiaria en ubicación intraarticular del fragmento y luxación del codo coexistente.

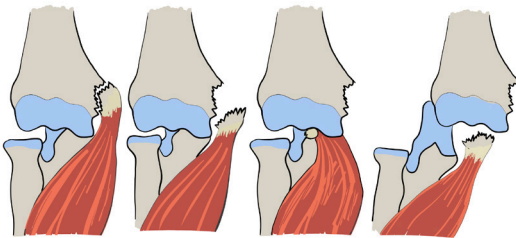


Figura 7. Clasificación de Watson-Jones. Tipo I, con menos de 5 mm de desplazamiento; Tipo II, con más de 5mm de desplazamiento; Tipo III, asociada a la epitroclea fracturada encarcerada dentro de la articulación; y Tipo IV, asociada a luxación del codo.

12.5 Tratamiento

Existe controversia en el manejo de fracturas desplazadas y del grado de desplazamiento a partir del cual se opta por manejo quirúrgico. La mayoría de los autores recomiendan manejo quirúrgico cuando existe un desplazamiento de la epitroclea de más de 5 mm¹⁶. No existe un parámetro clínico o diagnóstico que justifique este punto de corte, pero se ha demostrado en estudios de simulación computarizada que, con cada 1 mm de desplazamiento, la fuerza de los flexores de la muñeca disminuye 2%¹⁷.

El manejo ortopédico puede ser exitoso, con bajas tasas de complicaciones, aunque se ve mayor presencia de inestabilidad, rigidez y no unión en las fracturas asociadas a luxación¹⁸. Actualmente, se opta cada vez más por el tratamiento quirúrgico, debido a las complicaciones asociadas al tratamiento conservador, dentro de las cuales cobra importancia la inestabilidad en valgo del codo y la pseudoartrosis^{6,19,20}.

Las indicaciones de manejo conservador incluyen las fracturas mínimamente desplazadas, lesiones de baja energía, y codo estable en valgo.

El tratamiento conservador consiste en 3-4 semanas en inmovilización del codo en 90° de flexión, intentando moldear yeso con presión ejercida directamente en el foco de fractura⁴. La kinesioterapia se considera como perentoria en los casos asociados a luxación. En aquellos pacientes en los cuales el mecanismo de lesión hace presumir solo fractura aislada, se difiere la decisión de derivar a rehabilitación hasta un primer control clínico, y radiológico 2-3 semanas posterior al retiro de la inmovilización. En niños de conducta temeraria habitualmente la recuperación no requiere de apoyo kinesiológico.

Las indicaciones absolutas de manejo quirúrgico son las fracturas abiertas, las asociadas a lesión neurológica, fracturas encarceradas²⁰, o con un componente rotacional importante^{6,21}. Las indicaciones relativas para la cirugía son la luxación recurrente de codo, desplazamiento mayor a 5 mm, fractura en “atletas dependientes de su extremidad superior”⁴ y lesiones inestables en valgo.

Para el procedimiento quirúrgico, el paciente se posiciona decúbito supino, con el hombro en rotación externa, o en decúbito prono, con codo flectado y hombro en rotación interna. Para la reducción se realiza la maniobra de ordeña, con el codo en flexión de 90°, el antebrazo supinado y la muñeca en flexión, se instala un vendaje semicompresivo desde el antebrazo distal hacia el codo. Esto genera un aflojamiento de la tensión de la masa muscular que inserta en la epitroclea, y permite su avance hacia el sitio de fractura para lograr su reducción²².

En caso de la presencia de un fragmento encarcerado, se describe la maniobra de Roberts, donde se aplica un estrés en valgo sobre el codo, con el antebrazo en supinación y extensión de la muñeca y dedos, a fin de poder extraer el fragmento intraarticular. Considerando que esta situación es per se una indicación quirúrgica, la maniobra en general no se recomienda, ya que puede provocar iatrogenia y no asegura una adecuada reducción.

Las opciones de fijación incluyen el uso de tornillos canulados, agujas de Kirschner, anclas, sutura, o la escisión del fragmento y avance de los tejidos blandos.

La fijación con un tornillo canulado es un tratamiento estándar en niños mayores, cercanos a la madurez esquelética. Debido a que la epitroclea es una estructura posterior, el tornillo

se ubica de forma oblicua, en dirección desde medial a lateral, y desde posterior hacia anterior (Figura 8). Se utiliza tornillos de rosca parcial (3,5 a 4,0 mm), sin necesidad de una fijación bicortical, lo que se asocia a mayor riesgo de lesión iatrogénica del nervio radial³¹. Hasta la edad de 6 años, el nervio radial cruza el húmero lateral distal a una distancia (1 cm) proximal a la fis. Se debe evitar la penetración de la fosa olécraneana, ya que la prominencia del implante puede reducir la extensión de codo. La fijación con tornillo podría optimizar su área de compresión con ayuda de una arandela. Sin embargo, Pace y Hennrikus²³ compararon la fijación con arandela y sin arandela en fractura de epitroclea, demostrando que no se disminuye el riesgo de fragmentación, ni se aumenta las tasas de unión en la fijación reforzada con una arandela, pero se asocia su uso a un aumento estadísticamente significativo de irritación, con necesidad de retirar el implante.



Figura 8. Fractura desplazada de epitroclea en un adolescente de 14 años. Se realizó reducción abierta y fijación con un tornillo canulado con técnica de compresión interfragmentaria.

La fijación con agujas de Kirschner (Figura 9) se realiza en pacientes jóvenes, con fragmento muy pequeño como para realizar osteosíntesis con otro método. Tiene resultados similares a la fijación con tornillo, sin diferencia en el rango de movimiento, a pesar del mayor tiempo de inmovilización. El implante se puede dejar bajo o sobre la piel, siendo en este caso la extracción del implante posible de realizar como un proce-

dimiento ambulatorio, evitando la necesidad de cirugía adicional. Se debe tener cuidado para evitar lesiones nerviosas si los clavos percutáneos ingresan en un punto de entrada distante a la incisión utilizada para reducir la fractura. El nervio cubital no requiere exploración o movilización de rutina⁴.



Figura 9. Fractura de epitroclea encarcerada intraarticular en una niña de 8 años. Se realizó reducción abierta y estabilización con agujas de Kirschner.

El uso de anclas ha sido comparado con las agujas de Kirschner, con resultados estadísticamente similares en cuanto a consolidación y estabilidad, siendo el factor a favor del uso de anclas el hecho de no requerir una nueva intervención para retirar implantes. En contra está el mayor costo comercial³⁴.

Se ha descrito una técnica con escisión del fragmento y sutura de los tejidos blandos mediales con buenos resultados, pero poco usada en la práctica, por la presencia de dolor e inestabilidad en el seguimiento^{4,16}. Por lo tanto, se recomienda evitar en lo posible la escisión del fragmento de avulsión.

12.6 Recomendaciones de los autores

Se recomienda un esquema de tratamiento, en base a desplazamiento del fragmento, estabilidad y compromiso neurológico (Figura 10).

En caso de optar por tratamiento quirúrgico, recomendamos realizar un incisión de la piel sobre la cara medial del codo, alrededor de 3 cm proximal de la epitróclea, con el codo en ligera flexión, unos pocos milímetros anterior al surco medial, hasta 0,5 - 1,5 cm distales a la articulación del codo. Se abre la fascia paralela a la incisión cutánea, y se divide la cobertura del tejido conectivo del surco medial para la exposición ósea y eventual visualización del nervio cubital. Si es necesario, se identifica y rechaza libre de tensión el nervio cubital, sin desplazamiento del surco, protegido con una goma o sonda elástica¹¹.

Se drena el hematoma de fractura y se inspeccionan los fragmentos y la superficie ósea. Si el fragmento apofisario de la epitróclea está interpuesto en la articulación cúbito humeral, es movilizado cuidadosamente¹¹. Tras la exposición y desbridamiento cuidadoso de las superficies de la fractura, el fragmento es reducido anatómicamente. La reducción manual del fragmento apofisario se logra con una flexión de 45-60° de la articulación del codo, con pronación concomitante del antebrazo, y flexión en la muñeca. El fragmento es retenido manualmente, y estabilizado en su lugar con una aguja de Kirschner en sentido transverso. El diámetro de la aguja de

Kirschner varía con la edad, de 1,4-2,0 mm. Para asegurar el fragmento contra la rotación, se introduce una segunda aguja de Kirschner, en sentido oblicuo ascendente. Habitualmente ambas agujas son dobladas a ras del periostio. Sin embargo, se ha aceptado la tendencia a exteriorizarlas por contra abertura, y dejarlas extruidas, evitando una nueva intervención quirúrgica, al retirarlas en las salas de atención ambulatoria. Es de gran importancia asegurarse que no queden fragmentos o bordes óseos cortantes en el surco del nervio cubital. Se recomienda realizar afrontamiento perióstio cartilaginoso con material reabsorbible. El nervio cubital se deja en su surco, y no se desplaza centralmente. Posterior al cierre de la incisión, se instala un yeso braquiomano con 90° de flexión de codo y posición rotacional neutra¹¹.

Para evitar la rigidez posterior a la fijación con tornillo, se debe realizar un corto período de inmovilización, de 7-10 días, seguido de movilización temprana. A continuación se puede acompañar del uso de estabilizador de codo, para disminuir el estrés en valgo sobre la fijación⁴.

Debido a que la epitróclea es una apófisis que no contribuye al crecimiento longitudinal del húmero distal, dejar el tornillo in situ no produce alteraciones de eje. Los tornillos deben retirarse si hay irritación del nervio cubital, o prominencia relacionada con dolor. Las agujas de Kirschner percutáneas deben ser retirados entre las 3-4 semanas, para reducir el riesgo de infección.

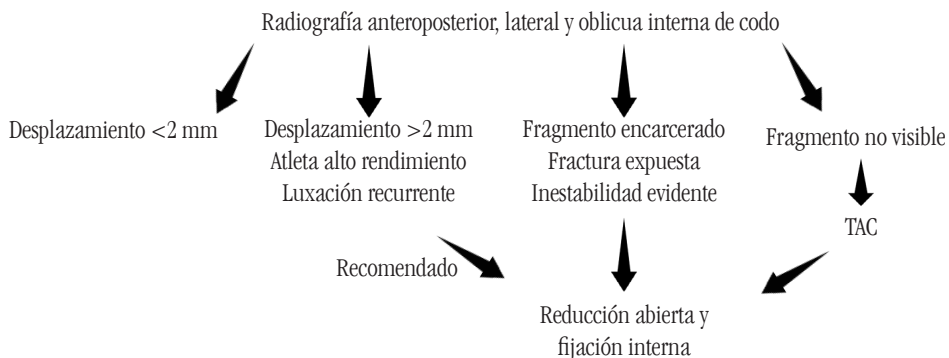


Figura 9. Flujograma propuesto frente a una fractura de epitróclea.

12.7 Complicaciones

La tasa de no unión con tratamiento conservador es de 50,8%, siendo la mayoría de los casos asintomáticos. La tasa de no unión en la fijación quirúrgica depende del tipo de fractura, desde 0 a 7,5%, y significativamente mayor en fractura encarada (57%)³².

El rango de movimiento se reduce en ambas modalidades de tratamiento. Hay una reducción promedio de extensión reportada de 15° en el grupo no operatorio, y de 37° en el grupo quirúrgico⁴.

Probablemente la rigidez de codo se debe más al daño en los tejidos blandos periarticulares durante el evento traumático inicial, más que a la cirugía o al tiempo de inmovilización. Aun así, es esencial la movilización temprana luego del manejo quirúrgico⁴.

La consolidación viciosa, con cúbito valgo, post fractura de epitroclea tiene una incidencia menor al 10%. En la literatura varía de 0-35,5%.

La prevención de la inestabilidad de codo es motivo de sugerir manejo quirúrgico en los atletas.

La lesión del nervio cubital es poco frecuente. Se asocia a la presencia de luxación del codo, y la tasa más alta se observa en fragmentos encarados. Existe un debate sobre el tratamiento adecuado de las lesiones del nervio cubital presentes preoperatoriamente. La transposición ha sido tanto recomendada para aumentar la tasa de recuperación, como desalentada debido al riesgo de neuritis del nervio cubital. La parálisis del nervio cubital después de la reducción de la luxación es una indicación relativa para la exploración quirúrgica y la fijación⁴.

Un fragmento encarado no es una emergencia quirúrgica, y los retrasos en la cirugía de hasta 40 horas no han mostrado ningún efecto perjudicial en el resultado, incluso en asociación con parálisis del nervio cubital. Sin embargo, la reducción de la articulación del codo sigue siendo una emergencia y se debe dar prioridad a esto⁴. Se asume que el fragmento se comportaría como cuerpo libre que rápidamente induciría bloqueo mecánico, necrosis, fibrosis, artrosis y rigidez articular.

12.8 Referencias

1. Rockwood and Wilkins' Fractures in Children 8th Edition. by John M. Flynn MD, David L. Skaggs MD, Peter M Waters MD; 2015. p.681
2. Lotz B, Akilapa O, Karthik K. Delayed Reconstruction Following Incarceration of the Medial Epicondyle in the Elbow Joint: A Case Report and Review of the Literature. JBJS Case Connect. 2018;8(3):e69. doi:10.2106/JBJS.CC.17.00239
3. Patel NM, Ganley TJ. Medial epicondyle fractures of the humerus: how to evaluate and when to operate. J Pediatr Orthop. 2012;32 Suppl 1:S10-S13. doi:10.1097/BPO.0b013e31824b2530
4. Pathy R, Dodwell ER. Medial epicondyle fractures in children. Curr Opin Pediatr. 2015;27(1):58-66. doi:10.1097/MOP.0000000000000181
5. Gottschalk HP, Eisner E, Hosalkar HS. Medial epicondyle fractures in the pediatric population. J Am Acad Orthop Surg. 2012;20(4):223-232. doi:10.5435/JAOS-20-04-223
6. Beck JJ, Bowen RE, Silva M. What's New in Pediatric Medial Epicondyle Fractures?. J Pediatr Orthop. 2018;38(4):e202-e206. doi:10.1097/BPO.0000000000000902
7. Vergara-Amador E, Muñoz D, Vela Rodriguez F. Descripción anatómica del origen de los músculos flexores y pronadores en el epicóndilo medial del húmero. Rev Cubana Ortop Traumatol. 2013, 2725: 199-208.
8. Blount WP. Injuries about the elbow: fractures of the medial epicondyle. Fractures in Children. 1st edition. Baltimore: Williams & Wilkins; 1955: 55-61.
9. Hafilah NH, Ibrahim S, Sapuan J, Abdullah S. An elbow dislocation in a child with missed medial epicondyle fracture and late ulnar nerve palsy. J Pediatr Orthop B. 2010;19(5):459-461. doi:10.1097/BPB.0b013e32833b6032
10. Souder CD, Farnsworth CL, McNeil NP, Bomar JD, Edmonds EW. The Distal Humerus Axial View: Assessment of Displacement in Medial Epicondyle Fractures. J Pediatr Orthop. 2015;35(5):449-454. doi:10.1097/BPO.0000000000000306
11. Haxhija EQ, et al. Tratamiento de la lesión por avulsión apofisaria de la epitroclea en niños. Tec. Quir. Ortop. Traumatol. (ed. esp.) Vol. 16 núm. 3, 2007.
12. Edmonds EW, Santiago AC 2nd, Saul KR. Functional Loss With Displacement of Medial Epicondyle Humerus Fractures: A Computer Simulation Study. J Pediatr Orthop. 2015;35(7):666-671. doi:10.1097/BPO.0000000000000371
13. Watson-Jones R. Fractures of the elbow. In: Wilson N, editor. Watson-jones fractures and joint injuries. 5th ed. Edinburgh, London and New York: Churchill Livingstone; 1976.

14. Mehlman CT, Howard AW. Medial epicondyle fractures in children: clinical decision making in the face of uncertainty. *J Pediatr Orthop*. 2012;32 Suppl 2:S135-S142. doi:10.1097/BPO.0b013e31824bdb78
15. Pappas N, Lawrence JT, Donegan D, Ganley T, Flynn JM. Intraobserver and interobserver agreement in the measurement of displaced humeral medial epicondyle fractures in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(2):322-327. doi:10.2106/JBJS.I.00493
17. Stepanovich M, Bastrom TP, Munch J 3rd, Roocroft JH, Edmonds EW, Pennock AT. Does operative fixation affect outcomes of displaced medial epicondyle fractures?. *J Child Orthop*. 2016;10(5):413-419. doi:10.1007/s11832-016-0757-1
18. KKnapiak DM, Fausett CL, Gilmore A, Liu RW. Outcomes of Nonoperative Pediatric Medial Humeral Epicondyle Fractures With and Without Associated Elbow Dislocation. *J Pediatr Orthop*. 2017;37(4):e224-e228. doi:10.1097/BPO.0000000000000890
19. Cruz AI Jr, Steere JT, Lawrence JT. Medial Epicondyle Fractures in the Pediatric Overhead Athlete. *J Pediatr Orthop*. 2016;36 Suppl 1:S56-S62. doi:10.1097/BPO.0000000000000759
20. Josefsson PO, Danielsson LG. Epicondylar elbow fracture in children. 35-year follow-up of 56 unreduced cases. *Acta Orthop Scand*. 1986;57(4):313-315. doi:10.3109/17453678608994399
21. Tarallo L, Mugnai R, Fiacchi F, Adani R, Zambianchi F, Cattani F. Pediatric medial epicondyle fractures with intra-articular elbow incarceration. *J Orthop Traumatol*. 2015;16(2):117-123. doi:10.1007/s10195-014-0310-2
22. Kamath AF, Cody SR, Hosalkar HS. Open reduction of medial epicondyle fractures: operative tips for technical ease. *J Child Orthop*. 2009;3(4):331-336. doi:10.1007/s11832-009-0185-6
23. Pace GI, Hennrikus WL. Fixation of Displaced Medial Epicondyle Fractures in Adolescents. *J Pediatr Orthop*. 2017;37(2):e80-e82. doi:10.1097/BPO.0000000000000743
24. Farsetti P, Potenza V, Caterini R, Ippolito E. Long-term results of treatment of fractures of the medial humeral epicondyle in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2001;83(9):1299-1305. doi:10.2106/00004623-200109000-00001
25. Watson-Jones R. *Fractures and joint injuries*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1946.
26. Nussberger G, Schädelin S, Mayr J, Studer D, Zimmermann P. Treatment strategy and long-term functional outcome of traumatic elbow dislocation in childhood: a single centre study. *J Child Orthop*. 2018;12(2):129-135. doi:10.1302/1863-2548.12.170167
27. Souder CD, Farnsworth CL, McNeil NP, Bomar JD, Edmonds EW. The Distal Humerus Axial View: Assessment of Displacement in Medial Epicondyle Fractures. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(5):449-454. doi:10.1097/BPO.0000000000000306
28. R.W. Ramsey, M.J. Herman, © Springer International Publishing AG 2018, *Pediatric Elbow Fractures*, https://doi.org/10.1007/978-3-319-68004-0_7
29. Kamath AF, Cody SR, Hosalkar HS. Open reduction of medial epicondyle fractures: operative tips for technical ease. *J Child Orthop*. 2009;3(4):331-336. doi:10.1007/s11832-009-0185-6
30. Vergara-Amador E, Castellar Torres Y. Fracturas de epitroclea: serie de casos en un hospital pediátrico. *Rev Univ Ind Santander Salud*. 2019; 51(4): 343-348
31. Nielsen E, Andras LM, Skaggs DL. Quantifying the Location of the Radial Nerve in Children for Intraoperative Use. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(5):e292-e295. doi:10.1097/BPO.0000000000001157
32. Stevenson RA, Perry DC, Paediatric medial epicondyle fractures of the distal humerus, *Orthopaedics and Trauma* (2018). <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2018.07.014>
33. Sean Keyes. *Medial Epicondyle Fractures—To Fix or Not to Fix. Operative Techniques in Orthopaedics*. Volume 29, Issue 1, March 2019, Pages 17-22. <https://doi.org/10.1053/j.oto.2018.12.004>
34. Rigal J, Thelen T, Angelliaume A, Pontailleur JR, Lefevre Y. A new procedure for fractures of the medial epicondyle in children: Mitek(®) bone suture anchor. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2016;102(1):117-120. doi:10.1016/j.otsr.2015.09.035



CAPITULO 13 - Fractura Supracondílea de Húmero Distal

Pía Franz

Unni Narayanan

Matías Sepúlveda

13. Fractura supracondílea de húmero distal

Las fracturas supracondíleas de húmero son las más frecuentes alrededor del codo en pacientes menores de 7 años. El mecanismo habitual es una caída sobre la mano, con el codo en hiperextensión. Requiere, en un alto número de casos, de una resolución quirúrgica, mediante reducción cerrada y fijación percutánea con agujas de Kirschner, dado el escaso potencial de remodelación de las deformidades residuales resultantes sin tratamiento. Es importante reconocer los distintos patrones de fractura, tanto por su mecanismo como por el estudio radiológico, ya que esto permite un manejo adecuado, disminuyendo las complicaciones asociadas.

13.1 Introducción

Las fracturas supracondíleas de húmero distal son las más frecuentes del codo a edad pediátrica (75%), correspondiendo aproximadamente del 12-17% de todas las fracturas en edad pediátrica¹. Dan cuenta del 60% de las fracturas de húmero en esta población.

Se observan con mayor frecuencia en menores de 10 años, con una incidencia máxima entre los 5 a 7 años². La mayoría de las fracturas ocurren en el lado izquierdo o no dominante, y estudios recientes reportan una incidencia similar en hombres y mujeres³. Se asocian a lesiones neurovasculares hasta en un 5% de los casos, y a fracturas de radio distal ipsilateral hasta en un 10%.

Cabe destacar que hasta el 80% de las fracturas supracondíleas tendrán indicación de resolución quirúrgica para obtener un buen resultado funcional y estético, por lo que es fundamental reconocer los principios que guían estas indicaciones y las técnicas quirúrgicas que logren una estabilidad adecuada de una reducción lo más anatómica posible.

13.2 Mecanismo de lesión

La osificación del húmero distal es un proceso gradual, que involucra 4 núcleos de osificación⁴: cóndilo humeral lateral, que es visible radiológicamente entre los 1-12 meses de vida en niñas y 1-26 en niños, epitroclea, que aparece entre los 5-8 años en niñas y 7-9 años en niños, tróclea, visible entre los 7-11 años en niñas y 8-13 años en niños, y epicóndilo, el que se observa entre los 8-11 años en niñas y 9-13 años en niños. Los núcleos de osificación de epicóndilo, cóndilo y troclea se fusio-

nan desde los 10 años en niñas y 12 años en niños, conformando el húmero distal, el que completa su unión con la metafisis distal del húmero alrededor de los 12-14 años en niñas y 13-16 años en niños. Este patrón de osificación permite la existencia de múltiples lesiones en el húmero distal del paciente pediátrico, por lo que es fundamental su conocimiento (Figura 1).

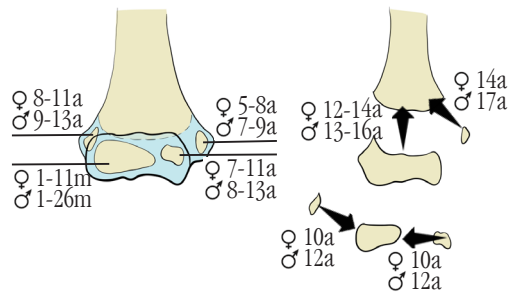


Figura 1. Núcleos de osificación del codo y edades aproximadas de unión.

La fractura supracondílea de húmero ocurre a este nivel porque la anatomía ósea del codo presenta un punto de debilidad a esta edad, dado por la fosa olecraneana y la fosa coronoides, las que presentan una pared ósea delgada, donde el olecranon realiza un fulcro. Por otro lado el húmero distal presentará, en la mayoría de los casos, una estructura principalmente cartilaginosa.

El mecanismo de lesión para una fractura supracondílea dependerá de la posición del codo al momento de la caída, y de la dirección hacia donde se desplaza el cuerpo al caer. De esta forma se dividen en fracturas con el codo en extensión, que son las más frecuentes (98%), y fracturas en flexión (2%).

Las fracturas supracondíleas en extensión ocurren cuando el niño cae con la mano extendida, y el codo realiza una hiperextensión, siendo el olécranon forzado hacia la fosa olecraneana. Este fulcro resulta en una fractura sobre la fosa olecraneana, con un fragmento distal desplazado hacia posterior y proximal. En el caso de que el peso del cuerpo se desplace en rotación externa sobre el codo bloqueado en extensión, el fragmento proximal daña el periostio por lateral, resultando en un desplazamiento posteromedial del fragmento distal (Figura 2). Si el peso del cuerpo cae en rotación interna hacia posterior, el fragmento proximal provocará un daño del periostio por medial, resultando en un desplazamiento posterolateral del fragmento distal. Esta consideración tiene especial relevancia al momento de realizar las maniobras de reducción y elegir el método de fijación más adecuado.



Figura 2. Radiografía de codo izquierdo con una fractura supracondílea en extensión, con desplazamiento del fragmento distal hacia posteromedial.

La fractura supracondílea con el codo en flexión (2%), ocurre cuando el paciente cae golpeando directamente el olécranon contra el piso, el cual empuja el fragmento distal hacia anterior³ (Figura 3).



Figura 3. Radiografías de codo izquierdo con una niña de 10 años, con una fractura supracondílea de húmero, en flexión.

13.3 Diagnóstico

Esta lesión debe considerarse ante un paciente que presente el antecedente de una caída y mecanismo acorde, con dolor, edema y limitación de movilidad a nivel del codo. Como en todo trauma pediátrico, es vital estar alerta a las características en la historia que puedan hacer sospechar de una lesión no accidental, incluido un retraso en la búsqueda de atención médica, relatos inconsistentes del mecanismo, y comportamiento anormal del menor o de los cuidadores.

Un examen físico cuidadoso, evitando generar mayor dolor, y detallado, es fundamental para determinar el mecanismo y las posibles lesiones asociadas. Habitualmente se observa deformidad del codo por edema, aumento de volumen, dolor y disminución de rango de movimiento.

A nivel de partes blandas, se debe buscar dirigidamente la presencia de heridas o abrasiones, umbilicaciones de la piel que impliquen el paso de un fragmento óseo a través del músculo braquial, y la ubicación de hematomas, los que nos guiarán hacia donde se produjo el mayor daño, incluyendo el daño del periostio y la dirección del desplazamiento del fragmento distal. Por ejemplo, ante la presencia de un hematoma por anteromedial, el fragmento distal probablemente se habrá desplazado hacia posterolateral (Figura 4).



Figura 4. Imagen clínica de un brazo con hematoma por medial en codo izquierdo, producto de una fractura supracondílea en extensión con desplazamiento posterolateral.

Se debe descartar la presencia de otras fracturas en la extremidad superior, siendo las más frecuentemente asociadas las de radio distal y las de antebrazo. Estas últimas presentan un mayor riesgo de desarrollar síndrome compartimental, por lo que

es de vital importancia su diagnóstico oportuno y tratamiento. Alrededor del 12-20% de las lesiones desplazadas se asocian con un déficit neurológico, siendo el nervio interóseo anterior, rama motora del nervio mediano, el afectado con mayor frecuencia al ser traccionado en un desplazamiento postero-medial, seguido del nervio radial, principalmente por un desplazamiento posterolateral, y el nervio ulnar en mecanismos de flexión⁵. La función sensitiva y motora de cada nervio debe examinarse individualmente.

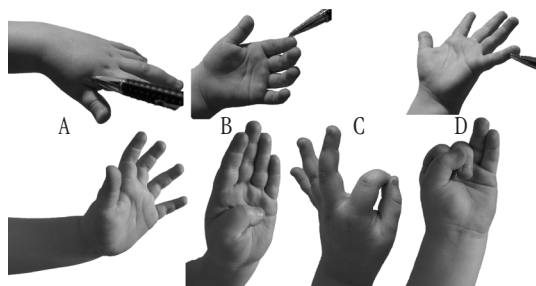


Figura 5. Imágenes de examen neurológico a nivel de la mano. Evaluación sensitiva y motora de nervio radial (A), mediano (B), interóseo anterior (C, sólo motor) y ulnar (D).

Para la evaluación del nervio radial buscaremos sensibilidad en el primer espacio interdigital y la movilidad con la extensión de muñeca y los dedos. El nervio mediano lo evaluamos sensitivamente en el borde radial del dedo índice y su función motora con la aducción del pulgar a la palma de la mano. El nervio interóseo anterior lo evaluamos pidiéndole al paciente que realice el signo "OK", con los dedos restantes en extensión. Finalmente el nervio ulnar lo evaluamos sensitivamente en el borde ulnar del dedo meñique, y la función motora realizando la extensión y flexión de anular y meñique, o la flexión de interfalángica distal del meñique (Figura 5).

Es fundamental la evaluación mediante la observación de las actividades del paciente, debiendo repetirse el examen físico de ser necesario. En general el déficit neurológico identificado en el momento de la lesión es temporal y se resuelve en 6-12 semanas. Sin embargo, un cambio en el examen neurológico postoperatorio es más preocupante, y puede indicar que el nervio afectado se lesionó durante la manipulación, o que está atrapado en el sitio de la fractura. En estos casos puede ser necesaria la exploración quirúrgica del nervio para evitar una lesión nerviosa permanente⁶.

Es importante constatar el estado vascular de la extremidad, palpando el pulso radial. Sin embargo, la perfusión de la mano es un mejor indicador de severidad ante una lesión. En la mayoría de los niños, el flujo colateral abundante hacia el antebrazo y la mano se origina proximal al sitio de la fractura,

por medial a través de la arteria recurrente cubital y la arteria colateral cubital, y por lateral a través de la arteria recurrente radial y la arteria recurrente interósea (Figura 6). A pesar de la ausencia de pulso radial como resultado de una lesión o espasmo de la arteria braquial en el sitio de la fractura, la mano puede estar bien perfundida. Los indicadores clínicos de perfusión distal incluyen llene capilar menor a dos segundos, extremidad tibia y de color rosado. El menor con una extremidad isquémica puede experimentar dolor significativo en el antebrazo, pérdida de la función motora, dolor con la extensión pasivo de los dedos y/o parestesias. El estado vascular de la extremidad lesionada se clasifica como: normal, sin pulso con una mano rosada, y disvascular, que se describe como sin pulso con una mano blanca. La fractura supracondílea con mano disvascular constituye una urgencia quirúrgica⁷.

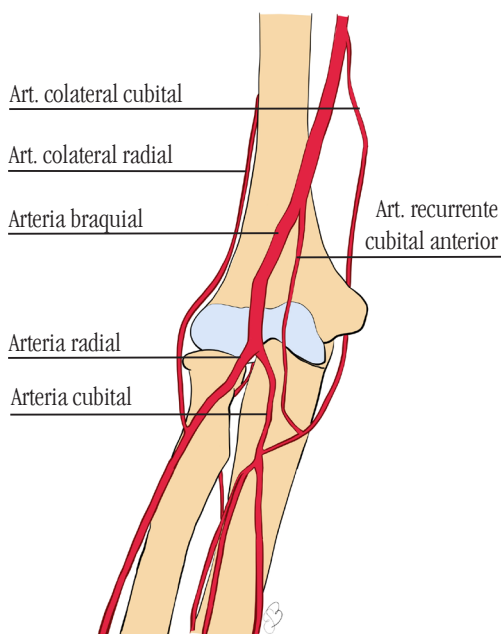


Figura 6. Irrigación a nivel del codo derecho, en vista anterior.

El estudio imagenológico para esta lesión consiste en radiografías de codo en proyecciones anteroposterior y lateral, siendo esta última la que habitualmente nos entregará mayor información. Estas imágenes nos permitirán el diagnóstico, clasificación y guiarán el manejo posterior.

En la radiografía en plano anteroposterior (AP) encontraremos una pérdida de la anatomía, en el caso de fracturas desplazadas, mientras que en las no desplazadas habitualmente veremos el rasgo de fractura. El desplazamiento lo podemos definir como medial, con daño del periostio por lateral en el foco de fractura, o lateral, con daño de periostio por medial.

El ángulo de Baumann, que se forma entre el eje longitudinal de la diáfisis humeral y una línea a lo largo de la fisis del cóndilo humeral, también debe medirse. Aunque es una medida de alineación del plano coronal del húmero distal, no es muy fiable y debe utilizarse con precaución. Este ángulo es muy sensible a la posición del codo cuando se toma la radiografía, y existe una amplia variación en codos normales, de 64° a 81° (Figura 7).



Figura 7. Radiografía AP de un codo derecho. Medición de ángulo de Baumann, entre eje longitudinal del húmero y línea fisiaria cóndilo lateral.

En la radiografía en plano lateral deberemos buscar la indemnidad de la paleta humeral, lo que se aprecia como un “reloj de arena”, demostrando continuidad de las corticales (Figura 8). Debemos observar que la línea humeral anterior intersecte el capitellum por el centro. De no ser así, tendremos un desplazamiento en bisagra, anterior o posterior. El desplazamiento posterior del fragmento distal, como ocurre en las lesiones en

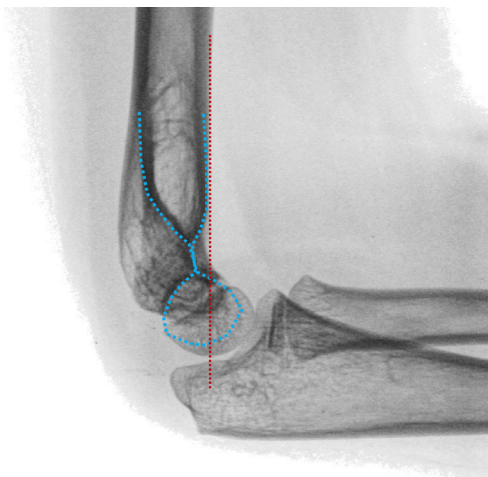


Figura 8. Radiografía lateral de codo. Se evalúa la continuidad de las corticales de la paleta humeral (línea azul) y que línea humeral anterior debe atravesar por capitellum (línea roja).

extensión, hace que el capitellum se ubique posterior a la línea humeral anterior (Figura 8), ocurriendo lo contrario en las fracturas con mecanismo de flexión. En el caso de no encontrar gran desplazamiento, pero si evidencia de rotación significativa del fragmeno distal, debemos considerar la presencia de una fractura en flexión.

En aquellas fracturas ocultas podremos ver el signo de la almohadilla grasa, que corresponde a la elevación de la grasa a nivel de la fosa olecraneana, por la presencia de hematoma, lo que podemos encontrar en las fracturas intracapsulares a nivel del codo.

Estas proyecciones también nos ayudaran a descartar diagnósticos diferenciales tales como fractura de cóndilo humeral y fractura del cuello del radio, entre otras.

13.4 Clasificación

Kocher (1896) clasificó las fracturas supracondíleas según su mecanismo lesional, en fracturas en extensión (96%) y en flexión (4%).

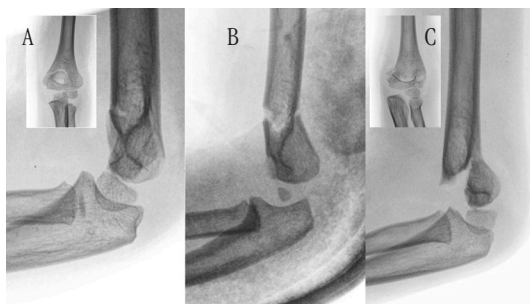


Figura 9. Clasificación según Gartland para fractura supracondílea en extensión. Tipo 1, incompleta sin desplazamiento (A), Tipo 2, incompleta con bisagra anterior (B), Tipo 3, completa (C).

La clasificación de Gartland⁷ es el sistema más usado para describir las fracturas supracondíleas de tipo extensión (Figura 9). Las tipo 1 corresponden a fracturas incompletas sin desplazamiento, las tipo 2 a fracturas incompletas con una bisagra anterior, y las tipo 3 a fracturas completas, con mayor desplazamiento.

Wilkins⁸ modificó la clasificación de Gartland, dividiendo las fracturas en los subtipos A y B. Las fracturas de tipo 1A son las fracturas sin compresión, mientras que las 1B son las que presentan compresión de la columna medial, con deformidad en varo. Las tipo 2A presentan angulación hacia posterior, mien-

tras que las 2B presentan angulación hacia posterior y desaje frontal. Las 3A corresponden a fracturas con desplazamiento del fragmento distal hacia posteromedial (75-90%), y las 3B presentan desplazamiento hacia posterolateral.

Distinguir entre los subtipos permite al cirujano predecir qué fracturas se pueden manejar con éxito con reducción y yeso, y cuáles requieren reducción y fijación.

Leitch⁹ propuso la adición de una fractura tipo IV a la clasificación de Gartland. Estas son inestables tanto en flexión como en extensión debido a la pérdida completa de una bisagra perióstica, presentando gran desplazamiento e inestabilidad multidireccional. Estas fracturas se producen como resultado del trauma o por una fuerza de flexión excesiva aplicada durante la maniobra de reducción cerrada.

Las fracturas en flexión se pueden clasificar en tipo I o fracturas no desplazadas, tipo II con mínimo desplazamiento, con cortical anterior indemne, y las tipo III como desplazadas.

13.5 Tratamiento

Los objetivos son reestablecer la anatomía del codo, con función y aspecto normales, mediante el método más seguro y fácil de reproducir.

Las fracturas tipo 1, tanto las en flexión como las en extensión, pueden tratarse con inmovilización con yeso braquiomano, en 90° de flexión y antebrazo en neutro, por 3 semanas. Tras el retiro, el paciente habitualmente presenta rigidez articular de codo, la que se recuperará progresivamente en 4-6 semanas, sin necesidad de asistencia para su rehabilitación.

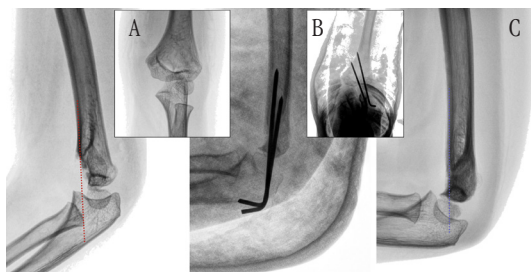


Figura 10. Fractura tipo Gartland 2 en extensión. Se aprecia que línea humeral anterior (roja) no corta capitellum (A). Se realiza reducción cerrada y estabilización con 2 agujas Kirschner desde lateral (B). Control radiológico a los 2 meses de operado, con corrección adecuada de eje (C).

Para las fracturas en extensión tipo 2, se recomienda evaluar el grado de angulación y desplazamiento mediante el porcentaje de corte del capitellum por la línea humeral anterior. Si esta línea corta más de un 30% del capitellum, podemos realizar manejo conservador, similar a las tipo 1. Si no es así, se sugiere realizar una reducción cerrada bajo anestesia y estabilización con 2 agujas de Kirschner percutáneas (1,6 - 2 mm, dependiendo del tamaño del paciente), desde lateral, con el fin de evitar una deformidad en extensión del codo (Figura 10). Si bien las fracturas tipo 2 pueden ser tratadas en forma conservadora con yeso braquiomano sin fijación con agujas de Kirschner, se debe evaluar radiográficamente en una semana para comprobar que se mantiene la posición de los fragmentos. Por este motivo algunos cirujanos prefieren fijar estas fracturas.

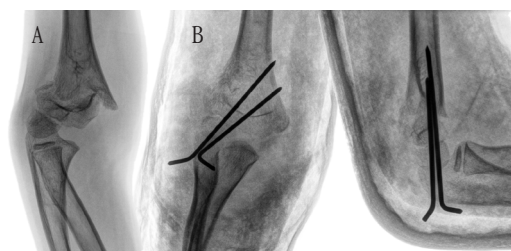


Figura 11. Fractura tipo Gartland 3 en extensión (A). Se realizó reducción cerrada y fijación con 2 agujas de Kirschner desde lateral, divergentes (B).

Para las tipo 3, 4 o desplazadas en flexión, el tratamiento será quirúrgico, mediante reducción cerrada bajo anestesia y estabilización con 2 (Figura 11) o 3 agujas de Kirschner percutáneas (Figura 12).

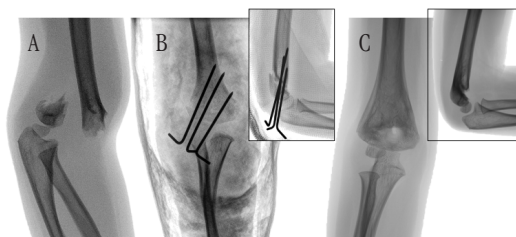


Figura 12. Fractura tipo Gartland 3 en extensión (A). Se realizó reducción cerrada y fijación con 3 agujas Kirschner desde lateral (B). Control radiológico a los 3 meses demuestra fractura consolidada, en eje (C).

Ocasionalmente las agujas de Kirschner pueden ser en configuración cruzada, una desde la cara medial y otras desde la cara lateral del codo, especialmente en rasgos oblicuos, altos por medial, no posibles de fijar con agujas solo desde lateral (Figura 13).

Se recomienda el uso de configuraciones con las agujas desde lateral, evitando el uso de agujas desde medial, ya que se asocia a un 6% de lesión iatrogénica de nervio ulnar¹⁰.

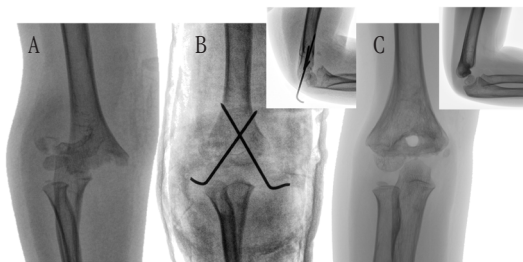


Figura 13. Fractura supracondílea tipo Gartland 3 en extensión (A). Se decidió el uso de agujas de Kirschner en configuración cruzada, para su reducción y estabilización (B). Control a los 3 meses con eje adecuado (C).

Es fundamental buscar una reducción cerrada con el fin de no dañar la irrigación de la paleta humeral, además de evitar la rigidez articular asociada a una reducción abierta. En los casos complejos, como fracturas altamente inestables, rasgos oblicuos invertidos, conminutos o en flexión, podemos utilizar un fijador externo lateral¹¹ para estabilizar aquellas fracturas en que no se logra una reducción anatómica, y de esta forma evitamos la exploración abierta del codo (Figura 14).

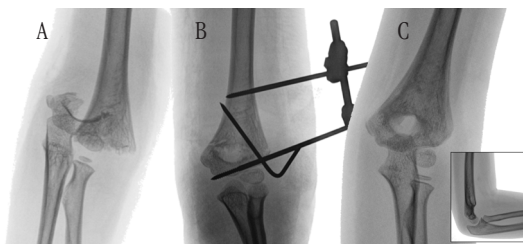


Figura 14. Fractura supracondílea tipo Gartland 3 en extensión (A). Dado alta inestabilidad se requirió el uso de técnica de fijador externo para su reducción y estabilización (B). Control a los 3 meses con eje adecuado (C).

En un caso que se asocie a compromiso vascular, con ausencia de pulso radial, si tenemos una buena perfusión distal, se recomienda la reducción y estabilización, para luego mantener al paciente en observación por al menos 24 horas, ya que se reporta sobre el 95% de recuperación de la perfusión distal tras la reducción de la fractura. Si por el contrario no tenemos una buena perfusión distal, evidenciado una mano pálida con disminución del llene capilar, se recomienda la exploración quirúrgica inmediata una vez estabilizada la fractura¹².

Técnica quirúrgica para la reducción y fijación con agujas percutáneas de una fractura supracondílea en extensión.

El paciente se posiciona con la extremidad sobre el mismo equipo de radioscopia, o en casos altamente inestables, sobre una mesa lateral, con el fin de girar el equipo de radioscopia alrededor del codo para evaluar la proyección lateral, evitando desplazamientos de la reducción.

Se verifica bajo radioscopia el desplazamiento de los fragmentos. El mecanismo de lesión nos ayudará a comprender en que parte de la paleta humeral se produjo el daño principal del periostio, el cuál en su segmento indemne nos servirá de banda de tensión al momento de realizar la reducción cerrada.

Si existe invaginación del fragmento proximal en la fascia braquial, se realiza una maniobra “de ordeña”, buscando reducirlo. Posteriormente mantenemos una tracción en eje por un período de 3-5 minutos. De esa forma recuperaremos el desplazamiento hacia proximal del fragmento distal, por contractura muscular refleja.

Se continúa buscando el alineamiento de los fragmentos en el plano frontal, mediante traslación, bajo tracción longitudinal. Finalmente alineamos el plano lateral, presionando desde el olecranon hacia anterior, pronando el antebrazo, a medida que flectamos el codo. Para evaluar la reducción en el plano lateral, rotamos a externo el hombro, con el codo en flexión máxima.

Es importante para la reducción cerrada estable con agujas de Kirschner que se logre un contacto óseo adecuado, con un máximo de 10 grados de rotación de los fragmentos, para evitar el colapso en varo.

Una vez reducida la fractura, la fijamos en su posición con 2 o 3 agujas divergentes, desde la cara lateral del codo. Estas agujas deben cumplir las siguientes recomendaciones para lograr mayor estabilidad: ser de un diámetro adecuado (1,6-2 mm), fijar las columnas lateral y medial, entrar en la base del capitellum, suficientemente separadas a nivel de la fractura, y que traspasen las dos corticales⁹.

Se debe verificar la estabilidad de la reducción con fluoroscopia en 4 proyecciones: anteroposterior, lateral, oblicua interna y oblicua externa, buscando continuidad de las corticales del húmero (Figura 15). Los criterios de reducción apropiada incluyen continuidad de las columnas medial y lateral en las proyecciones oblicuas, ángulo de Baumann mayor de 70 gra-

dos, y que la línea humeral anterior intersecte el capitellum. El codo debe extenderse para confirmar clínicamente un ángulo de transporte en leve valgo y similar al lado no lesionado. Bajo radioscopia continua se puede verificar la estabilidad bajo maniobras de flexo-extensión y rotación interna del antebrazo^R. Una vez comprobada una reducción estable, se protege el codo con una valva de yeso braquiomano.

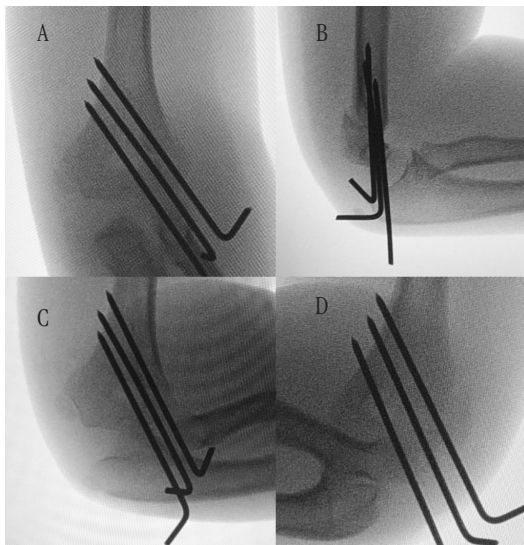


Figura 15. Verificación intraoperatoria de una reducción anatómica. Se evalúa plano anteroposterior (A), Lateral (B), Oblicua externa verificando cortical medial (C) y oblicua interna verificando cortical lateral (D).

De esta forma obtendremos un resultado satisfactorio, con consolidación a las 3 semanas, momento de retiro del yeso y de las agujas de Kirschner percutáneas, lo que se realiza en el box de atención. El rango de movimiento normal del codo se recupera alrededor de los 2 meses, habitualmente sin necesidad de rehabilitación.

13.6 Complicaciones

La mal unión en “Cúbito Varo” es una de las complicaciones más frecuentes en el manejo de las fracturas supracondíleas. Se reporta una incidencia de 2-3%, y puede presentarse tanto tras el tratamiento conservador como quirúrgico. Se asocia a una impactación de la columna medial mayor a 10°, a una reducción quirúrgica inadecuada, a una pérdida de ésta, y en casos más raros a lesiones fisurias.

Esta deformidad típicamente es indolora y no afecta el movimiento del codo. Con el tiempo puede asociarse a inestabilidad posterolateral tardía del codo, dada por el desplazamiento

medial del eje mecánico del codo, lo que resulta en fuerzas asimétricas del tríceps que provocan una atenuación lenta del ligamento colateral lateral¹³.

Se debe considerar la osteotomía correctora en pacientes con cúbito varo residual importante después de fracturas supracondíleas del codo. La deformidad estética y la posibilidad de inestabilidad rotatoria posterolateral deben discutirse con los padres. En general la cirugía se realiza luego de un año posterior a la lesión, cuando el rango de movimiento del codo ha dejado de mejorar, y cuando el paciente tenga edad suficiente para cooperar con las instrucciones posoperatorias. Se describen múltiples alternativas para esto, como realizar una osteotomía en cuña de cierre lateral y fijación con un fijador externo (Figura 16)¹⁴. Técnicas como la osteotomía en cúpula o la osteotomía escalonada puede ser necesaria en pacientes con deformidades rotatorias o del plano sagital graves.

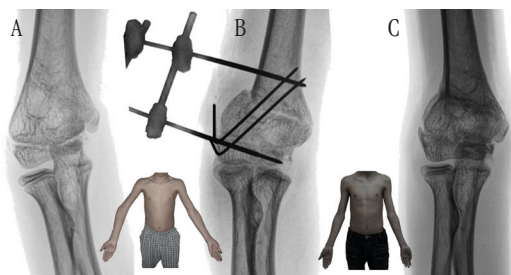


Figura 16. Paciente de 11 años con cúbito varo secundario a fractura supracondílea (A). Se realizó osteotomía en cuña cerrada y estabilización con fijador externo lateral (B), que se mantiene por 5 semanas. Control consolidado a los 3 meses, con eje de transporte corregido (C).

El síndrome compartimental es una complicación rara de la fractura supracondílea (0,3%), pero con consecuencias devastadoras, como la contractura isquémica de Volkmann, la que lleva a un déficit funcional permanente. Ocurre más comúnmente por hiperflexión del codo durante la inmovilización con yeso, cuando está hiperflexión es necesaria para mantener la reducción de la fractura. Este es uno de los motivos por lo que se recomienda la fijación percutánea con agujas de Kirschner en estos casos, ya que el codo puede ser inmovilizado levemente extendido, reduciendo este riesgo. El síndrome compartimental es más común en aquellos pacientes con codo flotante y en lesión neurovascular asociada.

Los signos y síntomas tradicionales asociados con el síndrome compartimental en adultos no son indicadores confiables de la evolución de la condición en pacientes pediátricos. En ellos, se debe sospechar frente a las “3A”: Ansiedad, Agitación y necesidades crecientes de Analgésicos¹⁵. Es por tanto importante la

observación hospitalizado durante 12-24 horas después de una cirugía compleja, para permitir su detección temprana. Los controles neurovasculares y la vigilancia de signos y síntomas de aumento del dolor deben ser frecuentes ante escenarios en donde el riesgo de síndrome compartimental esté aumentado. El tratamiento consistirá en una fasciotomía palmar del antebrazo, realizada a través de un abordaje extensible, desde el codo hasta la muñeca.

Las lesiones iatrogénicas neurológicas, particularmente del nervio ulnar, se asocian a la inserción de agujas de Kirschner por medial. Es importante realizar un mini abordaje abierto previo a su inserción, para disminuir los riesgos de esta lesión. El codo debe ser extendido cuando se requiere insertar una aguja de Kirschner desde la cara medial del codo, para que el nervio ulnar se desplace a posterior, fuera del trayecto de la misma. Las lesiones del nervio mediano se asocian a la inserción de agujas por lateral. En general se observa al paciente hasta lograr la recuperación espontánea, la que se logra en el 80% de los casos a los 6-12 meses. En el caso de un signo de Tinel positivo, dolor neuropático o parálisis nerviosa completa, se debe considerar la exploración quirúrgica.

13.7 Mensaje final

Las fracturas supracondíleas de húmero distal son una situación compleja, que genera gran interés entre los cirujanos traumatólogos pediátricos, tanto por su frecuencia, como por la importancia de restaurar la anatomía con el tratamiento elegido, dado el escaso potencial de remodelación de la zona. Es así como un diagnóstico adecuado, basado en un estudio imagenológico y los signos clínicos descritos, nos permitirán tomar una correcta decisión al momento de plantear el tratamiento.

La técnica de reducción cerrada permite lograr una anatomía adecuada en la gran mayoría de los casos. De esta forma se evitará problemas estéticos y funcionales secundarios.

La estabilización de estas lesiones es posible de lograr con un riesgo menor, con agujas de Kirschner percutáneas desde la cara lateral. Esto es apoyado por la rápida consolidación de la zona, pudiendo ser retiradas en forma ambulatoria a las 3 semanas.

Sin duda una reducción lo más anatómica posible, con una buena fijación, es fundamental para evitar una secuela de cúbito varo, frecuentemente asociada a esta lesión.

13.8 Referencias

1. Khoshbin A, Leroux T, Wasserstein D, et al. The epidemiology of paediatric supracondylar fracture fixation: a population-based study. *Injury*. 2014;45(4):701-708. doi:10.1016/j.injury.2013.10.004
2. Omid R, Choi PD, Skaggs DL. Supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(5):1121-1132. doi:10.2106/JBJS.G.01354
3. Cheng JC, Lam TP, Maffulli N. Epidemiological features of supracondylar fractures of the humerus in Chinese children. *J Pediatr Orthop B*. 2001;10(1):63-67.
4. Procell Villalobos CR, Cassis Zacarías N, Juárez Rojas CS, Cárdenas Turrent MB. Aparición de los centros de osificación en el codo en niños mexicanos entre los 6 meses y los 12 años de edad [Order of appearance of ossification centers in the elbow of Mexican children between 6 months and 12 years old]. *Acta Ortop Mex*. 2008;22(6):347-349.
5. Campbell CC, Waters PM, Emans JB, Kasser JR, Millis MB. Neurovascular injury and displacement in type III supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop*. 1995;15(1):47-52. doi:10.1097/01241398-199501000-00011
6. Badkoobehi H, Choi PD, Bae DS, Skaggs DL. Management of the pulseless pediatric supracondylar humeral fracture. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(11):937-943. doi:10.2106/JBJS.N.00983
7. Harris LR, Arkader A, Broom A, et al. Pulseless Supracondylar Humerus Fracture With Anterior Interosseous Nerve or Median Nerve Injury-An Absolute Indication for Open Reduction?. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(1):e1-e7. doi:10.1097/BPO.0000000000001238
7. GARTLAND JJ. Management of supracondylar fractures of the humerus in children. *Surg Gynecol Obstet*. 1959;109(2):145-154.
8. Wilkins KE, Beaty JH, Chambers HG, Toniolo RM. Fractures and Dislocations of the Elbow Region. Rockwood CA, Wilkins KE, Beaty J, eds. *Fractures in Children*. Vol 4. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins; 1996: 653-904
9. Leitch KK, Kay RM, Femino JD, Tolo VT, Storer SK, Skaggs DL. Treatment of multidirectionally unstable supracondylar humeral fractures in children. A modified Gartland type-IV fracture. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(5):980-985. doi:10.2106/JBJS.D.02956
10. Dekker AE, Krijnen P, Schipper IB. Results of crossed versus lateral entry K-wire fixation of displaced pediatric supracondylar humeral fractures: A systematic review and meta-analysis. *Injury*. 2016;47(11):2391-2398. doi:10.1016/j.injury.2016.08.022

11. Slongo T, Schmid T, Wilkins K, Joeris A. Lateral external fixation--a new surgical technique for displaced unreducible supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(8):1690-1697. doi:10.2106/JBJS.G.00528
12. Shah AS, Waters PM, Bae DS. Treatment of the "pink pulseless hand" in pediatric supracondylar humerus fractures. *J Hand Surg Am.* 2013;38(7):1399-1404. doi:10.1016/j.jhsa.2013.03.047
13. McKee MD, Kim J, Kebaish K, Stephen DJ, Kreder HJ, Schemitsch EH. Functional outcome after open supracondylar fractures of the humerus. The effect of the surgical approach. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82(5):646-651. doi:10.1302/0301-620x.82b5.10423
14. Slongo T. Behandlung des posttraumatischen Cubitus varus bei Kindern und Jugendlichen. Suprakondyläre Humerusosteotomie mit radialem Fixateur externe [Treatment of posttraumatic cubitus varus in children and adolescents. Supracondylar humeral osteotomy using radial external fixation]. *Oper Orthop Traumatol.* 2015;27(3):194-209. doi:10.1007/s00064-015-0403-y
15. Badkoobehi H, Choi PD, Bae DS, Skaggs DL. Management of the pulseless pediatric supracondylar humeral fracture. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(11):937-943. doi:10.2106/JBJS.N.00983



CAPITULO 14 - Luxofractura de Monteggia

Alejandro Baar

Jamil F. Soni

14. Luxofractura de Monteggia

La luxofractura de Monteggia es una lesión poco frecuente, pero con consecuencias funcionales graves si no se diagnostica y trata oportunamente. Corresponde a una fractura de la ulna asociado a luxación radio-humeral. La clasificación de Bado es la más utilizada, permite explicar el mecanismo y orientar en el tratamiento. En la etapa aguda, es fundamental hacer el diagnóstico oportunamente y reducir la fractura de ulna, con lo que se logra, a su vez la reducción de la articulación radio-humeral. En ocasiones, se hace necesario el uso de osteosíntesis para estabilizar la fractura de ulna. Aquellos casos que se presentan tardíamente, son un desafío para el traumatólogo pediátrico, y requiere del uso de técnicas de reconstrucción, siendo la osteotomía de la ulna necesaria en la mayoría de los casos.

14.1 Introducción

La luxofractura de Monteggia fue descrita en 1814 por Giovanni Batista Monteggia, como una fractura de la ulna, generalmente en el extremo proximal, asociado a una disociación de la articulación radio-ulnar proximal, con una consecuente luxación de la articulación radio-capitelar⁽¹⁾. Esta lesión corresponde a menos del 1% de todas las fracturas del antebrazo pediátrico, y afecta preferentemente al grupo comprendido entre los 4-10 años de edad⁽²⁾. A pesar de su baja frecuencia, se trata de lesiones complejas que pueden dejar secuelas graves de no ser identificadas y tratadas a tiempo. El diagnóstico puede ser difícil de realizar, reportándose una tasa de error en hasta un 50% de los casos, especialmente cuando la luxación se asocia a una deformidad plástica o fractura en tallo verde de la ulna, que puede pasar desapercibida^(3,4). Además, se ha reportado que hasta en un 20% de los casos se produce pérdida de la reducción original⁽⁵⁾.

14.2 Clasificación

Bado⁽⁶⁾ ha propuesto una clasificación en 4 tipos, basada en la dirección del desplazamiento de la cabeza radial y angulación de la ulna. Esto ayuda a entender el mecanismo y permite orientar al manejo de la lesión (Figura 1).

Las Tipo I son las más frecuentes en niños (70-75%), mientras que las tipo II son las más frecuentes en adultos, pero muy raras en población pediátrica (6%). Las tipo III le siguen en frecuencia a las tipo I y las tipo IV son aún menos frecuentes. Además de estos 4 tipos clásicos, se han descrito nuevas lesiones "Equivalentes de Monteggia". Ejemplos de esto son la luxación aislada de cúpula radial, y la fractura asociada de ulna y de cuello radial, entre otras.

Letts⁽⁷⁾ propuso una clasificación específica para las lesiones de Monteggia pediátricas, dividiéndolas en 5 tipos: A, B y C presentan luxación anterior de cúpula radial; D, presenta luxación posterior, y E, con luxación lateral (Figura 2).

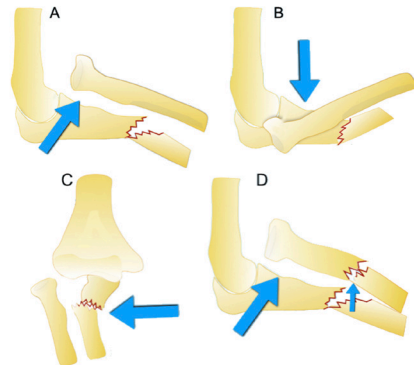


Figura 1: Clasificación de Bado de las luxofracturas de Monteggia. A) Tipo I, con luxación anterior del radio y fractura ulnar con ápex volar; B) Tipo II, con luxación posterior del radio y fractura ulnar con ápex dorsal; C) Tipo III, luxación lateral del radio, con fractura ulnar con ápex lateral (Varo); D) Tipo IV, luxación anterior del radio junto a fractura proximal de radio y Ulna.

Finalmente, Ring, Jupiter y Waters⁽⁸⁾ consideran las lesiones de Monteggia como una luxación radio-ulnar proximal asociada a una fractura de antebrazo. Según los autores, lo más determinante para el tratamiento es la fractura ulnar, por sobre la dirección de la luxación de la cúpula radial.

14.3 Mecanismo de lesión

Dependiendo del mecanismo, habrán distintos tipos de lesión, de acuerdo a lo descrito por Bado. Para las tipo I se proponen 3 mecanismos: 1, trauma directo en borde posterior de ulna; 2, hiperpronación; y 3, hiperextensión, siendo este el más aceptado. Las tipo II, de acuerdo a los estudios experimentales de Penrose⁽⁹⁾, ocurren cuando el antebrazo recibe carga longitudinal con el codo en 60° de flexión. Las tipo III son resultado

de fuerzas en varo, mientras que las tipo IV son resultado del antebrazo en hiperpronación.

Conocer la anatomía del antebrazo, especialmente en su porción proximal, es muy importante al momento de enfrentarse a las lesiones de Monteggia. La estabilidad de la articulación radio-capitelar se debe a la reciprocidad de superficie cóncava de la cabeza radial con la superficie convexa del capitelum. Por otra parte, la geometría ósea de la articulación radio-ulnar proximal (ARUP) proporciona una estabilidad mínima.

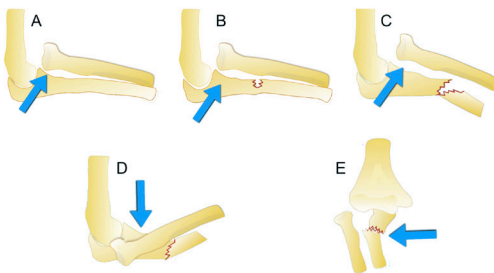


Figura 2: Clasificación de Letts de las lesiones de Monteggia. Las tipo A, B y C se corresponden con la tipo I de Bado. A) Luxación anterior del radio con deformación plástica del radio; B) Luxación anterior del radio con fractura en tallo verde de ulna; C) Luxación anterior del radio con fractura completa de ulna; D) Luxación posterior del radio con fractura de ápex dorsal ulna (se corresponde con la tipo II de Bado); E) Luxación lateral de radio y fractura con ápex lateral de ulna (corresponde a Bado III).

La cabeza radial es elíptica en sección transversal. En supinación, el eje largo de la elipse es perpendicular al cúbito proximal, lo que hace que el ligamento anular y la porción anterior del ligamento cuadrado se tensen, estabilizando la ARUP (Figura 3). La forma arqueada del radio permite lograr la rotación completa del antebrazo mientras se mantiene la estabilidad en las articulaciones ARUP y radio-ulnar distal (ARUD). Con el radio en supinación, su forma arqueada tensa el cordón oblicuo y el ligamento interóseo, aumentando así la estabilidad de la ARUP.

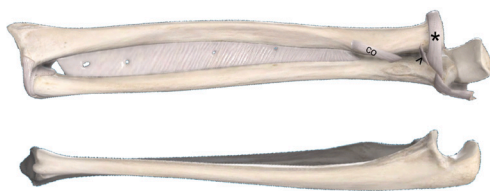


Figura 3: Anatomía osteo-ligamentosa del antebrazo proximal. El asterisco marca el ligamento anular. La punta de flecha indica el ligamento cuadrado. CO corresponde a la cuerda oblicua.

Las fuerzas musculares deformantes principales son los músculos bíceps braquial y ancóneo. Finalmente, es importante recordar los ligamentos que componen ARUP: El ligamento anular, que es el principal estabilizador de la ARUP, el ligamento cuadrado, cuyos bordes anterior y posterior se tensan en supinación y pronación extrema, respectivamente, y el ligamento de Weitbrecht o cuerda oblicua, presente sólo en 50% de los antebrazos, y cuya función estabilizadora es discutida (Figura 4).



Figura 4: Articulación radio-ulnar proximal. El asterisco demarca al ligamento anular. La punta de flecha indica el ligamento cuadrado. CO corresponde a la cuerda oblicua. Las flechas rojas demuestran que el diámetro transversal de la cabeza del radio es mayor al antero-posterior.

14.4 Diagnóstico

Dependiendo del grado de desplazamiento, las manifestaciones clínicas de una lesión de Monteggia pueden ser más o menos evidentes. Los signos de una fractura (dolor, deformidad, movilidad patológica, impotencia funcional, aumento de volumen y/o equimosis) están presentes. Es fundamental el examen neurovascular de la extremidad, en especial la función del nervio interóseo posterior, evaluando la extensión del pulgar y la extensión metacarpo-falángica de los dedos, cuya lesión ocurre con mayor frecuencia en las lesiones tipo III.

El estudio radiológico del antebrazo debe siempre incluir la articulación del codo y la muñeca. Una luxación radio-capitelar aislada es muy poco frecuente, y debe alertar al médico de una posible fractura de la ulna, que pudiera ser del tipo deformación plástica. Asimismo, una fractura aislada de la ulna, debe hacer sospechar de una luxación radio-capitelar.

Característicamente, una línea medio diafisaria trazada en el radio debe proyectarse siempre en el centro del capitelum, en todo el rango de movimiento del codo. La pérdida de esta relación, debe alertar al médico respecto a una lesión de Monteggia.

Lamentablemente, hasta 1/3 de las luxofracturas de Monteggia no diagnosticadas pueden evolucionar con dolor, limitación y restricción de movimiento (principalmente flexión y supinación), rigidez de codo, deformidad, pérdida de fuerza, neuropatía tardía y artrosis⁽¹⁰⁾.

Un diagnóstico diferencial a considerar, es la luxación congénita de la cúpula radial. En estos casos, la presencia de un capítulum hipoplásico junto a una cabeza radial convexa y deformada, pueden sugerir una etiología congénita. Además, estas suelen ser bilaterales, y por lo general la cabeza radial está luxada hacia posterior. Puede asociarse a síndromes genéticos, como Ehlers–Danlos o Uña-Patela⁽¹¹⁾.

14.5 Tratamiento

Los principios del tratamiento son los mismos, independiente del tipo de fractura. El objetivo es lograr la alineación y recuperación de la longitud de ulna, acompañado de la reducción de la articulación radio-capitelar. Por lo general, al conseguir la primera, se logra automáticamente la segunda. La reducción debe realizarse con el paciente anestesiado y bajo control radioscópico. Si se logra una reducción satisfactoria y estable, se deja inmovilización braquiopalmar por 4-6 semanas. Habitualmente, este tratamiento es adecuado para las fracturas incompletas o en deformaciones plásticas de la ulna. La posición de la inmovilización es con el antebrazo en neutro y con el codo en 100-110° de flexión. Para el caso particular de las lesiones tipo II, la posición de la inmovilización debiera ser con el codo en 60° de flexión.

Para las fracturas completas de la ulna, habitualmente es necesario realizar una fijación interna, ya sea en forma mínimamente invasiva, con clavos endomedulares (Figura 5), o mediante el uso de placas de osteosíntesis en forma abierta.

El cirujano debe asegurar una reducción completa y estable de la articulación radio-capitelar. De no conseguirlo luego de la reducción de la ulna, es probable que el ligamento anular se haya interpuesto en la ARUP, lo que hace necesario un abordaje directo, para despejar la articulación y eventualmente reparar el ligamento dañado.



Figura 5: Radiografía de antebrazo de un niño de 6 años, con una luxofractura de Monteggia. La ulna se estabilizó con un clavo endomedular elástico, de entrada distal, retrógrado.

14.6 Complicaciones

Además de las complicaciones comunes a todas las fracturas (lesión neurovascular, síndrome compartimental, infecciones en caso de fracturas abiertas), la luxofractura de Monteggia puede presentarse en forma crónica o inveterada, ya sea por una falla del diagnóstico inicial, o por la pérdida de la reducción primaria. No existe consenso en la literatura que defina el tiempo para ser considerada crónica, aunque el período aceptado por varios autores es después de 4 semanas^(5,12).

Como resultado de la evolución de la lesión inveterada, el paciente puede presentar dolor, limitación de la movilidad, rigidez de codo, deformidad, pérdida de fuerza, neuropatía y artrosis secundaria. La cirugía reconstructiva está indicada para prevenir estas complicaciones, siempre y cuando sea posible la reducción de la cabeza radial.

Numerosas técnicas quirúrgicas han sido descritas para abordar y corregir los casos inveterados^(12, 21), incluyendo reducción abierta, reconstrucción del ligamento anular^(22, 24) y resección de la cabeza del radio⁽¹²⁾, entre otras.

La reconstrucción del ligamento anular, como procedimiento único, ha demostrado malos resultados, y no hay evidencia que como procedimiento adyuvante otorgue algún beneficio, pues se asocia a escotadura del cuello radial y limitación a la pronación^(14, 22, 24, 25).

Aunque las series descritas se componen de muestras pequeñas y no hay estandarización del tratamiento más adecuado, existe consenso respecto a la osteotomía de la ulna como Gold Standard.

Inoue⁽¹⁵⁾ e Hirayama⁽²⁶⁾, mostraron mejores resultados, con menor índice de reluxación y mejor morbilidad al realizar hipercorrecciones de la ulna comparado con la osteotomía simple. Con respecto al tipo de fijación de la osteotomía, el uso de placa ha reportado los mejores resultados, pues puede moldearse, adaptándose a la nueva posición de la ulna^(12,13,20,23,26,27). El uso de osteotomía escalonada, o en “Z”, permite evitar el uso de injerto⁽²⁸⁾. La estabilización con un fijador externo tiene la ventaja de permitir una corrección multiapical y alargar simultáneamente la ulna^(17,18). Sin embargo, una desventaja común es la infección del trayecto de los tornillos y la incomodidad del paciente, haciéndolo difícil de tolerar en algunos pacientes. Bor⁽²⁹⁾ reportó, en una serie de 4 casos, la corrección y alargamiento progresivo de ulna en lesiones crónicas de Monteggia, sin necesidad de abrir la articulación ni reparar ligamento anular.

Los mejores resultados en general, se obtienen cuando el procedimiento reconstructivo se realiza antes de 1 año de la lesión original^(12,16,21). De acuerdo a diversos autores, es posible devolver la cabeza radial a su posición luego de 6 meses a 6 años de la lesión original, idealmente en menores de 12 años de edad y cuando no hay cambios displásicos^(13,19,26,30-32).

14.7 Consejos de los autores

El principio básico del tratamiento de la lesión de Monteggia es la reducción de la ulna. Con ello se logra la reducción radio-capitelar. Si la reducción es inestable, se requiere del uso de osteosíntesis para asegurar el éxito terapéutico. En la etapa aguda recomendamos el uso de clavos endomedulares (Steinmann o clavos elásticos) e inmovilización. En fracturas conminutas o muy proximales preferimos utilizar placa y tornillos para mantener la longitud. Si no es posible una reducción radio-capitelar perfecta, es necesario explorar la articulación y remover los tejidos interpuestos.

En los casos inveterados, es fundamental la osteotomía de la ulna. No recomendamos la reconstrucción del ligamento anular.

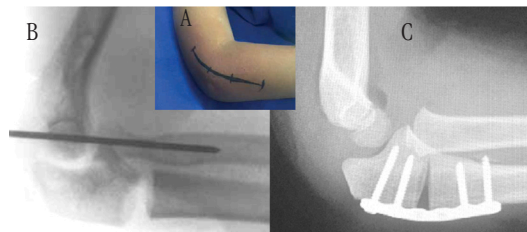


Figura 6: Técnica de reconstrucción en 6 pasos. A) Abordaje lateral extendido a borde posterior de Ulna; B) Fijación transitoria desde posterior a anterior de la articulación Radio-Capitelar. Se observa la osteotomía de la Ulna, con la angulación y separación necesarias; C) Fijación completada con placa y tornillos. La aguja Radio-Capitelar ha sido retirada.

Uno de los autores (Soni³³) ha propuesto una estrategia de 6 pasos para el tratamiento de lesiones inveteradas (Figura 6):

1. Abordaje lateral de codo extendido hacia borde posterior de ulna
2. Resección de la fibrosis articular (radio-capitelar y ulno-humeral)
3. Osteotomía metafisaria transversa de ulna proximal.
4. Reducción de cabeza radial, usando fijación transitoria con agujas Kirschner de 2 mm, de posterior a anterior. Esto permite lograr la longitud y la angulación dorsal necesaria de la ulna para la estabilidad posterior a la reducción.
5. Fijación con placa y tornillos de 2.7 o 3.5 mm, contorneada de acuerdo a la forma de ulna luego reducida la cúpula radial.

6. Retiro de la fijación transitoria y examen de estabilidad en flexión, extensión, pronación y supinación.

La fijación transcápitelar debe evitarse como método de estabilización definitivo, en el período postoperatorio, porque se relaciona comúnmente a limitación de la pronosupinación, además del riesgo de rotura intra articular de la aguja de Kirschner.

Como tratamiento postoperatorio estándar, inmovilizamos con yeso braquiopalmar en posición neutra por 4 semanas, evitando la supinación, ya que la pérdida funcional descrita mayormente es la pronación.

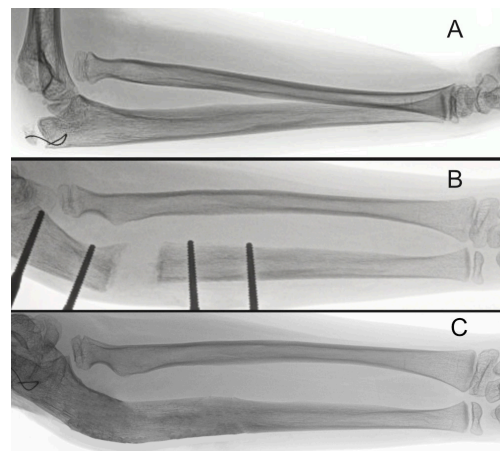


Figura 7: Técnica de corrección con fijador externo. A) Radiografía después de 3 años de la lesión inicial. Se observa un cerclaje de alambre en Olecranon, pues el diagnóstico original fue Fractura a este nivel, pasando por alto la luxación del Radio; B) Se observa fijador externo monolateral in situ, con diástasis y angulación del foco de osteotomía. La cabeza del Radio se encuentra reducida; C) Seguimiento a un año de retiro del tutor. Consolidación excelente de la osteotomía. La reducción Radio-Capitelar se mantiene.

Por su parte, el método de elección del otro autor (Baar) para la corrección de lesiones inveteradas consiste en (Figura 7):

- 1) Aplicación de un fijador externo, ya sea monolateral (LRS Orthofix®) o circular tipo hexápodo. La elección de uno u otro depende del tamaño del antebrazo del paciente: Cuando la ulna es muy pequeña, preferimos el tutor circular, pues permite el uso de agujas transfixiantes sin riesgo de fractura. El montaje es sencillo y consiste en un anillo 5/8 o 2/3 en la región proximal (dejando libre la fosa cubital) y un anillo completo distal. En este, se coloca aguja transfixiante radio-ulnar, que permite arrastrar el radio hacia distal junto al alargamiento de ulna. En pacientes cuya ulna es más gruesa, utilizamos fijador externo monolateral, con tornillos cubiertos de hidroxapatita de 3.5 mm, dado su menor tamaño y molestias al paciente.

- 2) Osteotomía percutánea de la región proximal de la ulna
- 3) Con los elementos de fijación en cada segmento óseo, se desconectan los postes telescópicos en los fijadores externos circulares, o se retira el riel en los monolaterales.
- 4) Se examina la posición óptima para mantener reducción y se registra la angulación y separación necesarias.
- 5) Si no se logra reducción completa de la articulación radio-capitelar, se realiza abordaje y resección de fibrosis.

El paciente no requiere mayor estadía hospitalaria y se le permite mover el codo a discreción. Al 7º día post-operatorio, se comienza la distracción ósea, progresiva a razón de 0,5-0,75 mm/día. El seguimiento es con radiografías cada 2 semanas. Una vez lograda la reducción, se mantiene el fijador externo hasta la consolidación.

14.8 Mensaje final

Las lesiones de Monteggia, aunque infrecuentes, pueden dejar secuelas importantes en la función del antebrazo. Los mayores esfuerzos deben hacerse al momento de la consulta inicial, solicitando las radiografías adecuadas y evitando pasar por alto la luxación radio-capitelar. El tratamiento inicial tiene por objeto corregir la deformidad y acortamiento de la Ulna. Aunque es posible realizarlo en forma cerrada, suele ser inestable, y puede requerir de osteosíntesis.

Los casos crónicos o inveterados, se consideran cuando han pasado más de 4 semanas de la lesión original. El tratamiento en estos casos debe ser quirúrgico, y la osteotomía de la ulna es el gold standard. Aunque existen diversos tipos de osteotomías y diferentes alternativas de fijación, el objetivo debe ser lograr la reducción perfecta y estable de la articulación radio-capitelar. La tasa de éxito depende en gran medida de esto. Cuando ya existen cambios displásicos, han transcurrido muchos años desde la lesión original, o el paciente es un adolescente mayor, los resultados con las técnicas de reconstrucción no son satisfactorios.

14.9 Referencias

1. Monteggia GB, Ed. *Instituzioni Chirurgiche* 2nd Vol 5. Milan, Italy: Maspero; 1814.
2. Kay RM, Skaggs DL. The pediatric Monteggia fracture. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 1998;27(9):606-609.
3. Gleeson AP, Beattie TF. Monteggia fracture-dislocation in children. *J Accid Emerg Med*. 1994;11(3):192-194. doi:10.1136/emj.11.3.192
4. Goyal T, Arora SS, Banerjee S, Kandwal P. Neglected Monteggia fracture dislocations in children: a systematic review. *J Pediatr Orthop B*. 2015;24(3):191-199. doi:10.1097/BPB.000000000000147
5. Ramski DE, Hennrikus WP, Bae DS, et al. Pediatric monteggia fractures: a multicenter examination of treatment strategy and early clinical and radiographic results. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(2):115-120. doi:10.1097/BPO.0000000000000213
6. Bado JL. The Monteggia lesion. *Clin Orthop Relat Res*. 1967;50:71-86.
7. Letts M, Loch R, Wiens J. Monteggia fracture-dislocations in children. *J Bone Joint Surg Br*. 1985;67(5):724-727. doi:10.1302/0301-620X.67B5.4055869
8. Ring D, Jupiter JB, Waters PM. Monteggia fractures in children and adults. *J Am Acad Orthop Surg*. 1998;6(4):215-224. doi:10.5435/00124635-199807000-00003
9. PENROSE JH. The Monteggia fracture with posterior dislocation of the radial head. *J Bone Joint Surg Br*. 1951;33-B(1):65-73. doi:10.1302/0301-620X.33B1.65
10. Bae DS. Successful Strategies for Managing Monteggia Injuries. *J Pediatr Orthop*. 2016;36 Suppl 1:S67-S70. doi:10.1097/BPO.0000000000000765
11. Almquist EE, Gordon LH, Blue AI. Congenital dislocation of the head of the radius. *J Bone Joint Surg Am*. 1969;51(6):1118-1127.
12. Degreef I, De Smet L. Missed radial head dislocations in children associated with ulnar deformation: treatment by open reduction and ulnar osteotomy. *J Orthop Trauma*. 2004;18(6):375-378. doi:10.1097/00005131-200407000-00008
13. Belangero WD, Livani B, Zogaib RK. Treatment of chronic radial head dislocations in children. *Int Orthop*. 2007;31(2):151-154. doi:10.1007/s00264-006-0153-4
14. Rahbek O, Deutch SR, Kold S, Søjbjerg JO, Møller-Madsen B. Long-term outcome after ulnar osteotomy for missed Monteggia fracture dislocation in children. *J Child Orthop*. 2011;5(6):449-457. doi:10.1007/s11832-011-0372-0
15. Inoue G, Shionoya K. Corrective ulnar osteotomy for malunited anterior Monteggia lesions in children. 12 patients followed for 1-12 years. *Acta Orthop Scand*. 1998;69(1):73-76. doi:10.3109/17453679809002361
16. Nakamura K, Hirachi K, Uchiyama S, et al. Long-term clinical and radiographic outcomes after open reduction for missed Monteggia fracture-dislocations in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(6):1394-1404. doi:10.2106/JBJS.H.00644
17. Hasler CC, Von Laer L, Hell AK. Open reduction, ulnar osteotomy and external fixation for chronic anterior dislocation of the head of the radius. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87(1):88-94.
18. Lu X, Kun Wang Y, Zhang J, Zhu Z, Guo Y, Lu M. Management of missed Monteggia fractures with ulnar osteotomy, open

- reduction, and dual-socket external fixation. *J Pediatr Orthop*. 2013;33(4):398-402. doi:10.1097/BPO.0b013e3182812762
19. Horii E, Nakamura R, Koh S, Inagaki H, Yajima H, Nakao E. Surgical treatment for chronic radial head dislocation. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84(7):1183-1188. doi:10.2106/00004623-200207000-00014
20. Stoll TM, Willis RB, Paterson DC. Treatment of the missed Monteggia fracture in the child. *J Bone Joint Surg Br*. 1992;74(3):436-440. doi:10.1302/0301-620X.74B3.1587897
21. Delpont M, Jouve JL, Sales de Gauzy J, et al. Proximal ulnar osteotomy in the treatment of neglected childhood Monteggia lesion. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2014;100(7):803-807. doi:10.1016/j.otsr.2014.06.022
22. Gyr BM, Stevens PM, Smith JT. Chronic Monteggia fractures in children: outcome after treatment with the Bell-Tawse procedure. *J Pediatr Orthop B*. 2004;13(6):402-406. doi:10.1097/01202412-200411000-00011
23. Eygendaal D, Hillen RJ. Open reduction and corrective ulnar osteotomy for missed radial head dislocations in children. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2007;2(1):31-34. doi:10.1007/s11751-007-0013-9
24. Bhaskar A. Missed Monteggia fracture in children: Is annular ligament reconstruction always required?. *Indian J Orthop*. 2009;43(4):389-395. doi:10.4103/0019-5413.55978
25. Kim HT, Park BG, Suh JT, Yoo CI. Chronic radial head dislocation in children, Part 2: results of open treatment and factors affecting final outcome. *J Pediatr Orthop*. 2002;22(5):591-597.
26. Hirayama T, Takemitsu Y, Yagihara K, Mikita A. Operation for chronic dislocation of the radial head in children. Reduction by osteotomy of the ulna. *J Bone Joint Surg Br*. 1987;69(4):639-642. doi:10.1302/0301-620X.69B4.3611173
27. Wang MN, Chang WN. Chronic posttraumatic anterior dislocation of the radial head in children: thirteen cases treated by open reduction, ulnar osteotomy, and annular ligament reconstruction through a Boyd incision. *J Orthop Trauma*. 2006;20(1):1-5. doi:10.1097/01.bot.0000189881.75421.92
28. Peshin C, Ratra R, Juyal AK. Step-cut osteotomy in neglected Monteggia fracture dislocation in pediatric and adolescent patients: A retrospective study. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2020;28(3):2309499020964082. doi:10.1177/2309499020964082
29. Bor N, Rubin G, Rozen N, Herzenberg JE. Chronic anterior monteggia lesions in children: report of 4 cases treated with closed reduction by ulnar osteotomy and external fixation. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(1):7-10. doi:10.1097/BPO.0000000000000203
30. Lädermann A, Ceroni D, Lefèvre Y, De Rosa V, De Coulon G, Kaelin A. Surgical treatment of missed Monteggia lesions in children. *J Child Orthop*. 2007;1(4):237-242. doi:10.1007/s11832-007-0039-z
31. Oka K, Murase T, Moritomo H, Sugamoto K, Yoshikawa H. Morphologic evaluation of chronic radial head dislocation: three-dimensional and quantitative analyses. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(9):2410-2418. doi:10.1007/s11999-010-1283-y
32. David-West KS, Wilson NI, Sherlock DA, Bennet GC. Missed Monteggia injuries. *Injury*. 2005;36(10):1206-1209. doi:10.1016/j.injury.2004.12.033
33. Soni JF, Valenza WR, Matsunaga CU, Costa ACP, Faria FF. CHRONIC MONTEGGIA FRACTURE-DISLOCATION IN CHILDREN SURGICAL STRATEGY AND RESULTS. *Acta Ortop Bras*. 2019;27(5):244-247. doi:10.1590/1413-785220192705215273



CAPITULO 15 - Fractura Diafisaria de Radio y de Cúbito

Cristian Artigas
Dalia Sepúlveda

15. Fractura diafisaria de radio y cúbito

En este capítulo se aborda las fracturas diafisarias de antebrazo, analizando en detalle los datos epidemiológicos, la fisiopatología y el mecanismo de producción. Se enfoca en como realizar un diagnóstico correcto y se discuten los tratamientos respaldados por la evidencia actualmente disponible, complementado con la experiencia de los autores. Por último, se revisarán las complicaciones más frecuentes, entregando consejos para evitarlas.

15.1 Introducción

Las fracturas de antebrazo son muy frecuentes en la edad pediátrica, representando el 40% del total de las fracturas en esta etapa de la vida^{1,2}. De estas, las fracturas diafisarias representan entre un 13-20%¹, es decir, 1 de cada 5 de los pacientes evaluados por fracturas de antebrazo corresponden a fracturas diafisarias. Es así como específicamente las fracturas de radio y cúbito abarcan un 3-6% del total de las fracturas en edad pediátrica¹⁻³.

Desde la década de los 90 hasta la actualidad, ha ocurrido un cambio drástico en el tratamiento de esta lesión, con un notorio constante aumento del tratamiento con osteosíntesis interna, específicamente con el uso del enclavado endomedular, por sobre el manejo clásico, conservador u ortopédico con vendas inmovilizadoras de yeso. Cruz⁴ analizó una base de datos pública de registro de trauma pediátrico en Estados Unidos durante el periodo 2000-2012, encontrando que el porcentaje de fracturas tratadas con osteosíntesis aumentó de 59% al 70%. Sinikumpu⁵, en Finlandia, también analizó el trauma en la población pediátrica desde el año 1997 hasta el 2009, encontrando que aumento desde 10% a un 30% el manejo quirúrgico con osteosíntesis interna.

A nivel nacional chileno, no encontramos estudios epidemiológicos que registren este cambio, sin embargo, lo demostrado en congresos y reuniones científicas de la Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología, y en cursos de alta especialización de traumatología pediátrica, nos indican que a nivel nacional existe esta misma tendencia.

15.2 Mecanismos de lesión

El mecanismo mas frecuente asociado a una fractura diafisaria de radio y cúbito es una caída con extensión del codo y de la muñeca, producto del reflejo de protección del niño/a para amortiguar la caída⁶. Si las fracturas del radio y el cúbito ocurren a un distinto nivel, se puede asumir que existió un componente rotacional, asociado al vector de fuerza longitudinal en extensión de la extremidad superior⁷. En estudios biomecánicos se ha demostrado que la unión entre el tercio medio y el tercio distal del radio y el cúbito son los más vulnerables a las fracturas^{6,8}.

Es necesario tener en cuenta que el mecanismo de un golpe directo es menos frecuente, y generalmente fractura a un solo hueso, habitualmente el cúbito, el cual el paciente ofrece a modo de defensa, por ejemplo, frente a un agresor, sin dañar a las articulaciones radio cubital a distal y a proximal⁹. Debe sospecharse una lesión traumática no accidental en este tipo de lesiones.

El patrón de fractura es determinado por el mecanismo lesional y por las propiedades del hueso. El hueso diafisario es más resistente a las fuerzas axiales que a las fuerzas sagitales y torsionales¹⁰. Por lo tanto, el rasgo de fractura se comportará distinto, dependiendo de los vectores de fuerza involucrados en el traumatismo.

Es necesario recordar que el hueso del paciente pediátrico se comporta diferente al hueso del adulto. El tejido óseo de los menores contiene mucha más agua y menos minerales, siendo mucho más poroso y elástico que el hueso del adulto. Esto hace que sea capaz de absorber una mayor cantidad de energía previo al fallo¹¹, y genera la existencia 2 tipos de fracturas especiales, propias del esqueleto inmaduro: deformidad plástica y fractura en “tallo verde”.

La fractura combada o deformidad plástica, ocurre al someter al antebrazo a un traumatismo de baja o moderada intensidad, con una fuerza deformante que compromete una mayor extensión o superficie de los huesos (Figura 1).



Figura 1. Fractura de antebrazo de tipo deformidad plástica, en un niño de 3 años, evidenciando curvatura deformante en gran extensión en radio y cúbito diafisarios.

Se producen múltiples microfracturas, generando una macro deformidad, sin una evidente interrupción de las corticales en la radiografía. Es importante sospechar y buscar en forma diligida esta fractura, tanto en el examen clínico como en la radiología. En la proyección radiológica lateral del antebrazo, la cortical indemne del cúbito debe seguir una línea recta (Figura 2). Ante la duda diagnóstica, se puede solicitar radiografías del lado contralateral.

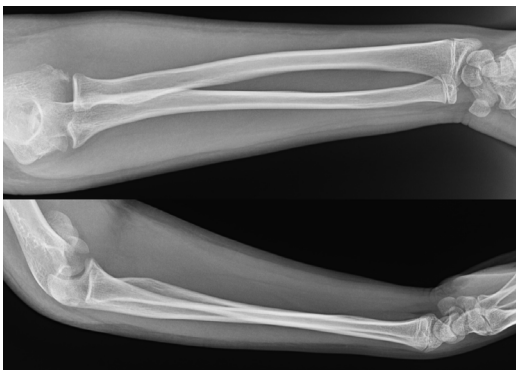


Figura 2. Proyecciones anteroposterior (AP) y lateral de antebrazo. En la proyección lateral, la apófisis coronoides apunta hacia anterior y no se visualiza la estiloides radial, y el cúbito sigue una línea recta. En proyección AP deben visualizarse la estiloides radial y la tuberosidad bicipital, no así la apófisis coronoides y estiloides cubital.

La fractura en “tallo verde” se produce cuando la fuerza deformante causa daño en ambas corticales del hueso afectado, provocando una fractura incompleta, que mantiene la continuidad de la cortical que recibe la fuerza compresiva, con una pérdida completa de continuidad de la cortical al lado contrario por una fuerza de distracción (Figura 3). Es el análogo, como su nombre lo dice, a quebrar una rama vegetal con abundante contenido de agua, muy flexible, y por ello no pierde su continuidad (similar a partir un tallo de un apio). Es considerada una etapa intermedia entre la deformidad plástica y la fractura completa.



Figura 3. Fractura “tallo verde” de antebrazo, evidenciando compromiso completo de la cortical afectada por una fuerza de distracción, e incompleta la afectada por una fuerza de compresión

15.3 Anatomía

Actualmente, el antebrazo se considera una articulación, formada por el radio, el cúbito y la membrana interósea, por lo que su tratamiento debe entenderse de esa forma.

La biomecánica normal del antebrazo es fundamental para desarrollar varias de las actividades de la vida diaria. Si bien existe una capacidad de compensación para deformidades residuales, a expensas de la movilidad del hombro, ésta es limitada.

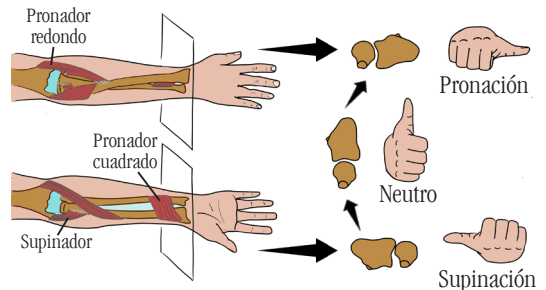


Figura 4. Movimiento de pronosupinación del antebrazo, donde el radio rota sobre el cúbito, que actúa como pivote.

El promedio de la supinación del antebrazo es de 85°, y el de su pronación es de 75° grados. El radio, anatómicamente curvado, rota sobre el cúbito, que se mantiene fijo y recto en su posición, actuando como pivote durante este movimiento (Figura 4). La mayoría de las actividades de la vida diaria requieren de al menos un arco de movimiento de antebrazo que sume 100°, 50° grados de supinación y 50° grados de pronación¹².

15.4 Diagnóstico

El diagnóstico de una fractura de antebrazo puede ser clínicamente evidente en una fractura medio-diafisaria angulada, o presentar alteraciones mínimas, por ejemplo, en una fractura incompleta no desplazada.

Es necesario un examen físico detallado y minucioso, que no solo involucre el antebrazo, sino también incluir el resto de la extremidad: clavícula, hombro, brazo, codo, muñeca, mano y dedos ipsilaterales, en busca de lesiones concomitantes. Es así como la fractura diafisaria de antebrazo puede encontrarse asociada a una fractura supracondílea de húmero, lo que se denomina “codo flotante”¹³.

Si la fractura de antebrazo ocurre en el contexto de un paciente politraumatizado, este debe ser atendido de acuerdo con las recomendaciones vigentes (ver Capítulo 4). Las lesiones esqueléticas deberán ser diagnosticadas durante la revisión primaria y secundaria, definiendo así el mejor momento para su tratamiento definitivo.

En la revisión segmentaria de la lesión en el antebrazo es muy importante evaluar la integridad de la piel. Pequeñas lesiones, que impresionan como abrasiones superficiales, pueden ser heridas de exposición ósea que comuniquen con el foco. Un ejemplo de esto son algunas fracturas de cúbito, cuyas espículas perforan la piel desde adentro hacia afuera, y vuelven a ocultarse bajo los tejidos blandos. Se debe sospechar la exposición ósea si un sangrado persiste tras la exploración o si la sangre presenta gotas de grasa, indicadores de sangrado desde el tejido óseo. También puede identificarse en las radiografías la presencia burbujas de aire en el trayecto de salida del hueso.

En cuanto a imágenes de apoyo diagnóstico, las radiografías de antebrazo en proyecciones anteroposterior (AP) y lateral son más que suficientes para establecer el diagnóstico y tratamiento en prácticamente todos los casos. Es importante obtener las radiografías en proyecciones óptimas, las que deben incluir la muñeca completa y base de los metacarpianos en el extremo

distal, y el codo completo con el húmero distal en el extremo proximal. Algunas veces puede ser necesario solicitar proyecciones oblicuas o del segmento contralateral, para aclarar dudas. Otros exámenes, como la tomografía axial computada (TAC), no forman parte del estudio habitual.

15.5 Clasificación

Tradicionalmente las fracturas diafisarias de antebrazo se han clasificado según la región o zona anatómica de la diáfisis en la cual ocurren, como también en base al patrón del rasgo de la fractura. Por consenso, se ha dividido a la diáfisis en tres tercios iguales, entre las metafisis proximal y distal de radio y cúbito. La metafisis está definida y limitada por un cuadrado, cuyo lado corresponde a la suma de la longitud de la fisis del radio, mas la fisis del cúbito. Este cuadrado se proyecta sobre la región epifiso-metafisaria, delimitando el inicio de los tercios hacia proximal¹⁴ en la diáfisis (Figura 5).

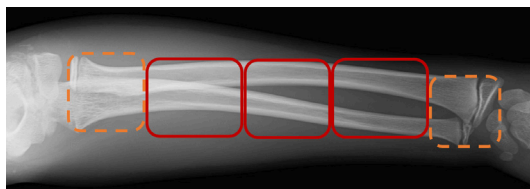


Figura 5. Delimitación de los tercios del antebrazo (rojo). Los segmentos distales, metafisio-epifisarios, quedan delimitados por un cuadrado con caras de longitud equivalente a la suma de las fisis del radio y del cúbito (naranja).

En el año 2007, el grupo “AO Trauma” introdujo una clasificación de fracturas de huesos largos pediátricas¹⁴, la que siguió los principios clásicos de la clasificación de fracturas en el adulto. La ubicación N°2 es la que corresponde a radio y cúbito, y el segmento asignado a la diáfisis es el N°2. Es así como todas las fracturas diafisarias de antebrazo serán siempre “22”. No profundizaremos más en esta clasificación, la cual está disponible en forma abierta en “AO Surgery Reference”¹⁵.

| ANGULACIÓN | Niña < 8 años | Niña > 8 años |
|-------------------|----------------|----------------|
| | Niño < 10 años | Niño > 10 años |
| Diáfisis distal | 15° | 15° |
| Diáfisis media | 15° | 10° |
| Diáfisis proximal | 15° | 10° |

Tabla 1. Deformidad angular tolerable en cada segmento de la diáfisis del antebrazo, de acuerdo a sexo y edad¹⁶.

Junto con la clasificación de la lesión, es extremadamente importante tener en claro las deformidades angulares tolerables según localización y edad del paciente, definido, publicado y ampliamente aceptado en el clásico estudio de Noonan y Price¹⁶. Estos valores se muestran en la Tabla 1.

Respecto a la rotación, esta es clínicamente muy difícil de evaluar su magnitud en grados. Por otra parte, la capacidad de remodelación ósea de una rotación residual es prácticamente nula, incluso en el tejido óseo pediátrico. Esta poderosa razón conlleva la sugerencia de no tolerar ningún grado de mal alineamiento rotacional en las fracturas diafisarias del antebrazo.

15.6 Tratamiento

Para indicar un tratamiento adecuado es necesario considerar diversas variables: la edad del paciente, la energía involucrada en el traumatismo, el estado de los tejidos blandos, la calidad estructural del tejido óseo (siendo diferente el tratamiento para un tejido normal que para uno con alteraciones), las angulaciones y/o desplazamientos existentes, la necesidad o no de usar implantes para osteosíntesis y su disponibilidad, como la experiencia del cirujano en la técnica quirúrgica.

Las opciones de tratamiento van desde una inmovilización con vendaje de yeso moldeado in situ, la necesidad de realizar una reducción ortopédica cerrada, con o sin osteosíntesis, hasta la posibilidad de requerir una reducción abierta del foco de fractura.

INESTABILIDAD

Fractura completa
Afecta ambos huesos (radio y cúbito)
Convergencia de segmentos óseos en foco de fractura
Rasgo oblicuo $>30^\circ$

Tabla 2. Características que aumentan el riesgo de inestabilidad en fracturas de antebrazo.

El uso de yeso in situ, sin necesidad de maniobras de reducción, es reservado para las fracturas no desplazadas, incompletas, o con mínima angulación y/o traslación. El tratamiento en total tiene una duración de entre 6-8 semanas. Consiste en el uso de un yeso braquiopalmar por las primeras 3-4 semanas, para luego continuar con un yeso antebraquial por 3-4 semanas. El seguimiento de estos pacientes debe ser estricto, y se aconseja al menos un control radiológico dentro de los 10 primeros días

para evaluar la estabilidad de la fractura y la integridad del vendaje. Para que sea considerado un tratamiento bien realizado, se debe respetar la técnica y los principios del enyesado del antebrazo, debiendo cumplir con los siguientes requisitos:

- Moldeo adecuado de la diáfisis, con apoyo y contrafuerzas en 3 puntos ;
- Una sección coronal con forma ovalada;
- Marcado adecuado de la membrana interósea, separando el radio del cúbito;
- Respeto por la forma anatómica normal del miembro superior.

En las fracturas inestables o con riesgo de inestabilidad (Tabla 2) se requiere realizar maniobras de reducción cerrada ortopédica (Figura 6).



Figura 6. Paciente de 12 años con fractura diafisaria angulada, en la cual se realizó una reducción ortopédica y manejo con yeso braquiopalmar moldeado.

Esto se puede realizar bajo sedación o con anestesia general, dependiendo de las condiciones locales del centro de salud. Para realizar una reducción bajo sedación se requiere de una sala de procedimientos y un equipo profesional preparado para realizar el procedimiento, incluyendo equipo de rayos X para comprobar la reducción. En el caso de utilizar anestesia general, el procedimiento se lleva a cabo en pabellón quirúrgico con el apoyo de equipo médico anestesista, y requiere al menos de una hospitalización transitoria y de sala de recuperación. La ventaja de esta situación es que el paciente se encuentra dormido, con relajación muscular y sin dolor. Esto es especialmente útil en pacientes pequeños, o en los que la técnica del enyesado es demandante y requiere de un moldeo muy preciso.

Una vez realizada la reducción cerrada de la fractura, el seguimiento ambulatorio debe ser estricto, tanto para monitorear la tolerancia al yeso del paciente, como para evaluar la mantención de la reducción lograda. Si en los controles hay un nuevo desplazamiento o se generan espacios entre piel y yeso, perdiendo la capacidad de contención, puede ser necesario cambiar el yeso inmovilizador.

Una alternativa para cuando se ha perdido la reducción y se generan angulaciones por sobre lo tolerado, es usar la técnica de yesotomía. Esta consiste en realizar un corte lineal en semicircunferencia del yeso, en el lado contrario del ápex de la deformidad. Posteriormente se genera una apertura o espacio a nivel del corte, que será rellenado con una cuña o taco de material resistente, buscando alinear el yeso y, por lo tanto, la fractura. Otra opción es realizar el corte en el ápex de la deformidad, para luego comprimir y cerrar el espacio generado. Esta técnica requiere de mucha experiencia para definir los cortes y magnitud de las cuñas. Además, es importante conocer sus límites de corrección para no generar daño sobre la piel y tejidos blandos.

En una fractura que no logra ser estabilizada mediante un yeso bien moldeado, o en la que no se logra alinear los ejes, será necesario hacer una reducción cerrada o reducción abierta, con osteosíntesis inmediata.

La reducción cerrada se logra con la cooperación de un ayudante, mediante maniobras de tracción-contracción, rotación y flexo-extensión, según sea la personalidad de la fractura. Es un acto que requiere de técnica y experiencia, y, aún para traumatólogos experimentados, puede ser demandante. La mayoría de los casos en que la reducción cerrada no es posible es porque tejidos blandos, como el periostio o parte de los vientres musculares del antebrazo, se interponen en el foco de fractura.

Si el cirujano opta por realizar una reducción abierta, tiene las alternativas de escoger una mínima incisión, como una forma de llegar al foco, y de esa forma ayudar en la reducción que facilite la estabilización con osteosíntesis interna con clavos endomedulares, o hacer un amplio abordaje cuando considere mejor el uso de placas de osteosíntesis, especialmente en pacientes cercanos al término del crecimiento óseo. Esto estará determinado según la ubicación de la fractura, si se necesita abordar uno o ambos huesos, y teniendo en mente las estructuras neurovasculares que discurren a través del antebrazo.

Los clavos elásticos de titanio (TEN) para enclavado endomedular, son hoy día el tratamiento de elección para fracturas diafisarias en las que la reducción cerrada falló o cuya estabilidad no puede ser controlada solo inmovilizando con vendaje de yeso. La técnica fue descrita por Metaizeau¹⁷, y desde entonces los principios siguen siendo los mismos. Esta técnica consiste en lograr una reducción, idealmente cerrada, y estabilización mediante la inserción de un clavo pretensado a cada hueso del antebrazo, del mismo diámetro, logrando un

enclavado endomedular elástico estable. En el antebrazo, la técnica debe lograr tensar la membrana interósea, lo cual genera mayor estabilidad al constructo. La estabilización con 2 clavos debe oponerse a las fuerzas musculares deformantes en el foco de la fractura. Es así como la técnica bien aplicada debe controlar todas las inestabilidades, tanto en los ejes axial, torsional, traslaciones, como también a las fuerzas en flexión. Habitualmente se usan clavos de 2.0-2.5 mm, idealmente equivalentes a 2/3 del istmo del canal de cada hueso. Clavos de 1.5 mm pueden ser necesarios en pacientes de menor talla.

Existen diferentes configuraciones del enclavado endomedular elástico estable. La tradicional, descrita inicialmente, es con un abordaje retrogrado en el radio, desde distal, para evitar dañar la rama profunda del nervio radial en el tercio proximal del antebrazo, y anterógrado al cúbito (Figura 7). El moldeo de los clavos debe ser teniendo en cuenta que el ápex del pretensado se ubique idealmente a nivel del foco de la fractura. Dicho moldeo debería ser aproximadamente 3 veces el diámetro del canal del hueso afectado.



Figura 7. Paciente de 8 años con una fractura diafisaria de radio y cúbito, con rasgos transverso y oblicuo corto, respectivamente. La reducción ortopédica no fue estable, por lo que se procedió a estabilizar con clavos elásticos.

El abordaje del radio es por el borde lateral. Permite un fácil ingreso a la metafisis en su porción distal mas ancha. Tiene el riesgo de lesionar la rama sensitiva superficial del nervio radial, por lo que realizarse con precaución. AO Trauma ha propuesto una entrada al radio distal por dorsal, sobre el tubérculo de Lister. Este abordaje evitaría el riesgo de lesión al nervio radial. Sin embargo, existen casos descritos de lesión de tendón extensor pollicis longus por el roce contra el clavo¹⁸, por lo que se recomienda dejar el extremo curvo sobre el retináculo. Este abordaje es la mejor opción para fracturas con desplazamiento hacia palmar.

El enclavado del cúbito puede ser con un abordaje tradicional, anterógrado, ingresando a través de la cortical lateral de la metafisis cubital proximal. AO Trauma promueve un nuevo abordaje para configuración retrógrada, ingresando por la cortical medial de la metafisis cubital distal. La ventaja de este punto de entrada sería facilitar las maniobras de reducción de la

fractura, evitando tener que cambiar de posición el antebrazo durante la inserción de los 2 clavos, los que pueden ser usados a modo de “palanca”, permitiendo además al cirujano una mejor visualización con el intensificador de imágenes durante todo el procedimiento. El problema de esta entrada al cúbito es que el canal medular a este nivel es más angosto, por lo que debe realizarse una muy cuidadosa perforación de la cortical, que evite la generación de una falsa vía en el compartimento interóseo del antebrazo.

Una vez lograda la reducción e inserción de ambos clavos, se procede al corte definitivo de éstos. Recomendamos utilizar una herramienta cortante especialmente diseñada para ello, incluida en el set quirúrgico de los clavos. Hacerlo con otros implementos menos precisos puede generar bordes irregulares y filosos, que podrían dañar por roce los tejidos blandos adyacentes, provocando irritación crónica que incluso puede determinar la aparición de una herida. Una vez cortado el clavo, si se considera que aún está muy largo, se puede retirar algunos milímetros, volver a cortar, y posteriormente empujarlo, para dejarlo protegido bajo la piel.

La mayoría de los especialistas prefieren dejar una valva braquiopalmar durante el primer mes del post operatorio. Sin embargo, si la configuración de los clavos es adecuada y se logra una estabilidad satisfactoria, se puede dejar a los pacientes solo con cabestrillo al momento del alta. Esto deberá ser evaluado por el médico tratante para cada caso en específico.

El retiro del material de osteosíntesis no es mandatorio, pero es lo que habitualmente se realiza. Uno de los principales argumentos para esto es que podría molestar para una futura cirugía traumatológica. Otro motivo frecuente de retiro es por irritación de los tejidos blandos en los sitios de entrada. Además, se describen casos donde desafortunadamente el pretensado no adecuado de los clavos puede generar una deformidad secundaria. No se aconseja el retiro antes de los 6 meses de operado, para una adecuada formación y remodelación del callo óseo. Si por diversos motivos ha transcurrido un tiempo importante desde la cirugía y los clavos se encuentran cubiertos por tejido óseo, o los puntos de entrada han migrado significativamente desde la inserción inicial, es muy posible que la extracción sea muy difícil, incluso con el riesgo de complicaciones importantes, por lo que desaconsejamos el retiro en estos casos.

El uso de placas de osteosíntesis está restringido a pacientes con escaso o nulo crecimiento óseo remanente. Se pueden utilizar cuando una reducción cerrada fracasa, y/o cuando existe gran inestabilidad de la fractura. Habitualmente se usan placas y

tornillos de 2.7 o 3.5 mm, con técnicas compresivas o puente, siguiendo los principios de manejo de trauma habitual. Si bien se logra una reducción anatómica y adecuada estabilidad, es necesario realizar abordajes mayores, comprometer la biología del tejido óseo al desperiostizar, y perder el hematoma fractuario. Esto conlleva una importante alteración del proceso reparativo del tejido óseo de los niños, lo que hace que este tratamiento no sea la primera opción en el paciente pediátrico.

Finalmente, una opción de tratamiento es el uso de fijación externa, la que es siempre una muy buena alternativa para el paciente en que las técnicas de estabilización y osteosíntesis convencionales están contraindicadas, o porque su estado no permite realizarlas. Ejemplos de estos casos son aquellos pacientes con importante daño de tejidos blandos, fracturas con gran conminución, segmentarias con pérdida de hueso, o con lesión vascular asociada que requiere reparación quirúrgica. En fracturas de un paciente politraumatizado, la estabilización con fijadores externos modulares es la primera elección, para permitir el manejo del riesgo vital por lesiones asociadas. Es importante recalcar que cuando instalamos un fijador externo en pacientes pediátricos, se debe considerar que puede permanecer como tratamiento definitivo hasta la consolidación de la fractura. Es por esto que su instalación debe ser prolija, respetando los principios básicos de la reducción y estabilización de fracturas mediante el uso de la fijación externa, buscando la mejor reducción anatómica.

15.7 Complicaciones

La pérdida de la reducción de una fractura del antebrazo es probablemente la complicación más frecuente. Se describe que su incidencia es entre un 10-20% en las distintas series publicadas^{28,30}. La gran mayoría de las fracturas que se desplazarán, lo hacen dentro de los primeros 15 días, por lo que se recomienda el seguimiento radiológico semanal durante las primeras 2 semanas desde el inicio del tratamiento. Las causas más frecuentes de esta complicación tienen que ver con una técnica deficiente del enyesado, por lo que debemos ser exigentes en este tema, empeñándonos en lograr una buena estabilización, usando la técnica de contención mediante apoyo en 3 puntos, lograr moldear el antebrazo con una sección oval, no redonda, acolchar en forma adecuada, no exagerada, evitando que el vendaje quede suelto. Es importante también considerar que con el transcurrir de los días, el edema de la extremidad afectada disminuye, generando potenciales espacios entre la piel y el yeso, lo que podría disminuir su capacidad de contención a pesar de un buen moldeado inicial.

El retardo en la consolidación se define como la ausencia de consolidación completa (4 corticales visibles en las radiografías) a las 12 semanas después de la fractura. La no unión se define como la ausencia de unión radiológica completa a los 6 meses después de la fractura⁹. Los pacientes con esqueleto inmaduro poseen un periostio grueso y rico en inervación e irrigación, que, junto al potencial biológico del hematoma fractuario, hacen que el retardo en la consolidación y la no unión sean muy infrecuentes. Aun así, en las fracturas expuestas, o en aquellas en que se redujo el foco de fractura en forma abierta, con desperiostización importante, el riesgo de que se genere un retardo de la consolidación o no unión es más frecuente⁹.

La pérdida del rango de movimiento es la complicación más temida, visible en el largo plazo. En el paciente pediátrico la capacidad de compensar esta pérdida con la movilidad del hombro y cintura escapular es importante. La pronación es el movimiento más afectado, siendo casi dos veces más limitada que la supinación¹⁹. La pérdida del rango de movimiento puede ocurrir incluso sin una alteración evidente de los ejes óseos, por una cicatriz fibrosa de la membrana interósea y/o por contractura del ligamento interóseo².



Figura 8. Paciente de 12 años con fractura diafisaria de antebrazo. Se realizó reducción cerrada con clavos elásticos. A los 4 meses de operado, sufre nueva caída a nivel, con refractura. Se decide manejo mediante reducción cerrada, con clavos in situ y yeso moldeado.

Una nueva fractura al mismo nivel ocurre en promedio dentro de los 6 primeros meses luego de la lesión inicial (Figura 8). Es más frecuente en hombres y en pacientes mayores de 10 años²¹. Las fracturas del tercio medio y proximal son las que tienen mayor riesgo de presentar una nueva fractura²². El tratamiento va a depender del realizado inicialmente y de la edad del paciente.

Como fue comentado previamente, si los clavos no son cortados de un largo o el instrumento adecuado, estos pueden protruir y generar alteraciones funcionales y dolor, incluso en

reposo. En estos casos se forma una zona eritematosa en relación con la punta del clavo. Puede ser muy molesta y dolorosa, especialmente cuando se presenta en la inserción anterógrada a nivel del codo en el cúbito. Si es muy sintomático, el retiro del clavo podrá hacerse en forma precoz.

Una complicación catastrófica es el síndrome compartimental del antebrazo, el que tiene una frecuencia de entre 1.5%-7.5% en las distintas series²³. El antebrazo tiene 3 compartimientos, siendo el palmar el más afectado. Se han descrito como factores de riesgo para esta complicación la presencia de una fractura expuesta²⁴, los tiempos quirúrgicos prolongados^{24,25}, una edad menor a los 10 años²⁶, cirugía realizada el mismo día del accidente³ y el aumento de los tiempos de fluoroscopia²⁵. Esto último va en directa relación a los intentos fallidos de reducción cerrada durante el enclavado endomedular. Siempre es necesario tener un alto grado de sospecha frente a esta complicación. El diagnóstico tardío puede tener consecuencias devastadoras, incluso terminar con una contractura isquémica de Volkmann. Hoy en día existen equipos capaces de medir la presión intracompartimental, pero su disponibilidad está limitada a algunos centros de alta complejidad en trauma, por lo que el diagnóstico clínico es fundamental. En nuestra experiencia, el signo clínico más relevante es el dolor progresivo, que no se modifica con cambios de posición, apertura de vendajes y analgesia usada habitualmente. En este escenario, debemos ser activos, indicando la fasciotomía correspondiente al segmento afectado.

El nervio más frecuentemente comprometido en las fracturas diafisarias de antebrazo es el nervio mediano²⁷, aunque puede existir compromiso de otros nervios que cruzan el antebrazo. La mayoría de las lesiones son neuropraxias que se resolverán favorablemente en forma espontánea²⁸.

Es muy importante objetivar el estado neurológico sensitivo y motor de la extremidad afectada, tanto en el momento de la primera evaluación, como en el perioperatorio, y se debe dejar registro en la ficha clínica de los hallazgos clínicos evaluados. Cualquier cambio después de la cirugía debe poner en alerta al cirujano. Si el compromiso neurológico persiste después de 3 meses de la lesión en una fractura manejada ortopédicamente, con ausencia de signos de recuperación clínica, es necesario profundizar el estudio del paciente con exámenes de conducción nerviosa y eventual resonancia magnética (RM). Si la fractura requirió estabilización con osteosíntesis y/o reducción abierta, el estudio de un eventual daño neurológico debería ser precoz.

15.8 Mensaje final

Las fracturas diafisarias del antebrazo en los pacientes pediátricos son muy frecuentes. Los médicos traumatólogos generales y los especialistas en servicios de urgencia, encontrarán que al menos 1 de cada 5 fracturas del antebrazo estarán localizadas en la diáfisis del radio y/o el cúbito, por lo que serán frecuentes en su práctica clínica.

Es extremadamente importante hacer un diagnóstico radiológico correcto desde el primer momento, porque tanto el tratamiento óptimo, como el mejor resultado posible de este dependen de una clasificación inicial precisa. Esto ayudará a disminuir los problemas y complicaciones que limitarán la función de pronosupinación del antebrazo. Para el correcto tratamiento de la lesión, ya sea ortopédico o quirúrgico, es necesario considerar todas las variables descritas en este capítulo.

15.9 Recomendaciones de los autores

Diagnóstico

- Sospechar una fractura ante dolor diafisario, aún sin deformidad evidente.
- Buscar en forma dirigida la indemnidad neurovascular durante todo el proceso.
- Exigir radiografías bien tomadas, y visualizar el cúbito recto en la proyección lateral.

Tratamiento

- Considerar siempre la madurez ósea: a mayor potencial de remodelación, mayor flexibilización para aceptar deformidades angulares residuales.
- Si elige un tratamiento conservador con yeso: siga la técnica de contención con apoyo en tres puntos, muy bien moldeado, logrando un yeso de corte oval. Controlar con radiografías a los 7 y 15 días.
- La pronosupinación se altera en forma significativa con angulaciones residuales mayores, por lo que es importante conocer los límites tolerados, especialmente en lesiones localizadas en el tercio proximal.
- Considere la posibilidad de una reducción quirúrgica y osteosíntesis inmediata, tanto en las fracturas inestables desde el diagnóstico, como en las que el tratamiento con yeso haya fallado.

Seguimiento

- Privilegiar métodos y técnicas de tratamientos que respeten la biología del proceso reparatorio de una fractura.
- Apegarse a los principios y técnicas quirúrgicas probadas con evidencia. No innovar.
- Controlar al paciente incluso hasta la madurez esquelética, para asegurar una adecuada funcionalidad, conservando una pronosupinación de al menos 50°/50°.

15.10 Referencias

1. Rennie L, Court-Brown CM, Mok JY, Beattie TF. The epidemiology of fractures in children. *Injury*. 2007;38(8):913-922. doi:10.1016/j.injury.2007.01.036
2. Patel A, Li L, Anand A. Systematic review: functional outcomes and complications of intramedullary nailing versus plate fixation for both-bone diaphyseal forearm fractures in children. *Injury*. 2014;45(8):1135-1143. doi:10.1016/j.injury.2014.04.020
3. Flynn JM, Jones KJ, Garner MR, Goebel J. Eleven years experience in the operative management of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(4):313-319. doi:10.1097/BPO.0b013e3181d98f2c
4. Cruz AI Jr, Kleiner JE, DeFroda SF, Gil JA, Daniels AH, Ebersson CP. Increasing rates of surgical treatment for paediatric diaphyseal forearm fractures: a National Database Study from 2000 to 2012. *J Child Orthop*. 2017;11(3):201-209. doi:10.1302/1863-2548.11.170017
5. Sinikumpu JJ, Pokka T, Serlo W. The changing pattern of pediatric both-bone forearm shaft fractures among 86,000 children from 1997 to 2009. *Eur J Pediatr Surg*. 2013;23(4):289-296. doi:10.1055/s-0032-1333116
6. McGinley JC, Hoppood BC, Gaughan JP, Sadeghipour K, Kozin SH. Forearm and elbow injury: the influence of rotational position. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85(12):2403-2409.
7. Hsu ES, Patwardhan AG, Meade KP, Light TR, Martin WR. Cross-sectional geometrical properties and bone mineral contents of the human radius and ulna. *J Biomech*. 1993;26(11):1307-1318. doi:10.1016/0021-9290(93)90354-h
8. Blount WP, Schaefer AA, Johnson JH. Fractures of the forearm in children. *JAMA*. 1942;120(2):111-116. doi:10.1001/jama.1942.02830370023007
9. Flynn JM, Skaggs DL, Waters PM. *Rockwood and Wilkins' Fractures in Children*. 8th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2015.
10. Carter DR, Spengler DM. Mechanical properties and composition of cortical bone. *Clin Orthop Relat Res*. 1978;(135):192-217.

11. Currey JD, Butler G. The mechanical properties of bone tissue in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57(6):810-814.
12. Morrey BF, Askew LJ, Chao EY. A biomechanical study of normal functional elbow motion. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63(6):872-877.
13. Roposch A, Reis M, Molina M, et al. Supracondylar fractures of the humerus associated with ipsilateral forearm fractures in children: a report of forty-seven cases. *J Pediatr Orthop.* 2001;21(3):307-312.
14. Slongo T, Audigé L, Clavert JM, Lutz N, Frick S, Hunter J. The AO comprehensive classification of pediatric long-bone fractures: a web-based multicenter agreement study. *J Pediatr Orthop.* 2007;27(2):171-180. doi:10.1097/01.bpb.0000248569.43251.f9
15. AO Foundation. AO surgery reference. Available at: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/pediatric-trauma>. Acceso verificado 5 de junio del 2022.
16. Noonan KJ, Price CT. Forearm and distal radius fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg.* 1998;6(3):146-156. doi:10.5435/00124635-199805000-00002
17. Ligier JN, Métaizeau JP, Lascombes P, Poncelet T, Prévot J. Treatment of diaphyseal fractures of both bones of the forearm in children using elastic stable pinning. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1987;73 Suppl 2:149-51. French. PMID: 3432661.
18. Murphy HA, Jain VV, Parikh SN, Wall EJ, Cornwall R, Mehlman CT. Extensor Tendon Injury Associated With Dorsal Entry Flexible Nailing of Radial Shaft Fractures in Children: A Report of 5 New Cases and Review of the Literature. *J Pediatr Orthop.* 2019;39(4):163-168. doi:10.1097/BPO.0000000000000897
19. Holdsworth BJ, Sloan JP. Proximal forearm fractures in children: Residual disability. *Injury.* 1982;14:174-179.
20. Price CT, Scott DS, Kurzner ME, Flynn JC. Malunited forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1990;10(6):705-712. doi:10.1097/01241398-199011000-00001
21. Tredwell SJ, Van Peteghem K, Clough M. Pattern of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1984;4(5):604-608.
22. Baitner AC, Perry A, Lalonde FD, Bastrom TP, Pawelek J, Newton PO. The healing forearm fracture: a matched comparison of forearm refractures. *J Pediatr Orthop.* 2007;27(7):743-747. doi:10.1097/BPO.0b013e318142568c
23. Pace JL. Pediatric and Adolescent Forearm Fractures: Current Controversies and Treatment Recommendations. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24(11):780-788. doi:10.5435/JAOS-D-15-00151
24. Blackman AJ, Wall LB, Keeler KA, et al. Acute compartment syndrome after intramedullary nailing of isolated radius and ulna fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 2014;34(1):50-54. doi:10.1097/BPO.0b013e31829527de
25. Yuan PS, Pring ME, Gaynor TP, Mubarak SJ, Newton PO. Compartment syndrome following intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop.* 2004;24(4):370-375. doi:10.1097/00004694-200407000-00005
26. Martus JE, Preston RK, Schoenecker JG, Lovejoy SA, Green NE, Mencio GA. Complications and outcomes of diaphyseal forearm fracture intramedullary nailing: a comparison of pediatric and adolescent age groups. *J Pediatr Orthop.* 2013;33(6):598-607. doi:10.1097/BPO.0b013e3182a11d3b
27. Luhmann SJ, Schootman M, Schoenecker PL, Dobbs MB, Gordon JE. Complications and outcomes of open pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop.* 2004;24(1):1-6. doi:10.1097/00004694-200401000-00001
28. Neiman R, Maiocco B, Deeney VF. Ulnar nerve injury after closed forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1998;18(5):683-685. doi:10.1097/00004694-199809000-00026



CAPITULO 16 - Fractura de Radio Distal

Juan Carlos Hernández

Verónica Vilches

16. Fractura de radio distal

El desarrollo psicomotor normal, el proceso de exploración de nuevas experiencias, sumado al aumento de energía y violencia de los juegos infantiles han aumentado la frecuencia y complejidad de las fracturas en los pacientes pediátricos. Las fracturas de antebrazo distal no escapan a esta realidad. Uno de cada 4 menores consultará en un servicio de urgencias por un evento traumático, a un quinto de ellos se les diagnosticará una fractura, y de éstas, un tercio corresponderá a una fractura de antebrazo distal¹. Se estima que ocurren 210.000 fracturas de antebrazo al año en menores de Estados Unidos², lo que nos demuestra la magnitud de esta patología y la necesidad de tener tratamientos protocolizados que aseguren un resultado óptimo y sin secuelas en los pacientes, considerando la evidencia científica de calidad al definirlos.

16.1 Epidemiología

Las fracturas de antebrazo representan el 32% de las fracturas de la infancia³, y el 90% afectan al tercio distal del antebrazo¹. La incidencia estimada es 12-36/1000 niños al año⁴. Ocurre con más frecuencia en varones que en mujeres, con un rango de 42-64% en niños y 27-40% en niñas, descrito en la literatura. El promedio de edad de ocurrencia es 9,9 años, siendo la edad de mayor frecuencia entre los 10-11 años en mujeres y 12-13 años en varones¹.

16.2 Mecanismo de lesión

El mecanismo de lesión sigue siendo mayoritariamente indirecto, con caída y apoyo de la mano extendida, con la muñeca en hiperextensión, lo que define el desplazamiento del fragmento distal hacia dorsal⁵. Sin embargo, no debemos olvidar que un porcentaje menor de fracturas se produce por apoyo de la muñeca en flexión, lo que origina un desplazamiento y/o angulación del fragmento distal a volar. La transmisión de las fuerzas desde la mano al antebrazo distal se produce en forma axial, traspasadas en un 80% al radio y 20% a la ulna.

Las fracturas aisladas del radio o de la ulna se producen mayoritariamente por mecanismo directo⁵. En estos casos se debe buscar activamente la luxación de la cúpula radial (Monteggia) y la luxación de la ulna distal (Galeazzi), mediante las proyecciones radiológicas adecuadas.

El antebrazo está conformado por el radio, la ulna y la membrana interósea. Se extiende desde el codo a la muñeca. Topográficamente se divide en tercio proximal, tercio medio y tercio distal, siendo este último el espacio comprendido entre la superficie articular radio ulnar distal y el segmento metafisario que llega hasta el ancho de la superficie articular (Figura 1).

Al ser la ulna recta y el radio curvo, se logra el movimiento en arco de prono-supinación. El rango de normalidad es 80°-90° de supinación y 75°-80° de pronación, considerándose funcional una pronosupinación de 100° (50° de pronación y 50° de supinación)⁶. Esta movilidad disminuye cuando existe una fractura, y esta disminución es mayor mientras más angulada y desplazada sea ésta.

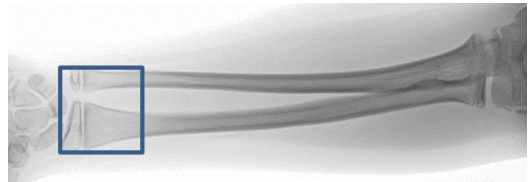


Figura 1. El tercio distal del antebrazo se define como un cuadrado con caras de longitud equivalente al ancho de la superficie articular de la muñeca en el plano anteroposterior.

16.3 Diagnóstico

Habitualmente se logra obtener el relato por parte del paciente de un mecanismo traumático. Al examen clínico se encontrará dolor al movilizar el antebrazo y/o a la palpación directa, con grados variables de aumento de volumen y deformidad, que serán dependientes de la complejidad de la fractura. La confirmación diagnóstica se logra habitualmente con un estudio radiológico simple que debe incluir al menos dos proyecciones radiológicas del antebrazo, en plano coronal (anteroposterior) y sagital (lateral), incluyendo las articulaciones de la muñeca y el codo (Figura 2).

Ocasionalmente podemos tener la coexistencia de fracturas a distinto nivel en el mismo segmento, o en el contiguo, especialmente una fractura supracondílea de húmero distal, por lo que debemos realizar un acucioso examen físico y exigir radiografías que incluyan ambas articulaciones adyacentes en al menos 2 planos.

La mayoría de las veces este estudio imagenológico es suficiente para el diagnóstico y la planificación del tratamiento, reservando el uso de Tomografía Computada (TAC) o Resonancia Magnética (RM) para casos en que se sospecha compromiso articular.



Figura 2. Proyecciones en proyección anteroposterior y lateral de antebrazo, incluyendo articulaciones de codo y muñeca.

16.4 Clasificación

Existen múltiples maneras de clasificar las fracturas a este nivel. Según patrón del rasgo de fractura, pueden ser transversas, conminutas u oblicuas. Según la dirección de la angulación pueden ser anguladas a dorsal, hacia palmar, hacia radial, o hacia ulnar. Según la deformidad resultante pueden ser incompletas (en tallo verde, en rodete o combadas), anguladas, o desplazadas (pudiendo describirse la magnitud del desplazamiento y/o angulación). Según el compromiso de partes blandas pueden ser cerradas o expuestas. Si presenta exposición ósea la clasificamos según Gustilo-Anderson. De existir compromiso fisario, la clasificación más usada es la de Salter y Harris.

En el intento de unificar estas clasificaciones, la AO ha propuesto una clasificación de fracturas distales del antebrazo específica para la población pediátrica, la que a pesar de no ser muy utilizada aún, permite unificar los distintos tipos de fractura, independiente de sus características topográficas, de desplazamiento, y dirección de angulación.

16.5 Tratamiento

El tratamiento tradicionalmente se ha confiado en la capacidad de remodelación del esqueleto infantil, especialmente a nivel del radio distal, por el alto potencial de corrección con el crecimiento longitudinal del segmento. Por esa razón, trabajos clásicos sugieren el manejo conservador inicial incluso de fracturas anguladas y/o desplazadas, sin realizar maniobras de reducción, según algunos parámetros de magnitud de deformidad a distintas edades (Tabla 1)⁷.

| | 1/3 PROXIMAL | 1/3 MEDIO | 1/3 DISTAL |
|--------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ANGULACIÓN | <8 años, 10° >8 años, 0° | <8 años, 15° >8 años, 10° | <8 años, 20° >8 años, 10° |
| ROTACIÓN | <15° | <9 años, 45° >9 años, 15° | <30° |
| TRASLACIÓN | 100% | 100% | 100% |
| ACORTAMIENTO | 1 cm | 1 cm | 1 cm |

Tabla 1. Parámetros para determinar tolerancia de deformidad en la elección de tratamiento conservador, en fracturas de radio distal.

Sin embargo, hoy en día, y por diferentes razones atribuibles al paciente, sus padres y el equipo médico, esta conducta se ha ido modificando, no aceptando tratamientos con deformidades iniciales que apuesten solo a la remodelación. Esto se reserva para aquellas fracturas que durante el curso de un tratamiento ortopédico pierdan el eje dentro de los valores que en forma documentada son tolerables por la capacidad de remodelación, considerando el crecimiento remanente de cada paciente.

En este contexto, los objetivos del tratamiento de una fractura con alteración de ejes de radio distal son: 1. realinear los segmentos proximales y distales de la fractura, con la menor deformidad local residual, de tal manera de lograr la consolidación en un eje correcto en los distintos planos, lo que asegura la adecuada función del segmento a futuro; 2. mantener la reducción a través de un método eficiente de estabilización, que podrá ser ortopédico (a través del uso de yesos) o quirúrgico (mediante el uso de osteosíntesis con agujas de Kirschner, tornillos, y muy ocasionalmente placas o fijadores externos).

El objetivo de la reducción de la fractura es restaurar la anatomía normal, lo que logrará reestablecer la función del seg-

mento. Sin embargo, a veces esto no se logra, aceptándose deformidades locales residuales cuya magnitud será dependiente de varios factores. El factor más importante será la edad del paciente, lo que tiene directa relación con la capacidad de remodelación determinada por el crecimiento remanente específico. Esto nos permite tolerar angulaciones en el plano coronal y sagital, independiente del método de estabilización que ocupemos, pero no así en el plano transversal, ya que las deformidades rotacionales no logran remodelar correctamente^{7,8}. Para ello existen orientaciones sobre la magnitud y la dirección de las alteraciones de ejes y de las edades en las que son tolerables, como lo describen las clásicas tablas de Price y Noonan, y recientes publicaciones de consenso^{7,8}.

En fracturas metafisarias incompletas, como por ejemplo en rodete, el tratamiento es inmovilizar, ya sea mediante un yeso antebraquial, una valva corta de yeso o una férula removible inmovilizadora de muñeca. De esta forma se promueve la reparación de la lesión, sin dolor, lo que habitualmente en pacientes pediátricos será en 3-4 semanas.

En fracturas metafisarias incompletas o completas, con pérdida de su eje por angulación, traslación o desplazamiento, se debe lograr primero una adecuada reducción ósea, buscando recuperar los ejes anatómicos, y luego estabilizar, manteniendo la reducción hasta que se logre la consolidación de la fractura.

Todas las maniobras de reducción son dolorosas para el paciente, por lo que recomendamos realizarlas sin provocar dolor o ansiedad al menor, ni dificultades al equipo médico, con sedación del paciente y control radioscópico de la reducción obtenida. Para la maniobra de reducción es necesario recordar que la presencia de un periostio grueso, característico del paciente pediátrico, nos ayuda en la estabilización de la fractura una vez reducida, por lo que debemos evitar dañarlo con maniobras muy enérgicas. Sin embargo, también debemos saber que los extremos rotos de este periostio son capaces de interponerse en el foco y no permitir que mantengamos la reducción de la fractura. Por estas situaciones es que la maniobra que se elija debe considerar la edad del paciente, el lugar de la fractura en el hueso y la orientación del desplazamiento.

Un error habitual es intentar primero disminuir el acortamiento, realizando tracción longitudinal en el eje, lo que reduce el cabalgamiento e incluso puede restaurar la longitud. Sin embargo, esta maniobra comprime o aplasta los fragmentos de la fractura entre ellos, dejando el periostio roto interpuesto entre las corticales, o incluso en el foco de fractura, lo que desestabiliza la reducción lograda (Figura 3).

Esto lleva a una situación no infrecuente, en que tras comprobar en el pabellón una buena reducción estabilizada en un yeso, en el control postoperatorio se evidencia un desplazamiento de la fractura secundario a la inestabilidad que producen las partes blandas interpuestas en el foco de fractura.

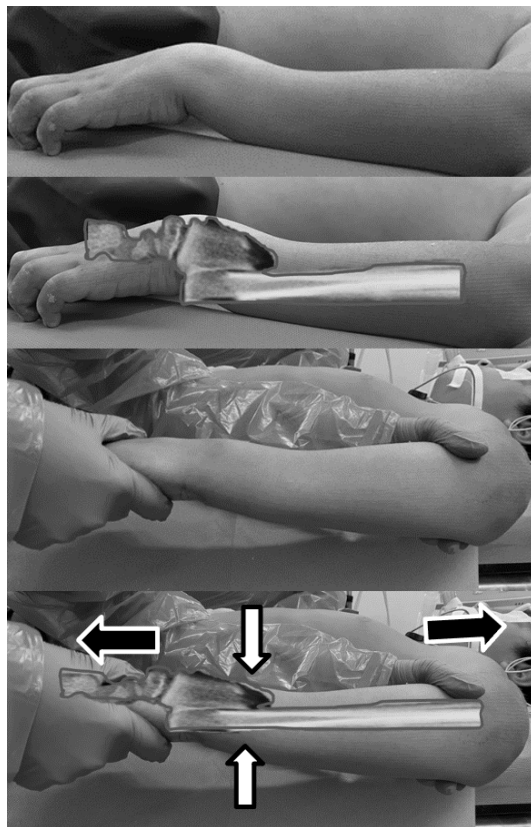


Figura 3. Maniobra inadecuada de tracción longitudinal, buscando corregir acortamiento producto del desplazamiento.

Para evitar este problema, se recomienda realizar la maniobra de reducción aumentando primero la deformidad (“en bayoneta”), con tracción axial, lo que permite restaurar la longitud, evitando que el periostio se interponga en el foco de fractura. Primero se aumenta suavemente la deformidad de la fractura, habitualmente mediante una hiperextensión para una fractura desplazada hacia dorsal, y luego trasladamos el fragmento hacia distal mediante tracción, durante la cual se mantiene la hiperextensión, hasta que los extremos óseos de la fractura contacten. Esto logra dejar el periostio dañado por encima de las corticales dorsales de ambos fragmentos, y no en el foco. Una vez lograda la longitud, se flexiona la deformidad, y se traslada el fragmento distal a palmar, logrando la reducción de la fractura, sin interposición de partes blandas (Figura 4).

Una vez lograda una correcta reducción, debemos mantenerla, estabilizando la fractura, lo que en la mayoría de los casos se realiza mediante un yeso adaptado a la anatomía del antebrazo.

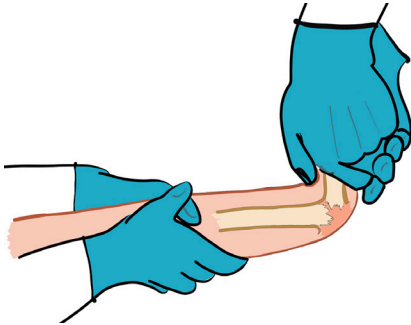


Figura 4. Maniobra correcta de reducción, aumentando la deformidad, evitando interposición de periostio en el foco de fractura mientras se corrige el acortamiento.

La forma del yeso debe ser ovalada, no cilíndrica, siguiendo el eje del primer rayo. Se recomienda una posición con la muñeca hacia ulnar, buscando disminuir la posibilidad de traslación del fragmento distal hacia radial. No debe existir espacio remanente o aire entre el yeso y la piel, lo que se logra mediante el moldeo preciso del yeso durante la instalación y unión de las vendas de yeso. El codo debe estar recto en 90°, no curvo, y con apoyo del yeso en tres puntos, lo que permite mantener la reducción lograda (Figura 5).



Figura 5. Control radiográfico de yeso braquiomanu bien posicionado, con codo recto en 90°, sin espacio de aire entre yeso y antebrazo.

Existen indicadores que miden la calidad de la técnica de enyesado por su moldeo, y que ayudan a predecir la mantención de la reducción dentro del yeso durante el tratamiento (Tabla 2). El más utilizado es el índice del yeso (“Cast index”), que es una razón entre el diámetro en el plano coronal y el plano sagital, a nivel del foco de fractura. Debe tener un valor ideal menor a 0,7 (Figura 6). Mientras más cercano a uno, el yeso tiene forma más redonda, menor coincidencia con la forma del antebrazo, y por lo tanto menor contención de los fragmentos de la fractura, por lo que la posibilidad de una pérdida de reducción aumenta.

| INDICE | DESCRIPCION | VALOR IDEAL |
|--------------|--|-------------|
| DE YESO | Diámetro interno del yeso en proyección lateral a nivel de la fractura / Diámetro interno del yeso en proyección AP en el sitio de la fractura | <0.7 |
| DE ESPACIO | Espacio radial + Espacio ulnar en foco de fractura + Espacio dorsal + Espacio palmar en foco de fractura | <0.15 |
| DE ACOLCHADO | Espacio dorsal en foco de fractura en proyección lateral / Distancia interósea máxima en AP | <0.3 |
| CANTERBURY | Índice de yeso + Índice de acolchado | <1.1 |
| DE 3 PUNTOS | Espacio en radio distal + Espacio ulnar en foco de fractura + Espacio proximal radial / Distancia transversa de contacto cortical en AP | <0.8 |
| DE 3 PUNTOS | Espacio dorsal distal + Espacio palmar en foco de fractura + Espacio proximal dorsal / Distancia transversa de contacto cortical en lateral | <0.8 |

Tabla 2. Indicadores para evaluar la calidad de la técnica de enyesado.

Es importante recalcar que el moldeo y apoyo del yeso en tres puntos permiten mantener la reducción de la fractura dentro del mismo, lo que es fundamental a medida que el edema postraumático del antebrazo se va reduciendo pues se genera un espacio entre piel y yeso que favorece el desplazamiento y/o angulación de la fractura. Así, por un efecto de palancas, se evita el desplazamiento de los fragmentos de la fractura, gracias a las adecuadas fuerzas antideformantes que otorga la estabilización externa.



Figura 6. Ejemplo de medición del “Índice de Yeso”. A/B idealmente debe ser <7.

El truco es no “aplastar” la fractura, sino moldear correctamente el yeso. En el caso más frecuente, con desplazamiento dorsal del fragmento distal, se moldea el yeso con dos puntos de apoyo dorsales con vector de fuerza hacia palmar, uno proximal y otro distal al foco, además de un punto de apoyo a nivel del foco por palmar, con un vector de fuerza hacia dorsal

(Figura 7). Se ha discutido la posición del antebrazo dentro del yeso en el plano coronal, con el razonamiento de evitar las fuerzas deformantes de la musculatura pronosupinadora, existiendo publicaciones a favor y en contra de esta idea. Nuestra recomendación es utilizar yesos en pronación no forzada del antebrazo en las fracturas de tercio distal.



Figura 7. Yeso moldeado correctamente, con apoyo en 3 puntos, bien posicionados.

En relación al tipo de yeso a utilizar, existe disparidad de criterios en la literatura¹⁰ que avalan distintas posturas, ya sea un yeso antebraquial o un yeso braquiopalmar. Nuestra recomendación es usar inicialmente un yeso braquiopalmar que bloquee las fuerzas deformantes de pronosupinación de la musculatura articular del codo y reduzca el riesgo de pérdida de reducción. Este yeso se mantiene durante 3-4 semanas, hasta que se ha formado un callo óseo suficiente para mantener la reducción. Tras este período se instala un yeso antebraquial moldeado, hasta lograr la consolidación de la fractura, clínica y radiológicamente, lo que ocurre habitualmente en 3-4 semanas. Por otra parte existen estudios que demuestran que yesos no convencionales, de fibra de vidrio u otros materiales sintéticos, más resistentes y duraderos, pueden ser usados desde el inicio del tratamiento, logrando moldeos de la inmovilización suficientes para mantener las reducciones dentro de ellos¹⁰.

El tratamiento ortopédico incluye un control clínico y radiológico adecuado. En base al momento en que se presenta la mayor cantidad de desplazamiento de las fracturas sometidas previamente a una reducción ortopédica y estabilización con yeso, se recomienda que el primer control sea entre los 7-10 días¹¹. Si se ha producido el desplazamiento de la reducción dentro del yeso, y/o pérdida del moldeo de éste, debemos corregir esta situación en este control precoz. Las opciones son la instalación de un nuevo yeso o realizar una yesotomía. Esto último consiste en abrir parcialmente el yeso a la altura de la fractura (no más del 50% del diámetro), y colocar una cuña sólida de ancho variable, la que al interponerse entre los cabos del yeso abierto, lo separa, modificando el eje del hueso en la dirección deseada¹². Esto requiere la presencia de un callo óseo blando, y se realiza con el paciente despierto por lo que puede

generar dolor. Por este motivo algunos especialistas no lo recomiendan, y debe reservarse a casos específicos. En casos de anestésiar al paciente, se debe instalar un nuevo yeso con el moldeo adecuado.

Sin duda, el tratamiento ortopédico es la indicación de manejo más frecuente para las fracturas del tercio distal del antebrazo en los paciente pediátricos, y esto se debe a varios factores: 1. la cercanía de la fractura a la fisis distal del radio, que es la que aporta el mayor porcentaje del crecimiento longitudinal de este hueso, lo que conlleva un gran potencial de remodelación de deformidades angulares coronales y sagitales residuales; 2. la presencia de un periostio grueso, el que favorece la remodelación, en mayor grado mientras más crecimiento remanente tenga el paciente y que además ayuda en la estabilización de la fractura; 3. las deformidades residuales habitualmente se orientan en el plano de movimiento de la articulación de la muñeca, lo que favorece la remodelación y permite tolerar algunas reducciones no anatómicas que al final del crecimiento no tendrán consecuencias funcionales de significancia clínica; y 4. las características biológicas del esqueleto inmaduro que favorecen una rápida consolidación de las fracturas, disminuyendo la posibilidad de rigideces articulares por un tiempo de inmovilización prolongado.

La indicación de tratamiento quirúrgico para las fracturas de radio distal es escasa, siendo más frecuente en pacientes cercanos al término de crecimiento. Las indicaciones recomendadas son:

1. Fracturas con compromiso articular de radio distal con diástasis mayor a 2 mm y/o escalones articulares, que de consolidar en esa posición llevarán a una degeneración articular futura, con la consiguiente artrosis. Por esta razón, recomendamos la reducción anatómica abierta del rasgo de fractura articular, lo que nos permite asegurar una adecuada congruencia de la superficie del cartílago, y la estabilización de éste con una osteosíntesis adecuada al tamaño del fragmento: agujas de Kirschner, tornillos interfragmentarios (de compresión o de situación) y ocasionalmente placas. Es posible también realizar una reducción cerrada y estabilización en forma percutánea con la asistencia artroscópica o el apoyo de medio de contraste radiológico articular, lo que nos permita confirmar el logro de nuestro objetivo.

2. La exposición del foco de fractura, lo que obliga a realizar un adecuado aseo quirúrgico complementario al tratamiento antibiótico. El método de estabilización dependerá de la condición global del paciente y del patrón de fractura, pudiendo ser con yeso o con osteosíntesis

3. Fracturas metafisarias muy inestables o imposibles de reducir por interposición de partes blandas (periostio o músculo, ej. pronador cuadrado). En esos casos se puede realizar la reducción y estabilización percutánea con osteosíntesis mínima (Agujas de Kirschner), o la apertura del foco, liberación de lo interpuesto, reducción y estabilización de la fractura.

4. Falla en el tratamiento ortopédico, entendiéndose como tal, la angulación y/o desplazamiento durante el tratamiento con yeso de una magnitud no tolerable para una función adecuada en un esqueleto cercano al término del crecimiento, con escasa capacidad de remodelación⁷.

16.6 Complicaciones

El tratamiento de una fractura con yesos tiene dificultades y complicaciones, muchas de las cuales serán generadas por una inadecuada postura del yeso y por falta de seguimiento del paciente. El yeso debe quedar ajustado y moldeado a la forma del antebrazo para no perder la reducción lograda, pero no debe comprimir la extremidad, teniendo muy presente instalar un acolchado suficiente para proteger las eminencias óseas y reducir el roce del yeso con la piel. Sin embargo, un acolchado exagerado que impida un adecuado moldeo aumenta el riesgo de un desplazamiento de las fracturas dentro del yeso, lo que se describe en forma variable en la literatura¹³⁻¹⁶. Esto puede inclinar al cirujano a realizar tratamiento quirúrgico como de elección para evitar esta complicación, generando riesgos y gastos innecesarios.

Debe siempre vigilarse la presión del yeso sobre la extremidad, durante todo el tiempo que dure el tratamiento, y especialmente durante las primeras 24 horas. Si hay aumento de edema a nivel distal, de los dedos, o aumento del dolor o de los requerimientos analgésicos por parte del paciente, se debe realizar la apertura del yeso en forma completa, aun cuando tenemos el riesgo de perder la reducción de la fractura. Esto es con el fin de evitar un síndrome compartimental, complicación mayor, con secuelas catastróficas.

La postura de las vendas de yeso al pasar por los pliegues, sobre todo en el primer espacio interdigital, sobre la base del pulgar, debe ser cuidadosa, evitando comprimir y generar mayor edema. Esto también puede producir heridas por roce y/o escaras. Por esa razón algunos autores proponen incluir el pulgar en todos los yesos y así evitar este problema. A nivel del pliegue del codo es importante realizar un puente de yeso que evite la compresión anterior por paso de vendas, el riesgo de heridas y/o de síndrome compartimental.

Otra complicación del tratamiento conservador son las heridas en la piel producto de la introducción de diversos elementos que utilizan los pacientes al rascarse el prurito que sienten en la zona bajo el yeso, como lápices, brochetas, palillos. Para evitar esto es fundamental educar a las personas a cargo del menor, explicando que esta complicación puede llevar a problemas incluso más complejos que la lesión ósea (Figura 8).



Figura 8. Casos de complicaciones por cuerpos extraños (ejemplo, tapa de lápiz) dentro del yeso, provocando heridas de significancia.

Cuando ha sido necesario el uso de alguna osteosíntesis, ésta también pueden generar complicaciones como son granulomas e infección en la interfase osteosíntesis-piel de agujas Kirschner percutáneas. Esto es habitual, con el consiguiente aflojamiento del tejido óseo, y el riesgo de pérdida de la reducción de la fractura.

Puede haber complicaciones producto de la energía que provocó la fractura, independiente del tratamiento utilizado, y que daña la fisis del radio o de la ulna. Esto provoca cierres fisarios precoces y/o barras fisarias, lo que provocará alteración del eje y/o de longitud del segmento. La alteración será más evidente a medida que el paciente crece, con las alteraciones funcionales asociadas, por lo que se recomienda el seguimiento por al menos 2 años en las fracturas de mayor riesgo. También se puede producir este daño fisario en forma iatrogénica, por el método de fijación que usemos o por los múltiples pasos a través de la fisis durante la instalación de agujas de Kirschner. Además puede haber daño del cartílago de crecimiento por manipulación forzada de fracturas con compromiso fisario de diagnóstico tardío, por lo que se recomienda evitar manipulación en fracturas de compromiso fisario tras 7-10 días de ocurrida la lesión (Figura 9).

Finalmente pueden ocurrir problemas de la consolidación como mal unión, secundario a desplazamiento de la fractura reducida o remodelación incompleta al término del crecimiento. Según la magnitud de la angulación o desplazamiento conllevará una alteración funcional, la que puede ser no aceptable y requerirá cirugía reconstructiva. Mucho menos habitual, pero de mayor complejidad en su tratamiento, es la no unión, que habitualmente se asocia a patologías óseas, como la Neurofibromatosis.

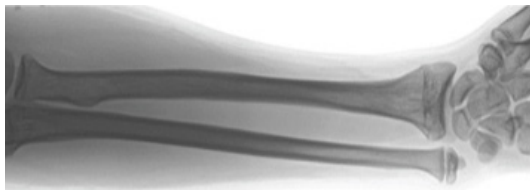


Figura 9. Paciente con fractura de radio distal que presenta cierre fisiario posterior a reducción cerrada realizada a los 10 días de la lesión.

16.7 Mensaje final

Las fracturas del antebrazo son muy frecuentes en los pacientes pediátricos, siendo las del tercio distal la mayoría. El mecanismo de lesión habitual es indirecto, con apoyo de la muñeca en hiperextensión. Pueden haber fracturas incompletas de manejo ortopédico, con inmovilizaciones antebraquiales por 1 mes, o fracturas completas con o sin compromiso fisario. Si hay desplazamiento o alteración de eje inicial no tolerable se debe realizar, sin dolor, maniobras de reducción de los ejes anatómicos y estabilización. Esta se logra en la mayoría de los casos en forma ortopédica con un yeso braquiopalmar, moldeado con apoyo en tres puntos, y con un seguimiento estricto. Ocasionalmente se requerirán métodos de estabilización quirúrgica, habitualmente osteosíntesis mínima asociada a una reducción cerrada. La reducción abierta se reserva para aquellas fracturas con compromiso articular del antebrazo distal o ante la imposibilidad de una adecuada reducción y/o estabilización en forma ortopédica. Cualquiera sea el tratamiento a utilizar, debemos estar atentos a evitar complicaciones, o a detectarlas precozmente para su adecuado manejo.

No olvidar que el tratamiento de elección de las fracturas de tercio distal del antebrazo es ortopédico, y que el yeso es un muy buen estabilizador de la mayoría de estas lesiones, pero requiere tiempo y paciencia para una adecuada postura y control.

16.8 Recomendaciones de los autores

1. Relacionar el mecanismo de lesión con el patrón de fractura.
2. Pensar siempre en la posibilidad de manejo ortopédico como primera opción.
3. La maniobra de reducción adecuada será de acuerdo al mecanismo de fractura.
4. Técnica de yeso: paciencia y tiempo. Práctiquelo.
5. Siempre entregue la información a los padres sobre complicaciones y cuidados del yeso.
6. Realice un control estricto antes de 10 días en el caso de realizar tratamiento conservador.

16.9 Referencias

1. Lempešis V, Jerrhag D, Rosengren BE, Landin L, Tiderius CJ, Karlsson MK. Pediatric Distal Forearm Fracture Epidemiology in Malmö, Sweden-Time Trends During Six Decades. *J Wrist Surg.* 2019;8(6):463-469. doi:10.1055/s-0039-1692471
2. Acree JS, Schlechter J, Buzin S. Cost analysis and performance in distal pediatric forearm fractures: is a short-arm cast superior to a sugar-tong splint?. *J Pediatr Orthop B.* 2017;26(5):424-428. doi:10.1097/BPB.0000000000000382
3. Ravier D, Morelli I, Buscarino V, et al. Plaster cast treatment for distal forearm fractures in children: which index best predicts the loss of reduction?. *J Pediatr Orthop B.* 2020;29(2):179-186. doi:10.1097/BPB.0000000000000678
4. Naranje SM, Erali RA, Warner WC Jr, Sawyer JR, Kelly DM. Epidemiology of Pediatric Fractures Presenting to Emergency Departments in the United States. *J Pediatr Orthop.* 2016;36(4):e45-e48. doi:10.1097/BPO.0000000000000595
5. van Delft EAK, Vermeulen J, Schep NWL, van Stralen KJ, van der Bij GJ. Prevention of secondary displacement and reoperation of distal metaphyseal forearm fractures in children. *J Clin Orthop Trauma.* 2020;11(Suppl 5):S817-S822. doi:10.1016/j.jcot.2020.07.016
6. LaStayo PC, Lee MJ. The forearm complex: anatomy, biomechanics and clinical considerations. *J Hand Ther.* 2006;19(2):137-144. doi:10.1197/j.jht.2006.02.002
7. Noonan KJ, Price CT. Forearm and distal radius fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg.* 1998;6(3):146-156. doi:10.5435/00124635-199805000-00002
8. Chia B, Kozin SH, Herman MJ, Safier S, Abzug JM. Complications of pediatric distal radius and forearm fractures. *Instr Course Lect.* 2015;64:499-507.

9. Ravier D, Morelli I, Buscarino V, et al. Plaster cast treatment for distal forearm fractures in children: which index best predicts the loss of reduction?. *J Pediatr Orthop B*. 2020;29(2):179-186. doi:10.1097/BPB.0000000000000678
10. Seiler M, Heinz P, Callegari A, Dreher T, Staubli G, Aufdenblatten C. Short and long-arm fiberglass cast immobilization for displaced distal forearm fractures in children: a randomized controlled trial. *Int Orthop*. 2021;45(3):759-768. doi:10.1007/s00264-020-04800-w
11. Bowman EN, Mehlman CT, Lindsell CJ, Tamai J. Nonoperative treatment of both-bone forearm shaft fractures in children: predictors of early radiographic failure. *J Pediatr Orthop*. 2011;31(1):23-32. doi:10.1097/BPO.0b013e318203205b
12. Samora JB, Klingele KE, Beebe AC, et al. Is there still a place for cast wedging in pediatric forearm fractures?. *J Pediatr Orthop*. 2014;34(3):246-252. doi:10.1097/BPO.0000000000000091
13. Laaksonen T, Puhakka J, Stenroos A, Kosola J, Ahonen M, Nietosvaara Y. Cast immobilization in bayonet position versus reduction and pin fixation of overriding distal metaphyseal radius fractures in children under ten years of age: a case control study. *J Child Orthop*. 2021;15(1):63-69. doi:10.1302/1863-2548.15.200171
14. Syurahbil AH, Munajat I, Mohd EF, Hadizie D, Salim AA. Displaced Physeal and Metaphyseal Fractures of Distal Radius in Children. Can Wire Fixation Achieve Better Outcome at Skeletal Maturity than Cast Alone?. *Malays Orthop J*. 2020;14(2):28-38. doi:10.5704/MOJ.2007.008
15. Khandekar S, Tolessa E, Jones S. Displaced distal end radius fractures in children treated with Kirschner wires - A systematic review. *Acta Orthop Belg*. 2016;82(4):681-689.
16. Truong W, Howard A, Georgiadis A. Displaced Distal Radius Fractures in Children: To Reduce or Not to Reduce? To Pin or Not to Pin?. *jposna* [Internet]. 2020Jul.5 [cited 2022Jun.4];2(2). Available from: <https://www.jposna.org/ojs/index.php/jposna/article/view/77>



CAPITULO 17 - Fracturas de las Falanges de las Manos

Jorge Gamboa

17. Fractura de falanges de las manos

Las fracturas de las falanges de la mano pediátrica son muy frecuentes en la consulta de urgencia traumatológica. Su adecuado diagnóstico es fundamental para evitar secuelas a futuro. Las falanges presentan una importante capacidad de remodelación, especialmente en el plano sagital. En su mayoría estas lesiones son de tratamiento ortopédico, aunque es importante reconocer algunas que, mal tratadas, pueden dejar secuelas. Es muy importante tomar la decisión quirúrgica en el momento adecuado para evitar complicaciones. El método de fijación quirúrgica debe ser en lo posible de forma cerrada, siendo las agujas de Kishner el método preferido de osteosíntesis.

17.1 Introducción

La mano, por sus características de herramienta de exploración y exposición al medio, es la principal área del cuerpo lesionada en la población infantil¹. Los menores usan sus manos para explorar el medio, con escasa conciencia de los riesgos de su entorno.

Las fracturas de la mano en la edad pediátrica son comunes, llegando a una incidencia de sobre 624/100.000 pacientes por año. Característicamente, se observa una curva bimodal, con una mayor frecuencia en pacientes pequeños, y otro aumento de incidencia en la población adolescente². La mano más frecuentemente lesionada va a ser la dominante, y son más frecuentes en hombres que en mujeres, en un porcentaje de 66%. El dedo más frecuentemente lesionado es el meñique, con un 52%, y la falange más lesionada es la proximal, con un 67%.

El traumatólogo de urgencia debe estar capacitado para evaluar las lesiones, sus complicaciones y elegir el tratamiento menos invasivo para cada una. Debido al dolor del paciente y al nerviosismo de los padres, es especialmente difícil realizar un examen físico acucioso. Por esto, hay que conseguir calmar al paciente, a objeto de poder realizar el examen físico y evaluar las lesiones tanto óseas, como de tejidos blandos asociados.

Mientras más pequeño sea el paciente, su potencial de remodelación va a ser mayor, lo cual juega a favor del pronóstico de las lesiones. La físis será nuestra aliada, porque mientras mayor sea el crecimiento remanente, mayor remodelación será esperable. Al contrario, en las lesiones donde haya daño de esta estructura, las secuelas y progresión de las deformidades serán mayores.

Las deformidades en el plano del movimiento remodelarán con mayor facilidad, en cambio en las rotacionales, la remo-

delación será muy escasa (o nula), por lo que en general no deben ser toleradas. La clinodactilia va a ser la principal secuela deformante, y debe ser evitada a toda costa. Será muy evidente al realizar el puño, pudiendo observarse el traslape del dedo deformado sobre los otros (Figura 1).



Figura 1. Fotografía de la mano de una niña de 8 años, con clinodactilia del dedo meñique por una fractura de falange proximal.

Los tratamientos van a ser básicamente ortopédicos conservadores, mientras que las indicaciones quirúrgicas serán la excepción.

En la población adolescente la situación cambia debido a que la remodelación esperable será menor, y aparecen fracturas que son más inestables. Debido a esto, las indicaciones quirúrgicas aumentan. En estos pacientes podremos realizar un examen físico más completo y evaluar el movimiento de los dedos en forma activa. Las lesiones van a estar relacionadas más con la práctica de deportes realizados con la mano como el básquetbol, vóleybol, handball, entre otros. También con caídas en velocidad, ya sea corriendo o usando skate, bicicleta y similares.

Es muy importante destacar que, en ambos grupos descritos, las lesiones que encontramos, su diagnóstico y su tratamiento van a diferir en gran medida, por lo que es muy importante tener claros estos conceptos a la hora de evaluar las lesiones y proponer un tratamiento.

17.2 Anatomía

Las falanges proximal y media presentan una gran similitud, y por lo tanto la presentación de las fracturas se manifiesta con un patrón similar en ellas.

Existen estructuras asociadas que actúan de diferentes formas sobre los fragmentos óseos, provocando fuerzas deformantes específicas, por lo que deben ser tomadas en cuenta para el adecuado enfrentamiento de la fractura.

La placa volar, delgada lámina fibrosa que se inserta desde la zona subcondilar del cuello hasta la epífisis de la respectiva falange, puede dificultar la reducción de la fractura por atrapamiento entre los fragmentos óseos o articularmente, por rotación del cóndilo (Figura 2), o hiperextensión de la interfalángica proximal, como en el “dedo en cuello de cisne”.

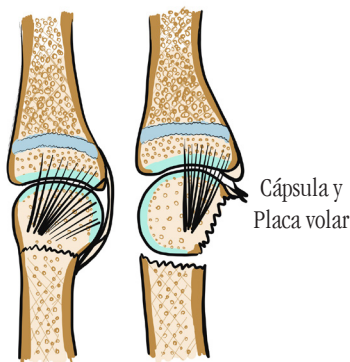


Figura 2. Rotación del fragmento distal en una fractura subcapital de falange, atrapando la cápsula y placa volar en la articulación.

Los tendones flexor superficial y flexor profundo provocan deformidades con fuerzas en flexión. Deben ser tomados en cuenta para la adecuada inmovilización de los dedos, si se decide un manejo conservador.

Los tendones extensores, que se insertan a nivel de la epífisis de las falange media y distal, producen fuerzas deformantes en extensión.

El periostio ayuda a mantener la estabilidad de las fracturas, especialmente diafisarias, evitando una mayor desplazamiento. Puede dificultar la reducción en fracturas muy desplazadas, especialmente de la base de la falange proximal o diafisarias.

La físis en los dedos, excluyendo al pulgar, se encuentra a nivel de las bases de las falanges³. Esta es una zona de debilidad de la falange, por lo tanto, un gran porcentaje de las fracturas van a

involucrar esta estructura, y se presentan de diversas maneras, de acuerdo a la clasificación de Salter-Harris. Su lesión puede dejar como secuela diferentes tipos de deformidades o acortamientos, dependiendo del si su compromiso es parcial o total.

17.3 Mecanismo de lesión

Existen diferentes fuerzas que actúan en las falanges para generar los variados patrones de las fracturas. En la práctica estas fuerzas no actúan individualmente sino que combinadas.

Las fuerzas torsionales provocan fracturas principalmente a nivel de las diáfisis, resultando en rasgos oblicuos. Se observan cuando el dedo del paciente queda atrapado en una posición y la mano gira sobre éste, o cuando el dedo es rotado sobre la mano. También pueden actuar a nivel del cuello de las falanges, causando su fractura.

La fuerza de compresión axial provoca una fractura clásicamente a nivel de los cóndilos (Figura 3), habitualmente con compromiso articular. Se ve en la práctica de deportes como el vóleybol o básquetbol, donde la pelota impacta al dedo en extensión. Cuando recibe esta fuerza asociada a una fuerza lateral, tiende a producirse un rasgo unicondíleo intraarticular. En pacientes mayores se pueden producir fracturas con aplastamiento articular.



Figura 3. Fractura de cóndilos de falange media dedo meñique, de una niña de 7 años de edad.

Las fuerzas laterales, situación donde uno de los dedos se desplaza hacia un lado al avanzar la mano en velocidad, provocando su hiper-abducción. Esta fuerza provoca principalmente una fractura a nivel de la base de la falange, especialmente la proximal (Figura 4). Una de las fracturas más frecuentes es

la de la base del meñique, aunque también puede verse en los otros dedos que están menos expuestos.



Figura 4. Fractura tipo Salter Harris 2 de falange proximal de dedo meñique de la mano de un niño de 9 años.

Por último, las lesiones pueden ser producto de un golpe directo. En este caso, la fuerza va a ser ejercida, ya sea por un objeto (palo de hockey, martillo, etc.), o por la caída de una estructura pesada sobre el dedo. Las lesiones van a ser de diversa índole, de acuerdo al nivel del trauma, pudiendo provocar conminución a nivel de la fractura y/o lesión importante de las partes blandas. También en caso de gran traumatismo puede lesionar definitivamente la fisis, como en el caso de una fractura Salter-Harris 5.

17.4 Diagnóstico

Para realizar una adecuado diagnóstico se deben considerar diversos antecedentes. Uno de los mas importantes es la circunstancia del accidente, que nos dará una idea del grado de lesión que podemos encontrar.

El mecanismo de la lesión nos informará de si este fue producido con un objeto, práctica deportiva o golpe directo.

El tiempo de evolución es muy importante, dado que si lleva algunos días, presentará menos dolor y tumefacción local que en el caso de ser agudo. Al examen físico encontraremos tumefacción local, dolor y equimosis, que son los signos más comunes. En el caso de existir deformidad e importante impotencia funcional, nos debe hacer pensar que existe una fractura desplazada.

Dentro de los exámenes imagenológicos, la radiografía simple será lo más solicitado, muchas veces el único necesario para realizar un adecuado diagnóstico. Otros métodos complemen-

tarios de diagnóstico, como la tomografía computada (TAC), la ecografía o la resonancia magnética (RM), nos servirán para evaluar las lesiones asociadas.

La radiografía simple de mano es el principal medio de diagnóstico en las fracturas de la mano en el paciente pediátrico⁴. Muchas veces su interpretación es un desafío. Es importante recalcar que al evaluar una sospecha de fractura de un dedo, la radiografía debe ser de ese segmento, y no de la mano completa. En el caso de que las proyecciones anteroposterior y lateral no muestren adecuadamente el rasgo o desplazamiento, se pueden complementar con proyecciones oblicuas (Figura 5). Es muy importante es que la radiografía lateral debe ser estricta, ya que esta proyección es fundamental para evaluar la rotación de los fragmentos.

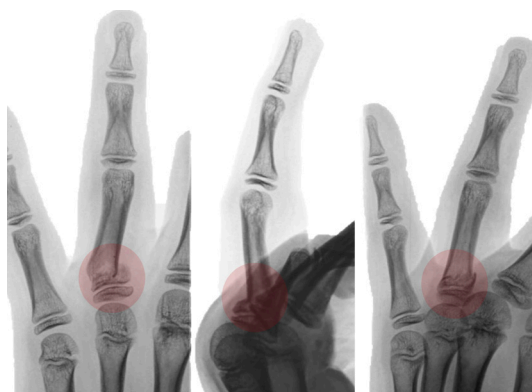


Figura 5. Proyección radiológicas anteroposterior, lateral y oblicua del dedo anular de un niño de 8 años, con una fractura de falange proximal.

La utilización de tomografía computada (TAC) es limitada en la población infantil, dado su importante nivel de radiación. Su utilización está reservada, básicamente, para evaluar fracturas con rasgo articular en que se necesita visualizar el desplazamiento o grado de conminución.

La ecografía de la mano es un examen altamente operador dependiente, y se solicita para evaluar lesiones asociadas. En el caso de fracturas avulsivas, nos aporta información acerca de la inserción ligamentaria o tendinosa. También nos entrega información acerca de la rotura de la placa volar, en las lesiones por hiperextensión interfalángica.

Finalmente, la resonancia magnética (RM) solo se solicita cuando queremos descartar lesiones asociadas o complicaciones, como la necrosis avascular post-traumática, siendo su uso excepcional.

17.5 Tratamiento

Fracturas unicondiliares de falanges

Estas fracturas se producen por un mecanismo de fuerza axial y angular sobre la cabeza de la falange. Un rasgo cizallante producirá el desplazamiento proximal y palmar del cóndilo⁵. En la radiografía lateral se observará una imagen de doble sombra, por el desplazamiento descrito (Figura 6).



Figura 6. Fractura unicondilea de falange media dedo índice. En la proyección lateral se aprecia una imagen de doble contorno que demuestra el desplazamiento del fragmento óseo.

Se producirá un escalón articular, que es muy poco tolerado, no debiendo exceder $> 0,5$ mm. Una de las complicaciones más temidas de este tipo de fractura es la clinodactilia. Esta deformidad se produce por la inclinación lateral de la articulación, al desplazarse un solo cóndilo. El paciente debe ser examinado flexionando los dedos y observando la inclinación angular del dedo afectado, que se montará sobre el adyacente. Es muy importante comparar el lado contralateral, porque algunos pacientes presentan una deformidad funcional de sus dedos, especialmente en el dedo anular.

Si el paciente presenta $>0,5$ mm, o si se observa una clinodactilia, debe ser reducido. La maniobra se realiza con anestesia troncular, trasladando el cóndilo a su posición original. Se inmoviliza con una férula digital, siendo muy importante no solidarizar con el adyacente, ya que en esta posición es muy difícil observar la alineación obtenida. Se evalúa la reducción con una radiografía de control. Si es satisfactoria, se inmoviliza y se controla cada semana, por 2 semanas. Si hay desplazamiento en el control semanal, se cataloga como inestable, y debe ser estabilizada con osteosíntesis en pabellón quirúrgico.

El método de fijación recomendado en pacientes pediátricos es mediante 2 agujas de Kishner 0,8-1 mm percutáneas, dependiendo del tamaño de la falange. Se debe evaluar cual será la

configuración de las agujas previo a su inserción, evitando el paso reiterado de las agujas a nivel articular³. Estas se insertan paralelas o divergentes, dependiendo del rasgo de fractura. Una vez comprobada la fijación estable de la fractura, se inmoviliza por 3-4 semanas, dependiendo de la edad del paciente. Se debe controlar semanalmente, para observar complicaciones como infección y/o pérdida de la reducción. El uso de tornillos de mini fragmentos, en forma abierta o idealmente percutánea, es una alternativa en adolescentes (Figura 7). Permite la movilidad precoz de la fractura en pacientes de mayor demanda.

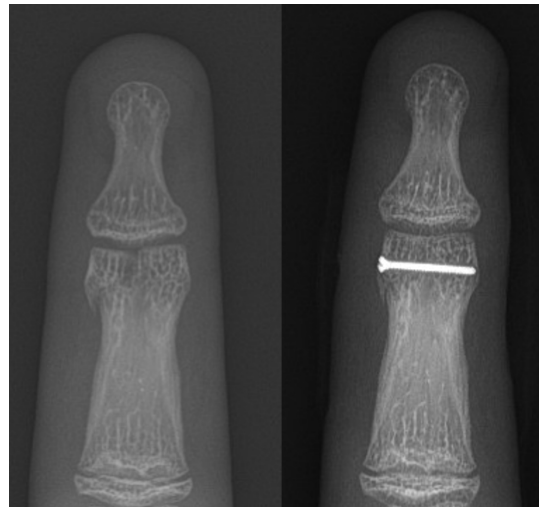


Figura 7. Fractura unicondilar de falange media, reducida en forma abierta, y estabilizada con tornillo compresivo.

Fracturas subcapitales de falanges

En esta zona de la falange se presenta una debilidad anatómica por lo que son frecuentes en la población infantil⁶. Su clasificación se puede observar en la figura 8. Los mecanismos de producción son el atrapamiento en puertas que se observa en los niños pequeños. Otro mecanismo frecuente es la rotación forzada del dedo al girar la mano con él fijo. Debido al pequeño tamaño del fragmento distal y a la inserción de los ligamentos colaterales, se consideran inestables.

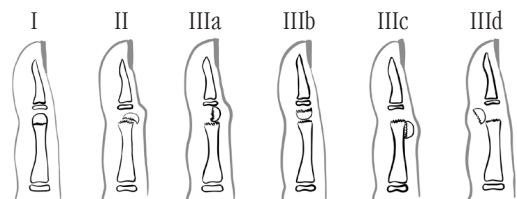


Figura 8. Clasificación de las fracturas subcapitales de falanges. Tipo I, no desplazadas; Tipo II, desplazadas con contacto cortical; y Tipo III, desplazadas sin contacto de corticales.

En la evaluación radiológica se verá el desplazamiento de la fractura, especialmente en la radiografía lateral, donde se puede observar la rotación del fragmento. Característicamente se ve imagen de doble sombra al observarse un cóndilo sobreproyectado sobre el otro. Evaluar este desplazamiento es muy importante porque una rotación a este nivel, provocará una clinodactilia clínica con compromiso funcional al realizar el puño (Figura 1).

Las fracturas desplazadas, especialmente las rotadas, se deben reducir con anestesia local. Una vez reducidas se debe tomar radiografía del dedo comprometido, evitando solidarizar con dedo adyacente para evaluar la rotación en la radiografía lateral. Se inmoviliza el dedo y se controla radiográficamente por 2 semanas. Completar la inmovilización por 4 semanas antes de comenzar movimiento progresivos. Si no se puede reducir o pierde la reducción en los controles, debe ser reducida en pabellón y fijada con agujas percutáneas cruzadas (Figura 9). Un punto importante, es que la decisión quirúrgica debe ser tomada antes de las dos semanas, debido a la rápida consolidación, lo que hará difícil reducirla en forma cerrada. Evitar en lo posible la reducción abierta que puede provocar necrosis avascular o lesión de los ligamentos colaterales

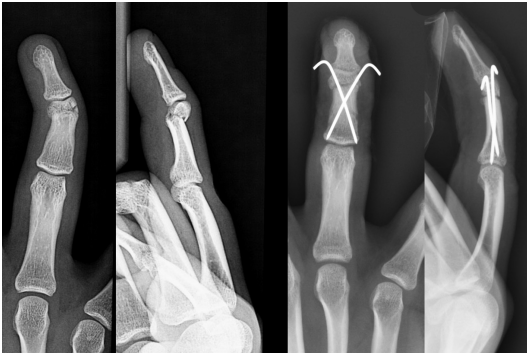


Figura 9. Fractura subcapital de falange media dedo índice de una niña de 14 años, resuelta con reducción cerrada y fijación con agujas Kirschner.

Fracturas bicondilares de falanges

Esta fractura compromete a ambos cóndilos, y se producen principalmente por una fuerza axial sobre el extremo distal de la falange. En niños pequeños son muy infrecuentes. Habitualmente se producen en adolescentes, y debido a su compromiso articular pueden dejar secuelas. Las desplazadas son muy difíciles de inmovilizar por su alta inestabilidad. Deben ser reducidas anatómicamente, lo que la mayoría de los casos será necesario hacerlo en pabellón quirúrgico. Se pueden reducir en forma cerrada y fijar con agujas de Kishner percutáneas. En caso de necesitar una reducción abierta, se pueden fijar

también con agujas o tornillos. En las fracturas que presentan conminución, con una dificultosa fijación, se puede usar un aparato de tracción dinámica.

Fracturas conminutas de falanges

Las fracturas conminutas son raras en la población infantil, debido a las características del tejido óseo inmaduro. Se debe ponderar muy bien las alternativas de tratamiento, dado que un procedimiento quirúrgico puede añadir mayor daño. Muchas veces es mejor esperar la consolidación ósea y realizar una osteotomía de alineamiento posteriormente. El potencial de remodelación, ya sea angular o de la superficie articular, muchas veces es suficiente para no dejar secuelas funcionales.

Fracturas diafisarias de falanges

En niños menores, están asociadas a mecanismos de contusión directa, como son el atrapamiento en puertas o golpe con un objeto contundente. En esta situación se producirán fracturas transversas u oblicuas cortas, con importante tumefacción local y dolor. Debido a la existencia del periostio, en su mayoría son estables y se pueden manejar de manera ortopédica conservadora, ya sea solo con inmovilización, o con reducción y control posterior.

Las fracturas localizadas en la diáfisis de las falanges media y proximal se presentan principalmente en adolescentes. El mecanismo es la torsión forzada del dedo, que se observa en adolescentes asociado a la práctica de deportes o accidentes. Debido a su mecanismo dará lugar a fracturas oblicuas y espiroideas⁷. Estas fracturas característicamente son inestables, y si bien es cierto pueden ser reducidas en forma cerrada en el box de urgencias, se debe ser muy cuidadoso a la hora de evaluar el resultado y estabilidad de la inmovilización. En el caso de no lograr una reducción adecuada, se debe aceptar la inestabilidad de la fractura o la presencia de alguna estructura interpuesta. En estos casos, o si en el control observamos pérdida de la reducción, se deberá reducir y fijar en pabellón quirúrgico. La primera elección para su fijación será percutánea, con agujas de Kishner perpendiculares al rasgo de fractura. Si no se puede reducir en forma cerrada, debe ser abierta y fijarla con agujas de Kirschner o tornillos (Figura 10).

Otra de las fracturas frecuentes es la de la base de la diáfisis. Su mecanismo de producción es la hiperabducción del dedo en el plano coronal. En la radiografía frontal se observara la fractura, y si está desplazada se puede realizar la reducción con anestesia local y ferulización. Este procedimiento, de fá-



Figura 10. Fractura espiróidea de falange proximal de dedo índice, estabilizada con 2 tornillos con compresión interfragmentaria.

cil realización, habitualmente será suficiente, siendo raras las ocasiones donde se deberá reducir en pabellón quirúrgico, habitualmente debido a interposición de partes blandas.

Fracturas de la base de las falanges media y proximal

El mecanismo de producción de una fractura en la base de la falange proximal, es por una fuerza compresiva axial y lateral de ella, sobre la cabeza del metacarpiano⁸. Esta fractura se observa principalmente en la población adolescente, y en el caso de fragmentos con >25% de desplazamiento, se recomienda elegir el tratamiento quirúrgico. Es posible intentar una reducción percutánea con agujas de Kishner, pero en el caso de hacerse en forma abierta, es preferible usar tornillos de mini fragmento.

Las fracturas de la base en la falange media se producen por diferentes mecanismos. La fractura en la cara palmar se produce por hiperextensión, traccionando la inserción de la placa volar sobre la epífisis de la base de la falange. Su tratamiento es ortopédico conservador, mediante una férula digital por una semana, seguido por un vendaje solidario por 2 semanas. Esto permite el movimiento precoz, disminuyendo la rigidez residual de estas lesiones.

La fractura en la cara dorsal se produce por avulsión de la bandeleta central del extensor (Figura 11). Esta lesión se puede evaluar con el test de Elson. El dedo a examinar se flexa a nivel

de la articulación interfalángica proximal en el ángulo recto del borde de una mesa, y se sostiene firmemente esta posición. Se solicita al paciente que intente extender la articulación interfalángica proximal. La presión extensora percibida por el examinador es ejercida por la bandeleta central, mientras la articulación interfalángica distal permanezca sin hiperextensión. De estar lesionada, requiere reparación.

Otro mecanismo observado a este nivel son las fracturas asociadas a las luxaciones, que pueden producir fragmentos palmares o dorsales, dependiendo de la dirección de la luxación (Figura 12). En el caso que estén desplazadas, se debe evaluar el porcentaje de la superficie articular comprometida. Si este porcentaje es >25-30%, si está asociado a un desnivel articular, o si se observa subluxación, se requerirá una maniobra de reducción. Esta se debe realizar en pabellón operatorio, y de preferencia en forma cerrada. Si esto no fuera posible, se hará abierta, teniendo cuidado de no lesionar las partes blandas alrededor de la articulación.



Figura 11. Fractura avulsiva dorsal de la base de falange media. Requiere reducción abierta y fijación con tornillo.

17.6 Complicaciones

Las fracturas de falange en la población pediátrica son de buen pronóstico, y en su gran mayoría de tratamiento ortopédico conservador. Es muy importante saber diagnosticar aquellas lesiones que van a dejar secuelas si no las tratamos de manera adecuada⁴.

Dentro de las complicaciones que podemos encontrar esta la consolidación viciosa, que sucede por consulta tardía o por falta de control semanal adecuado del paciente en tratamiento, el que se debe estar monitorizando durante las dos primeras semanas después de la cirugía o de la reducción ortopédica de la fractura.

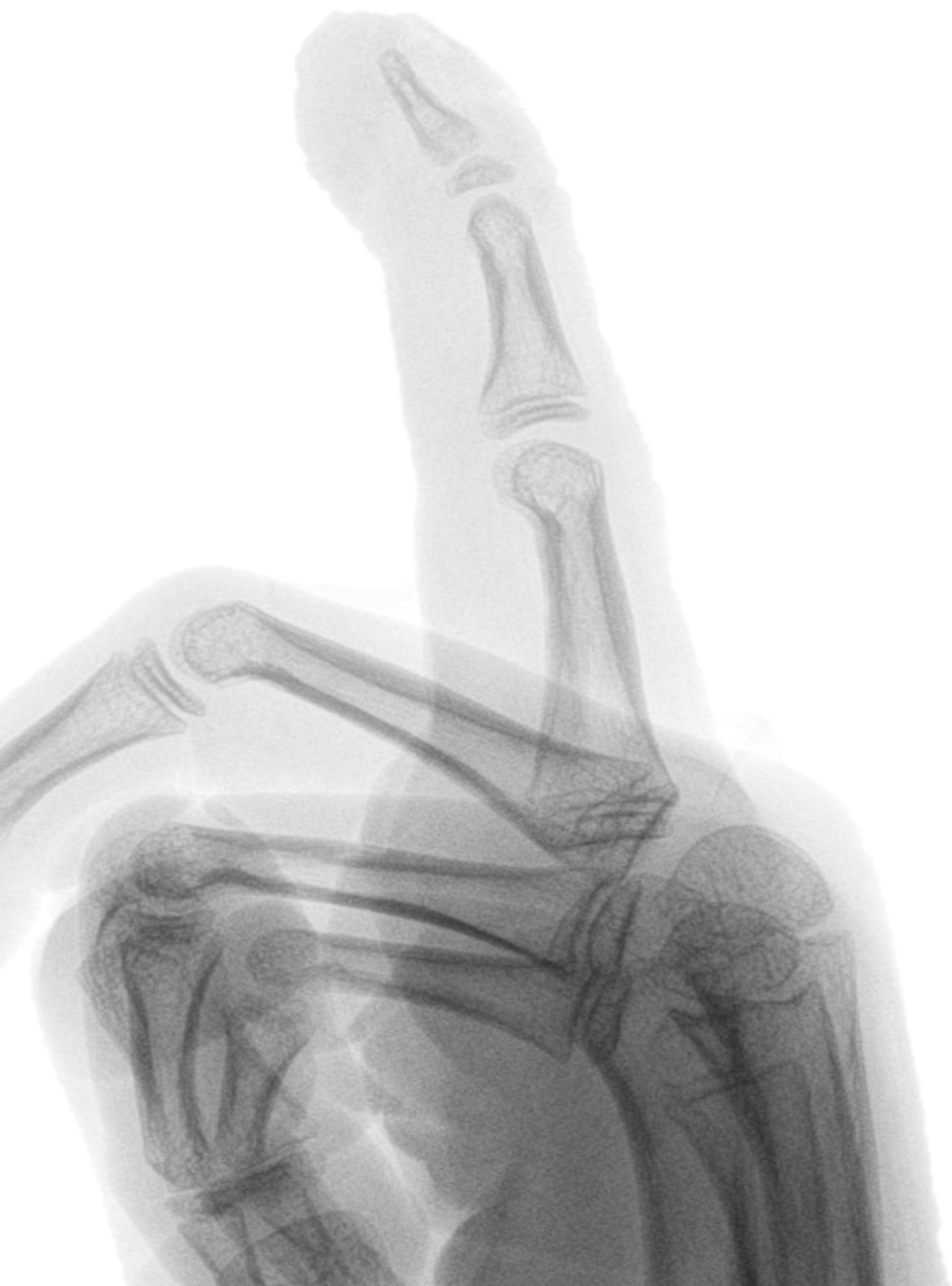


Figura 12. Fractura de base de falange media, avulsiva por extensión.

Otra de las complicaciones que podemos ver es la necrosis avascular del fragmento distal, que se produce por un abordaje inadecuado de la fractura, excesiva desperiostización, o por intervención tardía (después de 2 semanas) en forma abierta⁹.

17.8 Referencias

1. Vadivelu R, Dias JJ, Burke FD, Stanton J. Hand injuries in children: a prospective study. *J Pediatr Orthop.* 2006;26(1):29-35. doi:10.1097/01.bpo.0000189970.37037.59
2. Nellans KW, Chung KC. Pediatric hand fractures. *Hand Clin.* 2013;29(4):569-578. doi:10.1016/j.hcl.2013.08.009
3. Sivit AP, Dupont EP, Sivit CJ. Pediatric hand injuries: essentials you need to know. *Emerg Radiol.* 2014;21(2):197-206. doi:10.1007/s10140-013-1158-0
4. Goodell PB, Bauer A. Problematic Pediatric Hand and Wrist Fractures. *JBJS Rev.* 2016;4(5):e1. doi:10.2106/JBJS.RVW.O.00028
5. Karl JW, White NJ, Strauch RJ. Percutaneous reduction and fixation of displaced phalangeal neck fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(2):156-161. doi:10.1097/BPO.0b013e3182423124
6. Market M, Bhatt M, Agarwal A, Cheung K. Pediatric Hand Injuries Requiring Closed Reduction at a Tertiary Pediatric Care Center. *Hand (N Y).* 2021;16(2):235-240. doi:10.1177/1558944719850635
7. Yeh PC, Dodds SD. Pediatric Hand Fractures. *Techniques in Orthopaedics.* 2009;24(3):150-162
8. Boyer JS, London DA, Stepan JG, Goldfarb CA. Pediatric proximal phalanx fractures: outcomes and complications after the surgical treatment of displaced fractures. *J Pediatr Orthop.* 2015;35(3):219-223. doi:10.1097/BPO.0000000000000253
9. Liao JCY, Chong AKS. Pediatric Hand and Wrist Fractures. *Clin Plast Surg.* 2019;46(3):425-436. doi:10.1016/j.cps.2019.02.012



CAPITULO 18 - Lesiones de Punta de Dedos

Macarena Morovic
Paulina de la Fuente

18. Lesiones de punta de dedos

Las lesiones en la punta de los dedos son una de las más frecuentes de encontrar en la población pediátrica, pudiendo presentarse de diversas formas, desde una simple laceración, hasta una amputación completa del segmento. Sin un adecuado tratamiento, estas lesiones pueden dejar importantes secuelas, tanto funcionales como estéticas. Los tratamientos disponibles en la actualidad cubren una amplia gama de técnicas que permiten disminuir estas complicaciones, por lo que un adecuado reconocimiento del tipo de lesión y manejo precoz son fundamentales para obtener buenos resultados.

18.1 Introducción

La punta del dedo corresponde a una estructura altamente especializada que provee de una función táctil y sensorial, lo cual permite interactuar con el medio ambiente durante la exploración y manipulación¹⁻³. Sin embargo, esta capacidad la hace particularmente propensa a las lesiones¹, siendo por lo tanto una importante causa de consulta en los servicios de urgencia, y que si no se maneja de forma adecuada, puede dejar secuelas funcionales y estéticas importantes.

Los objetivos del tratamiento van a ser preservar la longitud, mantener la sensibilidad, permitir una movilización temprana, devolver la función de manera oportuna y con adecuados resultados estéticos.

18.2 Epidemiología

Estas lesiones corresponden a las más frecuentes de la mano, llegando a representar aproximadamente 2/3 de todas las lesiones de mano en pacientes pediátricos^{3,4}.

En países como Estados Unidos se tratan aproximadamente 700.000 pacientes pediátricos al año sólo por lesiones de la punta del dedo relacionadas con traumatismos por puerta, y los menores de 5 años, especialmente los varones, son los que presentan la tasa anual más alta de amputaciones de los dedos (18.8/100.000 habitantes)³.

18.3 Fisiopatología

Los mecanismos de lesión son diversos, sin embargo, la mayoría de estos ocurren dentro del hogar. Los más comunes son:

- Lesiones por aplastamiento que se producen debido a fuerzas de compresión y corresponden al tipo de lesión más frecuente en menores, siendo generalmente por el cierre brusco de puertas y/o ventanas sobre el dedo^{2,5}. Estas pueden presentarse como una lesión cerrada o abierta, asociándose o no a fracturas de falange distal.
- Lesiones por laceración, generalmente secundarias a un instrumento doméstico (cuchillo, tijeras, latas) o herramientas de trabajo (sierra)².
- Lesiones por avulsión que ocurre cuando la placa ungueal se separa de las estructuras circundantes, lo que hace que el lecho ungueal quede expuesto².
- Amputaciones, que implican tanto la pérdida de tejidos blandos como la pérdida parcial o completa de la falange distal².
- Fuerzas de flexión/extensión conducen a lesiones por avulsión del tendón distal².

Es importante mencionar que la mayoría de estas lesiones son prevenibles, por lo que es fundamental concientizar a la población y tomar medidas para disminuirlas.

Debido a que el principal mecanismo lesional es el aplastamiento por cierre brusco de puertas y/o ventanas, se pueden utilizar distintos dispositivos actualmente disponibles en el mercado, que evitan el cierre brusco de éstas, como por ejemplo, un tope lateral en la bisagra o en la parte superior/inferior de la puerta.

18.4 Anatomía

Anatómicamente la punta del dedo se define como la porción distal a la inserción del tendón flexor profundo y el extensor en la falange distal, o en la interfalángica cuando nos referimos al pulgar². Está compuesta por el complejo ungueal, el pulpejo y la falange distal.

El complejo ungueal

El complejo ungueal está compuesto por la placa ungueal, el lecho ungueal, el eponiquio, perioniquio e hiponiquio¹ (Figura 1).

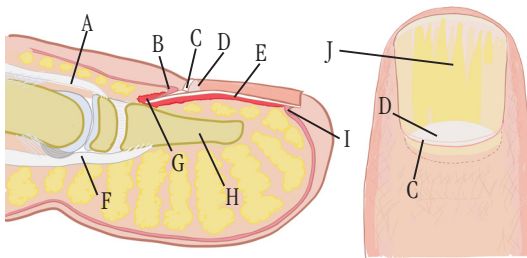


Figura 1. Complejo ungueal. A, tendón extensor; B, pliegue ungueal; C, eponiquio; D, lúnula; E, matriz estéril; F, tendón flexor profundo; G, matriz germinal; H, falange distal; I, hiponiquio; J, cuerpo ungueal.

La placa ungueal corresponde a una capa de queratina que protege el dorso de la punta del dedo. Estabiliza la porción distal de éste, aportando resistencia al pulpejo, contribuyendo así a la manipulación de pequeños objetos y en el tacto fino^{1,6}.

El lecho ungueal consta de dos partes; la matriz germinal y la matriz estéril. La primera es la encargada del crecimiento del 90% de la uña, mientras que la segunda contribuye al engrosamiento y adherencia de esta. La unión entre estas dos estructuras es la lúnula, porción visible de la matriz germinal¹. La matriz tiene múltiples fibras longitudinales que anclan la dermis al periostio de la falange distal.

El eponiquio y paroniquio forman los bordes de tejido blando proximal y lateral de la uña respectivamente. El hiponiquio marca la transición entre la uña adherida y la libre, actuando como una barrera mecánica que impide la acumulación de cuerpos extraños entre la uña y el lecho¹.

El pulpejo

El pulpejo se divide en una porción distal y otra proximal (Figura 2). La porción distal se encuentra en relación con la lámina ungueal, y se caracteriza por tener tabiques osteocutáneos radiales que le otorgan estabilidad y resistencia a la deformación, permitiéndole así adherencia (en el mismo modo en que las ranuras de un neumático)⁶. Junto con el contra-apoyo que le brinda la lámina ungueal, logra una pinza fina a la hora de tomar objetos pequeños^{1,6}. La porción proximal, a diferencia de la anterior, presenta tabiques lobulados, lo que le confiere maleabilidad y la capacidad de adaptar el contorno al tomar objetos de mayor tamaño⁶.

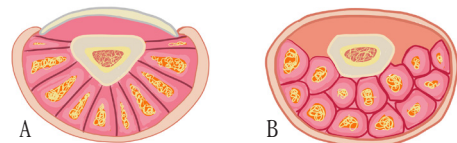


Figura 2. Anatomía del pulpejo de un dedo. A, pulpejo distal, con tabiques osteocutáneos radiales; B, pulpejo proximal, con tabiques lobulados.

La irrigación del pulpejo se produce a través de un arco anatómico dado por las arterias palmares digitales, distal a la inserción del tendón flexor, y desde donde nacen las arterias longitudinales del pulpejo, las que después se anastomosan con los vasos dorsales. Generalmente la arteria central es la de mayor calibre. El drenaje venoso en los dedos es generalmente de predominio dorsal, sin embargo, distal a la articulación interfalángica distal, los vasos venosos son predominantemente palmares⁶.

La inervación está dada por las divisiones de los nervios palmares digitales a nivel del pliegue palmar de la interfalángica distal.



Figura 3. Fractura de Seymour, con desplazamiento juxta-epifisario de falange distal, exposición ósea y laceración de lecho ungueal, producto de la inserción del tendón extensor en epifisis y de flexor en metafisis.

La falange distal

Tiene características morfológicas únicas, presentando un segmento diafisario con una concavidad palmar que se corresponde a la convexidad del tejido blando del pulpejo⁶. Corresponde además al punto de inserción distal del tendón extensor sobre la epífisis, y del tendón flexor profundo, principalmente en la metáfisis, aspecto importante a considerar en el mecanismo lesional de algunas lesiones específicas a este nivel y en este grupo etario (ej. fractura tipo Seymour) (Figura 3).

18.5 Diagnóstico

Se debe realizar un adecuado examen físico para evaluar la función completa del dedo lesionado^{2,4}.

En general, se realiza sin anestesia para evaluar con precisión la función motora y sensitiva. Se debe objetivar el rango de movilidad de la falange distal, buscando una probable lesión tendinosa, y realizar una prueba de discriminación en 2 puntos a ambos lados del pulpejo para evaluar la sensibilidad⁴.

El relleno capilar y color del dedo permiten evaluar el estado vascular, mientras que una deformidad evidente puede evidenciar una fractura o luxación.

Se debe determinar el tamaño, la ubicación y la geometría de cualquier defecto de cobertura cutánea del pulpejo, el grado de afectación del lecho ungueal y la presencia o ausencia de hueso expuesto^{1,4}.

El estudio radiológico se realiza con radiografías del dedo afectado en 3 proyecciones; anteroposterior, lateral y oblicua.

18.6 Clasificación

La clasificación de Evans y Bernardis⁷, conocida como clasificación PBN (*pulp, nail, bone*), describe el compromiso del pulpejo, uña y hueso, siendo la más utilizada. Asigna una numeración ascendente según el mayor compromiso de cada una de las estructuras. El valor 0 indica sin lesión, mientras que 7 u 8 implica la pérdida total, para cada segmento (Tabla 1).

| | PULPEJO | UÑA | HUESO |
|---|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| 0 | Sin lesión | Sin lesión | Sin lesión |
| 1 | Laceración | Laceración de matriz estéril | Penacho |
| 2 | Aplastamiento | Laceración matriz estéril y germinal | Conminuta no articular |
| 3 | Pérdida distal transversa | Aplastamiento | Articular |
| 4 | Pérdida dorsal oblicua parcial | Luxación de la uña proximal | Desplazada de la base |
| 5 | Pérdida dorsal oblicua | Pérdida de 1/3 distal | Exposición de la punta |
| 6 | Pérdida lateral | Pérdida de 2 tercios | Pérdida de 1/2 distal |
| 7 | Pérdida completa | Pérdida lateral | Pérdida subtotal |
| 8 | | Pérdida completa | Pérdida completa |

Tabla 1. Clasificación de Evans y Bernardis⁷, describiendo el grado de compromiso del pulpejo, la uña y el hueso.

18.7 Tratamiento

Los objetivos del tratamiento de las lesiones de la punta de los dedos son preservar y reparar. Para esto se debe intentar mantener la longitud, preservar la uña para un resultado estético aceptable, lograr una cobertura cutánea estable y no dolorosa.

Hematoma subungueal. ¿Remover y reparar o trepanar y drenar?

Los hematomas subungueales resultan por lesiones por compresión, aplastamiento o atrición. Evidencia tipo III recomienda remover la uña, para explorar y reparar el lecho ungueal si hay una fractura del penacho desplazada⁸. Sin embargo, si los bordes del pliegue ungueal están intactos y (si está presente) la fractura no está desplazada, entonces el manejo óptimo es controvertido. Tradicionalmente, el tratamiento se basaba en el tamaño del hematoma⁹, drenándose si comprometía más del 50% de la uña, y más del 25% si estaba asociado a fractura. La trepanación simple de la lámina ungueal, para drenar el hematoma, con pliegues y márgenes ungueales intactos, ha producido resultados iguales o superiores, en comparación con

la extracción de la uña y la reconstrucción formal del lecho ungueal^{10,12}. Además, la trepanación o el manejo expectante han demostrado resultados cosméticos similares y tasa de complicaciones similares, independiente del tamaño o de una fractura no desplazada.

La trepanación consiste en realizar un orificio en la superficie de la uña con una aguja hipodérmica para liberar la sangre atrapada, logrando buenos resultados con relación a alivio del dolor, función y cosmética^{11,12}. El drenaje idealmente debe ser realizado el mismo día del traumatismo.

No se recomienda levantar la uña si está bien adherida, para el explorar el lecho ungueal, dado que el crecimiento longitudinal de ella requiere entre 70 a 140 días. Baden¹² postula que después de una lesión, se necesitan aproximadamente 3 semanas hasta que el crecimiento comience nuevamente, lo que explica la hipertrofia presente dentro de la uña en el proceso de elongación. Luego, la regeneración progresa a un ritmo mayor durante los próximos 2 meses, con un tiempo total de curación de 4 meses.

Onisectomía traumática, ¿Se debe reemplazar o desechar la uña?

Después de reparar el lecho ungueal, el 96 % de los cirujanos reemplazan la lámina ungueal, mientras que el 4 % prefiere desecharla¹⁶. Se ha argumentado que el reemplazo de la uña confiere algunas ventajas. En primer lugar, actúa como un molde para permitir el crecimiento de la nueva uña sobre una anatomía normal. También estabiliza algunas fracturas de falange distal asociadas. Además, el reemplazo de la porción proximal de la placa ungueal evita la formación de cicatrices entre el pliegue ungueal proximal y la matriz germinal, las que pueden producir una uña dividida permanentemente. En consecuencia, se recomienda estabilizar el pliegue ungueal proximal con una placa ungueal, por 2–3 semanas.

Este dogma quirúrgico ha sido cuestionado por la evidencia de una mayor morbilidad que acompaña al reemplazo de la placa ungueal. Reemplazar la lámina ungueal tiene una tasa de complicaciones más alta (17,6%) que desechar la lámina ungueal y aplicar un apósito no adherente (Mepitel) (5%). Dichas complicaciones incluyeron infección posoperatoria, dolor persistente, retraso en la cicatrización de la herida y granulación excesiva. Los antibióticos profilácticos no influirían significativamente en las tasas de infección. El método de fijación de la placa ungueal provocaría inflamación y edema, lo que puede asociarse a laceración del pliegue ungueal en los

sitios de sutura tensa. Sin embargo, los estudios sugieren que el reemplazo de la placa ungueal podría no ser el único responsable de las complicaciones y el aumento de la morbilidad, lo que evidencia la necesidad de estudios de alta calidad para establecer indicaciones definitivas y estrategias de manejo.

Un ensayo controlado aleatorio multicéntrico en curso (ensayo Nail bed INJury Analysis [NINJA]) tiene como objetivo determinar si la placa ungueal debe ser reemplazada después de la reparación del lecho ungueal en niños. Un estudio preliminar coincidió con un estudio anterior, que mostró que el reemplazo de la placa ungueal se asoció con una mayor incidencia de infección, complicaciones y dolor postoperatorio, pero no alcanzó diferencias estadísticamente significativas, probablemente debido a un tamaño de muestra pequeño. Se espera que el ensayo definitivo informe resultados de mayor peso estadístico. En última instancia, el objetivo es minimizar la morbilidad, la exposición a múltiples operaciones y la cantidad de seguimientos necesarios, mientras se optimizan los resultados.

Existen dos situaciones posibles, contar con una uña recuperada o que está perdida.

Si se cuenta con la uña nativa recuperada, se sugiere lavarla profusamente con solución antiséptica, y reinsertarla en el saco ungueal, fijándola con puntos separados de nylon al eponiquio y paroniquio, sin suturas en el borde libre de la uña.

En el caso de no contar con la uña nativa, se recomienda sustituir con material sintético, idealmente del mismo tamaño y grosor de la uña original. Se puede utilizar una lámina de acetato o una lámina de plástico siliconado (por ejemplo; una porción de bolsa recolectora de orina, una porción de una jeringa, una bajada de suero). Se talla la nueva uña sustituta, se fija con puntos separados de nylon al saco ungueal, al eponiquio y paroniquio para mantener la anatomía de los canales laterales. No se debe fijar el borde libre de la uña sustituta a la piel.

Lesión del lecho ungueal. ¿Sutura o adhesivos?

Las laceraciones del lecho ungueal pueden ser simples, estrelladas o lesiones por aplastamiento (Figura 4). Las dos últimas a menudo implican la fragmentación de la placa ungueal. El éxito de la reparación del lecho ungueal disminuye con el retraso del procedimiento de reparación, recomendándose la intervención dentro de los 2-3 días desde la lesión, idealmente lo antes posible. La reparación de las laceraciones estrelladas puede tener buenos resultados, mientras que las lesiones por aplastamiento tienen un peor pronóstico debido a la contu-

sión adicional del lecho ungueal¹⁵. Aunque se han descrito ejemplos de protocolos de manejo de estas lesiones, la técnica quirúrgica es ampliamente debatida. Las suturas absorbibles son prácticas, ya que no es necesario retirarlas. En una encuesta, los cirujanos de la mano prefirieron una técnica de sutura interrumpida (85,1%) utilizando poliglactina 910 como material (Vicryl-Rapide) (83,3%)¹⁶. Los adhesivos médicos son una alternativa a la reparación primaria con suturas, para las lesiones del lecho ungueal. El 2-octilcianoacrilato (Dermabond) puede unir fragmentos de placas ungueales rotas y los márgenes de la herida. La investigación preliminar sugirió que los adhesivos lograban una apariencia cosmética aceptable, pero estaban limitados en sus comparaciones con la sutura estándar, la objetividad de sus medidas de resultado y sus muestras de tamaño pequeño. Estudios posteriores destacaron la eficacia de Dermabond en relación con la sutura, como una resistencia a la rotura similar, y un menor tiempo medio de torniquete requerido. Sus desventajas son el riesgo de infección crónica, formación de granulomas y reacción a cuerpo extraño, y tatuaje del tejido. Por lo tanto, la adopción generalizada de su uso exige una base de pruebas más sólida. Es así, como a pesar de sus ventajas, los cirujanos prefieren una sutura en forma de ocho (45,1%) para asegurar la placa ungueal debajo del pliegue ungueal, por sobre el uso de adhesivos (20,7%)¹⁶.

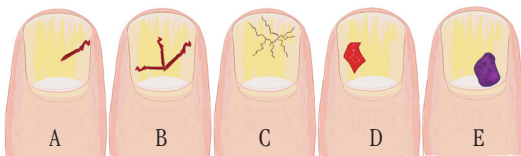


Figura 4. Tipos de laceraciones del lecho ungueal. A, simple; B, estrellada; C, aplastamiento; D, avulsión; E, hematoma subungueal.

Avulsión o defecto del lecho ungueal. ¿Sutura o injerto?

Las avulsiones del lecho ungueal que se presentan con el tejido avulsionado adherido a la placa ungueal pueden suturarse en su lugar. Los defectos pequeños, <2 mm, cicatrizan por segunda intención, con el lecho ungueal actuando como una cubierta y una férula. Un sustituto introducido en el espacio (si es >2 mm) puede prevenir la formación de cicatrices, en particular para las lesiones de espesor total de la matriz germinal. Las opciones incluyen una plantilla de reemplazo dérmico³ (Integra o Matriderm), injerto de piel de espesor parcial, injerto de lecho ungueal de espesor parcial e injerto de lecho ungueal de espesor total. Los dos últimos son los preferidos, pero pueden causar una deformidad en el sitio donante. El injerto se puede extraer de áreas no lesionadas del dedo afectado o de otros dedos intactos

para defectos más grandes. Para defectos del lecho ungueal pediátrico de más de 3 × 3 mm, se recomiendan injertos de espesor parcial del lecho ungueal extraídos del dedo lesionado o del hallux, aunque faltan evaluaciones objetivas de esto.

Fractura de la falange distal. ¿Reparación y fijación o sutura?

Más del 50 % de todas las lesiones del lecho ungueal tienen asociada una fractura de la falange distal. Las fracturas del penacho distal y de la falange distal no desplazadas se tratan con reparación del lecho ungueal y reemplazo de la lámina ungueal. Las fracturas desplazadas y las fracturas proximales al pliegue ungueal se estabilizan quirúrgicamente utilizando una o dos agujas de Kirschner de 0,8 mm (Figura 5). Para las fracturas expuestas de Seymour, se recomiendan los principios del manejo de fracturas expuestas, junto con antibióticos debido a las frecuentes complicaciones infecciosas. Sin embargo, se describe para las roturas del lecho ungueal asociadas con fracturas de la falange distal, el uso de suturas verticales en forma de ocho, con bandas de tensión, sin reparación formal del lecho ungueal o estabilización de la fractura, como una forma simple, mínimamente traumática y opción igualmente eficaz. Las fracturas conminutas suelen tener pequeños fragmentos óseos adheridos al lecho ungueal. La reparación de la lesión del lecho ungueal permite la aproximación de estos fragmentos óseos. El reemplazo de la placa ungueal se ha utilizado a menudo como férula para la curación de fracturas, aunque existen alternativas sintéticas si la uña no está disponible.

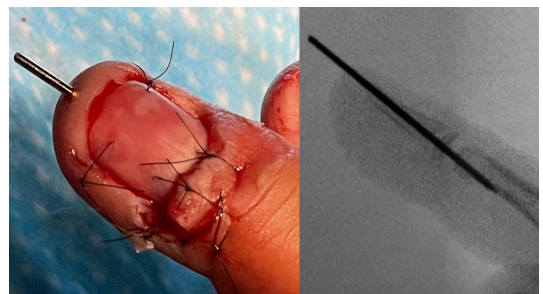


Figura 5. Fractura de Seymour tratada con aseo quirúrgico, re inserción de la uña, reparación de pliegue ungueal y estabilización con aguja de Kirschner.

Amputación. ¿Tratamiento conservador, amputación de revisión, colgajos o reimplante?

El manejo de las amputaciones de la punta del dedo depende del nivel de la lesión y la integridad de las estructuras restantes. El tratamiento conservador consiste en la utilización de un vendaje semioclusivo y cierre por segunda intención de la lesión de la falange distal. Puede provocar deformidad de la

uña (uña en gancho), en casos de falta de tejido palmar. Se ha documentado que la recuperación de la sensibilidad luego de cicatrización por segunda intención es superior a otros métodos quirúrgicos, y la discriminación de dos puntos se aproxima a lo normal después de la cicatrización¹⁶. En pacientes pediátricos está indicado en lesiones PNB P3, N0 ó 5, B1 ó 57.

En una pérdida significativa de tejido blando en la cara palmar, la amputación completa (es decir, acortamiento y cierre) es el procedimiento más simple, con la recuperación más rápida, en pacientes seleccionados. Lo importante en este procedimiento es la ablación completa del lecho ungueal, para evitar la deformidad de la uña en gancho, y la identificación y sección transversal de los nervios digitales lo más proximal posible al nivel de la amputación, para evitar la formación de un neuroma.

La reconstrucción de una pérdida de tejido puede requerir el acortamiento del hueso expuesto, reemplazo de piel o lecho ungueal, colgajos locales o reimplante. Si la lesión expone la falange distal, el acortamiento óseo y la sutura de la piel restante utilizando colgajos locales sobre la falange distal es una técnica reconstructiva estándar. La movilización y avance del colgajo local es una opción útil, y la selección de la modalidad del colgajo se guía por la orientación y configuración de la herida.

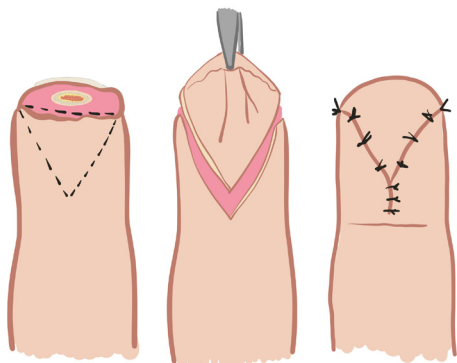


Figura 6. Esquema de colgajo Atasoy o V-Y.

Colgajos locales

Colgajo de Atasoy – Colgajo V-Y: Es un colgajo triangular de avance palmar, diseño V-Y. Indicado en amputaciones distales al surco ungueal, con rasgos transversos u oblicuos dorsales. Una ventaja es que aporta sensibilidad. El uso de este colgajo está contraindicado en pacientes con amputaciones oblicuas palmares y mayor pérdida de tejido palmar. El borde distal

de la herida es la base del colgajo; el vértice del colgajo debe extenderse hasta el pliegue interfalángico distal (Figura 6). A continuación, se realiza una incisión en la piel y el tejido subcutáneo, incluidos los tabiques fibrosos que anclan el tejido pulpar al hueso y así mantener la arcada anastomótica distal de las arterias digitales. El colgajo se puede avanzar hasta 6 o 10 mm sobre el defecto y se fija con sutura no reabsorbible, creando una reparación en forma de Y.

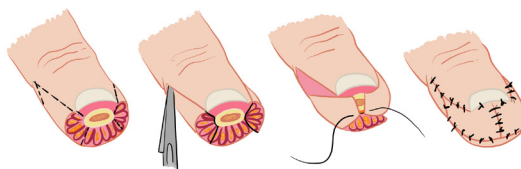


Figura 7. Esquema de colgajo Kutler o V-Y lateral.

Colgajo Kutler – V-Y lateral. Es un colgajo triangular de avance lateral. Indicado en amputaciones distales al surco ungueal, con rasgos transversos u oblicuos dorsales, con mayor pérdida de tejido palmar que dorsal. También aporta sensibilidad. El borde distal de la herida es la base del colgajo. El vértice del colgajo debe extenderse hasta el pliegue interfalángico distal. El colgajo es similar al Atasoy, excepto que se usan dos colgajos con bases en los lados radial y cubital de la herida, resguardando la arteria digital lateral (Figura 7). A diferencia del colgajo Atasoy, este puede proporcionar hasta 12 mm de avance.

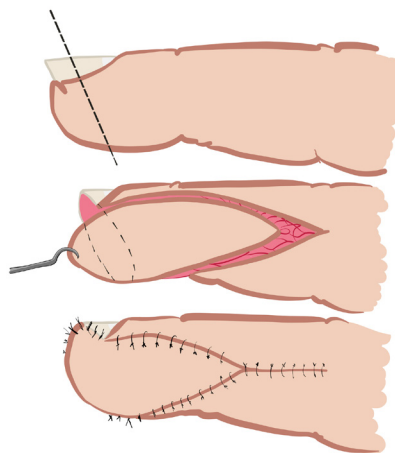


Figura 8. Esquema de colgajo de Venkataswami.

Colgajo de Venkataswami: Colgajo oblicuo triangular. Indicado en amputaciones con bisel palmar lateral en dedos trifalángicos y pulgar. El colgajo logra un avance de hasta 2.5 veces el defecto, pero requiere una técnica cuidadosa (Figura 8).

Colgajo de Moberg: Esta indicado en amputaciones del pulgar con bisel oblicuo palmar. Es un colgajo sensitivo. Se utiliza cuando un colgajo de avance V-Y no puede cubrir adecuadamente el defecto y este mide menos de 2 cm (Figura 9). Se realizan incisiones medio axiales tanto en el lado radial como en el lado cubital del pulgar, extendiéndose proximalmente hasta el pliegue metacarpofalángico. Se diseña el colgajo con piel palmar, incluyendo las bandas neurovasculares. Se separa del tendón flexor, y se avanza sobre el defecto. Puede ser necesario flexionar la articulación interfalángica para facilitar la cobertura de la herida.

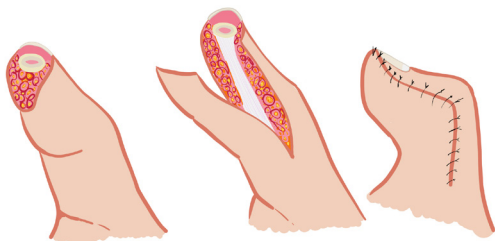


Figura 9. Esquema de colgajo de Moberg.

Colgajos regionales: Los colgajos regionales usan tejido que no está adyacente al defecto. Estos colgajos son útiles cuando la herida es demasiado grande para permitir la cobertura con un colgajo local. Los colgajos regionales comúnmente utilizados incluyen el colgajo cruzado de dedos, el colgajo tenar y el colgajo tenar-H. En estas técnicas, se hace un colgajo de bolsillo para el pulpejo del dedo y depende del flujo de sangre del sitio donante, para permitir que el colgajo se incorpore al sitio nativo. Este tipo de técnica requiere una segunda intervención para separar el pulpejo del dedo desde el sitio donante, de 3 a 4 semanas después del procedimiento inicial. La desventaja de estos colgajos regionales es que requieren un período prolongado de inmovilización mientras se incorpora, lo que puede causar rigidez o contracturas en las articulaciones interfalángicas del dedo lesionado.

Colgajo cruzado de dedos: Se puede utilizar para cubrir la pérdida de tejido palmar en cualquier dedo. El colgajo está diseñado como un rectángulo sobre la falange media del dedo donante, con el lado de la bisagra ubicado junto al dedo le-

sionado. La incisión se extiende a través del tejido subcutáneo, conservando el paratenon del tendón extensor. El colgajo se refleja en la bisagra y se sutura al dedo lesionado. Se aplica un injerto de piel de espesor completo en el sitio donante. De manera similar, se puede usar un colgajo cruzado de dedos inverso para cubrir defectos de partes blandas dorsales.

Colgajo tenar y tenar H: Se utiliza para defectos palmares del índice y del anular, solo porque los dedos cubitales a menudo no logran alcanzar cómodamente la eminencia tenar. El colgajo tenar se diseña con el borde radial paralelo y adyacente al pliegue de la articulación metacarpofalángica del pulgar. La base del colgajo es proximal y puede tener un ancho de hasta 2 cm. El colgajo se eleva con su tejido subcutáneo subyacente, teniendo cuidado de proteger el nervio digital radial. Luego se sutura el colgajo al defecto del pulpejo del dedo, y se cubre con injerto de piel total en el sitio donante. Para un colgajo tenar-H, el colgajo se diseña como una “H” en la eminencia tenar, creando dos colgajos, uno con base distal y otro con base proximal. Estos colgajos se suturan al pulpejo. Una vez que se separa el colgajo, se aplica un injerto de piel de espesor total al defecto.

Colgajos en isla: Los colgajos en isla con pedículo neurovascular también se pueden usar para cubrir la punta de los dedos. Estos colgajos tienen dos ventajas: brindan sensibilidad al pulpejo y pueden evitar el período prolongado de inmovilización requerido para un colgajo cruzado o tenar. Sin embargo, los colgajos en isla son técnicamente más exigentes que otros colgajos regionales, y los estudios aún no han demostrado que estos colgajos produzcan mejores resultados a pesar de las aparentes ventajas.

Las pequeñas amputaciones distales de los dedos sobreviven como injertos compuestos reinsertados en pacientes pediátricos, con resultados más exitosos que en adultos. La punta amputada se sutura al muñón sin necesidad de reparación microvascular formal. Es importante realizar una reparación cuidadosa del lecho ungueal, y reducir y estabilizar cualquier fractura, por ejemplo, con agujas de Kirschner. El resultado más probable de los injertos compuestos es la supervivencia parcial; el éxito del injerto es poco probable en los mayores de 4 años y en los que sufren lesiones por aplastamiento. En los pacientes mayores, las amputaciones de la punta se pueden desgrasar y reemplazar como un injerto de “tapa”, con mayor éxito. Para realizar esta técnica debe existir al menos 2 mm de matriz germinal sana, y 6 mm de hueso expuesto y sano, para dejar en contacto cercano el periostio y el lecho ungueal a reimplantar.

18.8 Mensaje final

Las lesiones pediátricas de la punta de los dedos plantean un importante desafío para la atención de la salud, en particular si no se manejan adecuadamente. Actualmente falta evidencia de nivel I de alta calidad. Los estudios aleatorizados (por ejemplo, el ensayo NINJA¹⁵) son cruciales para guiar las mejores prácticas.

La provisión óptima de atención requiere la combinación de las diferentes indicaciones de tratamiento con estrategias de manejo adecuadas, con la adopción de medidas de resultado informadas por el paciente, específicos para pediatría. Estos deben promoverse junto con mecanismos de prevención específicos, para reducir la carga de estas lesiones comunes.

18.9 Referencias

- Peterson SL, Peterson EL, Wheatley MJ. Management of fingertip amputations. *J Hand Surg Am*. 2014;39(10):2093-2101. doi:10.1016/j.jhsa.2014.04.025
- Pencle FJ, Doehrmann R, Waseem M. Fingertip Injuries. [Updated 2022 Aug 7]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK436006>
- Venkatesh A, Khajuria A, Greig A. Management of Pediatric Distal Fingertip Injuries: A Systematic Literature Review. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2020;8(1):e2595. Published 2020 Jan 20. doi:10.1097/GOX.0000000000002595
- Kawaiah A, Thakur M, Garg S, Kawasmi SH, Hassan A. Fingertip Injuries and Amputations: A Review of the Literature. *Cureus*. 2020;12(5):e8291. Published 2020 May 26. doi:10.7759/cureus.8291
- Weir Y. Fingertip injuries in children: a review of the literature. *Emerg Nurse*. 2018;26(3):17-20. doi:10.7748/en.2018.e1795
- Merle, M. Dautel, G. 2016. *Emergency Surgery of the Hand*. ISBN 978-2-294-75029-8
- Evans DM, Bernardis C. A new classification for fingertip injuries [published correction appears in *J Hand Surg [Br]* 2000 Aug;25(4):414. Bernardis, C [corrected to Bernardis, C]]. *J Hand Surg Br*. 2000;25(1):58-60. doi:10.1054/jhsb.1999.0305
- Patel L. Management of simple nail bed lacerations and subungual hematomas in the emergency department. *Pediatr Emerg Care*. 2014;30(10):742-748. doi:10.1097/PEC.0000000000000241
- Simon RR, Wolgin M. Subungual hematoma: association with occult laceration requiring repair. *Am J Emerg Med*. 1987;5(4):302-304. doi:10.1016/0735-6757(87)90356-1
- Gellman H. Fingertip-nail bed injuries in children: current concepts and controversies of treatment. *J Craniofac Surg*. 2009;20(4):1033-1035. doi:10.1097/SCS.0b013e3181abb1b5
- Seaberg DC, Angelos WJ, Paris PM. Treatment of subungual hematomas with nail trephination: a prospective study. *Am J Emerg Med*. 1991;9(3):209-210. doi:10.1016/0735-6757(91)90077-w
- Roser SE, Gellman H. Comparison of nail bed repair versus nail trephination for subungual hematomas in children. *J Hand Surg Am*. 1999;24(6):1166-1170. doi:10.1053/jhsu.1999.1166
- BADEN HP. REGENERATION OF THE NAIL. *Arch Dermatol*. 1965;91:619-620. doi:10.1001/archderm.1965.01600120051011
- Lee KH, Kang DH. Analysis of Nail bed injuries: causes, treatment, results, and prognosis. *Hand (New York, N.Y)*. 2016;11(1 suppl):58S-59S.
- Sierakowski A, Gardiner MD, Jain A, Greig AV; Nail bed Injury Analysis (NINJA) Collaborative Group. Surgical treatment of paediatric nail bed injuries in the United Kingdom: Surgeon and patient priorities for future research. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2016;69(2):286-288. doi:10.1016/j.bjps.2015.10.025
- Mennen U, Wiese A. Fingertip injuries management with semi-occlusive dressing. *J Hand Surg Br*. 1993;18(4):416-422. doi:10.1016/0266-7681(93)90139-7
- Lee DH, Mignemi ME, Crosby SN. Fingertip injuries: an update on management. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21(12):756-766. doi:10.5435/JAAOS-21-12-756

LESIONES DE EXTREMIDAD INFERIOR



CAPITULO 19 - Lesiones de Pelvis en el Paciente Pediátrico

Fernando Inostroza
Lenin Colmenares

19. Lesiones de pelvis en el paciente pediátrico

Las fracturas de pelvis en los pacientes pediátricos son infrecuentes, no correspondiendo a más de un 0,2% del total de fracturas en este grupo etario. La pelvis en los pacientes pediátricos presenta características anatómicas diferentes de los adultos: tienen cartílagos de crecimiento, un periostio grueso y el esqueleto presenta mayor elasticidad. Estas condiciones particulares hacen que puedan existir lesiones por avulsión, patrones de fracturas que comprometen el anillo pélvico diferente de los adultos, y lesiones intrapélvicas sin un evidente compromiso del anillo pélvico.

La causa de las fracturas de pelvis en los pacientes pediátricos se relacionan en primer lugar con accidentes de tránsito, en el cual el menor se desplaza como peatón, y en segundo lugar como pasajero en un vehículo que sufre un accidente¹.

Las medidas terapéuticas van desde el reposo y marcha protegida con bastones en el caso de las avulsiones, hasta el uso de fijación externa en las fracturas inestables del anillo pélvico. El equipo médico que recibe a estos pacientes debe tener una visión clara de lo que significa una fractura de pelvis en un niño, y saber reconocer aquellos tipos de fracturas que aumenta la sospecha de lesiones asociadas, las cuales pueden comprometer la vida del paciente más que la fractura propiamente tal.

19.1 Factores anatómicos

La pelvis en los menores es más elástica que en los adultos, porque en su estructura existen componentes cartilaginosos, y las estructuras óseas tienen mayor contenido de agua, lo cual le otorga una gran capacidad de deformación, de tal manera que pueden presentar lesiones que constituyen una deformación plástica, como sucede en otras zonas de esqueleto inmaduro². Asociado a estas características óseas, encontramos que las articulaciones sacroilíacas en los infantes son más elásticas y la sínfisis pubiana es más gruesa. La pelvis infantil es capaz de absorber y disipar la energía del trauma, antes de producirse la fractura. Esto explica que las fracturas en varias zonas de las pelvis asociadas a lesiones ligamentosas son poco frecuentes en los pacientes pediátricos, por lo cual las fracturas inestables son poco comunes.

Esta mayor elasticidad hace que los órganos intrapélvicos puedan ser lesionados en ausencia de una fractura evidente, y es necesario un mayor nivel de energía para producir una lesión desplazada de los huesos pélvicos. Por lo anterior, se debe siempre considerar un alto nivel de energía del traumatismo, a pesar de encontrar una fractura de la pelvis simple o con poco desplazamiento.

Otra consideración anatómica fundamental es que los vasos sanguíneos de los infantes tienen un menor calibre y su reactividad vascular es alta, mayor vasoconstricción que impide un sangrado considerable. El periostio grueso y bien adherido al hueso evita desplazamientos significativos y tampona las superficies de hueso esponjoso, evitando un sangrado mayor.

La pelvis en el niño presenta múltiples fisas y zonas cartilaginosas que presentan osificación endocondral, las que deben ser consideradas al momento de evaluar las imágenes obtenidas para no confundirlas con focos de fracturas. El cartílago tri-radiado se encuentra abierto, y su lesión puede ocasionar una grave alteración de desarrollo del acetábulo.

19.2 Epidemiología

Las fracturas de la pelvis en los pacientes pediátricos son raras. La incidencia va desde el 0,3-3,5 % en las diferentes publicaciones³. La edad promedio en la cual ocurre una fractura de la pelvis en menores de 14 años, es a los 8,2 años, y en menores de 16 años, a los 9,4 años. La distribución etaria de las fracturas de la pelvis⁴ es de 1-5 años, 6,6%, de 6-10 años, 10,5%, de 11-14 años, 15,3%, de 15-17 años, 18,4%. La relación por sexo es de 1,4:1 masculino/femenino.

19.3 Etiología

La causa de las fracturas de pelvis en los pacientes pediátricos corresponde a traumatismos de alta energía. En el 60% de los casos, el menor es un peatón que es golpeado por un vehículo motorizado, y en el 20 % de los casos el infante es un pasajero en un vehículo que sufre un accidente de tránsito. Las caídas de altura son el mecanismo en el 10% de los casos. Las actividades deportivas causan lesiones de carácter avulsivo de centros de osificación secundarios en la pelvis, debido a tracciones musculares.

19.4 Lesiones asociadas

Los pacientes pediátricos con fracturas de pelvis presentan lesiones asociadas en el 78% de los casos⁵. Hay en promedio 5,2 lesiones asociadas en el momento del ingreso hospitalario⁶. Las más frecuentes son el traumatismo encéfalo craneano (TEC, 44 %) , fracturas de extremidades (42%), lesiones torácicas (27%), lesiones abdominales y urogenitales (17%)⁵. Una consideración importante es que el TEC causa el 75-77% de las muertes en menores con fracturas de pelvis⁷. Las lesiones abdominales más frecuentes son las de hígado y de bazo, con importante sangrado que puede comprometer la vida del paciente, lo cual hace importante realizar un eco-FAST en aquellos pacientes con inestabilidad hemodinámica, para decidir una laparotomía en forma urgente.

Debemos recordar que las lesiones asociadas son frecuentes en las fracturas de pelvis, y en muchas ocasiones estas lesiones determinan tratamientos quirúrgicos de urgencia debido a que ponen en riesgo la vida del paciente, más que la fractura de pelvis por sí misma.

19.5 Clasificación

La clasificación más utilizada en pacientes pediátricos es la de Torode-Zieg modificada⁸ (Figura 1).

Tipo 1: Fracturas por avulsión.

Tipo 2: Fractura de ala iliaca sin compromiso de anillo pélvico.

Tipo 3A: Fractura de la zona anterior del anillo pélvico.

Tipo 3B: Fractura de zona anterior y posterior de anillo pélvico.

Tipo 4: Fractura en múltiples focos de la pelvis que causan inestabilidad del anillo pélvico.

En esta clasificación, el tipo 3B está vinculada a lesiones asociadas, a una mayor necesidad de transfusiones sanguíneas, ingreso a unidad de cuidados intensivos, y un mayor tiempo de hospitalización. El tipo 3A en una lesión anterior que se puede asociar a lesiones genitourinarias. La diferencia entre ambas es difícil de establecer en una radiografía anteroposterior de pelvis, por lo que será necesario realizar proyecciones radiográficas Inlet y Outlet de pelvis, o bien una tomografía computada (TAC). Las lesiones tipo 4 son las más graves, con la mayor morbilidad y mortalidad.

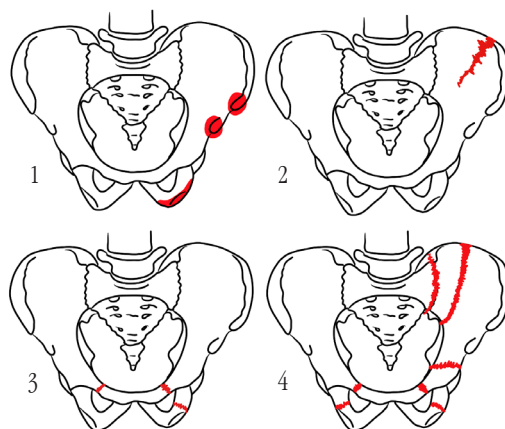


Figura 1. Esquema de la clasificación de Torode-Zieg para las fracturas de pelvis en pacientes pediátricos. 1, fracturas por avulsión; 2, fractura de ala iliaca sin compromiso de anillo pélvico; 3, fractura de arco anterior; 4, fractura inestable de anillo pélvico.

19.6 Diagnóstico

La evaluación del paciente en el cual se sospecha una fractura de pelvis debe ser realizada en el contexto de cada paciente. En aquellos pacientes que han sufrido un traumatismo de alta energía se debe comenzar por el ABC del trauma según ATLS.

Una vez estabilizado el paciente, la inspección debe ser hecha sin sus vestimentas, poniendo atención en asimetrías de la pelvis, diferencia de longitud de las extremidades inferiores y buscar coloración diferente de las extremidades inferiores. Se debe evaluar los tejidos blandos alrededor de la pelvis en busca de erosiones, hematomas o aumentos de volumen. Es importante examinar el meato urinario y la vagina en busca de sangrado, y evaluar los pulsos distales en ambas extremidades, consignando diferencias, si existieran. Es importante realizar un examen neurológico ordenado, y proteger al paciente contra la hipotermia, utilizando algún sistema de calefacción corporal. A la palpación hay que buscar puntos óseos dolorosos, sin ejecutar maniobras en búsqueda de inestabilidad del anillo pélvico, ya que podrían ocasionar mayor sangrado

La radiografía de pelvis en proyección anteroposterior es de fácil obtención y rápidamente disponible para la interpretación, con bajos niveles de radiación (Figura 2). Sin embargo, la interpretación del examen es difícil debido a la presencia de áreas cartilagosas en la pelvis pediátrica.



Figura 2. Radiografía AP de pelvis de una niña de 10 años, con una lesión de anillo pélvico tipo Torode-Zieg 3B.

Es importante considerar la estabilidad hemodinámica del paciente en el momento de obtener la radiografía. En los pacientes pediátricos con sospecha de fractura de pelvis e inestabilidad hemodinámica, debe realizarse de rutina un TAC tóraco-abdomino-pélvico. El TAC tiene una alta sensibilidad para detectar fracturas de pelvis, y es el método de elección para evaluar el sacro, las articulaciones sacroilíacas y el acetábulo en los infantes (Figura 3).

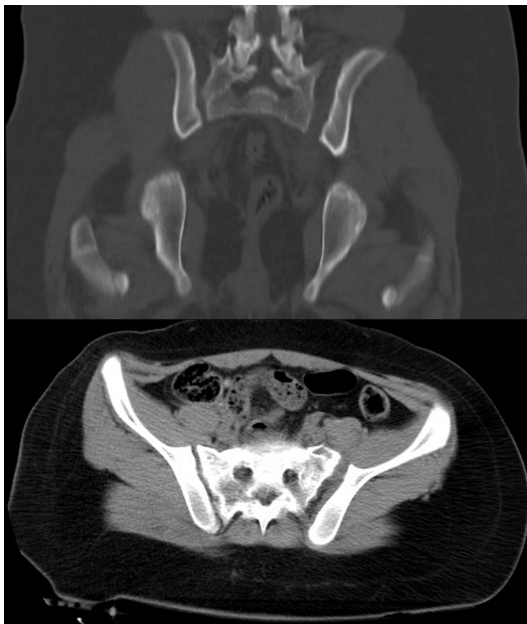


Figura 3. Tomografía computada de la pelvis de una niña de 11 años con lesión de anillo posterior, sacroilíaca izquierda.

En los pacientes pediátricos, el TAC debe limitarse solo a aquellos casos en los cuales la gravedad del trauma lo amerite, y no como un examen de pesquisa.

Otras proyecciones radiológicas de pelvis, como Inlet, Outlet, Alar y Obturatiz (Figura 4), y una resonancia magnética pueden ser de utilidad posterior, en la planificación del tratamiento quirúrgico definitivo, no así en la evaluación inicial de emergencia.



Figura 4. Radiografía Inlet y Outlet de pelvis de una niña de 10 años, con una lesión de anillo pélvico tipo Torode-Zieg 3B.

Se debe destacar que el uso de la resonancia magnética es de gran utilidad en el diagnóstico de lesiones a nivel de articulaciones sacroilíacas en niños que presentan componentes cartilagosos, y en las fracturas del acetábulo que tiene el cartílago trirradiado abierto.

19.7 Tratamiento

Una vez que la evaluación clínica y el estudio imagenológico se han completado y es diagnosticada la fractura pélvica, el tratamiento dependerá del tipo de fractura y de las lesiones asociadas. La mayoría de las fracturas del esqueleto que ocurren en combinación con fracturas pélvicas se puede tratar en una emergencia diferida.

Es imprescindible reconocer la inestabilidad en la pelvis en presencia de múltiples fracturas que requerirán la intervención de un ortopedista, quien determinará la necesidad de una estabilización quirúrgica. Fracturas pélvicas inestables o con desplazamientos importantes serán subsidiarias de una reducción quirúrgica y fijación interna, sin embargo la mayoría de las fracturas de la pelvis no requieren tratamiento quirúrgico. Entre el 70-95% de las fracturas de pelvis en los paciente pediátricos se pueden tratar sin la necesidad de una intervención quirúrgica^{5,9}.

Lesiones estables.

Las lesiones estables son las tipo 1, 2, 3A y 3B de acuerdo a Torode-Zeig.

- Las fracturas tipo 1 habitualmente se producen por actividades deportivas, las que generan una avulsión de centros de osificación secundarios que se encuentran unidos a músculos. Estas pueden ser tratados con reposo relativo por 4-6 semanas, analgesia, y marcha protegida con bastones (Figura 5).

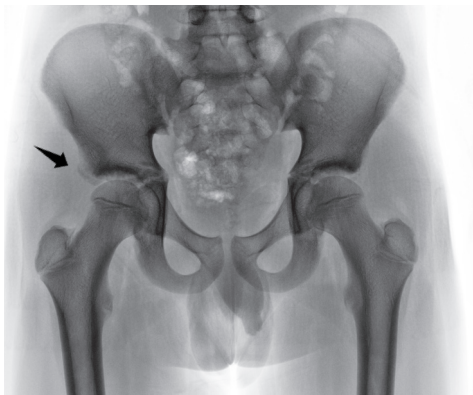


Figura 5. Radiografía anteroposterior de pelvis de un niño de 13 años, con una lesión de anillo pélvico tipo Torode-Zieg 1, avulsión de espina ilíaca anteroinferior, de tratamiento conservador.

- Las fracturas tipo 2, que se producen por un impacto lateral, se tratan con reposo 6-8 semanas, analgesia, y excepcionalmente mediante reducción quirúrgica y osteosíntesis en aquellas muy desplazadas (Figura 6).



Figura 6. A. Radiografía anteroposterior de pelvis de un niño de 11 años, con una lesión de anillo pélvico tipo Torode-Zieg 2. B. Consolidación completa a la 8 semanas de evolución.

- Las fracturas tipo 3A, en las que existe solamente compromiso anterior unilateral, el tratamiento será reposo en cama por 6-8 semanas, analgesia y marcha protegida con bastones a tolerancia.

- Las fracturas tipo 3B son más difíciles de diagnosticar en la radiografía anteroposterior de pelvis, por lo que es necesario proyecciones radiográficas Inlet y Outlet de pelvis o con un TAC, y que a pesar de ser estables en relación a la pelvis, hay pacientes que pueden presentar inestabilidad hemodinámica debido a lesiones vasculares por la disrupción posterior de la articulación sacroilíaca. Estos pacientes pueden necesitar reparaciones vasculares o bien embolización de los vasos comprometidos. En pacientes hemodinámicamente estables se tratarán con reposo en cama por 6-8 semanas, analgesia, marcha protegida con bastones según tolerancia.

Lesiones inestables.

Las fracturas inestables en un paciente que se encuentra en condición de estabilidad general se pueden tratar en forma diferida, mientras que en aquellos que presentan inestabilidad hemodinámica deben ser tratados en forma urgente, en base a los principios de ATLS.

En los pacientes con fracturas de pelvis e inestabilidad hemodinámica es primordial identificar lesiones asociadas que puedan participar activamente en su causa, vale decir lesiones tóraco-abdominales.

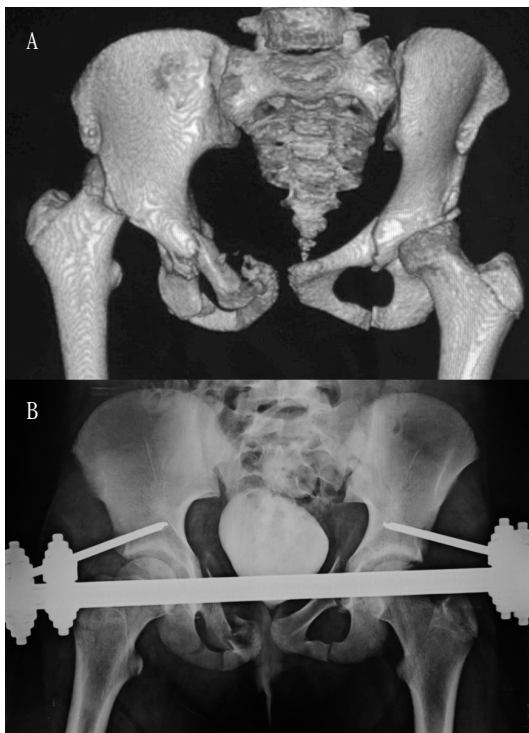


Figura 7. A. TAC de pelvis de una niña de 5 años, que demuestra una lesión de anillo pélvico tipo Torode-Zieg 4. B. Estabilización con fijador externo supraacetabular.

Las fracturas tipo 4 pueden encontrarse en tres modalidades:

- Fracturas anteriores dobles, donde se presenta una fractura de ambas ramas del pubis a ambos lados de la sínfisis pubiana, o bien fractura de ambas ramas pubianas más disrupción de la sínfisis pubiana. El tratamiento recomendado es reposo en cama por 4 semanas, analgesia e inicio de la marcha protegida con bastones desde las 5-8 semanas, según tolerancia. La osteosíntesis es excepcional, para aquellas fracturas muy desplazadas o clínicamente inestables (Figura 7).

- Fracturas anteriores y posteriores, que afectan el anillo anterior y la articulación sacroilíaca o los elementos cartilagosos adyacentes a la articulación. Esta combinación de lesión anterior y posterior se aprecia en la radiografía anteroposterior de la pelvis. Son lesiones inestables, asociadas a compromiso hemodinámico, y deben ser manejadas mediante faja pélvica o fijador externo, idealmente supraacetabular (Figura 8). Los pacientes estables hemodinámicamente y con poco desplazamiento se pueden tratar con reposo en cama por 6-8 semanas, analgesia, y reinicio de la marcha en forma protegida con bastones a tolerancia.

- Las fracturas anterior y posterior que comprometen ambos lados de la pelvis son la más graves y constituyen un gran problema para su tratamiento, debido a que la mayoría de estos pacientes presentan lesiones asociadas, y muchas veces exposición de alguno de los focos de fractura. El tratamiento debe estar orientado a solucionar la inestabilidad general del paciente y específicamente de la pelvis, a estabilizar las fracturas mediante combinación de fijación externa e interna.

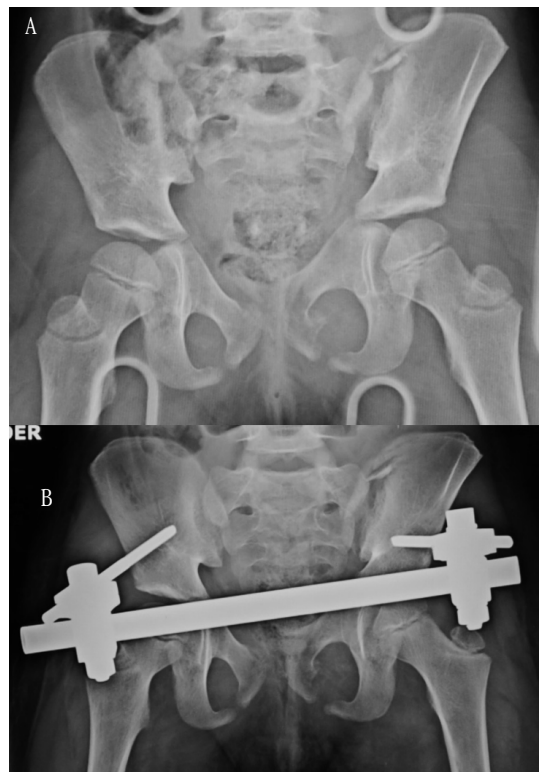


Figura 8. A. Radiografía anteroposterior de pelvis de una niña de 11 años, que demuestra una lesión de anillo pélvico tipo Torode-Zieg 4. B. Estabilización con fijador externo supraacetabular.

19.8 Mensaje final

El esqueleto inmaduro del paciente pediátrico genera diferencias importantes en relación a los patrones de lesiones y la estabilidad intrínseca de la pelvis, lo que siempre debe considerarse al momento de evaluar y planificar el tratamiento de estas lesiones.

Si bien la gran mayoría de estas lesiones son de tratamiento no quirúrgico, se debe estar atento a la necesidad de estabilizar el anillo pélvico en casos de inestabilidad hemodinámica, deformidad importante y requerimientos de movilización de un paciente politraumatizado.

19.9 Referencias

1. Reichard SA, Helikson MA, Shorter N, White RI Jr, Shemeta DW, Haller JA Jr. Pelvic fractures in children--review of 120 patients with a new look at general management. *J Pediatr Surg.* 1980;15(6):727-734. doi:10.1016/s0022-3468(80)80272-7
2. Forestier-Zhang L, Bishop N. Bone strength in children: understanding basic bone biomechanics. *Arch Dis Child Educ Pract Ed.* 2016;101(1):2-7. doi:10.1136/archdischild-2015-308597
3. Gänsslen A, Heidari N, Weinberg AM. Fractures of the pelvis in children: a review of the literature. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2013;23(8):847-861. doi:10.1007/s00590-012-1102-0
4. Zwingmann J, Lefering R, Maier D, et al. Pelvic fractures in severely injured children: Results from the TraumaRegister DGU. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(35):e11955. doi:10.1097/MD.00000000000011955
5. Chia JP, Holland AJ, Little D, Cass DT. Pelvic fractures and associated injuries in children. *J Trauma.* 2004;56(1):83-88. doi:10.1097/01.TA.0000084518.09928.CA
6. Galano GJ, Vitale MA, Kessler MW, Hyman JE, Vitale MG. The most frequent traumatic orthopaedic injuries from a national pediatric inpatient population. *J Pediatr Orthop.* 2005;25(1):39-44. doi:10.1097/00004694-200501000-00010
7. Amorosa LF, Kloen P, Helfet DL. High-energy pediatric pelvic and acetabular fractures. *Orthop Clin North Am.* 2014;45(4):483-500. doi:10.1016/j.ocl.2014.06.009
8. Shore BJ, Palmer CS, Bevin C, Johnson MB, Torode IP. Pediatric pelvic fracture: a modification of a preexisting classification. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(2):162-168. doi:10.1097/BPO.0b013e3182408be6
9. Tosounidis TH, Sheikh H, Giannoudis PV. Pelvic Fractures in Paediatric Polytrauma Patients: Classification, Concomitant Injuries and Early Mortality. *Open Orthop J.* 2015;9:303-312. Published 2015 Jul 31. doi:10.2174/1874325001509010303
10. Spiguel L, Glynn L, Liu D, Statter M. Pediatric pelvic fractures: a marker for injury severity. *Am Surg.* 2006;72(6):481-484
11. DeFrancesco CJ, Sankar WN. Traumatic pelvic fractures in children and adolescents. *Semin Pediatr Surg.* 2017;26(1):27-35. doi:10.1053/j.sempedsurg.2017.01.006



CAPITULO 20 - Fracturas de Cadera en el Niño y en el Adolescente

Laura Montes
Catalina Larraín

20. Fracturas de cadera en el niño y en el adolescente

Las fracturas de cadera en el paciente pediátrico son de escasa incidencia, correspondiendo a menos del 1% del total en este rango etario. A diferencia de la mayoría de las fracturas de presentación en edad pediátrica, que tienen habitualmente un pronóstico favorable, esta lesión se asocia con altos índices de complicaciones y una evolución de pronóstico reservado. Esto se debe tanto a la severidad de las lesiones asociadas por el mecanismo causal, como al resultado directo de la fractura de cadera. Un adecuado manejo es esencial para evitar sus potenciales complicaciones, dentro de las cuales cabe citar la necrosis avascular, coxa vara, no unión, cierre fisario prematuro y diferencia de longitud de extremidades inferiores.

20.1 Introducción

Las fracturas de cadera en la edad pediátrica son lesiones raras, y suponen menos del 1% de todas las fracturas en la infancia y adolescencia¹. Su incidencia aumenta en mayores de 11 años. Se reporta una incidencia de más de 100 fracturas de cadera en adultos por cada fractura similar en edad pediátrica. En contraste con los pacientes adultos mayores, en los pacientes esqueléticamente inmaduros la causa más común es el trauma de alta energía, como caída de altura o accidente de tránsito. Es por este motivo que alrededor del 30-85% se asocia a un traumatismo craneoencefálico, trauma facial, laceración esplénica, hemorragia retroperitoneal y/o lesiones perineales. También son comunes otras lesiones musculoesqueléticas asociadas, como fractura de pelvis y acetábulo, luxación de la cadera y fractura ipsilateral de fémur². Las fracturas de cadera se asocian con altos índices de complicaciones, y pueden tener una evolución desfavorable. Esto es debido tanto a la severidad de las lesiones asociadas, como a la complejidad propia de la lesión³. Cabe señalar que las fracturas asociadas a mecanismos de baja energía nos deben hacer sospechar fracturas en hueso patológico, así como a trauma no accidental en niños previo a la edad de marcha.

20.2 Fisiopatología

La mayoría de las complicaciones asociadas con las fracturas de cadera en edad pediátrica se producen por las particularidades anatómicas de la cadera en el paciente esqueléticamente inmaduro. El crecimiento longitudinal del fémur proximal se lleva a cabo principalmente a través de una placa fisaria continua, que abarca desde la apófisis del trocánter mayor,

hasta la cabeza femoral, pasando por la porción superior del cuello femoral. Este puente fisario es susceptible de lesión por una fractura a ese nivel, produciendo alteraciones del crecimiento secundarias a un cierre fisario, con las consiguientes deformidades angulares del fémur proximal o alteración de crecimiento.

El núcleo de osificación secundario ubicado en la epífisis femoral, comienza a osificarse alrededor de los 6 meses de vida en hombres y a los 4 meses en mujeres. La fusión de la epífisis femoral proximal con el cuello del fémur ocurre en ambos sexos alrededor de los 18 años. El centro de osificación del trocánter mayor es evidente a los 4 años, y se une a la metáfisis femoral aproximadamente a los 14 años en las mujeres y 16 años en los hombres. Este centro de osificación es el responsable del crecimiento por aposición del trocánter mayor, y además aporta al crecimiento de la zona metafisaria intertrocantérica del fémur y cuello femoral.

La anatomía vascular de la cadera, específicamente a nivel de fémur proximal, se ha estudiado en profundidad debido a su importancia en múltiples patologías. En el caso de las fracturas de cadera, es fundamental su comprensión para comprender la alta tasa de necrosis avascular que ocurre en ellas.

Cuando la fisis de la cabeza femoral se encuentra presente, constituye una barrera para el paso de vasos sanguíneos desde el cuello femoral, por lo que prácticamente no existe circulación intraósea a través de ella hacia la epífisis osificada de la cabeza del fémur. La arteria del ligamento redondo contribuye escasamente hasta los 8 años a la irrigación total de la cabeza femoral, y en los adultos aporta solamente un 20% del total. Por lo anterior, el principal aporte vascular a la epífisis femoral

proviene de pequeños vasos que ingresan sobre la fisís, directamente en la epífisis femoral proximal, siendo los principales, la arteria cervical ascendente lateral (rama de la arteria femoral circunfleja lateral) y la rama posteroinferior de la arteria circunfleja medial (Figura 1). Estos vasos sanguíneos penetran la cápsula articular, por lo que son también llamados arterias intracapsulares subsinoviales. Están situados por fuera del hueso, lo que los hace susceptibles de colapso cuando hay un aumento importante de presión intraarticular, como en el caso de una fractura intracapsular. Además, su estrecha relación con el cuello femoral pone a este sistema vascular en riesgo de lesión directa cuando ocurre una fractura desplazada.

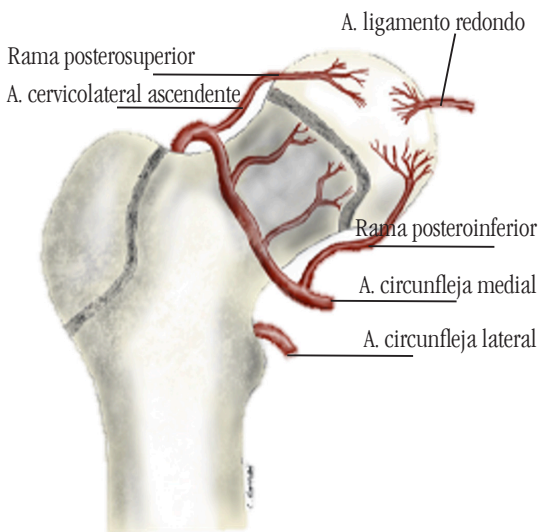


Figura 1. Esquema de la irrigación del cuello y de la cabeza femoral, en presencia de una fisís aún presente.

20.3 Diagnóstico

Es importante obtener información del mecanismo de lesión, los antecedentes médicos y buscar lesiones concomitantes. Debido a que la mayoría de los casos son consecuencia de accidentes por mecanismo de alta energía, la evaluación primaria incluirá el manejo de la vía aérea, la estabilización cardiovascular y la detección de lesiones que potencialmente pongan en peligro la vida (lesiones en cabeza, cuello, tórax, abdomen y pelvis)¹.

Clínicamente el paciente presenta dolor en ingle o muslo, impotencia funcional absoluta, con imposibilidad de cargar peso. La extremidad afectada se encuentra en rotación externa y abducción. Si la fractura está desplazada, puede existir acortamiento de la extremidad. De encontrarse ante una luxación

posterior de la cabeza femoral, la cadera estará en posición de extensión, aducción y rotación interna. Las fracturas no desplazadas pueden pasar desapercibidas, presentando sólo cojera dolorosa y limitación a la movilización pasiva de la articulación, especialmente a la rotación interna.

El relato clínico y la exploración física del paciente pueden ayudar a diferenciar una fractura de cadera de otras patologías con hallazgos clínicos similares. El diagnóstico diferencial debe incluir la Enfermedad de Legg-Calvé-Perthes, una epifisiolisis de epífisis proximal femoral, fracturas por sobrecarga, infecciones osteoarticulares, patología autoinmune juvenil y sinovitis transitoria de cadera en pacientes pequeños. Es importante siempre tener en consideración ante una fractura de cadera en un niño sin antecedente de traumatismo de alta energía, la sospecha de lesión no accidental.

Con las proyecciones radiológicas de pelvis anteroposterior (Figura 2) y axial de la cadera afectada, suele ser suficiente para detectar, e incluso clasificar la fractura. Es recomendable evitar el uso de a proyección de Lauenstein para no aumentar el desplazamiento de la fractura.



Figura 2. Radiografía de pelvis anteroposterior de un niño de 14 años, con una fractura de cadera izquierda.

El uso de tomografía computada (TAC) resulta de utilidad ante la sospecha de una fractura no desplazada o fracturas en hueso patológico. En casos de fracturas complejas, con gran fragmentación, el estudio y la reconstrucción tridimensional nos permite una mejor caracterización de la fractura y planificación preoperatoria.

La resonancia magnética (RM) es de utilidad ante la alta sospecha de fracturas no diagnosticadas por otros métodos, como es en lesiones por sobrecarga o en hueso patológico, donde

además entrega información sobre sus características tisulares. Además, en algunos casos, nos puede entregar información sobre el estado vascular de la cabeza femoral, especialmente con el uso de estudios de perfusión¹².

Otro estudio es la gammagrafía con Tecnecio (Tc99) en tres fases, la cual actualmente tiene un uso limitado, siendo reservada para el estudio en pacientes de menor edad, alta sospecha clínica de lesión y sin evidencia radiológica, en quienes se desea evitar el uso de RM, que requiere habitualmente de sedación en niños pequeños. Por lo tanto, es útil para la detección de fracturas ocultas de cuello femoral y algunas alteraciones musculoesqueléticas asociadas.

20.4 Clasificación

El sistema de clasificación de fracturas en edad pediátrica descrito originalmente por Delbet y popularizado por Colonna⁴ es el más utilizado. Está basado en la localización anatómica de la fractura, dividiéndolas en cuatro tipos (Figura 3). Fue modificado por Parker y Pryor⁵ añadiendo un quinto tipo de fracturas. Estos autores destacan la necesidad de describir cada tipo de fractura como no desplazada o desplazada, ya que las complicaciones ocurren particularmente, aunque no exclusivamente, en el grupo con desplazamiento.

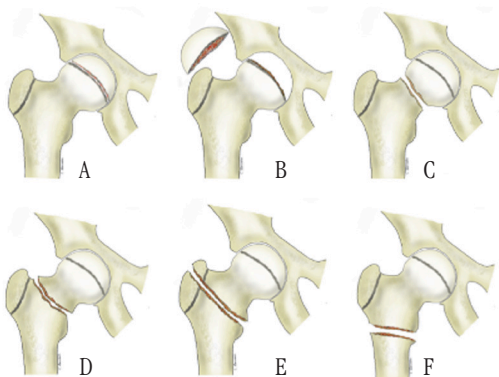


Figura 3. Esquema de la clasificación de Delbet modificada. A, Tipo IA, transisariaria sin luxación de la epífisis; B, Tipo IB, transisariaria con luxación de la epífisis; C, Tipo II, transcervical; D, Tipo III, basicervical; E, Tipo IV, intertrocantérica; F, Tipo V, subtrocantérica.

Los 5 tipos de fractura de cadera en edad pediátrica descritos por Delbet y modificados por Parker y Pryor son:

Tipo I: Fractura transisariaria equivalente a una epifisiolisis de la epífisis femoral. Puede cursar sin luxación (IA) o con luxación de la epífisis (IB). Es la menos común de los cuatro tipos (10%), pero la con mayor riesgo de necrosis avascular (NAV) y peores resultados.

Tipo II: Fractura transcervical. Constituyen el 50% de todas las fracturas de cadera y son el tipo más común de fractura de cadera en el paciente pediátrico.

Tipo III: Fractura cervicotrocantérica o basicervical. Son el segundo tipo más frecuente de fractura de cadera en el paciente pediátrico (25-30%).

Tipo IV: Fractura intertrocantérica. Menos comunes, constituyendo del 6-15% de las fracturas de cadera en el paciente pediátrico.

Tipo V: Fractura subtrocantérica. Son aquellas localizadas entre 0-5 cm del trocánter menor. Es una localización frecuente de fractura en hueso patológico.

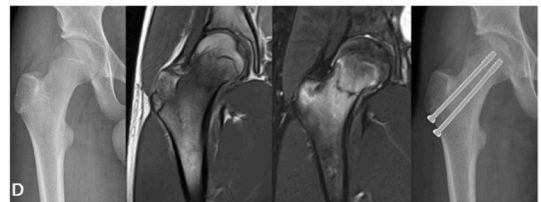


Figura 4. Adolescente de 14 años, con fractura por stress de cuello de fémur, confirmada mediante resonancia magnética. Se realizó tratamiento mediante estabilización con osteosíntesis.

Un grupo especial de fracturas de cadera en edad pediátrica son las fracturas por sobrecarga del cuello femoral. Estas son raras de encontrar en los infantes, y frecuentemente el único síntoma es el dolor a nivel inguinal o del muslo. Pueden relacionarse con la práctica deportiva intensa y de movimientos repetitivos. En estas lesiones, las radiografías muestran esclerosis de la porción inferior del cuello, por el intento constante de reparación del tejido óseo. El diagnóstico se puede confirmar mediante cintigrafía ósea o RM. El tratamiento estará orientado a reducir la actividad física, lo que se puede asociar a inmovilización con un yeso pelvipodio monopodal. Según la edad y actividad del paciente, puede ser necesario realizar osteosíntesis (Figura 4).

Finalmente podemos encontrar fracturas en hueso patológico, las que habitualmente son resultado de mecanismo de baja energía. Se presentan con escaso desplazamiento de sus fragmentos y pueden tener zonas de fragmentación ósea por el tejido de baja calidad (Tabla 1).

| |
|--|
| Quiste óseo unicameral |
| Quiste óseo aneurismático |
| Displasia fibrosa |
| Osteomielitis |
| Histiocitosis de células de Langerhans |
| Osteogénesis imperfecta |
| Osteopenia |
| Enfermedades metabólicas |
| Tumores malignos |

Tabla 1. Causas frecuentes de fractura en hueso patológico en la infancia.

Estas lesiones suelen ubicarse en la región céntrico-trocantérica y subtrocantérica del fémur. El tratamiento se enfoca en recuperar la lesión aguda. La biopsia, curetaje e injerto de tejido se realizan habitualmente de manera simultánea con la reducción y estabilización definitiva de la fractura (Figura 5).

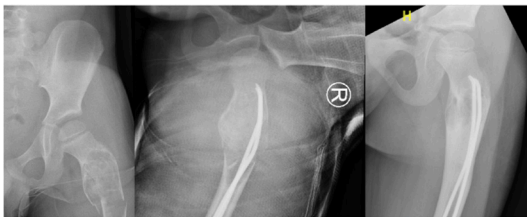


Figura 5. Fractura subtrocantérica de fémur en un niño de 5 años, producto de fragilidad ósea por la presencia de un quiste óseo simple. Fue tratado en forma quirúrgica, con fijación con clavos elásticos intramedulares, apreciándose consolidación en el control de los 2 años postoperado.

20.5 Tratamiento

El tratamiento y su pronóstico para las fracturas de cadera en edad pediátrica dependen de la edad, las condiciones generales del paciente, la localización de la fractura, el desplazamiento y la estabilidad de la lesión.

El tratamiento de estas lesiones debe ser considerado una urgencia en la mayoría de los casos, especialmente en los Tipos I-II-III de Delbet, ya que en ellos la restitución de la anatomía podría normalizar el daño vascular reversible de las fracturas intracapsulares. Por esto su tratamiento debe realizarse dentro de las primeras 24 horas, con el objetivo de disminuir el riesgo de NAV.

La indicación de descompresión capsular, con el fin de disminuir la presión sobre los vasos a nivel capsular, continúa siendo un tema controvertido, no existiendo consenso en la literatura. Aún no se ha demostrado con evidencia suficiente que este procedimiento reduzca la incidencia de NAV^{1,2}. No obstante, recomendamos la descompresión del hematoma intraarticular en las fracturas tipo I, II y III, como un procedimiento de rutina, una vez reducida y estabilizada la fractura⁶. Los métodos para realizar esta descompresión pueden ser la aspiración con una aguja de calibre grueso, a través de un abordaje subaductor o anterior de la cadera, o una capsulotomía abierta, mediante una pequeña incisión anterior. En cuanto a la técnica de descompresión, no existe evidencia de diferencia significativa entre la punción y la descompresión abierta⁷.

El tratamiento para las fracturas Tipo IA, es decir transfiarias sin luxación, no desplazadas en menores de 2 años, es mediante un yeso pelvipedio, sin fijación interna. Estas fracturas suelen desplazarse en varo y rotación externa, por lo que deberá colocarse el yeso en abducción y 10° de rotación interna. En menores de 3 años que precisen reducción se recomienda el uso de fijación interna con 2 o 3 agujas de Kirschner lisas, de 2 mm de diámetro, cruzando la fisís. Sugerimos cortarlas y doblarlas a ras del hueso, dejándolas cubiertas bajo la piel. El yeso se mantiene por un período de 6 semanas.

En mayores de 3 años es recomendable el uso de fijación interna con tornillos canulados de 4-7 mm, cruzando la fisís. Estos se instalan a través de un abordaje lateral, centrado en el cuello femoral. Recomendamos instalar dos agujas guía antes de la inserción del primer tornillo, para evitar el desplazamiento, o la rotación, cuando se avanza el mismo a través del foco de fractura. El brocado se realiza hasta la fisís, sin atravesarla. Los tornillos deben quedar hasta no menos de 5 mm del hueso subcondral. Se sugiere evitar posicionar los tornillos en el cuadrante anterolateral de la epífisis y la perforación posterior del cuello femoral, con el fin de disminuir el riesgo de lesión vascular.

Las fracturas IA que estén desplazadas requieren de maniobras de reducción. Bajo anestesia general, se debe aplicar una maniobra suave de tracción, luego abducción y finalmente rotación interna, con la cadera en flexión de 45°. Tras la reducción cerrada anatómica, se debe valorar según edad la necesidad de osteosíntesis. Si tras maniobras suaves la reducción no se consigue, se realiza una reducción abierta, habitualmente mediante un abordaje anterior de Smith-Petersen o anterolateral de Watson-Jones, con posterior uso de fijación interna.

En el caso de una lesión tipo IB se recomienda realizar reducción abierta y fijación interna. El abordaje lo dictará la posición de la epífisis femoral. Si está hacia anterior o inferior, se recomienda una vía de Watson-Jones. Si es hacia posterior, se recomienda un abordaje posterior. Este tipo de lesión es extremadamente rara, presentando una alta tasa de complicaciones. Actualmente, existen algunos reportes de casos abordados mediante una luxación controlada de cadera, logrando una visualización completa y directa de la cadera, de los vasos reticulares y de la irrigación de la epífisis femoral¹³.

Para las fracturas tipo II no desplazadas, hay que considerar que, a pesar de que se describen buenos resultados con una inmovilización con yeso pelvipedio con control radiológico estricto, estas son fracturas intrínsecamente inestables, con alta incidencia de NAV, coxa vara y desplazamiento secundario¹¹. Por esto recomendamos la fijación interna con agujas de Kirschner o tornillos canulados, dependiendo de la edad y el tamaño del paciente. Para las fracturas tipo II desplazadas, debemos realizar una reducción bajo anestesia general, mediante tracción, abducción, y presión hacia posterior del trocánter mayor, con rotación interna de 20°. De ser necesario una reducción abierta, se recomienda realizar un abordaje anterolateral de Watson-Jones. Estas fracturas deben ser estabilizadas con fijación interna, agujas de Kirschner o tornillos canulados, dependiendo de la edad y peso del paciente. En niños menores de 8 años, se recomiendan 2-3 tornillos de 4-4.5 mm. Por encima de los 8 años, se recomiendan tornillos de 6.5 mm. Si es posible, se debe evitar atravesar la fisis, siempre teniendo en consideración que lo primordial es lograr una fijación estable de la fractura, por sobre la integridad de la fisis, dado el escaso impacto en el largo total de la extremidad.



Figura 6. Fractura tipo Delbet III, en una niña de 7 años de edad. Fue tratada en forma quirúrgica con reducción y estabilización con tornillos canulados, evidenciando consolidación adecuada al año postoperada.

Las fracturas tipo III no desplazadas, dependiendo del tamaño y tolerancia del paciente, pueden ser tratadas con un yeso pelvipedio y un control radiológico estrecho. En caso necesario, puede protegerse con fijación interna, con tornillos canulados, sin cruzar fisis. Las fracturas tipo III desplazadas requieren de una reducción cerrada o, de ser necesario, abierta, a tra-

vés de un abordaje anterolateral de Watson-Jones. Se estabilizan con fijación interna mediante 2-3 tornillos canulados, habitualmente sin cruzar fisis. Tras la síntesis, se recomienda proteger el segmento con un yeso pelvipedio unilateral por 3-4 semanas, además de evitar la carga por al menos 6-8 semanas (Figura 6).

En las fracturas de cadera tipo IV no desplazadas, en menores de 3 años se recomienda el uso de un yeso pelvipedio en abducción, durante 12 semanas. En mayores de 3 años o en fracturas desplazadas se debe realizar una reducción abierta y fijación interna con tornillos de compresión dinámicos pediátricos o placas bloqueadas de fémur proximal pediátricas a través de un abordaje lateral.

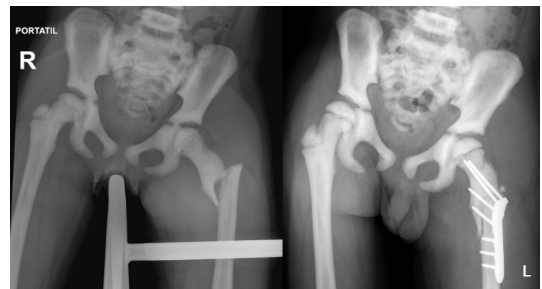


Figura 7. Fractura tipo Delbet V, en un niño de 8 años de edad. Se realizó reducción abierta y estabilización con placa bloqueada de cadera pediátrica.

Por último, las fracturas tipo V no desplazadas, pueden ser tratadas con un yeso pelvipedio durante 4-6 semanas, de ser estables, con control radiológico estrecho. Si están desplazadas, esto será en flexión y abducción por acción del psoas y glúteos. En aquellas distales al trocánter menor puede obtenerse la reducción cerrada y estabilización con clavos endomedulares elásticos estables de inserción distal. En aquellas proximales habitualmente se requiere realizar una reducción abierta y osteosíntesis con tornillos de compresión dinámica de cadera (DHS) pediátricos o placas pediátricas bloqueadas de fémur proximal, a través de un abordaje lateral (Figura 7).

20.6 Complicaciones

La necrosis avascular (NAV) es la complicación más frecuente y la más importante, a causa de sus malos resultados funcionales. Su incidencia global es del 59%. Se diagnostica generalmente dentro de los 2-12 meses posteriores a la lesión, pero puede no ser sintomática hasta transcurridos 2 años. Los primeros signos de NAV suelen ser dolor y limitación del rango de movilidad.

El tipo de fractura y la edad son los mejores parámetros para la predicción de NAV. Las fracturas tipo IA desplazadas tienen una incidencia de NAV del 50%, tipo IB del 80-100%. En las fracturas tipo II, la incidencia global de NAV es de 27%, siendo en las desplazadas del 50%. En tipo III la incidencia de esta complicación es del 27%, y en tipo IV del 14%. Según la edad, los mayores de 10 años desarrollan más frecuentemente NAV.

La presencia de NAV parece estar relacionada con el desplazamiento inicial de la fractura, con el fallo en la obtención de una reducción anatómica y con el retraso en el tratamiento definitivo. La evidencia sugiere que la reducción y fijación estable urgente de la fractura, combinadas con descompresión capsular, reducen la posibilidad de NAV⁷.

El pronóstico y opciones de tratamiento varían dependiendo del tipo de NAV, del grado de deformidad y del colapso al momento del diagnóstico, así como de la edad en que el paciente se vuelve sintomático. Los resultados son pobres en más del 60% de los pacientes. Ratliff⁸ describió tres tipos de NAV después de una fractura de cadera. En el tipo I se afecta toda la epífisis y el cuello femoral, desde la fractura, siendo las de peor pronóstico. El tipo II involucra solo una parte de la epífisis, con un cuello normal, provocando colapso cefálico mínimo. Cuando la necrosis va desde la línea de fractura hasta la fisis, en el cuello, se describe como tipo III y es la de mejor pronóstico.

Las consecuencias de una NAV de cadera pueden ser devastadoras. Si la fijación interna está instalada cuando se desarrolla NAV, debe retirarse inmediatamente después de la consolidación de la fractura. La remodelación de la cabeza femoral puede ocurrir, especialmente en el paciente más pequeño, demorando hasta cinco años⁹. Existen varias opciones de tratamiento según la edad y tipo de NAV: osteotomías femorales, distracción articular con fijador externo, descompresión del núcleo, injerto de peroné vascularizado y artrodesis. Todas estas son opciones de salvataje, con regulares resultados en un plazo intermedio. La artroplastia total de cadera constituye la mejor opción de tratamiento en pacientes que han completado su crecimiento.

La consolidación en posición viciosa y el crecimiento alterado tras una fractura de cadera pueden generar dos tipos de deformidad: coxa vara o coxa valga. La coxa vara es la segunda complicación más frecuente, con una incidencia global de 20-30%. En las fracturas tipo I su incidencia es del 30-50%, en tipo II desplazadas del 41%, en tipo III de alrededor del 11% y de aproximadamente 10% en tipo IV. Es resultado tanto de la deformidad progresiva de fracturas no desplazadas, como

de la pérdida de la reducción de fracturas manejadas con o sin fijación interna. También puede ser consecuencia de NAV, no unión y cierre fisario prematuro, o incluso una combinación de todos factores anteriores. La reducción anatómica con fijación estable es el mejor método para prevenir esta complicación. La coxa vara severa acorta la extremidad, causa debilidad del abductor y puede resultar en el desarrollo temprano de artrosis de cadera. Solamente se puede esperar una remodelación ósea de la cadera en menores de 3 años. En los menores de ocho años, con coxa vara leve y crecimiento persistente del trocánter mayor, la epifisiodesis del trocánter mayor es una opción de tratamiento para evitar progresión de la deformidad. En los mayores de 8 años y adolescentes, no cabe esperar una remodelación y son candidatos inmediatos a cirugía. Si el ángulo cérico-diafisario es de 110° o menos, se requiere de una osteotomía valguizante subtrocantérica, para recuperar la mecánica de la cadera. La coxa valga raramente se produce para este tipo de fracturas, siendo los casos reportados de origen iatrogénico¹⁰.



Figura 8. Niña de 10 años de edad con secuelas de fractura de fémur bilateral en hueso patológico (Osteitis crónica multifocal recurrente). Se observa coxa brevis y coxa magna a derecha, y coxa vara a izquierda.

El cierre fisario prematuro presenta una incidencia entre el 5-65%. Los posibles mecanismos serían el daño fisario por el trauma y el daño a la irrigación perifisaria, tanto por la fractura como iatrogénico. También aumenta en presencia de NAV. Los cierres parciales producen coxa vara o valga. Cuando es necesario cruzar la fisis con la osteosíntesis, se debe preferir el uso de agujas lisas sobre los tornillos canulados, y en el menor número posible. Sin embargo, Beaty¹¹, afirmó que es más importante tener una fijación estable que evitar la fisis. El cierre prematuro de la fisis conduce a una diferencia de longitud de las extremidades inferiores significativa solo en los niños pequeños. Esto es debido a que el fémur proximal aporta solamente alrededor del 13% del crecimiento longitudinal de la extremidad inferior. La epifisiodesis contralateral puede ser necesaria cuando la diferencia proyectada en la madurez esquelética supera los 2-2,5 centímetros.

La no unión se ha reportado entre un 6-10% de todas las fracturas de cadera pediátricas. La causa principal es la imposibilidad de obtener o mantener una reducción anatómica. Se observa con mayor frecuencia en fracturas tipo II y tipo III que han sido tratadas en forma ortopédica, en fracturas en que no se logra una reducción anatómica, en aquellas con estabilización inadecuada, en casos con infección oculta en el sitio de la fractura y en NAV. La no unión debe tratarse quirúrgicamente lo antes posible, a diferencia de la NAV. La osteotomía valguizante suele conducir a una consolidación secundaria, al disminuir las fuerzas cizallantes y aumentar la carga mecánica sobre el foco. Se pueden utilizar injertos óseos si es necesario, a pesar de no ser habitualmente necesario.

La condrolisis es una complicación poco común, sin embargo, genera secuelas importantes. Se produce por una hipoxia en el cartílago articular, o asociada a penetración articular de la osteosíntesis. Se presenta con coxalgia, bloqueo articular y disminución radiológica del espacio articular. Habitualmente el diagnóstico se realiza mediante resonancia magnética. El manejo inicial es sintomático en un primer momento, con antiinflamatorios y descarga. Algunas publicaciones refieren el uso de distracción articular con fijador externo para mejorar el rango articular y disminuir el dolor. Puede requerir una osteotomía valguizante femoral o, finalmente, una artroplastia total de cadera.

Por último, la infección se presenta en menos del 1%. Dado su gravedad y secuelas graves es fundamental un diagnóstico y tratamiento precoz.

20.7 Mensaje final

Las fracturas de cadera en los niños y adolescentes son lesiones raras. Su importancia radica en que presentan un alto índice de complicaciones. Para su descripción se utiliza la clasificación de Delbet-Colonna, basada en la localización anatómica del trazo de fractura. El tratamiento es muy variable y está influenciado por la clasificación, la edad, el grado de desplazamiento y la estabilidad de la fractura. A pesar de un tratamiento apropiado, presentan un alto índice de osteonecrosis, debido a la vulnerabilidad del flujo sanguíneo arterial terminal y a la anatomía ósea del fémur proximal en el paciente pediátrico.

20.8 Referencias

1. Boardman MJ, Herman MJ, Buck B, Pizzutillo PD. Hip fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg.* 2009;17(3):162-173. doi:10.5435/00124635-200903000-00005
2. Bagatur AE, Zorer G. Complications associated with surgically treated hip fractures in children. *J Pediatr Orthop B.* 2002;11(3):219-228. doi:10.1097/00009957-200207000-00005
3. Canale ST, Beaty JH. Pelvic and hip fractures. In: Rockwood CA, Wilkins KE, Beaty JH (eds): *Fractures in children*, ed 4. Philadelphia, PA: Lippincott-Raven, 1996: 1109- 1193.
4. Colonna PC. Fractures of the neck of the femur in children. *Am J Surg* 1929; 6:793-797.
5. Parker MJ. Proximal femoral fractures. In Pynsent PB, Fairbank JCT, Carr AJ (eds). *Classification of musculoskeletal trauma.* Oxford, Butterworth Heinemann 184-209, 1999.
6. Yeranorian M, Horneff JG, Baldwin K, Hosalkar HS. Factors affecting the outcome of fractures of the femoral neck in children and adolescents: a systematic review. *Bone Joint J.* 2013;95-B(1):135-142. doi:10.1302/0301-620X.95B1.30161
7. Bukva B, Abramovic D, Vrgoc G, et al. Femoral neck fractures in children and the role of early hip decompression in final outcome. *Injury.* 2015;46 Suppl 6:S44-S47. doi:10.1016/j.injury.2015.10.059
8. Ratliff AHC. Complications after fractures of the femoral neck in children and their treatment. *J Bone Joint Surg* 1970 ; 52-B : 175.
9. Hughes LO, Beaty JH. Fractures of the head and neck of the femur in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1994;76(2):283-292. doi:10.2106/00004623-199402000-00019
10. Mirdad T. Fractures of the neck of femur in children: an experience at the Aseer Central Hospital, Abha, Saudi Arabia. *Injury.* 2002;33(9):823-827. doi:10.1016/s0020-1383(02)00013-x
11. Beaty JH. Fractures of the hip in children. *Orthop Clin North Am.* 2006;37(2):223-vii. doi:10.1016/j.ocl.2005.11.003
12. Ozel BD, Ozel D, Ozkan F, Halefoglu AM. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of femoral head osteonecrosis in two groups of patients: Legg-Perthes-Calve and Avascular necrosis. *Radiol Med.* 2016 Mar;121(3):206-13.
13. Van Nortwick S, Beck N, Li M. Adolescent Hip Fracture-Dislocation: Transphyseal Fracture with Posterior Dislocation of the Proximal Femoral Epiphysis: A Case Report. *JBJS Case Connect.* 2016;6(3):e62. doi:10.2106/JBJS.CC.15.00271



CAPITULO 21 - Fractura de Diáfisis de Fémur

Javier Besomi
Eric Gordon

21. Fractura de diáfisis de fémur

Las fracturas diafisarias de fémur en pacientes pediátricos tienen una presentación bimodal, asociándose entre los 2-4 años a caídas, para luego, durante la adolescencia, a traumatismos de alta energía. Representan un desafío terapéutico para el médico tratante, existiendo una amplia gama de opciones terapéuticas, dependiendo de la edad y el peso del paciente, las características de la fractura y su contexto. Estas opciones incluyen el tratamiento ortopédico y el quirúrgico, que puede requerir del uso de osteosíntesis, ya sea un fijador externo, enclavado endomedular elástico estable, clavo endomedular rígido de entrada trocánterica lateral, o placa submuscular.

21.1 Introducción

Las fracturas de diáfisis de fémur representan el 1.4-1.7% de todas las fracturas de la población pediátrica^{1,2}. Son más frecuentes en hombres que en mujeres, con una razón 2.5. La incidencia anual es 16-19 por 100.000 infantes^{3,4}. Esta incidencia tiene una distribución bimodal, con un alza entre los 2 y 4 años de edad, y una segunda alza en la adolescencia. Se debe descartar el maltrato infantil o lesiones no accidentales en pacientes menores de 5 años, especialmente cuando aún no caminan. En traumas de baja energía es importante sospechar fracturas en hueso patológico⁵.

22.2 Mecanismo de lesión

Las fracturas de fémur en pacientes entre 2-4 años ocurren principalmente asociadas a caídas, ya sea a nivel, con mecanismo torsional, o de altura. Con la edad, lesiones deportivas que involucran alta energía cobran relevancia. En la adolescencia, el mecanismo habitual son traumatismos de alta energía, como, por ejemplo, accidentes automovilísticos o asociados a deportes extremos.

El músculo iliopsoas tracciona el fragmento proximal en flexión y rotación externa, mientras que los músculos aductores e isquiotibiales son los responsables del acortamiento y varo del fragmento distal.

Las fracturas diafisarias de fémur, debido a la distensibilidad de los compartimientos del muslo, raramente presentan asociado un síndrome compartimental o una lesión neurovascular. Sin embargo, resulta de gran relevancia realizar una adecuada evaluación clínica de la función neurológica del nervio ciático y femoral, y de los vasos femorales.

22.3 Diagnóstico

En la anamnesis debemos incluir el registro del mecanismo de lesión y las características clínicas del paciente. Destacan el dolor, la impotencia funcional de la extremidad afectada, con incapacidad de carga, un aumento de volumen del muslo, y la presencia de deformidad angular y/o rotacional, con acortamiento de la extremidad.

El diagnóstico se confirma con radiografías de fémur en dos planos: anteroposterior y lateral. Éstas permiten evaluar la localización de la fractura, caracterización y grado de desplazamiento. Es importante que la radiografía incluya las articulaciones ipsilaterales de cadera y rodilla, para descartar lesiones asociadas (Figura 1).



Figura 1. Radiografía de fémur derecho de una niña de 3 años, en planos anteroposterior y lateral, incluyendo articulaciones adyacentes, cadera y rodilla. Se evidencia una fractura de diafisaria de fémur.

22.4 Clasificación

De acuerdo con la clasificación AO de fracturas pediátricas en huesos largos, se clasifican en transversa (rasgo $\leq 30^\circ$), oblicua o espiroídea (rasgo $\geq 30^\circ$); simple o conminuta (Figura 2).

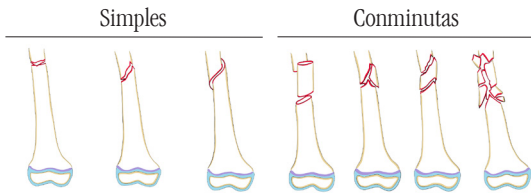


Figura 2. Patrones de fracturas diáfisarias de fémur de acuerdo a AO Trauma: Transversa, Oblicua, Espiroídea, Segmentaria, Ala de Mariposa y Conminutas.

22.5 Tratamiento

A grandes rasgos, el tratamiento se divide en conservador ortopédico (tracción de partes blandas, correas de Pavlik y yeso pelvipédico) y tratamiento quirúrgico (uso de fijador externo, enclavado endomedular elástico estable, clavo endomedular rígido de entrada trocántérica lateral y placa submuscular). La elección dependerá fundamentalmente de: edad y peso del paciente, características de la fractura y el contexto (del paciente, disponibilidad del instrumental y material de osteosíntesis, experiencia del cirujano, etc.). Un algoritmo sugerido para esta decisión se muestra en la Figura 3.

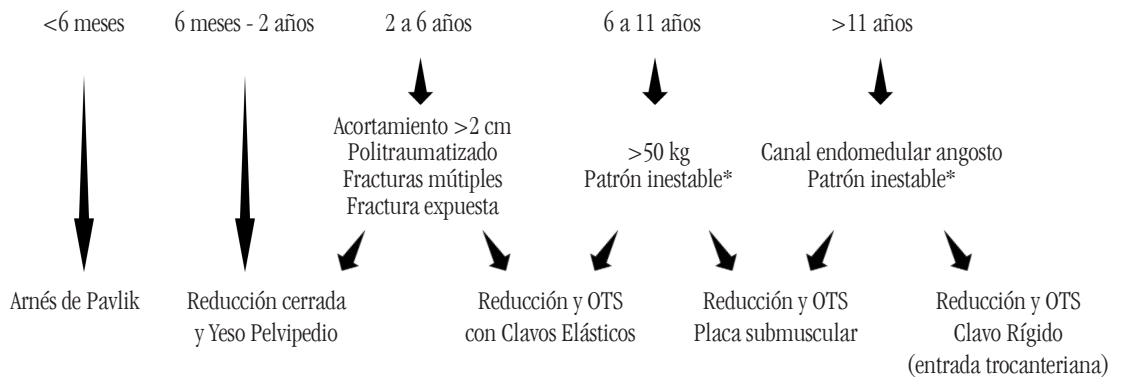


Figura 3. Esquema de un algoritmo para la decisión de tratamiento de una fractura de diáfisis de fémur. Se define como "Patrón Inestable" un rasgo de fractura oblicuo largo ($>60^\circ$), un rasgo de fractura espiroídeo, la presencia de conminución ósea (>3 fragmentos) y aquellas muy proximales o distales.

En pacientes menores de 6 meses de edad las correas de Pavlik son un buen método de tratamiento (Figura 4). Las fuerzas deformantes de los abductores y psoas posicionan el fragmento proximal en flexión, abducción y leve rotación externa. Las correas de Pavlik posicionan el fragmento distal de tal forma que se reduce con el fragmento proximal.



Figura 4. Fractura de fémur en un niño de 5 meses, tratada con arnés de Pavlik por 4 semanas. Consolidación evidente a los 8 meses, y sin diferencia de longitud a los 18 meses de lesionado (Archivo UACH).

Entre los 6 meses y los 2 años el tratamiento de elección es la reducción cerrada e inmovilización con un yeso pelvipédico (Figura 5). Entre los 2-6 años la reducción cerrada e inmovilización con yeso pelvipédico es también una opción adecuada.

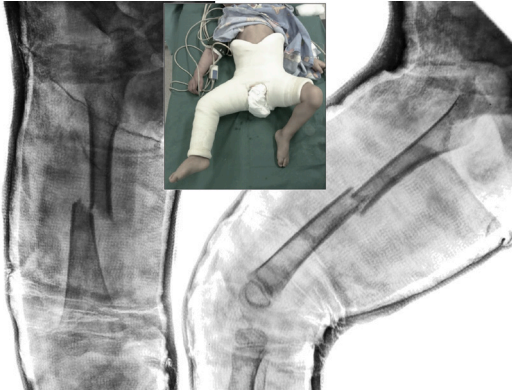


Figura 5. Radiografías de fémur derecho de una niña de 3 años, con una fractura diafisaria de fémur, tratada con yeso pelvipedio.

Sin embargo, puede ser mal tolerado, requiere de cuidados especiales, e impacta a la familia. El yeso pelvipédico puede ser bilateral o unilateral, alternativa que en este rango etario ha demostrado menor impacto en la familia. Recientemente, el tratamiento con una férula pre-moldeada también ha reportado ser efectivo en estos pacientes. El enclavado endomedular elástico estable ha demostrado menor impacto en la familia que el yeso pelvipédico, estando indicado en ciertas circunstancias.

Se recomienda explicar a los padres las ventajas y desventajas de las alternativas de tratamiento para tomar la mejor decisión. En politraumatizados, en casos de acortamiento mayor a 2 cm, fracturas múltiples o fractura expuesta, se prefiere la reducción y osteosíntesis con enclavado endomedular elástico estable^{6,7}.

Entre los 6-11 años la reducción y fijación con enclavado endomedular elástico estable es el tratamiento de elección (Figura 6). Es una técnica mínimamente invasiva que otorga estabilidad relativa suficiente para proporcionar consolidación de la fractura, con buenos resultados clínicos. Se utilizan dos clavos, retrógrados o anterógrados, premoldeados, cuyo diámetro sea igual a 0.4 del diámetro del istmo del canal endomedular del fémur. La utilización de Endcaps, o caperuzas, ha demostrado utilidad en prevenir el desplazamiento⁸. Los implantes pueden ser de titanio, los que ofrecen mayor elasticidad, o de acero, que han mostrado en algunos estudios otorgar mayor rigidez a la fijación y menor riesgo de mala unión^{9,10}.

Un estudio multicéntrico, en 230 fracturas de fémur, mostró 5 veces más riesgo de complicaciones (pérdida de reducción, reintervención, mal unión) y peores resultados cuando se utilizaba el enclavado endomedular elástico estable en pacientes

mayores de 11 años y/o peso mayor a 50 kilogramos¹¹. Por otro lado, otro estudio mostró mayor riesgo de acortamiento y complicaciones en fracturas con rasgos con patrón de inestabilidad longitudinal (oblicua larga, espiroidea, conminutas)¹². Sin embargo, estudios recientes han demostrado que el uso de enclavado endomedular elástico estable es un método de fijación seguro y efectivo en patrones de fracturas inestables.



Figura 6. Fractura de fémur en un niño de 6 años. Se realizó reducción cerrada y estabilización con clavos endomedulares elásticos, observándose consolidación a los 5 meses. El retiro se realizó a los 9 meses (Archivo UACH).

De todas formas, una buena alternativa en pacientes más grandes, que pesan más de 50 kilogramos y tienen patrón de fractura inestable (rasgo oblicuo largo de 0-60°, o espiroideo, conminución ósea, o un rasgo de fractura muy proximal o muy distal), es la reducción y osteosíntesis con placa submuscular con técnica mini-invasiva (MIPO). Habitualmente se utiliza en esta técnica una placa LCP de 4.5 mm, de 12-16 orificios, con 3 tornillos proximales y 3 distales, la que se posiciona entre el periostio y el vasto lateral¹³ (Figura 7).



Figura 7. Fractura de fémur en una niña de 13 años, tratada inicialmente con clavos elásticos, inestable. Se realiza conversión a placa submuscular.

En pacientes mayores de 11 años el método de elección para la estabilización de la fractura de fémur es el clavo endomedular (CEM) rígido de entrada trocántérica lateral (Figura 8). Es un método de osteosíntesis que permite carga temprana y tiene menor riesgo de deformidad angular. Debe utilizarse este clavo pediátrico en una entrada lateral para evitar el riesgo de necrosis vascular de la cabeza femoral que se asocia en los pacientes pediátricos con la entrada clásica de los CEM en la fosa piriforme o a nivel del vértice o ápice del trocánter mayor¹⁴. En casos con canal endomedular muy estrecho, fracturas muy inestables, proximales o distales, se debe considerar el uso de la placa submuscular como una buena alternativa de fijación.

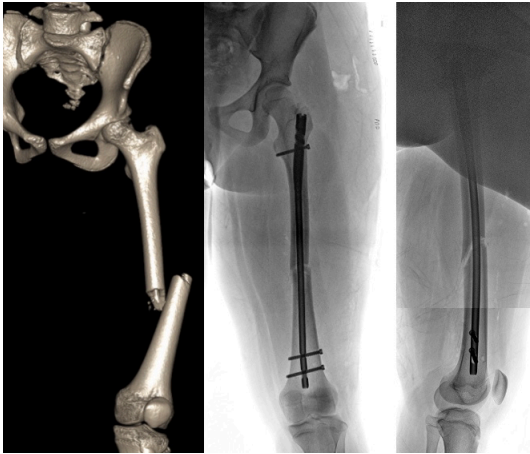


Figura 8. Imágenes de fémur izquierdo de una niña de 11 años que presenta una fractura diafisaria de fémur, desplazada. Dado el peso del paciente (75 kg), y diámetro del canal endomedular, se decide su estabilización con clavo sólido, evitando entrada piriforme o trocántérica.

El uso del fijador externo resulta útil en control de daños, fracturas expuestas e inestables, tanto como método transitorio o definitivo. Sin embargo, como método definitivo se asocia a mayores complicaciones respecto a los otros métodos de osteosíntesis, tales como pérdida de reducción, mala unión, nueva fractura, disimetría de extremidades inferiores y mayor tiempo de consolidación^{15,16}.

22.6 Complicaciones

Los pacientes con esqueleto inmaduro pueden presentar sobrecrecimiento óseo del fémur durante el proceso de reparación de una fractura, resultando en una diferencia de longitud de las extremidades inferiores. Se describe un sobrecrecimiento de entre 7-20 mm, especialmente en pacientes entre 2-10 años, y dentro de los primeros dos años posteriores a la fractura.

Otras complicaciones incluyen una lesión neurovascular, síndrome compartimental, pérdida de reducción, mal unión, acortamiento, no unión, molestias del material de osteosíntesis y re-fractura. En relación con la mal unión, se considera clásicamente como valores aceptables de deformidad $<5-10^\circ$ de varo/valgo, $<10-20^\circ$ de ante/recurvatum, $<2-2.5$ cm de acortamiento y $<10^\circ$ para deformidad rotacional.

Necrosis avascular de la cabeza femoral, coxa valga, y estrechamiento del cuello femoral, han sido reportados como complicaciones del uso de CEM anterógrado cuando la entrada es en la fosa piriforme o en el ápice del trocánter mayor. No así cuando se usa CEM de entrada lateral trocánteriana¹⁷⁻¹⁹.

22.7 Mensaje final

Las fracturas de fémur en niños y adolescentes son un desafío para el médico tratante, tanto por el dolor e incapacidad que generan para el paciente, como por las múltiples alternativas de tratamiento que existen. Se debe considerar la edad y peso del paciente, las características de la fractura, y el contexto a la hora de elegir la más indicada.

Resulta útil dominar las diferentes técnicas para así tener un abanico amplio de herramientas terapéuticas, con el fin de ofrecer al paciente el mejor tratamiento, a su medida. Es importante recordar que, a menor edad, mayor capacidad de remodelación ósea. También se debe tener la sospecha de lesiones no accidentales en menores de 5 años, y especialmente cuando aún no caminan. Finalmente, es importante realizar un seguimiento por al menos 2 años desde la lesión, con el fin de diagnosticar oportunamente una diferencia de longitud de extremidades inferiores que pudiese ocurrir, ya sea por acortamiento o sobrecrecimiento.

22.8 Recomendaciones de los autores

Para la instalación de un yeso pelvipédico:

- Realizarlo en pabellón quirúrgico, con utilización de fluoroscopia.
- Posicionar la cadera en aproximadamente 60-90° de flexión y 30° de abducción, para disminuir el riesgo de desplazamiento y mayor comodidad.
- Moldear el yeso con fuerzas en recurvatum y valgo, teniendo la precaución de no comprimir el hueso poplíteo.
- Yeso pelvipedio/pelvimuslo, es decir, pelvipedio en el lado afectado y pelvimuslo en el contralateral.

Para un buen enclavado endomedular elástico estable:

- Utilícelos en las indicaciones adecuadas. Evite usarlos en pacientes sobre 11 años de edad, o sobre 50 kg de peso.
- Reducir con el uso de mesa de tracción en pacientes mayores, y uso de un rollo bajo el muslo en pacientes menores.
- Seguir la técnica quirúrgica en forma precisa, con buena elección de tamaño y premoldeo de los implantes.
- Para evitar la deformidad rotacional, se recomienda dejar ambas extremidades inferiores en el campo quirúrgico de manera de tener comparación contralateral y tomar una proyección radioscópica de Dunn en 90° comparativa para evaluar^{20,21}.

Para el CEM rígido de entrada trocantérica lateral:

- Es un método efectivo y seguro a utilizar desde los 8 años de edad hasta la madurez esquelética.
- Realizar entrada trocantérica lateral, alejándose del ápice del trocánter mayor para evitar fresado en la fosa piriforme.
- No es necesario fresar el canal hasta el hueso cortical endomedular. En niños y adolescentes la fractura consolida más rápido, por lo que no se requiere de clavos de gran diámetro, que ocupen todo el canal endomedular.

22.9 Referencias

1. Kocher MS, Sink EL, Blasler RD, et al. Treatment of pediatric diaphyseal femur fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2009;17(11):718-725. doi:10.5435/00124635-200911000-00006
2. McCartney D, Hinton A, Heinrich SD. Operative stabilization of pediatric femur fractures. *Orthop Clin North Am*. 1994;25(4):635-650.
3. Heideken Jv, Svensson T, Blomqvist P, Haglund-Åkerlind Y, Janarv PM. Incidence and trends in femur shaft fractures in Swedish children between 1987 and 2005. *J Pediatr Orthop*. 2011;31(5):512-519. doi:10.1097/BPO.0b013e31821f9027
4. Hinton RY, Lincoln A, Crockett MM, Sponseller P, Smith G. Fractures of the femoral shaft in children. Incidence, mechanisms, and sociodemographic risk factors. *J Bone Joint Surg Am*. 1999;81(4):500-509. doi:10.2106/00004623-199904000-00007
5. Kasser JR, Beaty JM. Fractures of the diaphysis. In: Rockwood CA, Wilkins KE. *Rockwood and Wilkins' Fractures in children*. Philadelphia: Lippincott-Raven; 2010. p.797-841.
6. Gordon JE, Anderson JT, Schoenecker PL, Dobbs MB, Luhmann SJ, Hoernschemeyer DG. Treatment of femoral fractures in children aged two to six. *Bone Joint J*. 2020;102-B(8):1056-1061. doi:10.1302/0301-620X.102B8.BJJ-2019-1060.R3
7. Heffernan MJ, Gordon JE, Sabatini CS, et al. Treatment of femur fractures in young children: a multicenter comparison of flexible intramedullary nails to spica casting in young children aged 2 to 6 years. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(2):126-129. doi:10.1097/BPO.000000000000268
8. Slongo T, Audigé L, Hunter JB, Berger SM. Clinical evaluation of end caps in elastic stable intramedullary nailing of femoral and tibial shaft fractures in children. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2011;37(3):305. doi:10.1007/s00068-011-0091-8
9. Rathjen KE, Riccio AI, De La Garza D. Stainless steel flexible intramedullary fixation of unstable femoral shaft fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(4):432-441. doi:10.1097/01.bpb.0000271322.48987.46
10. Wall EJ, Jain V, Vora V, Mehlman CT, Crawford AH. Complications of titanium and stainless steel elastic nail fixation of pediatric femoral fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(6):1305-1313. doi:10.2106/JBJS.G.00328
11. Moroz LA, Launay F, Kocher MS, et al. Titanium elastic nailing of fractures of the femur in children. Predictors of complications and poor outcome. *J Bone Joint Surg Br*. 2006;88(10):1361-1366. doi:10.1302/0301-620X.88B10.17517

12. Sink EL, Faro F, Polousky J, Flynn K, Gralla J. Decreased complications of pediatric femur fractures with a change in management. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(7):633-637. doi:10.1097/BPO.0b013e3181efb89d
13. Abdelgawad AA, Sieg RN, Laughlin MD, Shunia J, Kanlic EM. Submuscular bridge plating for complex pediatric femur fractures is reliable. *Clin Orthop Relat Res*. 2013 Sep;471(9):2797-807. doi: 10.1007/s11999-013-2931-9. PMID: 23539122; PMCID: PMC3734415.
14. Beaty JH, Austin SM, Warner WC, Canale ST, Nichols L. Interlocking intramedullary nailing of femoral-shaft fractures in adolescents: preliminary results and complications. *J Pediatr Orthop*. 1994;14(2):178-183. doi:10.1097/01241398-199403000-00009
15. Ramseier LE, Janicki JA, Weir S, Narayanan UG. Femoral fractures in adolescents: a comparison of four methods of fixation. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(5):1122-1129. doi:10.2106/JBJS.H.01735
16. Kocher MS, Sink EL, Blasler RD, et al. American Academy of Orthopaedic Surgeons clinical practice guideline on treatment of pediatric diaphyseal femur fracture. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(8):1790-1792. doi:10.2106/JBJS.J.00137
17. MacNeil JA, Francis A, El-Hawary R. A systematic review of rigid, locked, intramedullary nail insertion sites and avascular necrosis of the femoral head in the skeletally immature. *J Pediatr Orthop*. 2011;31(4):377-380. doi:10.1097/BPO.0b013e3182172613
18. González-Herranz P, Burgos-Flores J, Rapariz JM, Lopez-Mondejar JA, Ocete JG, Amaya S. Intramedullary nailing of the femur in children. Effects on its proximal end. *J Bone Joint Surg Br*. 1995;77(2):262-266.
19. Raney EM, Ogden JA, Grogan DP. Premature greater trochanteric epiphysiodesis secondary to intramedullary femoral rodding. *J Pediatr Orthop*. 1993;13(4):516-520. doi:10.1097/01241398-199307000-00018
20. Gwyn DT, Olney BW, Dart BR, Czuwala PJ. Rotational control of various pediatric femur fractures stabilized with titanium elastic intramedullary nails. *Journal of Pediatric Orthopedics*. 2004 Mar-Apr;24(2):172-177. DOI: 10.1097/00004694-200403000-00007. PMID: 15076602.
21. Frei B, Mayr J, de Bernardis G, Camathias C, Holland-Cunz S, Rutz E. Elastic stabile intramedullary nailing (ESIN) of diaphyseal femur fractures in children and adolescents: A strobe-compliant study. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(14):e15085. doi:10.1097/MD.0000000000015085



CAPITULO 22 - Fractura de Fémur Distal

Claudio Meneses

Rodrigo Yáñez

22. Fractura de fémur distal

Las lesiones traumáticas a nivel de fémur distal son de baja frecuencia. Sin embargo, por la presencia de una de las fisas más activas del organismo, estas lesiones pueden evolucionar con alteraciones graves durante el crecimiento del paciente. Por esto su correcta identificación y adecuado manejo son relevantes para el futuro de estos pacientes. En un gran número se producen por mecanismos de alta energía, por lo que su enfrentamiento se produce en el contexto de un politraumatismo, rodilla flotante o lesiones neurovasculares asociadas, situaciones de gravedad que deben ser identificadas y corregidas junto al manejo de la fractura. El estudio radiográfico inicial requiere ser complementado con Tomografía Computada (TAC) si se sospecha compromiso de la superficie articular, o con Resonancia Magnética (RM) si existen dudas de un compromiso fisario, lesión ligamentaria o meniscal. El objetivo terapéutico será recuperar la anatomía fisaria y articular, y evitar provocar mayor daño con las maniobras de reducción de la fractura o con los métodos de estabilización. El seguimiento de esta lesión en la población pediátrica debe realizarse por al menos 2 años, lo que hace que estas lesiones sean consideradas de manera distinta a otras fracturas habituales en niños evaluados por el cirujano ortopeda.

22.1 Introducción

Las fracturas de fémur distal representan menos del 1% de todas las fracturas de los niños^{1,2}. De las fracturas de fémur, es la segunda en frecuencia después de la fractura de la diáfisis³. Las lesiones fisarias del fémur distal representan el 2% de todas las lesiones del cartilago de crecimiento⁴, y 7% de las que ocurren en extremidades inferiores⁵. Pese a ser poco frecuentes, están asociadas a un alto porcentaje de complicaciones, ya que tienen un 50% de incidencia de alteraciones del crecimiento⁶, lo cual puede ser detectado en forma temprana desde los primeros 6 meses posteriores al traumatismo en la mayoría de los casos⁷, pero evidenciarse hasta 2 años posterior a éste.

22.2 Fisiopatología

Las fracturas de fémur distal ocurren habitualmente como resultado de un mecanismo de alta energía, ya sea un accidente automovilístico o durante la práctica deportiva. La fractura fisaria del fémur distal se denominó inicialmente “fractura de rueda de carreta”, al ser causada por una fuerza con el pie atascado en los rayos de la rueda de una carreta en movimiento⁸.

La forma de la fisis distal del fémur es ondulada (Figura 1), por lo que las fuerzas de cizallamiento producidas por el mecanismo de fractura pueden llevar a alteraciones estructurales de todas las capas de la fisis. Esto se asocia a un alto riesgo de formación de barras fisarias⁹.

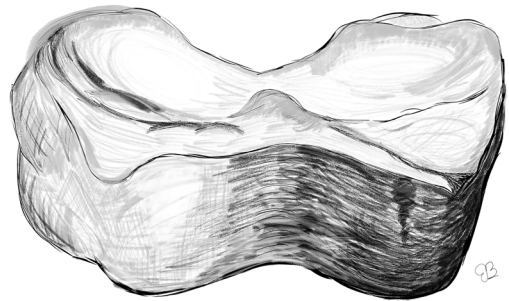


Figura 1. Esquema de las ondulaciones a nivel de la fisis del fémur distal.

Al nacer, la fisis del fémur distal es plana. Hasta los 2 años de edad la fisis mantiene esta configuración, por lo que una fractura fisaria dañará fundamentalmente la zona hipertrófica, provocando escasa alteración del crecimiento (Figura 2).

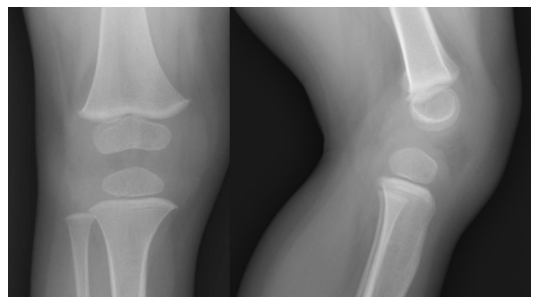


Figura 2. Radiografía anteroposterior y lateral de rodilla de un niño de 3 años, donde se evidencia escasas ondulaciones, recta en plano sagital.

Durante el crecimiento la fisis desarrolla una forma en “W” ondulada, con cuatro cuadrantes convexos de la metafisis que encajan con las superficie cóncavas de la epífisis (Figura 3). Por esto, posterior a los 2 años de edad, debido a su forma ondulada, las líneas de fractura pasan por varias zonas de la fisis, independiente de la clasificación de fractura, lo que provoca una alta incidencia de alteraciones del crecimiento fisario¹⁰.

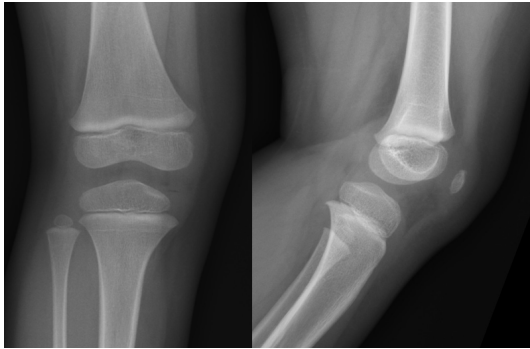


Figura 3. Radiografía anteroposterior y lateral de rodilla derecha, de un niño de 6 años, con fisis en forma de “W”.

Debemos también considerar la alta actividad de esta fisis y su importante aporte en el crecimiento longitudinal. Contribuye al 70% del crecimiento longitudinal del fémur y al 35-40% de la extremidad^{11, 12}. Este segmento crece en longitud un promedio de 9 mm al año, llegando durante la pubertad a 10-12 mm por año. La edad del paciente y el subsecuente crecimiento remanente deben considerarse en el potencial de deformidad o diferencia de longitud de extremidades resultante tras el trauma¹³.

22.3 Diagnóstico

Para el estudio de esta lesión se realizan radiografías en proyecciones anteroposterior y lateral del segmento, las que deben abarcar el fémur en su totalidad, incluyendo la cadera⁶. Las proyecciones oblicuas de rodilla pueden ser de ayuda para identificar fracturas mínimamente desplazadas¹⁴. Históricamente se solicitaban radiografías con maniobras de tracción ante un diagnóstico no claro, sin embargo esta práctica se abandonó debido al dolor que causaba a los pacientes¹⁵, innecesario ante la existencia de mejores métodos de estudio alternativos.

Se puede realizar un estudio con TAC, en el caso de sospecha de lesiones fisarias⁷ y en lesiones con compromiso articular, las que requieren caracterizar adecuadamente sus fragmentos y desplazamiento para definir el tratamiento (Figura 4).

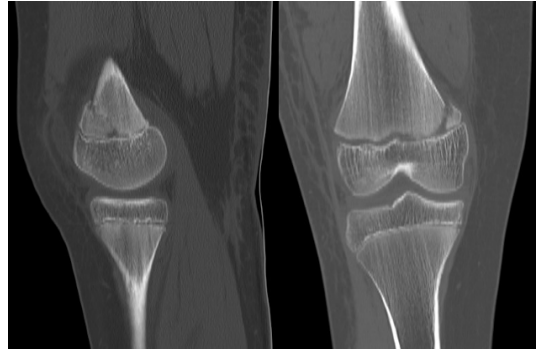


Figura 4. TAC de rodilla que demuestra fractura no articular de fémur distal

La resonancia magnética (RM) será útil para evaluar lesiones ligamentarias e intra-articulares, especialmente asociadas a traumatismos en relación a práctica deportiva⁶, que pueden requerir ser abordadas en forma quirúrgica. También es de utilidad en pacientes con osificación limitada de la epífisis, en fracturas ocultas (Figura 5) o en caso de sospecha de atrapamiento de periostio en el foco de fractura¹⁵, lo que puede complicar las maniobras de reducción o producir alteraciones de crecimiento.

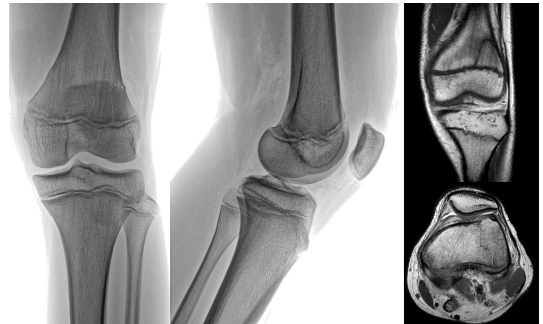


Figura 5. Radiografías de paciente con sospecha de lesión de fémur distal, la cual se demuestra con resonancia magnética.

Dado la asociación de esta lesión a un mecanismo de alta energía, se deben descartar otras lesiones, aplicando los protocolos de trauma de cada institución, lo que al menos debe considerar el estudio radiográfico de columna cervical, tórax y pelvis. Además, debido al riesgo de lesión vascular, es importante evaluar los pulsos distales al segmento lesionado. Si existe alguna duda de una buena irrigación, se debe solicitar una ecografía Doppler o un Angio-TAC de la extremidad.

22.4 Clasificación

Las fracturas del fémur distal pueden dividirse en 3 grupos: a. fracturas metafisarias; b. fracturas fisarias; y c. fracturas epifisarias¹⁶.

Las fracturas a nivel de la metáfisis representan el 12% de las fracturas del fémur¹⁷. Se debe sospechar una lesión no accidental cuando se observa en menores de 1 año o que no caminan¹⁸. También es común encontrar fracturas en hueso patológico en esta zona. Pueden ser fracturas en “rodete” o “torus”, completas o multifragmentarias (Figura 6).



Figura 6. Fractura en “rodete” o “torus” de fémur distal.

Para las fracturas fisarias la clasificación más comúnmente usada es la de Salter y Harris¹⁹. Esta divide las fracturas en 5 tipos (Figura 7):

Tipo I: Existe una separación a través de la fisis (epifisioliste-sis) sin compromiso de la metáfisis ni de la epífisis adyacentes. Es el tipo menos común y puede ser difícil de diagnosticar si no existe desplazamiento. En dicho caso, se debe sospechar en pacientes que no pueden cargar su peso y con dolor circunferencial en la zona fisaria⁷.

Tipo II: Es la fractura fisaria más común del fémur distal. La línea de fractura atraviesa la fisis antes de salir en forma oblicua a través de un costado de la metáfisis. El desplazamiento ocurre habitualmente hacia el lado del fragmento metafisario. Se describe hasta alrededor de un 58% de alteración del crecimiento en este tipo de lesiones.

Tipo III: Es una fractura a través de la fisis que sale a través de la epífisis hacia la articulación. Puede ser un rasgo simple o multifragmentario.

Tipo IV: Es una lesión epifisio-metafisaria. Es una fractura vertical intraarticular, que pasa metáfisis, fisis y epífisis. Su rasgo fracturario puede ser simple o complejo.

Tipo V: Es una fractura compresiva de la fisis, producto de una fuerza axial.

Por último, las fracturas intraarticulares son lesiones osteo-condrales o condrales producto de un golpe directo con la ro-

dilla flexionada o fuerzas de cizallamiento asociadas con una luxación de rótula, en cuyo caso se afecta el cóndilo femoral lateral¹⁴.

Es importante conocer el término “Rodilla Flotante”, el que se utiliza para describir lesiones de fémur y tibia ipsilateral, con fractura en cualquier parte de ambos huesos. Es una lesión poco común, provocada por un accidente de alta energía y frecuentemente acompañada de lesiones en otras zonas corporales. No existen estudios que evalúen su incidencia exacta, pero es más frecuente en hombres que en mujeres. Al examen físico habrá aumento de volumen y dolor en ambos segmentos de la extremidad inferior, acortamiento y deformidad. El estado neurovascular puede estar afectado, por lo que requiere una evaluación acuciosa en dicho aspecto. Se puede asociar a lesiones ligamentarias de la rodilla, por lo que se puede encontrar inestabilidad de esta al examinar²⁰. La importancia de esta lesión esta dada por la urgente necesidad de estabilización, para reducir la incidencia de complicaciones.

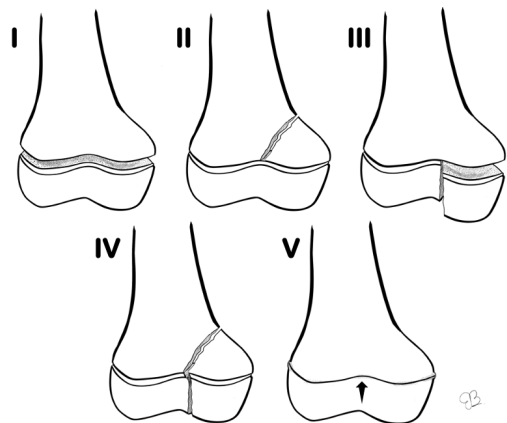


Figura 7. Clasificación de Salter y Harris para fracturas de fémur distal.

22.5 Tratamiento

Para la toma de decisión en el manejo de estas fracturas se deben evaluar múltiples factores, incluyendo la edad y peso del paciente, la localización de la fractura (metafisaria, fisaria o epifisaria), su tipo (completa o incompleta, desplazada o no desplazada), la presencia de lesiones asociadas (politrauma, paciente con daño neurológico, patología ósea general, rodilla flotante, lesión de partes blandas, exposición foco de fractura, daño vascular, lesiones intraarticulares), los recursos terapéuticos disponibles, y por supuesto la experiencia del equipo tratante.

Existen principios generales a considerar para el tratamiento de estas lesiones:

La fisis distal del fémur aporta con el 70% del crecimiento longitudinal de este hueso, por lo que su daño, ya sea por el traumatismo o por el tratamiento elegido, puede ser causa de una importante secuela, como alteraciones de eje o diferencia de longitud de extremidades, lo que debe ser advertido a los padres o tutores del menor en forma inmediata.

La reducción anatómica siempre será mejor que una consolidación en mala posición, pero las maniobras de reducción deben ser suaves y dentro de los primeros días. Las maniobras forzadas o tardías (más de 7 días) se asocian a mayor daño fisario.

La estabilización mediante osteosíntesis (agujas, placas con tornillos, tornillos canulados, clavos endomedulares o fijador externo) serán necesarios cuando enfrentamos: fracturas desplazadas que requieren reducción cerrada o abierta, entorno de politrauma que requieren optimizar cuidados del paciente, presencia de una “Rodilla flotante”, fractura en hueso patológico, fractura expuesta y lesión vascular asociada.

El uso de yeso bota larga o rodillera es necesario en la mayoría de los casos, especialmente en aquellos en que usamos osteosíntesis no estable, como son las agujas de Kirschner. El período de uso de la inmovilización es variable según edad y aparición de callo óseo en los controles radiológicos, habitualmente entre 4 a 8 semanas.

El apoyo kinésico es fundamental para recuperar la movilidad articular de la rodilla, lograr fortalecimiento muscular y reeducación pronta de la marcha.

Fracturas Metafisarias.

Fracturas metafisarias incompletas (en “rodete” o “tallo verde”) o metafisarias completas sin desplazamientos (angulación menor a 5°) son de manejo conservador con yeso bota larga por 6 a 8 semanas. Estas fracturas se consideran estables, pero para darle un mayor control rotacional al yeso instalado, es recomendable instalar una barra anti-rotatoria bajo en tobillo las primeras 3 semanas.

En fracturas metafisarias con angulación de más de 5° en cualquier plano y en fracturas desplazadas/cabalgadas se debe realizar reducción cerrada, o en su defecto abierta de no lograrse de la primera forma, bajo anestesia general, y estabilización con un yeso bota larga. La excepción puede ser

una fractura angulada en un menor con patología neurológica de base severa, sin capacidad de marcha, donde la angulación producida no altere su situación de base o incluso pudiese ser beneficiosa para mejorar su postura. La reducción bajo anestesia general debe ser precoz, y de existir demora mayor a 24 horas para realizar el procedimiento, se recomienda la instalación de un sistema de tracción de partes blandas para manejo de dolor y evitar mayores desplazamientos, a la espera de la resolución definitiva. Este sistema se instala con una tracción desde la pierna en sentido horizontal a la cama y un cabestrillo acolchado bajo la rodilla ligeramente flexionada, que traccione hacia el techo.

En el caso de las fracturas metafisarias que persisten inestables tras su reducción cerrada, se recomienda la estabilización con agujas Kirschner percutáneas. Si la fractura desplazada es irreductible o presenta una lesión arterial asociada que requiere reparación, se recomienda la reducción abierta y fijación con osteosíntesis. El abordaje recomendado para reducir la fractura es lateral, pero si es por reparación arterial se recomienda utilizar un abordaje posteromedial para evaluar los vasos sanguíneos en la región. Luego de la reducción, la fijación se puede realizar mediante el uso de agujas de Kirschner de 2 a 2,5 mm de diámetro, en configuración cruzada, lo que es especialmente útil en menores de 8 años. A esto se debe agregar la instalación de un yeso bota larga o rodillera hasta que se constate su consolidación, entre 6 a 8 semanas aproximadamente según tipo de fractura y edad del paciente.



Figura 8. Fractura de fémur distal en hueso patológico (quiste óseo esencial), estabilizada con clavos elásticos anterógrados.

En pacientes de mayor edad o contextura se puede utilizar un sistema de clavos endomedulares elásticos flexibles, insertados en forma anterógrada desde el fémur proximal (Figura 8), o el uso de placas de osteosíntesis de bajo perfil. Dentro de éstas existen diseños pediátricos que permiten fijar la metafisis distal y la diáfisis sin comprometer el crecimiento de la fisis. En el último tiempo se ha desarrollado una placa LCP para fémur distal que cuenta con un sistema de telescopaje entre

una porción de fijación proximal a la fractura y otra porción de fijación distal epifisaria, que permite el deslizamiento de la placa que acompaña el crecimiento óseo.

Por último, está la opción de estabilización con fijación externa de este tipo de fractura, especialmente útil para fracturas desplazadas en contexto de fracturas expuestas, politraumatismo o rodilla flotante. Se deben utilizar tornillos Schanz de tamaño adecuado, desde lateral, dejando 1 cm de metafisis distal libre para reducir el riesgo de daño fisario, e instalar al menos 2 tornillos Schanz en el fragmento distal. Se puede realizar una fijación transitoria con una aguja Kirschner en pabellón para mantener la reducción mientras se instala el fijador externo. Las fracturas tratadas con este tipo de osteosíntesis se pueden movilizar e iniciar carga parcial en forma precoz de acuerdo a la tolerancia del paciente. Su retiro debe ser realizado cuando se evidencia una consolidación estable en radiografías, cuyo tiempo puede variar según tipo de fractura (entre 6 a 8 semanas en fracturas cerradas y entre 8 a 12 semanas en fracturas expuestas).

Fracturas Fisarias y Epifisarias.

Para el tratamiento de fracturas de la fisis distal del fémur es esencial recuperar la anatomía, tanto a nivel articular como al nivel fisario, con el fin de reducir las posibles secuelas, tanto en la función articular, como en el crecimiento del segmento afectado. Las maniobras de reducción se deben realizar de manera suave y lo más pronto posible, bajo efecto de anestesia general, ya que el daño fisario depende tanto de la energía involucrada en el trauma, como por las maniobras de reducción forzadas. Los controles posteriores al tratamiento se deben continuar por 2 o más años, para evaluar la existencia de secuelas por daño fisario.

En aquellas fracturas fisarias no desplazadas es posible el tratamiento conservador, mediante la inmovilización con un yeso bota larga, por 4 a 6 semanas, restringiendo la carga de peso en la extremidad lesionada mediante el uso de muletas¹⁴.

Para las fracturas fisarias tipo Salter-Harris I o II desplazadas es necesario lograr una reducción, habitualmente de manera cerrada, y según la estabilidad lograda, se inmovilizará con un yeso bota larga o se estabilizará con agujas de Kirschner o tornillos compresivos. La maniobra de reducción consiste en tracción longitudinal, asociando flexión de la rodilla si el fragmento epifisario esta anterior, o extensión de la rodilla si el desplazamiento es hacia posterior. Se debe obtener control radioscópico en planos anteroposterior y lateral estricta de ro-

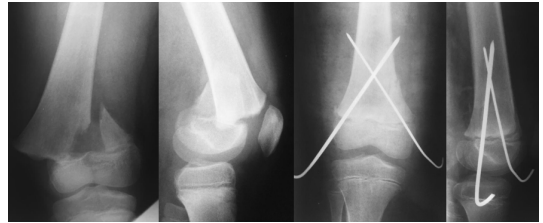


Figura 9. Fractura de fémur distal tipo Salter y Harris 2, desplazada. Se realizó reducción cerrada y fijación con agujas de Kirschner percutáneas.

dilla. Siempre debemos confirmar la adecuada perfusión distal luego de la reducción y la inmovilización posterior debe evitar la flexión o extensión extrema para reducir el riesgo de daño neurovascular.

Si tras la reducción se realiza una prueba de estabilidad de los fragmentos y se observa pérdida de reducción, se debe estabilizar con apoyo de osteosíntesis. Para las fracturas Salter-Harris tipo I y para las tipo II con un fragmento metafisario de pequeño tamaño se recomienda el uso de agujas de Kirschner cruzadas, (Figura 9) cuyos extremos distales se doblan, pudiendo quedar bajo o por fuera de la piel, ya que su retiro será habitualmente junto con el del yeso, a las 6 semanas. Aquellas tipo 2 con fragmento metafisario de mayor tamaño, la fijación recomendada es con 1 o 2 tornillos paralelos a la fisis, sin comprometerla, idealmente con técnica de tornillos canulados (Figura 10).



Figura 10. Fractura de fémur distal tipo Salter y Harris 2, con fragmento metafisario amplio que permite fijación con tornillos canulados.

En las fracturas fisarias tipo Salter-Harris III o IV, las que presentan compromiso articular, se debe realizar reducción abierta con artrotomía en la mayoría de los casos, y estabilizar con fijación interna. El apoyo artroscópico intraoperatorio ayuda a reducir el tamaño del abordaje a realizar. Luego de la reducción anatómica, se debe realizar fijación de la fractura con 1 o 2 tornillos canulados epifisarios, paralelos a línea fisaria.

La referencia anatómica para la instalación de tornillos a nivel de la epífisis distal femoral, es el triángulo epifisario en la proyección lateral, el que está delimitado por arriba por la línea fisaria, por posterior por la línea de Blumensaat y por anterior por la depresión de la tróclea (Figura 11).



Figura 11. Límites para inserción de tornillos a nivel de la epífisis distal femoral, en el plano lateral.

En aquellas fracturas tipo IV con un fragmento metafisario de mayor tamaño, se puede agregar un tornillo metafisario. Los tornillos deben instalarse con técnica de compresión interfragmentaria. El segmento se deja inmovilizado con yeso bota larga o rodillera, evitando la carga de peso por 4 a 5 semanas.

22.6 Complicaciones

La alteración del crecimiento producto del daño de la fisis distal del fémur es una complicación frecuente, produciendo diferencias de longitud o alteraciones de eje. Como referimos previamente, esta fisis es una de las más activas del organismo, aportando alrededor de 35-40% del crecimiento longitudinal de la extremidad inferior, alrededor de 9 mm de crecimiento longitudinal por año. Por esto la edad del paciente es un factor determinante del pronóstico, para determinar la proyección de la alteración de crecimiento.

Las fracturas con rasgo tipo I o II, que en otros segmentos óseos rara vez provocan alteraciones del crecimiento fisario, en esta zona se asocian a un 30-70% de complicaciones por este motivo²¹. Este daño fisario puede provocar una deformidad angular asimétrica en la extremidad o una diferencia de longitud de las extremidades, cuyo manejo dependerá de la proyección que se haga para la alteración al término del crecimiento. En forma habitual, en caso de diferencia de longitud de extremidades inferiores menor a 2 cm, el manejo puede ser el uso de un realce en el calzado de la extremidad afectada. Si esta diferencia se proyecta entre 2-5 cm se puede recomendar el realizar una fisiodesis del segmento contralateral. Finalmente, si se

proyecta una diferencia mayor a 5 cm, se recomienda realizar un alargamiento óseo del segmento, o una combinación de procedimientos¹⁴.

Si se produce e identifica una barra fisaria, se recomienda realizar una resección de ésta si es menor al 50% del área fisaria, especialmente en aquellas de localización periférica, en niños con más de 2 años de crecimiento remanente. El examen ideal para estudiar la estructura de la barra fisaria es la RM, determinando su tamaño y ubicación. Para el manejo de una deformidad angular instaurada, la corrección habitualmente será mediante una osteotomía correctora¹⁴.

Por último, la lesión neurovascular es una de las complicaciones asociadas más temida en esta lesión y debe ser identificada desde un comienzo. Obliga al enfrentamiento del caso en conjunto con otros especialistas, y limita la elección del manejo conservador, siendo el fijador externo el método de elección para lograr una rápida estabilidad del segmento, con el campo quirúrgico libre para procedimientos secundarios.

22.7 Mensaje final

Las fracturas de fémur distal son lesiones de baja frecuencia en la población pediátrica, pero que en un alto porcentaje se dan en contexto de politraumatismo, o con lesiones asociadas como “rodilla flotante” o lesión neurovascular que modifican su enfrentamiento.

Aquellas fracturas con compromiso fisario tienen un alto porcentaje de provocar una alteración de crecimiento (30-70%), cuya causa puede ser el traumatismo inicial o iatrogénicas. Los pacientes deben ser controlados a lo menos por 2 años, y en muchos casos es necesario realizar procedimientos adicionales para la corrección de la secuela.

Las lesiones con compromiso articular (Salter-Harris tipo III o IV) desplazadas, deben ser reducidas para recuperar la anatomía tanto en línea fisaria, como en la articular. El apoyo artroscópico intraoperatorio permite abordajes mínimos para la reducción y fijación.

Luego de la reducción y la estabilización, se debe mantener con un sistema de inmovilización por 4 a 8 semanas (excepto si se utiliza un fijador externo) según la edad. Debe evitarse la carga de peso en la extremidad afectada por al menos 4 semanas.

22.8 Recomendaciones de los autores

- Para el tratamiento ortopédico con inmovilización con yeso bota larga, se recomienda su instalación con semiflexión de rodilla de 20-30°, para fracturas no desplazadas, asegurando de que no se cargue peso por 4 semanas. Luego se apoya con inmovilización con carga parcial.
- Si la fractura requiere reducción, esta se debe hacer en pabellón bajo efecto de anestesia general, con apoyo radioscópico. Las maniobras deben ser suaves y siempre evaluar la condición circulatoria posterior a la reducción.
- Para la fijación interna en pacientes menores de 8 años o de menos de 30 kg de peso, puede ser suficiente con 2 agujas Kirschner cruzadas de 2 a 2,5 mm de diámetro. En pacientes mayores se requiere un sistema más estable, como el uso de tornillos canulados, placas LCP pediátricas o fijador externo.
- Luego de 2 meses, se autoriza carga total y rehabilitación kinésica. Los controles posteriores se deben mantener por al menos 2 años, para evaluar la posibilidad de daño fisario y alteración del crecimiento.
- Para fracturas con compromiso articular, el apoyo artroscópico es útil para minimizar los abordajes quirúrgicos y realizar el drenaje de la hemartrosis asociada.

22.9 Referencias

- Peterson HA, Madhok R, Benson JT, Ilstrup DM, Melton LJ 3rd. Physeal fractures: Part 1. Epidemiology in Olmsted County, Minnesota, 1979-1988. *J Pediatr Orthop.* 1994;14(4):423-430. doi:10.1097/01241398-199407000-00002
- Mann DC, Rajmaira S. Distribution of physeal and nonphyseal fractures in 2,650 long-bone fractures in children aged 0-16 years. *J Pediatr Orthop.* 1990;10(6):713-716. doi:10.1097/01241398-199011000-00002
- Loder RT, O'Donnell PW, Feinberg JR. Epidemiology and mechanisms of femur fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 2006;26(5):561-566. doi:10.1097/01.bpo.0000230335.19029.ab
- Peterson CA, Peterson HA. Analysis of the incidence of injuries to the epiphyseal growth plate. *J Trauma.* 1972;12(4):275-281. doi:10.1097/00005373-197204000-00002
- Riseborough EJ, Barrett IR, Shapiro F. Growth disturbances following distal femoral physeal fracture-separations. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65(7):885-893.
- Young EY, Stans AA. Distal Femoral Physeal Fractures. *J Knee Surg.* 2018;31(6):486-489. doi:10.1055/s-0038-1627465
- Bailey MEA, Wei R, Bolton S, Richards RH. Paediatric injuries around the knee: Bony injuries. *Injury.* 2020;51(3):611-619. doi:10.1016/j.injury.2019.12.033
- Hutchinson J. Lectures on injuries to the epiphyses and their results: delivered at the Royal College of Surgeons. *Br Med J* 1894; 1: 669e73.
- Liu RW, Armstrong DG, Levine AD, Gilmore A, Thompson GH, Cooperman DR. An anatomic study of the distal femoral epiphysis. *J Pediatr Orthop.* 2013;33(7):743-749. doi:10.1097/BPO.0b013e31829d55bf
- Lippiello L, Bass R, Connolly JF. Stereological study of the developing distal femoral growth plate. *J Orthop Res.* 1989;7(6):868-875. doi:10.1002/jor.1100070613
- Pritchett JW. Longitudinal growth and growth-plate activity in the lower extremity. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;(275):274-279.
- ANDERSON M, MESSNER MB, GREEN WT. DISTRIBUTION OF LENGTHS OF THE NORMAL FEMUR AND TIBIA IN CHILDREN FROM ONE TO EIGHTEEN YEARS OF AGE. *J Bone Joint Surg Am.* 1964;46:1197-1202.
- Arkader A, Warner WC Jr, Horn BD, Shaw RN, Wells L. Predicting the outcome of physeal fractures of the distal femur. *J Pediatr Orthop.* 2007;27(6):703-708. doi:10.1097/BPO.0b013e3180dca0e5
- Zionts LE. Fractures around the knee in children. *J Am Acad Orthop Surg.* 2002;10(5):345-355. doi:10.5435/00124635-200209000-00006
- Little RM, Milewski MD. Physeal fractures about the knee. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2016;9(4):478-486. doi:10.1007/s12178-016-9370-7
- www.aofoundation.org
- Smith NC, Parker D, McNicol D. Supracondylar fractures of the femur in children. *J Pediatr Orthop.* 2001;21(5):600-603.
- Beals RK, Tufts E. Fractured femur in infancy: the role of child abuse. *J Pediatr Orthop.* 1983;3(5):583-586. doi:10.1097/01241398-198311000-00004
- Salter RB, Harris WR. Injuries involving the epiphyseal plate. *J Bone Joint Surg Am* 1963; 45:587-622.
- Card RK, Lowe JB, Bokhari AA. Floating Knee. In: *StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; May 8, 2022.*
- Price CTH-SJ. Extra-articular injuries of the knee. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010; 842e85
- Sepúlveda M, Téllez C, Villablanca V, Birrer E. Distal femoral fractures in children. *EFORT Open Rev.* 2022;7(4):264-273. Published 2022 Apr 25. doi:10.1530/EOR-21-0110



CAPITULO 23 - Fractura de Eminencia Tibial

Florencia Espinoza

Daniel Green

María Jesús Tuca

23. Fractura de eminencia tibial

Las fracturas avulsivas de la eminencia tibial (FAET) son lesiones infrecuentes, donde la mayoría ocurren en pacientes esqueléticamente inmaduros, entre los 8-14 años. A esta edad, aún no se ha osificado la eminencia tibial donde se inserta el ligamento cruzado anterior, siendo la unión condro-epifisaria el punto de fallo más frecuente. Ocurren posterior a mecanismos rotacionales de tipo pivote o hiperextensión de la rodilla, que resultan en una avulsión osteocondral de la inserción del ligamento cruzado anterior.

23.1 Introducción

Las fracturas por avulsión de la eminencia tibial (FAET) corresponden a lesiones infrecuentes en niños y adolescentes (3/100.000 por año), representando el 5% de los derrames articulares de rodilla en niños. La gran mayoría de estas fracturas ocurren en niños entre los 8-14 años^{1,2}.

23.2 Fisiopatología

El mecanismo habitual de esta lesión es la rotación de tipo pivote, similar al mecanismo de ruptura del ligamento cruzado anterior (LCA) en adultos, pero las FAET también pueden ocurrir como resultado de un trauma directo o hiperextensión de la rodilla^{3,4}.

Esta lesión al tener un mecanismo similar a las lesiones de LCA⁴ involucra al menos una elongación, o en algunos casos una lesión parcial de las fibras del LCA. Sin embargo, en los pacientes con esqueleto inmaduro, es la unión condro-epifisaria el punto que falla primero, ya que aún no está completamente osificada la eminencia tibial donde se inserta el LCA. En vez de sufrir una lesión intrasustancia del LCA, como ocurre en la mayoría de los adultos, se produce una fractura avulsiva de la inserción osteocondral distal del LCA.

La actividad más comúnmente involucrada en estas fracturas es la caída en bicicleta, aunque también es posible verlas en deportes de pivote, como el esquí o en accidentes de vehículos motorizados⁵.

23.3 Anatomía aplicada

La eminencia intercondílea es la porción no-articular de la tibia proximal, entre ambos platillos tibiales. Consta de una base cuadrilátera y dos prominencias óseas llamadas espinas tibiales, una medial y otra lateral⁶.

El ligamento cruzado anterior se inserta en la parte antero-interna de la espina tibial medial. En su porción anterior, este ligamento se une con fibras del cuerno anterior de los meniscos interno y externo⁶. El LCA es un restrictor primario a la traslación anterior de la tibia en relación al fémur, y secundariamente también actúa como restrictor a la rotación y varo-valgo de la rodilla⁷.

La mayoría de las FAET ocurren en pacientes esqueléticamente inmaduros, donde el LCA es más fuerte que la eminencia a la que se une, la cual se encuentra aún parcialmente osificada. Como resultado, el daño ocurre en la inserción ósea en lugar del ligamento cuando la rodilla sufre un mecanismo compatible con lesión de LCA^{3,8,9}. La avulsión ósea de la inserción distal del LCA habitualmente se limita a la eminencia intercondílea, pero en algunos casos se extiende hacia la porción articular de los platillos tibiales, sobretodo hacia el platillo medial.

23.4 Diagnóstico

El diagnóstico está dado por la clínica e imágenes. El examen físico en agudo se caracteriza por la presencia de un derrame articular significativo, lo que lo diferencia de las lesiones de ligamento cruzado intrasustancia o luxaciones de patela, que por lo general tienen derrames de menor cuantía. Los pacientes suelen posicionar la rodilla en una semiflexión antiálgica y presentan imposibilidad a la carga. Difícilmente podremos realizar pruebas de inestabilidad anterior (Test de Lachman o Cajón Anterior) o inestabilidad rotacional (Pivot Shift) en agudo, producto del dolor y aprehensión de los pacientes. Además, sugerimos evitarlas en aquellos pacientes candidatos a un tratamiento conservador, ya que no modificará la conducta inicial y arriesgamos un mayor desplazamiento de los fragmentos.

La primera evaluación imagenológica, para confirmar el diagnóstico y descartar otras lesiones asociadas, se realiza mediante radiografías simples de rodilla¹ en sus proyecciones

anteroposterior (AP), lateral y túnel intercondíleo. Lo más común es observar en la proyección lateral el desplazamiento del fragmento (Figura 1). Además, la visión de túnel desproyecta la tróclea y los cóndilos para poder observar de mejor forma el intercóndilo, aportando una mejor visión de los fragmentos y su desplazamiento.

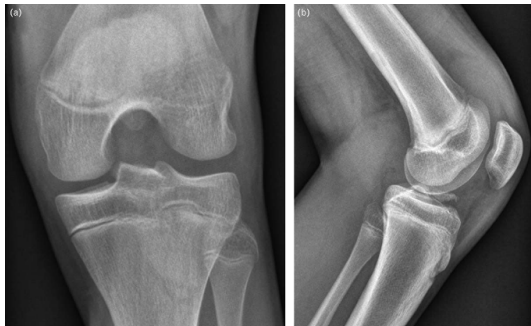


Figura 1. Proyecciones radiológicas túnel intercondíleo y lateral de una rodilla de un niño de 13 años, que evidencia una fractura de espina tibial.

La resonancia magnética (RM) se ha convertido en el examen de elección para evaluar estas lesiones y definir su tratamiento. Primero, porque permite obtener una gran calidad de imágenes para caracterizar el fragmento avulsivo y cuantificar el desplazamiento en diferentes planos, permitiendo reconocer las avulsiones puramente cartilaginosas del LCA, las cuales pueden ser invisibles en las radiografías simples. En segundo lugar, la RM ayuda a constatar el estado de las fibras del LCA, y descartar lesiones intrasustancia concomitantes, lo cual modificaría el algoritmo de tratamiento. Tercero, la RM permite diagnosticar lesiones asociadas (ya sean roturas meniscales o fracturas osteocondrales), las cuales ocurren en un 32-59% de los casos¹⁰. Finalmente, también es de gran utilidad para identificar la interposición de tejidos blandos (meniscos o ligamento intermeniscal) bajo el fragmento de la fractura avulsiva, que podrían bloquear la reducción cerrada. Por todas estas razones, la RM es una herramienta de gran utilidad en el diagnóstico y algoritmo terapéutico de las FAET (Figura 2).



Figura 2. Resonancia magnética de rodilla de una niña de 9 años, con lesión desplazada de espina tibial

23.5 Clasificación

Históricamente las FAET han sido clasificadas según Meyers y McKeever (1959)¹¹, la cual gradúa las fracturas según el desplazamiento del fragmento utilizando radiografías simples. Hay consenso en que las FAET tipo I son de tratamiento conservador, y que las fracturas tipo III requieren una reducción y fijación quirúrgica. Sin embargo, en las fracturas tipo II hay mayor controversia, donde la mayoría de los cirujanos concuerdan en intentar una reducción cerrada y decidir el tratamiento según el resultado de ésta¹² (Figura 3).



Figura 3. Esquema de clasificación de Meyers & McKeever. A, desplazamiento mínimo o fragmento no desplazado; B, elevación anterior con bisagra posterior intacta; C, desplazamiento completo.

A pesar de que la clasificación de Meyers & McKeever es ampliamente utilizada, está basada en radiografías simples y no cuantifica el desplazamiento del fragmento. Como mencionábamos previamente, hoy en día la RM es ampliamente utilizada en la evaluación de estos pacientes, y determina el tratamiento, ya que permite precisar el desplazamiento de la fractura, caracterizar el fragmento, reconocer lesiones asociadas y confirmar la integridad del LCA. Estos elementos permiten definir la conducta a seguir y planificar la estrategia quirúrgica de mejor manera. Es por esto que recientemente se ha publicado una clasificación por Green & Tuca¹² basada en RM para las FAET (Figura 4).

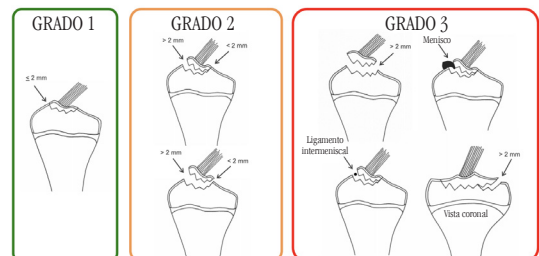


Figura 4. Clasificación Green & Tuca para lesiones de espina tibial, basado en resonancia magnética.

En esta clasificación, las FAET grado I corresponden a fracturas no desplazadas o mínimamente desplazadas < 2 mm (en la radiografía pueden no verse y son llamadas “fracturas ocultas”) (Figura 5).

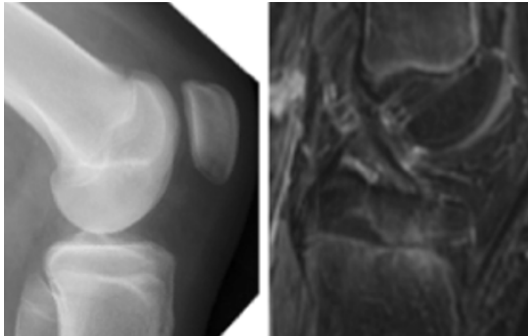


Figura 5. A. Radiografía lateral de rodilla en paciente de 11 años, donde no se evidencia un rasgo de fractura evidente. B. Imagen sagital de RM PD Fat Sat del mismo paciente mostrando una fractura avulsiva no desplazada de eminencia tibial, Grado I de Green & Tuca.

Las fracturas grado II son aquellas avulsiones anteriores, que mantienen la bisagra posterior (desplazamiento > 2 mm de la porción anterior de la fractura y desplazamiento < 2 mm de la porción posterior del fragmento) (Figura 6).

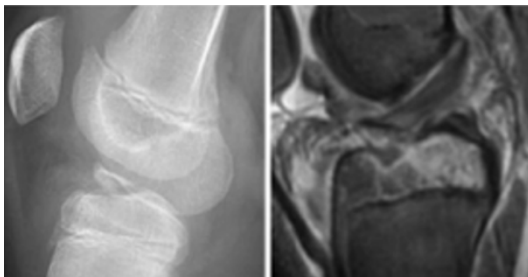


Figura 6. A. Radiografía lateral donde se evidencia FAET inicialmente clasificada como Tipo III según Meyers-McKeever. B. Es reclasificada como Grado 2 Green & Tuca con RM que mostró ≤2mm de desplazamiento posterior y la ausencia de partes blandas bloqueando la reducción.

Las fracturas grado III (Figura 7) son todas aquellas que cumplen con cualquiera de los siguientes criterios:

1. Fractura con > 2 mm de desplazamiento de la porción posterior del fragmento.
2. Fractura que resulta en atrapamiento del ligamento meniscal o intrameniscal (donde el menisco o ligamento intrameniscal es inferior a un fragmento de fractura) bloqueando la reducción.
3. Fractura que se extiende a la superficie articular del platillo tibial medial o lateral (más frecuentemente hacia el platillo medial) desplazadas >2 mm en la zona de carga.

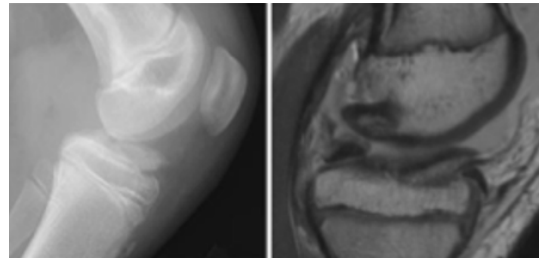


Figura 7. A. Radiografía lateral de rodilla, con FAET clasificada como Tipo II según Meyers-McKeever. B. Imagen de RM que identifica la interposición del cuerno anterior del menisco medial bloqueando la reducción del fragmento, por lo que es reclasificada como Grado 3 de Green & Tuca.

Esta nueva clasificación ha mostrado tener un rendimiento inter/intraobservador comparable a la clasificación de Meyers y McKeever, pero además provee una guía cuantitativa más que cualitativa para clasificar las fracturas basado en un patrón de fractura, desplazamiento de ésta y afectación de tejidos blandos¹².

Usar una clasificación basada en RM modificó el plan terapéutico en 1/3 de los casos, en comparación al uso de radiografías simples. El reconocimiento de la interposición de tejidos blandos bloqueando la reducción permite redefinir aquellas FAET que tienen mejores chances de una reducción cerrada exitosa (Tipo II), versus aquellas que se beneficiarán de un tratamiento quirúrgico (Tipo III).

23.6 Tratamiento

Revisiones sistemáticas de pacientes pediátricos, que incluyen estudios nivel III y IV, han demostrado categóricamente que el tratamiento quirúrgico es superior al tratamiento no quirúrgico para las FAET desplazadas. Reportan tasas más bajas de inestabilidad clínica (14 vs 70%), inestabilidad subjetiva (1 vs 54%), necesidad de reconstrucción futura del LCA (1 vs 10%), no unión (20 vs 80%), y mejores scores funcionales^{13,14}.

Frente a la interrogante de si la reducción cerrada es una buena opción, estudios radiográficos han reportado una reducción promedio de 2.45 mm¹⁵, mientras que estudios basados en resonancias magnéticas han reportado una reducción promedio de sólo 1 mm¹⁶. Por lo tanto, se puede concluir que la reducción cerrada es poco probable en aquellas FAET con un desplazamiento inicial > 5 mm, con una tasa más alta de cirugía posterior por pinzamiento o inestabilidad (17%).

Algoritmo de tratamiento.

Considerando la evidencia mencionada, la mayoría de los cirujanos están de acuerdo con el siguiente algoritmo de tratamiento, basado en el Sistema de Clasificación Green y Tuca¹²:

- Tratamiento conservador (6-12 semanas con yeso o rodillera 0 - 20°):
 - Grado 1;
 - Grado 2 que logran una reducción cerrada exitosa (<2 mm de desplazamiento).
- Reducción quirúrgica y fijación:
 - Grado 2 que fallan en un intento de reducción cerrada;
 - Grado 2 con > 5 mm de desplazamiento inicial;
 - Grado 3;
 - Lesiones asociadas que requieren reparación (fractura osteocondral, lesión meniscal reparable).

Un estudio reciente² basado en una serie de 40 pacientes, demuestra que, al utilizar este algoritmo de tratamiento para enfrentar a los pacientes, no existe diferencia en cuanto a resultados clínicos ni subjetivos entre el tratamiento ortopédico y el tratamiento quirúrgico. Este estudio concluye que es posible lograr buenos resultados funcionales en pacientes pediátricos que sufren FAET, incluso en las lesiones tipo III con desplazamiento severo dado que tienen resultados comparables a las lesiones tipo I con desplazamiento mínimo (siempre que se manejen de forma adecuada). Así se demuestra que las fracturas tipo I y tipo II reducibles pueden tratarse exitosamente con reducción cerrada e inmovilización (tratamiento conservador), y que las fracturas tipo II y III no reducibles pueden tratarse satisfactoriamente con reducción abierta y fijación interna.

Las lesiones meniscales en niños y adolescentes sometidos a tratamiento quirúrgico por fracturas de espina tibial se encuentran en casi un 40% de los casos, con una mayor prevalencia a medida que aumenta la edad y la madurez esquelética¹⁷. Así, la RM cumple un rol fundamental en reconocer las lesiones asociadas, y anticiparnos a la necesidad de repararlas. Además, permite identificar atrapamiento de partes blandas que bloquean la reducción, que se ha descrito ocurren en hasta un 30% en las tipo II y >50% tipo III¹⁰. La lesión de LCA concomitante, es más frecuente en pacientes más cercanos a la madurez esquelética o pacientes adultos. Reconocerla es relevante porque el manejo ya no consistirá en reparación o reinscripción de la avulsión ósea, sino en una probable reconstrucción ligamentaria.

A pesar de la falta de evidencia de calidad, el abordaje artroscópico se acepta actualmente como el gold estándar para la reducción y fijación de FAET desplazadas e irreducibles¹⁸. En comparación con la cirugía abierta, la artroscopia utiliza una incisión más pequeña y da como resultado un menor daño a los tejidos blandos, mejor control del dolor y temprana rehabilitación. Además, el abordaje artroscópico permite una visualización directa de lesiones intraarticulares asociadas, como roturas meniscales, lesiones de raíz meniscal, cuerpos libres o lesiones osteocondrales, y permite el tratamiento simultáneo de éstas^{4,8} (Figura 8).

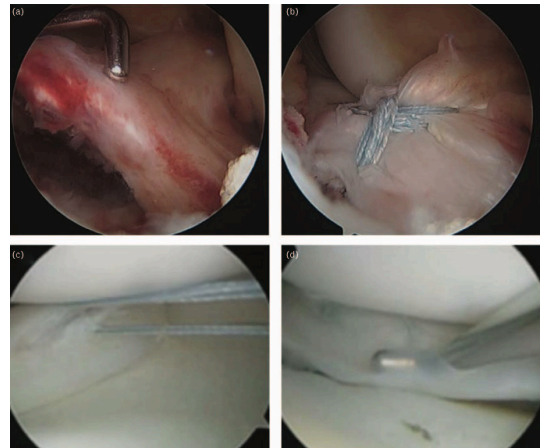


Figura 8. Visión artroscópica de una rodilla con diagnóstico de FAET donde se evidencia: (a) raíz anterior del menisco lateral adherida a la eminencia ósea avulsionada, (b) reducción y fijación artroscópica con dos suturas de alta resistencia cruzadas en la porción anterior del fragmento, que fueron atadas sobre un puente óseo de 1 cm en la tibia anteromedial, (c) desgarro longitudinal del cuerno posterior del menisco lateral que se reparó con dos suturas verticales utilizando un dispositivo todo-dentro (d).

Frente a la interrogante de si existe un mejor sistema de fijación, existen muchas alternativas disponibles, tales como grapas, agujas de Kirschner, anclas, tornillos, suturas, entre otros. Las suturas y tornillos son los sistemas más ampliamente utilizados en la actualidad y reúnen la mayor parte de la evidencia disponible a la fecha.

Los estudios biomecánicos, favorecen el uso de suturas^{19,21}, reportando una mayor carga a la falla y un menor desplazamiento a la carga cíclica. Sin embargo, las revisiones sistemáticas de estudios clínicos no muestran diferencias categóricas entre suturas y tornillos, excepto por la necesidad de una segunda cirugía para la extracción de los materiales quirúrgicos (63-65% para tornillos versus 4-9% para suturas) y una diferencia en la tasa de inestabilidad clínica (27-82% para tornillos versus 13-19% para suturas)^{13,14}. En cuanto a todos los otros resultados, como retorno deportivo, pivot shift, inesta-

bilidad subjetiva, necesidad de reconstrucción de LCA futura o artrofibrosis, ambas técnicas presentan resultados comparables o equivalentes^{13, 14, 22}.

En conclusión, tanto los tornillos como las suturas son métodos de fijación válidos y seguros para las FAET. Ninguno ha probado tener una significativa superioridad sobre el otro, sin embargo, los cirujanos debieran estar al tanto de los pros y contras de cada uno y definir su elección según estos (Tabla 1).

| | A FAVOR | EN CONTRA |
|-----------------|---|---|
| SUTURA | <ul style="list-style-type: none"> • Más versátil: funciona para fijación de fragmentos pequeños, conminutos o incluso puramente cartilagosos. • Superioridad biomecánica en estudios cadavéricos. • Compatibles con resonancia magnética (sin distorsión). • Permite restablecer la tensión del LCA al traccionar sus fibras, además de reducir la fractura. | <ul style="list-style-type: none"> • Técnicamente demandante. • Riesgo de malreducción anterior: elevación superior de la porción más anterior de la fractura es una complicación frecuente. |
| TORNILLO | <ul style="list-style-type: none"> • Técnicamente simple. • Disponible. • Bajo costo. | <ul style="list-style-type: none"> • Mayor tasa de re operación para retiro de OTS (> 60%). • Requiere un fragmento óseo significativo. • Riesgo de prominencia de los tornillos. • Puede conducir a una mayor conminución del fragmento. • Artefacto en la RM. |

Tabla 1. Comparación de ventajas y desventajas entre las técnicas de fijación con sutura y con tornillos para FAET.

23.7 Complicaciones

Las complicaciones más comunes posteriores al tratamiento de las FAET son laxitud residual, artrofibrosis, no unión, mal unión y arresto fisario, aunque los resultados generalmente son buenos¹.

Debemos tener cuidado con las avulsiones puramente cartilagosas que se producen en pacientes muy jóvenes (< 8 años). Estas se pasan por alto fácilmente en las radiografías simples, pero la resonancia magnética mostrará un signo de “doble LCP”²³. Es importante sospecharlas y buscarlas dirigidamente en la RM (Figura 9).

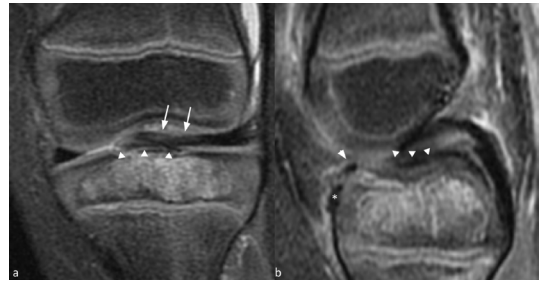


Figura 9. RM coronal DP FS (a) donde se evidencia un fragmento avulsivo (puntas de flecha) que incluye la inserción de la raíz anterior del menisco lateral (flechas largas). En sagital T1 (b) se evidencia el signo de “doble LCP” (punta de flecha), La raíz anterior del menisco medial (*) y el ligamento intermeniscal anterior (flecha corta).

El arresto fisario es muy infrecuente, pero existen casos reportados con el uso de suturas y tornillos²⁴⁻²⁶. Si se usan tornillos para la fijación en pacientes con fisis abiertas, se recomienda realizar una fijación “todo epifisaria”, o asegurar una remoción precoz si es transfisaria (una vez confirmada la consolidación de la fractura). En el caso de realizar fijación con suturas en pacientes muy jóvenes (>4-6 años de crecimiento remanente), realizar una configuración de suturas “todo epifisaria”, usar suturas reabsorbibles (Vycril), o cortar el nudo a través de un mini-abordaje, una vez conseguida la consolidación de la fractura.

La artrofibrosis es la complicación postoperatoria más frecuente, presente en 8-20% de los casos^{22, 27, 28}. Los factores de riesgo asociados al desarrollo de artrofibrosis en el postoperatorio son: rigidez preoperatoria, cirugía >1 mes después de la lesión, >2 horas de duración de la cirugía, mal unión, material quirúrgico prominente, retraso >4 semanas en el inicio de los ejercicios de flexión de rodilla^{22, 27, 29}.

23.8 Recomendaciones de los autores

En cuanto al tratamiento quirúrgico, nuestra técnica preferida es el uso de suturas para la fijación de FAET, principalmente debido a su versatilidad y menor tasa de reoperación.

Trucos para la fijación con suturas de FAET.

- Preparación pre operatoria:
 - Óptica de 3,5 mm (excepto en pacientes muy jóvenes <6-7 años donde se aconseja el uso de una óptica de 2,7 mm).
 - Posición supina con la rodilla en flexión de 90° utilizando un poste lateral y un soporte distal del pie.
 - Torniquete acolchado en la parte proximal del muslo (asegurarse de que el ancho y el tamaño del torniquete coincida con el del paciente, para evitar una compresión excesiva o insuficiente).

- Bomba de flujo de presión ajustada a 30-35 mmHg.
- Instrumentación sugerida:
 - Guías de LCA tibial (compás).
 - Aguja guía de 2,4 mm.
 - Rescatador de suturas (asa de alambre o similar).
 - Pasadores de suturas: pasador de suturas curvo estilo lasso o pasador de suturas artroscópico estilo “scorpion”.
 - Cánulas artroscópicas pediátricas.
 - Instrumental para reparación meniscal: dispositivo de sutura todo dentro + aguja espinal y suturas PDS para desgarros del cuerno anterior + pasadores de suturas estilo scorpion o lasso en caso de sospecha de avulsiones de la raíz.
 - Botón cortical para fijación distal.

ABC recomendado para FAET con suturas.

A. Comience haciendo su portal anterolateral, asegurándose de colocarlo justo lateral al tendón rotuliano y en una posición alta que permitirá una mejor visualización. Los portales colocados en posición inferior estarán frente al fragmento avulsionado y no permitirán una correcta visualización de la reducción, dificultando la fijación. El portal anteromedial se realiza bajo visualización directa, evitando dañar el cuerno anterior del menisco medial y asegurándose de que proporcione acceso a trabajar en la superficie inferior del fragmento, pero también acceder a la porción superior de éste para lograr la reducción.

B. Si sus portales son insuficientes o están mal posicionados, no duden en extenderlos de manera longitudinal o agregar un portal adicional (por ejemplo, un portal trans tendón patelar alto puede aportar a la visualización, rescate de suturas o paso de las guías.). Recuerde, la clave es obtener una visión adecuada y un buen control del fragmento utilizando dos o más portales anteriores de rodilla.

C. Compruebe la integridad del LCA y descarte una rotura de alto grado concomitante (esto cambiaría nuestro plan, para realizar una cirugía de reconstrucción del LCA).

D. Compruebe el estado de meniscos y del cartílago: antes de fijar la FAET se deben tratar las roturas meniscales asociados o las lesiones osteocondrales.

E. Proceda a debridar el lecho óseo y la superficie inferior del fragmento. Utilizando el shaver artroscópico, elimine todos los coágulos óseos y tejido fibroso que pueda estar bloqueando la reducción. Incluso recomendamos remover de más para así lograr una leve sobre reducción del fragmento, que ayudará a restaurar la tensión de las fibras parcialmente desgarradas o elongadas del LCA. Además esto evitará un pinzamiento anterior en extensión, que ocurre cuando la reducción es insuficiente.

F. Proteja el ligamento intermeniscal: este muchas veces se ubica bajo el fragmento, y bloquea la reducción de este. Tenga cuidado de no debridarlo accidentalmente, ya que si bien su función es controversial, pudiera proporcionar estabilidad a los cuernos anteriores en ausencia de inserciones óseas.

G. Reducción anatómica y fijación transitoria del fragmento: utilice las referencias óseas mediales y laterales para asegurar una reducción anatómica del fragmento. Fíjelo transitoriamente con una aguja de Kirschner 1.8-2.0, lo cual facilitará el paso de las suturas y la creación de los túneles.

H. Si la interposición de la raíz anterior del menisco externo o el ligamento intermeniscal están bloqueando su reducción, use una sutura de PDS (técnica fuera-dento) para traccionar los temporalmente mientras reduce y fija el fragmento.

I. Utilizando un pasador de suturas artroscópico o un pasador curvo tipo lasso, transfixie firmemente el LCA con al menos dos suturas de alta resistencia (N°2) en configuración ortogonal (una anteroinferior y la otra posterosuperior). Si es necesario, agregue una tercera sutura para confirmar un agarre seguro de las fibras del ligamento.

J. Configuración de las suturas: los estudios biomecánicos no han mostrado diferencias significativa entre las configuraciones. Nuestra preferencia es usar una sutura de alta resistencia mas una cinta de alta resistencia, que se cruzan sobre la parte anterior del fragmento (formando una “x”). La cinta tiene un área de superficie más amplia que podría teóricamente evitar que este desgarre el LCA o el hueso epifisiario. Cruzar las suturas ayuda a reducir la porción más anterior del fragmento.

K. Las cánulas artroscópicas ayudan a rescatar las suturas, evitando los puentes de partes blandas. Ahorran tiempo y simplifican la cirugía, pero tienen un costo adicional. Si no disponen de cánulas, asegúrense de rescatar las suturas junto con el asa de alambre para evitar puentes de partes blandas.

L. Utilice la guía tibial LCA para dirigir los túneles tibiales. Para fragmentos con una bisagra posterior intacta, un túnel anteromedial y uno anterolateral son suficientes para reducir y asegurar la fijación. Para aquellos fragmentos completamente desplazados, considere agregar un tercer túnel central.

M. Si es posible, según el tamaño del fragmento y el nivel de conminución, intente pasar los túneles a través del fragmento óseo.

N. Martillar la guía de broca contra la tibia proximal le permitirá intercambiar la aguja guía por el rescatador de suturas (loop de alambre) sin perder el trayecto del túnel. Utilizar una broca fina para canular el túnel y asegurar un fácil rescate de las suturas también es una alternativa válida.

O. Una vez rescatadas las suturas por la tibia anteromedial, estas se pueden anudar sobre un puente óseo o usando un botón cortical. Las ventajas de utilizar un botón cortical son:

evitar que al anudar las suturas estas puedan rebanar el hueso epifisario blando y perder la fijación, garantizar una fijación estable en los casos en que haya una coalición de túneles o un puente óseo <1 cm, identificar la posición del nudo de sutura para su futuro retiro si fuese necesario en paciente con elevado potencial de crecimiento remanente.

P. Antes de atar los nudos, asegúrese de que no haya pinzamiento anterior y que se logre una extensión completa. Tenga cuidado de evitar la elevación superior de la porción más anterior del fragmento que podría bloquear la extensión. La visualización artroscópica directa del ROM de la rodilla es obligatoria antes de asegurar la fijación.

23.9 Mensaje final

- La RM es una herramienta fundamental para la evaluación y planificación terapéutica de los pacientes con FAET.
- Las FAET desplazadas se benefician de un tratamiento quirúrgico.
- Debemos elegir el sistema de fijación según:
 - Expertiz del cirujano y métodos de fijación disponibles.
 - Potencial de crecimiento remanente.
 - Tamaño y conminución del fragmento avulsionado.
 - Aquel que me asegure una fijación estable para iniciar una rehabilitación precoz y evitar la artrofibrosis.

23.10 Referencias

1. Tuca M, Bernal N, Luderowski E, Green DW. Tibial spine avulsion fractures: treatment update. *Curr Opin Pediatr*. 2019;31(1):103-111. doi:10.1097/MOP.0000000000000719
2. Scrimshire AB, Gawad M, Davies R, George H. Management and outcomes of isolated paediatric tibial spine fractures. *Injury*. 2018;49(2):437-442. doi:10.1016/j.injury.2017.11.013
3. Mitchell JJ, Sjostrom R, Mansour AA, et al. Incidence of meniscal injury and chondral pathology in anterior tibial spine fractures of children. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(2):130-135. doi:10.1097/BPO.0000000000000249
4. Osti L, Buda M, Soldati F, Del Buono A, Osti R, Maffulli N. Arthroscopic treatment of tibial eminence fracture: a systematic review of different fixation methods. *Br Med Bull*. 2016;118(1):73-90. doi:10.1093/bmb/ldw018
5. Coyle C, Jagernauth S, Ramachandran M. Tibial eminence fractures in the paediatric population: a systematic review. *J Child Orthop*. 2014;8(2):149-159. doi:10.1007/s11832-014-0571-6
6. Bernasconi DJP, Campodonico M, Casanovas FJ, Cassinelli LH, Mauas D, Peirano FH, Rodríguez S, Scheucher P. Fracturas de espina tibial en niños y adultos. *Rev. Asoc. Arg. Ortop. y Traumatol*. 1996;61(1):104-108.
7. Forriol F, Maestro A, Vaquero Martín J. El Ligamento cruzado anterior: morfología y función. *Trauma Fund MAPFRE*. 2008; 19(1):7-18.
8. DeFroda SF, Hodax JD, Shah KN, Cruz AI. Tibial eminence fracture repair with double Hewson Suture Passer Technique. *Arthrosc Tech* 2017;6(4):e1275-e1279. doi:10.1016/j.eats.2017.05.005
9. Mitchell JJ, Mayo MH, Axibal DP, et al. Delayed Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Young Patients With Previous Anterior Tibial Spine Fractures. *Am J Sports Med*. 2016;44(8):2047-2056. doi:10.1177/0363546516644597
10. Edmonds EW, Fornari ED, Dashe J, Roocroft JH, King MM, Pennock AT. Results of Displaced Pediatric Tibial Spine Fractures: A Comparison Between Open, Arthroscopic, and Closed Management. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(7):651-656. doi:10.1097/BPO.0000000000000356
11. MEYERS MH, McKEEVER FM. Fracture of the intercondylar eminence of the tibia. *J Bone Joint Surg Am*. 1959;41-A(2):209-222.
12. Green D, Tuca M, Luderowski E, Gausden E, Goodbody C, Konin G. A new, MRI-based classification system for tibial spine fractures changes clinical treatment recommendations when compared to Myers and Mckeever. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27(1):86-92. doi:10.1007/s00167-018-5039-7
13. Gans I, Baldwin KD, Ganley TJ. Treatment and Management Outcomes of Tibial Eminence Fractures in Pediatric Patients: A Systematic Review. *Am J Sports Med*. 2014;42(7):1743-1750. doi:10.1177/0363546513508538
14. Bogunovic L, Tarabichi M, Harris D, Wright R. Treatment of tibial eminence fractures: a systematic review. *J Knee Surg*. 2015;28(3):255-262. doi:10.1055/s-0034-1388657
15. Janarv PM, Westblad P, Johansson C, Hirsch G. Long-term follow-up of anterior tibial spine fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 1995;15(1):63-68. doi:10.1097/01241398-199501000-00014
16. Cannamela PC, Quinlan NJ, Maak TG, Adeyemi TF, Aoki SK. Knee Extension Does Not Reliably Reduce Acute Type II Tibial Spine Fractures: MRI Evaluation of Displacement During Extension Versus Resting Flexion. *Orthop J Sports Med*. 2019;7(7):2325967119860066. Published 2019 Jul 18. doi:10.1177/2325967119860066
17. Feucht MJ, Brucker PU, Camathias C, et al. Meniscal injuries in children and adolescents undergoing surgical treatment for tibial eminence fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(2):445-453. doi:10.1007/s00167-016-4184-0

18. Doral MN, Bilge O. Editorial Commentary: Arthroscopic Fixation of Tibial Eminence Fractures-Which Technique Is the Best Has Not Been Defined Yet!. *Arthroscopy*. 2018;34(5):1617-1620. doi:10.1016/j.arthro.2018.01.045
19. Li J, Yu Y, Liu C, Su X, Liao W, Li Z. Arthroscopic Fixation of Tibial Eminence Fractures: A Biomechanical Comparative Study of Screw, Suture, and Suture Anchor. *Arthroscopy*. 2018;34(5):1608-1616. doi:10.1016/j.arthro.2017.12.018
20. Eggers AK, Becker C, Weimann A, et al. Biomechanical evaluation of different fixation methods for tibial eminence fractures. *Am J Sports Med*. 2007;35(3):404-410. doi:10.1177/0363546506294677
21. Bong MR, Romero A, Kubiak E, et al. Suture versus screw fixation of displaced tibial eminence fractures: a biomechanical comparison. *Arthroscopy*. 2005;21(10):1172-1176. doi:10.1016/j.arthro.2005.06.019
22. Callanan M, Allen J, Flutie B, et al. Suture Versus Screw Fixation of Tibial Spine Fractures in Children and Adolescents: A Comparative Study. *Orthop J Sports Med*. 2019;7(11):2325967119881961. Published 2019 Nov 22. doi:10.1177/2325967119881961
23. Chotel F, Raux S, Accadbled F, et al. Cartilaginous tibial eminence fractures in children: which recommendations for management of this new entity?. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24(3):688-696. doi:10.1007/s00167-015-3707-4
24. Ahn JH, Yoo JC. Clinical outcome of arthroscopic reduction and suture for displaced acute and chronic tibial spine fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2005;13(2):116-121. doi:10.1007/s00167-004-0540-6
25. Mylle J, Reynders P, Broos P. Transepiphyseal fixation of anterior cruciate avulsion in a child. Report of a complication and review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1993;112(2):101-103. doi:10.1007/BF00420267
26. Fabricant PD, Osbahr DC, Green DW. Management of a rare complication after screw fixation of a pediatric tibial spine avulsion fracture: a case report with follow-up to skeletal maturity. *J Orthop Trauma*. 2011;25(12):e115-e119. doi:10.1097/BOT.0b013e3182143ef2
27. Pandey V, Cps S, Acharya K, Rao SK. Arthroscopic Suture Pull-Out Fixation of Displaced Tibial Spine Avulsion Fracture. *J Knee Surg*. 2017;30(1):28-35. doi:10.1055/s-0036-1579682
28. Vander Have KL, Ganley TJ, Kocher MS, Price CT, Herrera-Soto JA. Arthrofibrosis after surgical fixation of tibial eminence fractures in children and adolescents. *Am J Sports Med*. 2010;38(2):298-301. doi:10.1177/0363546509348001
29. Shin, C.H., Lee, D.J., Choi, I.H. et al. Clinical and radiological outcomes of arthroscopically assisted cannulated screw fixation for tibial eminence fracture in children and adolescents. *BMC Musculoskelet Disord* 2018;19(41) doi: 10.1186/s12891-018-1960-7



CAPITULO 24 - Lesiones de Ligamento Cruzado Anterior y Meniscales

Maximiliano Espinosa

Javier Masquijo

24. Lesiones de ligamento cruzado anterior y meniscales

Las lesiones del ligamento cruzado anterior, junto con las lesiones meniscales, se reconocen como las lesiones más comunes en los atletas pediátricos. Estas lesiones han aumentado significativamente en los últimos 25 años, y pueden producir consecuencias graves sobre la función articular. En este capítulo analizaremos la anatomía de la rodilla del paciente con esqueleto inmaduro, la evaluación clínica e imagenológica y los tratamientos actuales de estas patologías, con sus potenciales complicaciones.

24.1 Lesiones de ligamento cruzado anterior

Las lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA) son lesiones frecuentes en la práctica deportiva. Su incidencia se estima que ha aumentado entre un 15%-20% en los últimos años en niños y adolescentes¹, y la cirugía de reconstrucción de LCA en unas 29 veces en las últimas décadas². Se cree que este aumento es multifactorial, debido a una combinación de un mayor reconocimiento del problema, mejores métodos de diagnóstico, un aumento en la participación deportiva y la intensidad del deporte, así como una tendencia hacia una especialización atlética más temprana³. Se ha observado una diferencia de la incidencia de lesiones del LCA entre géneros en la población infantojuvenil, siendo cerca del doble en mujeres, aunque en números absolutos, sigue siendo más frecuente en hombres⁴.

Históricamente, el manejo de las lesiones del LCA en pacientes con esqueleto inmaduro ha sido conservador, esperando el cierre fisario alrededor de la rodilla para su resolución. Sin embargo, evidencia reciente ha demostrado que esta estrategia se asocia a un aumento de la incidencia de lesiones condrales y meniscales secundarias⁵. Es por lo que en la actualidad muchos cirujanos ortopédicos prefieren tratar de forma quirúrgica estas lesiones en forma aguda. Las técnicas de reconstrucción del LCA en esta población tienen el objetivo de restaurar la estabilidad de la rodilla, cuidando no generar daño fisario, por las potenciales complicaciones de crecimiento relacionadas.

24.1 Mecanismos de lesión de LCA

El mecanismo de lesión es en general una desaceleración brusca con el pie fijo en el suelo y la rodilla cercano a la extensión completa al realizar un cambio de dirección o aterrizaje. También puede ocurrir con un colapso en valgo con 20° a 30° de flexión de la rodilla.

Se han descrito diversos factores de riesgo para presentar una lesión de LCA, los cuales se pueden clasificar en no modificables y modificables. Entre los factores no modificables se encuentran el sexo femenino, una lesión de LCA previa, un aumento del “ángulo Q”, un aumento del ángulo de la pendiente tibial posterior del platillo tibial, una disminución del ancho de la escotadura intercondílea y un aumento de la laxitud ligamentaria. Entre los factores de riesgo modificables se encuentran una disminución en los ángulos de flexión de cadera y rodilla, un aumento de la rotación interna de la cadera, un mayor valgo dinámico de rodilla y una relación aumentada de fuerza entre cuádriceps y los isquiotibiales. La importancia de reconocer estos factores de riesgo modificables ha sido para el desarrollo de programas de prevención de lesiones de LCA, que buscan mediante la realización de entrenamientos neuromusculares y propioceptivos, disminuir la incidencia de estas lesiones. En una revisión sistemática reciente, Petushk⁶ describe una disminución del 50% de lesiones de LCA en pacientes que participaron de algún programa de entrenamiento neuromuscular, en comparación con aquellos que no realizaron ningún programa. Es importante señalar que mientras más joven sea la población sometida a este tipo de entrenamientos, mayor es el efecto protector de una lesión de LCA.

Ante un paciente con esqueleto inmaduro que presenta una lesión de LCA, es importante tomar en cuenta algunos conceptos respecto a los cartílagos de crecimiento que están alrededor de la rodilla, ya que, si elegimos un tratamiento quirúrgico, se deben respetar ciertos principios. La fisis distal del fémur es la responsable del 70% del crecimiento longitudinal de este hueso y del 37% de total de la extremidad inferior, lo cual lo realiza a una velocidad de 1 cm/año, aproximadamente. Por otra parte, la fisis proximal de la tibia es la responsable del 55% del crecimiento longitudinal total de la tibia y del 25% del total de la extremidad, con una velocidad de crecimiento de 0.64 cm/año, aproximadamente⁷.

El LCA es un ligamento considerado intraarticular y extrasinovial de la rodilla. Es parte del pivote central, y su función principal es ser un estabilizador primario de la traslación anterior de la tibia, además de poseer un rol en la estabilización rotacional de la rodilla. Su inserción proximal se encuentra en la pared medial del cóndilo femoral lateral. Su inserción distal se encuentra en la zona anteromedial del platillo tibial⁸.

24.3 Diagnóstico de lesión de LCA

Los pacientes con una lesión de LCA se presentan habitualmente con una historia de trauma agudo, tras una torsión de rodilla, asociado en ocasiones a un resalte, derrame articular e impotencia funcional. Al examen físico se puede objetivar el derrame articular y el dolor a la movilización de la rodilla. Se describen diversas maniobras para evaluar la estabilidad anteroposterior de rodilla. La prueba de “cajón anterior” se realiza con el paciente en decúbito supino, con la cadera en 60° de flexión y la rodilla en 90° de flexión. El examinador sujeta la pierna con ambas manos en su extremo proximal, y mueve la tibia hacia anterior respecto al fémur. Una traslación anterior aumentada apoya el diagnóstico de una lesión del LCA. Otra prueba es el test de Lachman. Este se realiza con la rodilla en 30° de flexión, con una mano se fija el fémur, mientras con la otra se intenta trasladar la tibia hacia anterior. Al igual que en el “cajón anterior”, una traslación anterior aumentada sugiere una lesión del LCA. El test de “pivot shift” es una prueba para evaluar la estabilidad rotacional de la rodilla. Consiste en realizar en extensión un valgo de la rodilla, con rotación interna de la pierna, para pasar a una flexión de la rodilla. La prueba es positiva si, a los 30° de flexión, la tibia pasa de estar subluxada a su posición normal, lo cual se puede sentir y observar. Es importante destacar que los pacientes con esqueleto inmaduro pueden presentar hiperlaxitud inherente de la rodilla, por lo que es necesario realizar una comparación con la rodilla contralateral de estas pruebas. Cuando se sospecha la presencia de una lesión del LCA, se deben evaluar clínicamente las eventuales lesiones concomitantes de la rodilla, como lesiones meniscales, condrales o de otros ligamentos alrededor de la rodilla.

La evaluación de la marcha y del alineamiento de las extremidades inferiores es otro punto de relevancia en estos pacientes, sobretodo si se confirma una lesión del LCA que sea susceptible de tratamiento quirúrgico.

Entre las imágenes de apoyo diagnóstico, se debe realizar una radiografía simple de rodilla, con proyecciones anteroposterior (AP), lateral y túnel intercondíleo, además de una proyección

axial de rótula (Figura 1). El objetivo de la radiografía es detectar la presencia de otras lesiones, como fracturas de las espinas tibiales, avulsiones óseas de los ligamentos colaterales o del ligamento cruzado posterior, así como la presencia de fracturas osteocondrales. Además, son de utilidad para determinar el estado de la fisis. La teleradiografía de extremidades inferiores se debe solicitar en un caso confirmado de lesión del LCA que se manejará en forma quirúrgica, para evaluar el alineamiento y/o la diferencia de longitud de extremidades inferiores que pudiera presentar el paciente previamente.



Figura 1. Estudio radiológico del paciente pediátrico con lesión del LCA: Radiografía (a), Resonancia magnética (b), Radiografía de edad ósea (c), Teleradiografía de extremidades inferiores (d)

Cuando existe la sospecha de una lesión del LCA, se debe solicitar una resonancia magnética (RM) de la rodilla, la cual tiene una sensibilidad del 95% y especificidad del 88% para detectar lesiones del LCA. Además, entrega información acerca de la presencia de lesiones asociadas, tanto ligamentarias, meniscales o condrales y sobre el estado de la fisis del paciente.

Por último, en los pacientes con esqueleto inmaduro, es de gran importancia evaluar la madurez esquelética, y por lo tanto el potencial de crecimiento remanente, para definir el tipo de técnica de reconstrucción del LCA a utilizar⁸. Esto se puede realizar a través de la radiografía de edad ósea, una de las cuales es la radiografía de mano izquierda, la cual se compara con el atlas de Greulich y Pyle para predecir el crecimiento remanente. Otra manera de evaluar la madurez esquelética de un paciente es a través de la determinación del estadio de Tanner. Sin embargo, se ha observado que al ser realizado por cirujanos ortopédicos es poco reproducible⁹.

24.4 Tratamiento de la lesión de LCA

El objetivo del tratamiento de las lesiones del LCA en niños y adolescentes es disminuir el dolor e inflamación, recuperar el rango de movilidad articular, la fuerza muscular y la estabilidad de la rodilla. Históricamente el manejo conservador fue el tratamiento de elección para estas lesiones en pacientes con esqueleto inmaduro. El tratamiento conservador consiste en la restricción de actividades deportivas, kinesiterapia y el uso de una férula estabilizadora de rodilla hasta conseguir la madurez esquelética. Sin embargo, literatura reciente muestra que los resultados de esta estrategia no son buenos, describiéndose mayor tasa de episodios de inestabilidad y lesiones meniscales y/o condrales secundarias. Por otra parte, el manejo quirúrgico mediante la reconstrucción del LCA se ha asociado a mejores resultados funcionales, objetivados a través de escalas, y mayor tasa de retorno deportivo¹⁰. A pesar de esto, aún existe la posibilidad de realizar manejo conservador de estas lesiones, y se puede plantear como tratamiento en pacientes que no presentan inestabilidad funcional, en pacientes de baja demanda y en las lesiones parciales de LCA.

Se han descrito múltiples técnicas de tratamiento quirúrgico para resolver las lesiones de LCA. La decisión de cuál técnica utilizar dependerá del estado de madurez esquelética del paciente, específicamente de los años de crecimiento óseo remanente, y de las preferencias del cirujano (Figura 2).

Las técnicas de reconstrucción de LCA en pacientes con esqueleto inmaduro se pueden dividir en aquellas con preservación de la fisis, y aquellas en las que los túneles óseos atraviesan la fisis, o “transfisarias”. Dentro del primer grupo se han descrito técnicas “extra-fisarias”, como la de McIntosh modificada luego por Micheli y Kocher, y las técnicas “todo epifisarias” como la de Anderson, Ganley-Lawrence y Cordasco-Green. Las técnicas “transfisarias” se pueden dividir en completas (ambos túneles atraviesan fisis), o parciales (uno de los túneles atraviesa una fisis). Como guía, en los pacientes prepuberales se recomiendan técnicas con preservación de la fisis, como las “extra fisarias” con autoinjerto de banda iliotibial, o técnicas “todo epifisarias” con autoinjerto de isquiotibiales (Figura 3). En pacientes adolescentes, con alrededor de 2 años de crecimiento remanente, se pueden utilizar técnicas de reconstrucción con túneles “todo epifisarios”, o técnica “transfisaria” parcial o completa con autoinjerto de isquiotibiales. En aquellos pacientes que están en proceso de cierre fisario o que ya alcanzaron la madurez esquelética, se pueden realizar técnicas anatómicas similares a las utilizadas en pacientes adultos, ya sea con autoinjerto de isquiotibiales, tendón cuadricipital o hueso-tendón patelar-hueso. Cabe señalar que se han descrito técnicas de reparación del LCA, sin embargo, aun no hay evidencia para recomendar su uso en pacientes con esqueleto inmaduro. La indicación de estas técnicas sería en casos con desinserción proximal del LCA, y tendrían la potencial ventaja de no requerir la realización de túneles, al realizarse la fijación sólo con anclas y suturas.

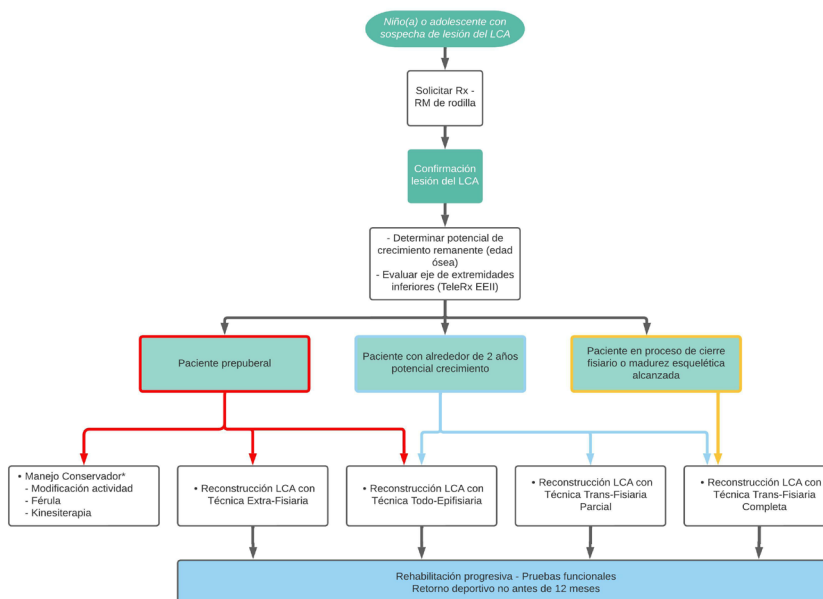


Figura 2. Algoritmo terapéutico para la lesión del LCA pediátrico. *El manejo conservador se puede plantear en pacientes que no presentan inestabilidad funcional, aquellos con baja demanda y en lesiones parciales.

Respecto al tipo de injerto a utilizar en estos pacientes, en general se recomienda el uso de autoinjertos, ya que los aloinjertos han demostrado presentar una mayor tasa de falla¹¹. En cuanto al contenido de los túneles óseos, se debe evitar la presencia de algún sistema de fijación, tarugo óseo o dejar el túnel vacío a nivel de la fisis para evitar la formación de puentes óseos a nivel fisario, por lo que se recomienda dejar el injerto de tejido a ese nivel. Con respecto a los túneles óseos, se recomienda realizarlos al nivel más central posible de la fisis, que sean de un diámetro menor a 9 mm, con el fin de generar un daño fisario menor a un 7-9%, reduciendo el riesgo de arresto fisario³.

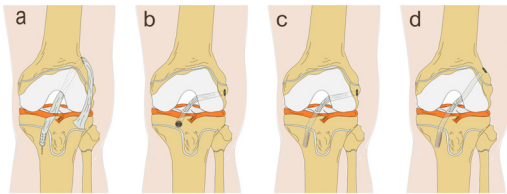


Figura 3. Técnicas de reconstrucción del LCA en la población pediátrica. a. Extra-fisaria, b. Todo epifisaria, c. Transfisaria completa, d. Transfisaria parcial.

Para la rehabilitación post operatoria, no se han descrito guías estandarizadas para pacientes con esqueleto inmaduro, sino que se han adaptado del manejo de pacientes adultos. En general consiste en una primera fase enfocada en el manejo del dolor, inflamación y recuperación del rango articular, para luego seguir con una fase progresiva de rehabilitación neuromuscular, actividades sin impacto, trote, ejercicios cardiovasculares y pliométricos previo al retorno deportivo. Se han descrito diversos criterios y protocolos para autorizar el retorno deportivo, sin embargo, estos han sido desarrollados en pacientes con esqueleto adulto, y su validez en pacientes con esqueleto inmaduro es desconocida. La mayoría de los autores recomienda realizar pruebas funcionales a partir del 6° mes post operatorio, para guiar el proceso de rehabilitación. Estas pruebas permiten detectar falencias en la fuerza, balance o coordinación, las que pueden ser corregidas mediante ejercicios específicos. Estos hallazgos son críticos, ya que son factores de riesgo modificables que podrían disminuir una posterior falla de la reconstrucción. La autorización al retorno deportivo rara vez es permitido antes de los 12 meses desde la cirugía. La decisión es multifactorial e involucra no solo el período de recuperación biológica, la estabilidad articular y la fuerza adecuada, sino además el control neuromuscular.

Los resultados funcionales de los pacientes con esqueleto inmaduro sometidos a reconstrucción del LCA, han sido ampliamente estudiados, para diferentes técnicas e injertos. En una revisión sistemática, Wong¹² refiere que en los estudios incluidos el IKDC reportado fue entre 81-100, siendo en el 88% de los casos graduados con A o B (normal o casi normal). En aque-

llos estudios que reportaron la escala de Lysholm, el promedio fue de 94.6 (bueno a excelente). En cuanto al retorno deportivo, es importante señalar que aproximadamente el 90% de los pacientes vuelven a realizar actividad deportiva, sin embargo, sólo el 80% lo hace al mismo nivel que previo a su lesión¹³.

24.5 Complicaciones de las lesiones de LCA

Las complicaciones derivadas del manejo conservador pueden ser la presencia de inestabilidad residual de la rodilla, además de lesiones condrales y meniscales secundarias.

En cuanto al tratamiento quirúrgico, se han descrito múltiples complicaciones relacionadas, aunque de baja incidencia. Estos problemas se reducen si se siguen los principios de determinación de potencial de crecimiento óseo remanente del paciente y realizamos una selección apropiada de la técnica quirúrgica. La rotura del injerto es una de las complicaciones más frecuentes, y se ha descrito en hasta en el 19.7% de los pacientes. Es importante destacar que estos pacientes presentan además un alto riesgo de tener una lesión en el LCA de su rodilla contralateral, con tasas que se han descrito cercano al 12%¹⁴.

La artrofibrosis es otra complicación postoperatoria, y puede presentarse en hasta el 8.3% de los pacientes. Entre los factores de riesgo se encuentra el sexo femenino, una edad mayor, el uso de injerto hueso - tendón patelar - hueso y el realizar una reparación meniscal concomitante con la reconstrucción del LCA.

El daño fisario producido al realizar los túneles óseos puede llevar al desarrollo de alteraciones angulares de la rodilla, como genu valgo, por daño de la fisis del fémur distal lateral, o genu recurvatum por daño de la fisis tibial proximal anterior. También se ha observado el desarrollo de diferencia de longitud de extremidades inferiores, ya sea por un cierre fisario precoz, o por un crecimiento acelerado producto de una estimulación de la fisis. En una revisión sistemática, Wong¹² reporta una incidencia de 3.7% de alteraciones angulares, principalmente genu valgo, de los cuales el 61% de los casos no requirieron intervención. Además, en la revisión de la literatura, se encontraron 37 pacientes con diferencia de longitud de extremidades inferiores. En el 51% la alteración fue un acortamiento de la extremidad operada¹². Otras complicaciones, mucho menos frecuentes, son la infección y la trombosis venosa profunda. Para evitar esta última complicación es recomendable la movilización precoz de la extremidad y en casos con factores de riesgo de hipercoagulabilidad asociar el uso de anticoagulantes profilácticos en el postoperatorio.

24.6 Lesiones meniscales

Las lesiones meniscales, junto con las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA), se reconocen como las lesiones más comunes en los atletas con esqueleto inmaduro, y han aumentado significativamente en los últimos tiempos. Las secuelas de las lesiones meniscales y los resultados de la reparación del menisco se han estudiado ampliamente en adultos. Sin embargo, estos temas han recibido menos atención en la población pediátrica, a pesar de la alta prevalencia y el efecto potencialmente devastador sobre la función de la rodilla a largo plazo.

La prevalencia exacta de las lesiones meniscales en la población pediátrica es desconocida. Históricamente, se ha planteado que las lesiones de menisco en población pediátrica son extremadamente raras¹⁶. Trabajos más recientes sugieren que la incidencia sería mayor a lo pensado¹⁷. Se ha informado que la incidencia de lesión meniscal en los atletas de secundaria de EE. UU. llega a 40.7 por 100.000 en hombres, y 22.3 por 100.000 en mujeres¹⁸. Un estudio retrospectivo que evaluó a pacientes con hemartrosis demostró lesión meniscal en hasta el 45% de los preadolescentes que presentaban una rodilla con derrame después de una lesión¹⁹.

24.7 Mecanismo de lesión de los meniscos

Los meniscos son dos estructuras fibrocartilaginosas semicirculares no simétricas, unidas a la meseta tibial en sus extremos anterior y posterior a través del ligamento meniscotibial. Los meniscos están compuestos principalmente por haces de colágeno tipo I, con una red compleja de fibras que varían en orientación para proporcionar estructura y soporte. La mayoría de las fibras son circunferenciales y proporcionan resistencia a la compresión. Las fibras orientadas radialmente resisten los desgarramientos longitudinales entre las fibras circunferenciales.

Esta estructura se desarrolla durante los primeros 10 años de vida. A partir de esa edad es similar en contenido y estructura a los meniscos adultos. Durante el desarrollo, la sangre y los nutrientes se suministran desde la periferia a lo largo de todo el ancho del menisco, hasta los 9 meses posteriores al parto, momento en el que el tercio interno será avascular. Durante el resto del desarrollo, esta zona avascular aumentará hasta que sólo el 10% al 30% periférico sea vascular¹⁵. El mecanismo de lesión habitualmente consiste en una rotación con semiflexión de la rodilla con el pie apoyado en el piso.

24.8 Diagnóstico de las lesiones meniscales

Las lesiones meniscales se pueden clasificar según el patrón de lesión y según su ubicación. Los patrones descritos incluyen desgarramientos verticales-longitudinales, oblicuos, radiales, horizontales y lesiones complejas. Los desgarramientos verticales de menisco son a menudo el resultado de un evento traumático, y se observan con frecuencia en pacientes con lesiones asociadas del LCA. Las lesiones horizontales se observan con mayor frecuencia en pacientes con menisco discoideo.

Recientemente, las lesiones en rampa y de raíz meniscal se han agregado a la clasificación de las lesiones meniscales. Las lesiones en rampa se localizan en la unión menisco-capsular del cuerno posterior del menisco interno, y se observan en asociación con lesiones del LCA. Estudios anatómicos han demostrado la importancia de la indemnidad del cuerno posterior del menisco interno, ya que actúa como un estabilizador secundario a la traslación tibial anterior. Las lesiones de la raíz se pueden producir en ambos meniscos, y como su nombre lo indica se encuentran en la inserción meniscal en la tibia.

24.8 Tratamiento de las lesiones meniscales

Si bien lesiones pequeñas no desplazadas pueden cicatrizar de manera espontánea, la mayoría de las lesiones meniscales en los pacientes pediátricos requieren algún tipo de tratamiento quirúrgico. Los malos resultados de la menisectomía total y subtotal, sumada a el mayor potencial de cicatrización en este grupo etario, fomentan los intentos de preservación del menisco. El tratamiento artroscópico es el estándar de oro. La reparación meniscal puede llevarse a cabo mediante técnicas "todo adentro", "dentro-fuera", "fuera-dentro", o una combinación de estas.

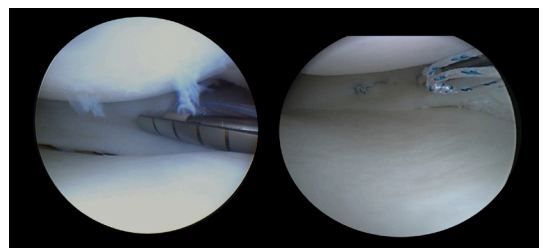


Figura 4. Visión artroscópica de una reparación meniscal con la técnica "todo dentro".

La reparación meniscal “todo adentro” se realiza mediante dispositivos que constan de suturas unidas a implantes, los que se colocan en ambos lados del desgarro. A continuación, se ajusta la sutura para reducir el desgarro (Figura 4).

La reparación del menisco “dentro-fuera” se realiza a través de una cánula en la rodilla, la que permite el paso de una sutura, con doble carga, con agujas flexibles, a ambos lados del desgarro y hacia afuera a través de la cápsula (Figura 5).

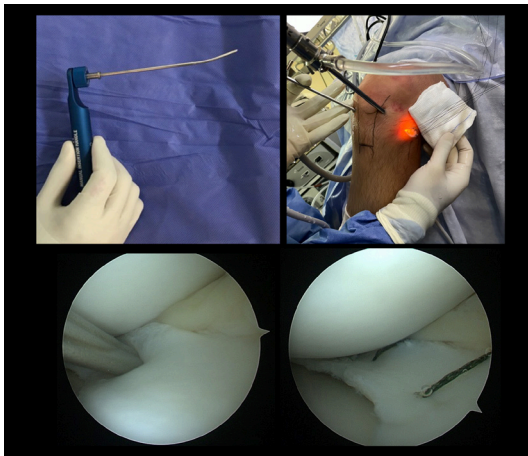


Figura 5. Imágenes intraoperatorias y artroscópicas de una reparación meniscal con técnica “dentro-fuera”.

Luego, la sutura se anuda fuera de la cápsula. Se utiliza un abordaje abierto para atar el nudo, evitando atrapar estructuras neurovasculares en los lados medial o lateral de la rodilla. La técnica “fuera-dentro” suele limitarse para los desgarros del cuerno anterior.

Una revisión sistemática publicada recientemente reporta resultados excelentes o buenos en un alto porcentaje de los pacientes tratados con reparación meniscal. Solo el 17% presentaron falla del procedimiento y requirieron revisión²⁰. Los factores que se correlacionan con una mayor tasa de cicatrización incluyen menor edad, desgarros periféricos (dentro de los 3 mm del borde del menisco), reparaciones del menisco lateral, reconstrucción concomitante del LCA, cirugía dentro de las 8 semanas posteriores a la lesión y longitud del desgarro inferior a 2.5 cm.

24.9 Complicaciones de lesiones meniscales

Las complicaciones más frecuentes asociadas a la reparación meniscal son la falla de la cicatrización, lesión neurovascular, hemartrosis y artrofibrosis. Un adecuado conocimiento de la anatomía, correcta selección del paciente y la aplicación de una técnica apropiada de acuerdo con la localización de la lesión, así como protocolos postoperatorios adecuados, son esenciales para la prevención de complicaciones. Además, en el último tiempo, han ganado popularidad las técnicas de aumentación que facilitarían la cicatrización como son: abrasión sinovial, “marrow venting”, coágulo de fibrina, entre otras.

De utilizarse técnicas “dentro-fuera” es importante realizar un abordaje posteromedial (para el menisco interno) o posterolateral (para el menisco externo), buscando proteger las estructuras neurovasculares y recuperar las suturas. Estudios anatómicos recientes demuestran la cercanía de las estructuras neurovasculares cuando realizamos una reparación del menisco externo con “técnica todo-dentro” a través del portal anterolateral²¹.

24.10 Menisco discoideo

El menisco discoideo (MD) es una alteración estructural caracterizada por el aumento del espesor, como también de una disminución y desorganización de fibras colágenas, lo que afecta la forma y estabilidad meniscal, predisponiendo a la lesión de este²². La frecuencia de presentación varía del 0.4-20% de la población general²³ y se presenta casi exclusivamente en el menisco externo (Figura 6).

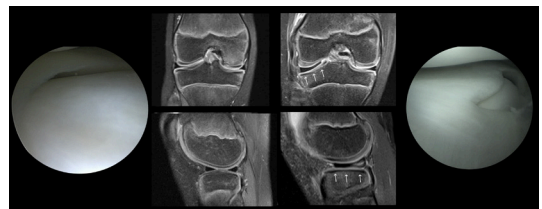


Figura 6. Imagen de resonancia magnética (en cortes coronal / sagital) e imagen intraoperatoria artroscópica donde se puede observar la diferencia entre un menisco normal y uno discoideo (flechas blancas).

Esta patología puede ser detectada de manera incidental en pacientes asintomáticos, o presentarse con síntomas mecánicos (dolor, derrame y resalto intra-articular). La resonancia magnética es una herramienta de diagnóstico importante, que, asociada a las características clínicas, permite confirmar el diagnóstico, analizar la morfología del menisco, la presencia de lesiones asociadas y evaluar signos de inestabilidad periférica.

El algoritmo terapéutico del MD se muestra en la Figura 7. Los pacientes que son diagnosticados de MD, pero no presentan síntomas, no requieren tratamiento. En aquellos casos que el MD es estable pero sintomático, el tratamiento de elección es la “saucerización” (meniscectomía parcial). Este tratamiento tiene por objetivo obtener un menisco de una forma similar a la normal, y permite obtener resultados satisfactorios a corto y mediano plazo^{24,25}. Aproximadamente un tercio de los pacientes que requieren tratamiento quirúrgico suelen presentar lesiones periféricas inestables²⁶. El tratamiento tradicional para el MD sintomático inestable ha sido la meniscectomía total o subtotal. Sin embargo, estudios a largo plazo demuestran que los resultados son pobres debido a la inestabilidad y a los cambios degenerativos del compartimiento lateral²⁷. Estudios recientes recomiendan la preservación del menisco a través de la saucerización y estabilización periférica²⁸ e informan resultados alentadores a mediano plazo. En estos pacientes es importante la evaluación rutinaria del eje mecánico de las extremidades inferiores ya que la corrección precoz de desviaciones en valgo, mediante crecimiento guiado, pueden ser de gran ayuda en el manejo de esta patología.

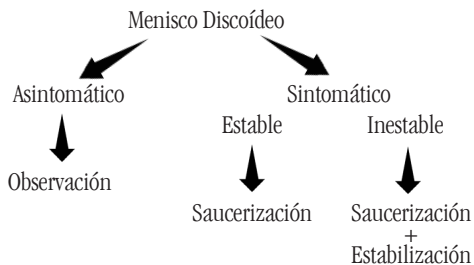


Figura 7. Algoritmo terapéutico del menisco discoideo.

24.11 Recomendaciones de los autores

- Recomendamos adoptar y promover la implementación de programas de prevención de lesiones de LCA en población de riesgo.
- Realizar evaluación clínica sistemática, comparando con extremidad contralateral.
- Es fundamental realizar una evaluación de la madurez esquelética en la planificación del tratamiento.
- El manejo conservador se debe reservar para pacientes con alta adherencia a las indicaciones, sin lesiones meniscales o condrales concomitantes y en pacientes con lesiones parciales del LCA.
- La técnica quirúrgica va a depender del potencial de crecimiento remanente del paciente, así como de las preferencias del cirujano.

- Evitar la presencia de método de fijación o tarugos óseos en la fisis, así como dejar vacío el túnel a este nivel. Preferir injertos de tejidos blandos. Evitar túneles muy grandes u muy oblicuos.
- Es importante establecer las expectativas de retorno a la actividad deportiva y posibilidades de nuevas lesiones del injerto o del LCA contralateral en esta población.
- Las lesiones meniscales en pacientes pediátricos suelen estar asociados a otras patologías como lesión del LCA, fracturas de la espina tibial o la presencia de un menisco discoideo.
- Los desgarros meniscales en este grupo etario deben repararse siempre que sea posible.
- Los resultados de la cirugía de preservación meniscal en la población pediátrico-adolescente tiene una alta tasa de éxito.

24.12 Mensaje final

La incidencia de lesiones del LCA y los meniscos en pacientes con esqueleto inmaduro ha ido en aumento en las últimas décadas. Debido al rol fundamental de ambas estructuras en la biomecánica de la rodilla, el diagnóstico precoz y un tratamiento acorde son fundamentales para recuperar la función articular y proteger el cartílago articular. Los programas de prevención de lesiones del LCA en poblaciones de riesgo han demostrado ser de utilidad. Los resultados del manejo conservador de esta lesión son en general pobres, aunque existen indicaciones puntuales para recomendarlo. Cuando se plantea el manejo quirúrgico, es fundamental determinar el potencial de crecimiento óseo remanente del paciente para determinar el tipo de técnica de reconstrucción a utilizar. La reparación del LCA podría ser una alternativa en casos seleccionados, sin embargo, aún falta evidencia para recomendar su uso. El refinamiento de las técnicas de reparación meniscal, sumado un mayor potencial de cicatrización en pacientes con esqueleto inmaduro, favorecen la cirugía de preservación.

24.13 Referencias

1. Werner BC, Yang S, Looney AM, Gwathmey FW Jr. Trends in Pediatric and Adolescent Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(5):447-452. doi:10.1097/BPO.0000000000000482
2. Nogaró MC, Abram SGF, Alvand A, Bottomley N, Jackson WFM, Price A. Paediatric and adolescent anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Bone Joint J*. 2020;102-B(2):239-245. doi:10.1302/0301-620X.102B2.BJJ-2019-0420.R2
3. Fabricant PD, Kocher MS. Management of ACL Injuries in Children and Adolescents. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99(7):600-612. doi:10.2106/JBJS.16.00953

4. Beynnon BD, Vacek PM, Newell MK, et al. The Effects of Level of Competition, Sport, and Sex on the Incidence of First-Time Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. *Am J Sports Med.* 2014;42(8):1806-1812. doi:10.1177/0363546514540862
5. Anderson AF, Anderson CN. Correlation of meniscal and articular cartilage injuries in children and adolescents with timing of anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2015 Feb;43(2):275-281. doi: 10.1177/0363546514559912
6. Petushek EJ, Sugimoto D, Stoolmiller M, Smith G, Myer GD. Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2019;47(7):1744-1753. doi:10.1177/0363546518782460
7. Herring J.A. Chapter 1 Growth and Development. En: Tachdjian's Pediatric Orthopaedics. 6ª Edición. Elsevier. 2020:19.
8. Perkins CA, Willimon SC. Pediatric Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop Clin North Am.* 2020;51(1):55-63. doi:10.1016/j.ocl.2019.08.009
9. Slough JM, Hennrikus W, Chang Y. Reliability of Tanner staging performed by orthopedic sports medicine surgeons. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(7):1229-1234. doi:10.1249/MSS.0b013e318285c2f7
10. Ramski DE, Kanj WW, Franklin CC, Baldwin KD, Ganley TJ. Anterior cruciate ligament tears in children and adolescents: a meta-analysis of nonoperative versus operative treatment. *Am J Sports Med.* 2014;42(11):2769-2776. doi:10.1177/0363546513510889
11. Engelman GH, Carry PM, Hitt KG, Polousky JD, Vidal AF. Comparison of allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction graft survival in an active adolescent cohort. *Am J Sports Med.* 2014;42(10):2311-2318. doi:10.1177/0363546514541935.
12. Wong SE, Feeley BT, Pandya NK. Complications After Pediatric ACL Reconstruction: A Meta-analysis. *J Pediatr Orthop.* 2019;39(8):e566-e571. doi:10.1097/BPO.0000000000001075
13. Kay J, Memon M, Marx RG, Peterson D, Simunovic N, Ayeni OR. Over 90 % of children and adolescents return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(4):1019-1036. doi:10.1007/s00167-018-4830-9
14. DeFrancesco CJ, Striano BM, Bram JT, Baldwin KD, Ganley TJ. An In-Depth Analysis of Graft Rupture and Contralateral Anterior Cruciate Ligament Rupture Rates After Pediatric Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2020;48(10):2395-2400. doi:10.1177/0363546520935437
15. Chambers HG, Chambers RC. The Natural History of Meniscus Tears. *J Pediatr Orthop.* 2019;39(Issue 6, Supplement 1 Suppl 1):S53-S55. doi:10.1097/BPO.0000000000001386
16. Andrish JT. Meniscal Injuries in Children and Adolescents: Diagnosis and Management. *J Am Acad Orthop Surg.* 1996;4(5):231-237. doi:10.5435/00124635-199609000-00001
17. Bellisari G, Samora W, Klingele K. Meniscus tears in children. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2011;19(1):50-55. doi:10.1097/JSA.0b013e318204d01a
18. Mitchell J, Graham W, Best TM, et al. Epidemiology of meniscal injuries in US high school athletes between 2007 and 2013. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(3):715-722. doi:10.1007/s00167-015-3814-2
19. Stanitski CL, Harvell JC, Fu F. Observations on acute knee hemarthrosis in children and adolescents. *J Pediatr Orthop.* 1993;13(4):506-510. doi:10.1097/01241398-199307000-00016
20. Liechti DJ, Constantinescu DS, Ridley TJ, Chahla J, Mitchell JJ, Vap AR. Meniscal Repair in Pediatric Populations: A Systematic Review of Outcomes. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(5):2325967119843355. Published 2019 May 13. doi:10.1177/2325967119843355
21. Shea KG, Dingel AB, Styhl A, et al. The Position of the Popliteal Artery and Peroneal Nerve Relative to the Menisci in Children: A Cadaveric Study. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(6):2325967119842843. Published 2019 Jun 28. doi:10.1177/2325967119842843
22. Kocher MS, Logan CA, Kramer DE. Discoid Lateral Meniscus in Children: Diagnosis, Management, and Outcomes. *J Am Acad Orthop Surg.* 2017;25(11):736-743. doi:10.5435/JAOS-D-15-00491
23. Rohren EM, Kosarek FJ, Helms CA. Discoid lateral meniscus and the frequency of meniscal tears. *Skeletal Radiol.* 2001;30(6):316-320. doi:10.1007/s002560100351
24. Atay OA, Doral MN, Leblebicio lu G, Tetik O, Aydingöz U. Management of discoid lateral meniscus tears: observations in 34 knees. *Arthroscopy.* 2003;19(4):346-352. doi:10.1053/jars.2003.50038.
25. Ogiüt T, Kesmezacar H, Akgiin I, Cansü E. Arthroscopic meniscectomy for discoid lateral meniscus in children and adolescents: 4.5 year follow-up. *J Pediatr Orthop B.* 2003;12(6):390-397. doi:10.1097/01202412-200311000-00007
26. Klingele KE, Kocher MS, Hresko MT, Gerbino P, Micheli LJ. Discoid lateral meniscus: prevalence of peripheral rim instability. *J Pediatr Orthop.* 2004;24(1):79-82. doi:10.1097/00004694-200401000-00015
27. Lee YS, Teo SH, Ahn JH, Lee OS, Lee SH, Lee JH. Systematic Review of the Long-term Surgical Outcomes of Discoid Lateral Meniscus. *Arthroscopy.* 2017;33(10):1884-1895. doi:10.1016/j.arthro.2017.04.006
28. Carabajal M, Allende GJ, Masquijo JJ. Mid-term results of arthroscopic remodelling combined with peripheral repair in children with unstable discoid meniscus. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2020 May-Jun;64(3):206-212. English, Spanish. doi: 10.1016/j.recot.2019.10.002. Epub 2019 Dec 9. PMID: 31826819.



CAPITULO 25 - Fractura de la Tuberosidad Anterior de la Tibia

Gonzalo De la Fuente
Alejandro Gündel

25. Fractura de la tuberosidad anterior de la tibia

Las fracturas de la tuberosidad de la tibia son lesiones infrecuentes, que se presentan en pacientes adolescentes, habitualmente deportistas. Su frecuencia está en aumento por la práctica masiva de deportes con mayor demanda física. Es importante reconocer las estructuras lesionadas para lograr un tratamiento adecuado, buscando restablecer la anatomía de la rodilla, la función del aparato extensor y evitar eventuales complicaciones.

25.1 Introducción

Las fracturas de la tuberosidad anterior de la tibia (TAT) son lesiones que comprometen la apófisis proximal de la tibia, con desplazamiento variable, y que puede asociarse a extensión intrarticular de la fractura y lesión de tejidos blandos. La mayoría de estas lesiones se produce en varones deportistas, con buen desarrollo muscular, cerca de la madurez esquelética, durante actividades deportivas que impliquen salto.

La mayor frecuencia en varones se explica por su participación en deportes con mayor demanda física y por la edad más tardía en que se produce el cierre fisario del tubérculo tibial proximal.

Son lesiones infrecuentes, con una incidencia reportada entre 0,4-2,7%, y representan menos del 1% de las lesiones fisarias, y alrededor del 3% de todas las fracturas de la tibia proximal.

25.2 Anatomía

La tibia proximal posee 2 centros de osificación, uno primario, que corresponde a la epífisis tibial proximal, y uno secundario, que corresponde a la TAT, lugar de inserción distal del mecanismo extensor de la rodilla.

De acuerdo con Ogden, la TAT se desarrolla inicialmente como una extensión anterior de la fisis tibial proximal, alrededor de las 12-15 semanas de gestación. Durante la adolescencia, estos dos centros de osificación se encuentran separados por un puente cartilaginoso relativamente pequeño, lo que predispone a una potencial lesión avulsiva de la tuberosidad. La fisis de la TAT se cierra entre los 13-15 años en mujeres y 15-19 años en hombres.

La arteria tibial anterior recurrente (Figura 1) tiene relevancia en este tipo de lesiones, ya que, al ocurrir la avulsión de la TAT, algunas ramas pueden retraerse bajo la fascia y músculos del compartimento anterior de la pierna, lo que podría estar relacionado con el desarrollo de un síndrome compartimental.

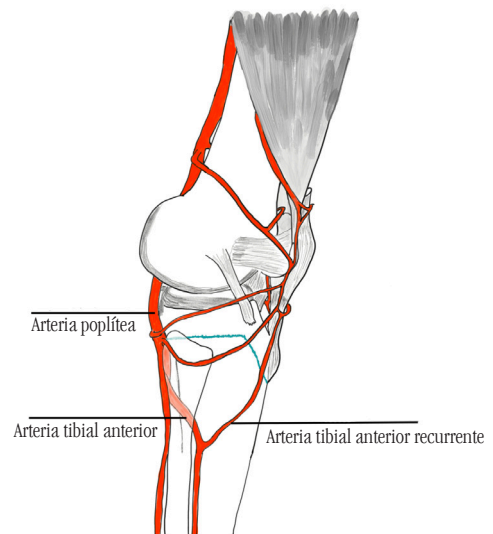


Figura 1. Esquema de la relación entre la tibia proximal y las estructuras vasculares. La arteria poplítea puede relacionarse con atrapamiento en el foco de fractura, mientras que la arteria tibial anterior recurrente se relaciona con la incidencia de síndrome compartimental.

25.3 Mecanismo de lesión

Estas lesiones habitualmente ocurren en el contexto de actividades deportivas, principalmente el básquetbol, y aquellas en las que se realizan saltos de forma competitiva. La avulsión de la TAT se da por una extensión activa de la rodilla con una contracción excéntrica violenta del cuádriceps (más frecuente), o por una flexión pasiva aguda con el cuádriceps en contracción (menos frecuente).

El patrón de lesión dependerá tanto de la extensión de la maduración esquelética como del grado de flexión de la rodilla al momento de la lesión. Si la lesión se produce con extensión de la rodilla o con flexión menor a 30°, habitualmente se produce una avulsión de la TAT, sin compromiso de la epífisis tibial proximal. Con flexión mayor a 30°, puede producirse lesión de la TAT y compromiso epifisario e intraarticular.

Si bien es controversial, varios autores sugieren que la enfermedad de Osgood Schlatter sería un factor de riesgo para fracturas de la TAT al aumentar la cantidad de cartílago columnar en relación con el fibrocartílago en la fisis, lo que a su vez generaría mayor debilidad de la fisis y consecuente avulsión de la TAT.

25.4 Clasificación

Existen múltiples clasificaciones para este tipo de fracturas, la mayoría basadas en las características del rasgo de fractura, y se han elaborado a partir de la descrita por Watson-Jones, quien las dividió en 3 tipos: Tipo 1, una avulsión pequeña del extremo distal de la TAT; Tipo 2, en la que toda la TAT está desplazada hacia proximal, con el ápex del desplazamiento a nivel de la fisis tibial proximal; y Tipo 3, donde el rasgo de fractura se propaga a través de la epífisis proximal de la tibia hacia la articulación.

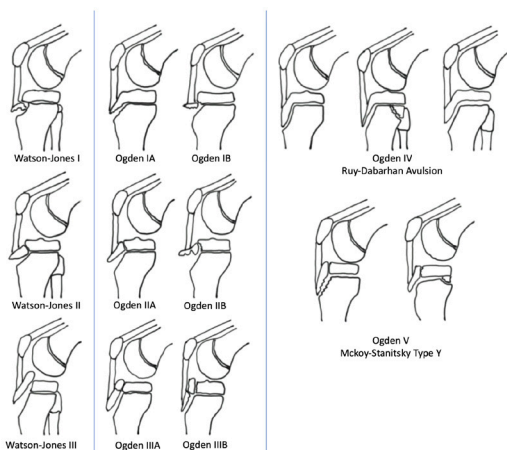


Figura 2. Esquema comparativo con las diferentes clasificaciones utilizadas para describir las fracturas de tuberosidad anterior de la tibia.

Ogden modifica esta clasificación, poniendo énfasis en el compromiso intraarticular y la conminución de la TAT. En las Ogden tipo 1 sólo la porción distal de la TAT está comprometida; el subtipo A consiste en una fractura que compromete el centro de osificación, pero sin o con mínimo desplazamiento, mientras que en el subtipo B el fragmento está separado de la metáfisis. En el tipo 2 el centro de osificación está completamente separado de la metáfisis; el subtipo A consiste en un fragmento de la TAT completo, mientras que en el subtipo B el centro de osificación está conminuto y el fragmento más distal desplazado hacia proximal. En el tipo 3 el rasgo de fractura se extiende hacia la articulación, en el subtipo A el fragmento se encuentra completo, mientras que en el subtipo B se encuentra conminuto (Figura 2).

Se han descrito nuevos tipos de fractura, ya sea comprometiendo toda la fisis tibial proximal desde anterior a posterior (tipo IV), o un tipo IIb asociado a un tipo IV (tipo V).

25.5 Evaluación clínica

Generalmente los pacientes presentan aumento de volumen y dolor a nivel del rasgo de fractura de la TAT. En los casos de fracturas sin desplazamiento, la extensión de la rodilla contra gravedad está habitualmente conservada y el derrame articular ausente. Los pacientes con fracturas tipo 2 o 3 no logran la extensión activa de la rodilla y la mayoría presentan hemartrosis.

Habitualmente la rodilla se encuentra en flexión de 20°-40° secundario a una contractura de los isquiotibiales. Además, se pueden presentar con una patela alta según el grado de compromiso del tendón patelar. Se ha descrito la asociación entre fracturas de la TAT y síndrome compartimental de la pierna, por lo que la evaluación neurovascular distal de la extremidad es mandatoria en estos pacientes.

25.6 Estudio imagenológico

Como en todas las fracturas, la radiografía es el estudio básico inicial en este tipo de lesiones. Obtener una proyección anteroposterior y una lateral adecuada de la rodilla es esencial en la evaluación en un servicio de urgencias. Debido a que la TAT es ligeramente lateral a la línea media de la tibia, la proyección lateral debe ser con rotación interna leve de la pierna. Las proyecciones oblicuas podrían ser útiles para evaluar la extensión intraarticular de la rodilla, sin embargo, no se solicitan de regla en todos los pacientes con sospecha de esta lesión.

En ciertos casos la radiografía puede ser insuficiente para caracterizar el rasgo de fractura, por lo que la tomografía computada puede ser de utilidad para entender de mejor forma la configuración de esta, y ayudar en la planificación preoperatoria (Figura 3).



Figura 3. Radiografías de rodilla derecha de un niño de 14 años con una fractura de tuberosidad anterior de la tibia tipo Ogden IIIA. Rasgo de fractura es evidente en TAC, donde se aprecia compromiso de la superficie articular.

La resonancia magnética tiene utilidad cuando hay un alto índice de sospecha de lesiones meniscales, ligamentarias, del cartílago articular o de la fisis (Figura 4).



Figura 4. Resonancia magnética de rodilla de un niño de 14 años, donde se observa la raíz anterior de menisco lateral en el rasgo de fractura.

25.7 Tratamiento

El objetivo del tratamiento es reestablecer la anatomía normal y el mecanismo extensor de la rodilla. Según el tipo de fractura, el grado de desplazamiento de los fragmentos y lesiones asociadas, pueden tratarse en forma conservadora o quirúrgica.

El tratamiento de las fracturas tipo IA (no desplazadas) es ortopédico, con rodillera de yeso o yeso bota larga, con la rodilla en extensión completa, por 4-6 semanas, seguido de rehabilitación progresiva.

En las fracturas tipo IB, se puede intentar el tratamiento ortopédico, con reducción cerrada del fragmento e inmovilización, como la descrita para el tipo IA. Las fracturas tipo II y III requieren tratamiento quirúrgico, el cual habitualmente consiste en la reducción abierta y fijación ósea con banda de tensión o tornillos canulados para hueso esponjoso, de anterior a posterior (Figura 5). Se recomienda la osteosíntesis con tornillos canulados de rosca parcial para obtener una mejor compresión de los fragmentos. La fijación uni o bicortical no ha demostrado diferencia en los resultados funcionales (Figura 6). Es recomendable la reparación y sutura del periostio y del aparato extensor cuando se encuentre una avulsión extensa de la TAT.

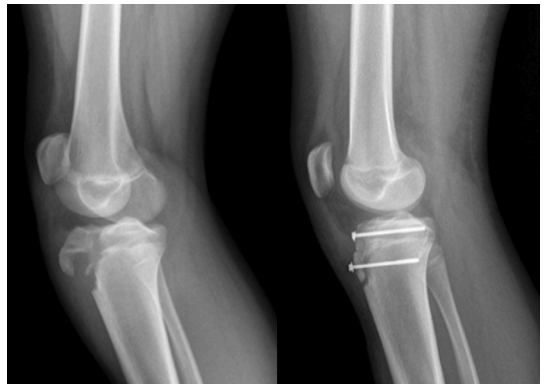


Figura 5. Fractura de tuberosidad anterior de la tibia tipo Ogden IIIB. Se realizó reducción abierta y osteosíntesis con tornillos.

En fracturas con compromiso articular, la artroscopía o una mini artrotomía submeniscal puede considerarse para el tratamiento de lesiones concomitantes.

En el postoperatorio, se recomienda la protección de la rodilla en extensión por 4-6 semanas, inicio progresivo de movilización, y reinicio de actividades físicas y deportivas no antes de 3 meses.



Figura 6. Fractura de tuberosidad anterior de la tibia tipo Ogden IV. Fue tratada con reducción cerrada y tornillos de anclaje a metáfisis.

25.8 Complicaciones

La complicación más frecuentemente descrita es el dolor anterior de la rodilla en relación con inflamación y bursitis provocada por implantes prominentes (56%), pero sólo una proporción menor requiere su retiro.

Otras complicaciones descritas, pero en una frecuencia menor son nueva fractura, genu recurvatum, diferencia de longitud de extremidades inferiores, y limitación del rango de movilidad de flexión de la rodilla.

El síndrome compartimental es una complicación aguda grave que debe sospecharse siempre en fracturas de TAT, para realizar su manejo adecuado y oportuno. Se ha descrito entre 4-20% de casos, en diferentes estudios.

25.9 Resultados

Independiente del tipo de fractura y del tratamiento realizado, los estudios muestran excelentes resultados, con una consolidación ósea cercana al 100%. El rango completo de movilidad de la rodilla se logra en promedio entre 6-7 meses. El retorno a la actividad física al mismo nivel previo a la lesión, alcanza el 98%, en aproximadamente 7-8 meses.

25.10 Consejos de los autores

Solicitamos una tomografía axial computarizada cuando hay sospecha de compromiso articular, lo que permite categorizar y clasificar la lesión. Si es posible, complementamos con resonancia magnética en aquellas fracturas en que se comprueba compromiso articular.

En pacientes con fracturas tipo 1A preferimos la inmovilización temporal por 5 a 7 días con valva rodillera, seguido de rodillera de yeso por 4 a 6 semanas. Posteriormente recomendamos el inicio lo antes posible de kinesioterapia, enfocada en la recuperación del rango articular y fortalecimiento de cuádriceps.

En fracturas tipo IB intentamos la reducción cerrada con la extensión de rodilla; en el caso de lograrla, el tratamiento es igual a las fracturas tipo IA. Si la reducción no es satisfactoria, el tratamiento es quirúrgico.

En las fracturas tipo II, III, IV y V, el tratamiento de elección inicial es la cirugía, con reducción abierta a través de una incisión longitudinal central desde el polo inferior de la patela, hasta la TAT. La fijación la realizamos con tornillos canulados, ya sean para hueso esponjoso o cortical, según el grado de sujeción de la fijación obtenida. La artroscopia de rodilla la reservamos para aquellos pacientes que presentan alguna lesión meniscal, ligamentaria o condral asociada. En el postoperatorio indicamos inmovilización con férula articulada, bloqueada en extensión por 4 semanas, seguido de kinesioterapia progresiva.

25.11 Referencias

1. Mosier SM, Stanitski CL. Acute tibial tubercle avulsion fractures. *J Pediatr Orthop.* 2004;24(2):181-184. doi:10.1097/00004694-200403000-00009
2. Ogden JA, Tross RB, Murphy MJ. Fractures of the tibial tuberosity in adolescents. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(2):205-215.
3. Pretell-Mazzini J, Kelly DM, Sawyer JR, et al. Outcomes and Complications of Tibial Tubercle Fractures in Pediatric Patients: A Systematic Review of the Literature. *J Pediatr Orthop.* 2016;36(5):440-446. doi:10.1097/BPO.0000000000000488
4. [Nwachukwu BU, Rauck RC, Doyle SM. Tibial Tubercle Avulsion Fracture in Children and Adolescents in Pediatric and Adolescent Knee Surgery. Cordasco F, Green D. 1st Edition.](#)

5. Rodriguez I, Sepúlveda M, Birrer E, Tuca MJ. Fracture of the anterior tibial tuberosity in children. *EFORT Open Rev.* 2020;5(5):260-267. Published 2020 May 5. doi:10.1302/2058-5241.5.190026
6. Arkader A, Schur M, Refakis C, Capraro A, Woon R, Choi P. Unicortical Fixation is Sufficient for Surgical Treatment of Tibial Tubercle Avulsion Fractures in Children. *J Pediatr Orthop.* 2019;39(1):e18-e22. doi:10.1097/BPO.0000000000001269
7. Cole WW 3rd, Brown SM, Vopat B, Heard WMR, Mulcahey MK. Epidemiology, Diagnosis, and Management of Tibial Tubercle Avulsion Fractures in Adolescents. *JBJS Rev.* 2020;8(4):e0186. doi:10.2106/JBJS.RVW.19.00186
- 8.- Haber DB, Tepolt FA, McClincy MP, Hussain ZB, Kalish LA, Kocher MS. Tibial tubercle fractures in children and adolescents: a large retrospective case series. *J Pediatr Orthop B.* 2021;30(1):13-18. doi:10.1097/BPB.0000000000000756



CAPITULO 26 - Fractura de Tibia Proximal

Astrid Medina

Daniel Pineda

26. Fractura de Tibia Proximal

Las fracturas de la tibia proximal en los pacientes pediátricos son relativamente raras. De las fracturas de los huesos largos a esta edad, representan únicamente el 1.8%, y de todas las fracturas fisarias del 0.6-2.1%. El 50% ocurren a consecuencia de accidentes deportivos, siendo más frecuentes en adolescentes. La mayoría de los casos corresponden a lesiones tipo II de Salter-Harris, y le sigue en frecuencia la lesión tipo III.

Las fracturas de la tibia proximal pueden comprometer la fisis o la metafisis proximal. Las fracturas metafisarias habitualmente ocurren en menores entre 3-6 años de edad, y pueden ser incompletas (en “tallo verde” o en “rodete, torus”), o completas. En los adolescentes son más frecuentes las fracturas fisarias, sobre todo las que comprometen la tuberosidad anterior de la tibia y se asocian a traumas deportivos.

26.1 Introducción

El núcleo de osificación de la tibia proximal habitualmente aparece entre el primer y tercer mes de nacimiento.

La fisis de la tibia proximal es responsable del 55% del crecimiento longitudinal de la tibia, y del 25% de la longitud total de la extremidad inferior. Crece aproximadamente 0.6 cm al año. El cierre del cartílago de crecimiento proximal de la tibia se completa habitualmente entre los 13-15 años en las mujeres, y entre los 15-18 años en los hombres. Este cierre es desde posterior hacia anterior (desde posteromedial hacia antero lateral), lo que determina el patrón de fractura en los adolescentes.

La tibia proximal es intrínsecamente estable dado su relación anatómica con algunas estructuras. Por delante de la metafisis se encuentra la tuberosidad anterior de la tibia, que bloquea el desplazamiento posterior. El tendón del músculo semimembranoso cruza por medial a la fisis, en la esquina posteromedial. En sí misma, la forma inclinada del cartílago de crecimiento a este nivel otorga mayor estabilidad. Estas características anatómicas de la zona hacen que el desplazamiento de la epífisis por una fractura sea hacia anterior y externo, y que la metafisis se desplace hacia posterior e interno.

La fisis proximal de la tibia también se encuentra protegida por la articulación tibioperonea proximal, mientras que las inserciones ligamentarias de la zona son distales a la fisis, lo que aporta estabilidad en varo y valgo, además de estabilidad traslacional. También la protegen el ligamento colateral lateral, que se inserta directamente en la cabeza del peroné, y el colateral medial, que lo hace en la metafisis¹.

La arteria poplítea se ubica por detrás de la metafisis proximal de la tibia, separada del hueso por el músculo poplíteo. Distalmente esta anclada por la arcada del sóleo, y su rama tibial anterior que penetra al espacio interóseo. Esto permite escasa movilidad, lo que la hace susceptible a lesionarse ante un desplazamiento posterior de la metafisis de la tibia proximal (Figura 1).

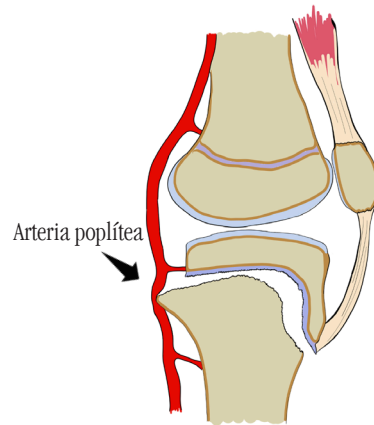


Figura 1. Relación de las estructuras vasculares, arteria poplítea, con la epífisis proximal de la tibia y su riesgo de lesión.

26.2 Mecanismo de lesión

La estabilidad intrínseca de la tibia lleva a que la mayoría de las lesiones sean por mecanismos indirectos, tras contracciones musculares bruscas excéntricas o concéntricas. Estos mecanismos provocan la fractura cuando la extremidad sufre una fuerza en abducción, aducción o hiperextensión, con una rodilla en posición fija, como ocurre usualmente en el aterrizaje sobre la extremidad, o despegue al saltar^{3,4}.

La dirección del rasgo de la fractura también estará determinada por el cierre fisario asimétrico de la epífisis con la tuberosidad anterior, lo que ocurre alrededor de los 15 años⁵. Primero se cierra la fisis posterior y medial, avanzando este cierre hacia anterolateral, hasta cerrarse completamente la tuberosidad anterior, lo que hace que la metáfisis se desplace hacia posterior o posterolateral en relación a la epífisis, debido a la estabilidad que le aporta el peroné y la presencia de la tuberosidad anterior de la tibia. En pacientes adolescentes se pueden presentar hasta un 40% de lesiones ligamentarias asociadas, siendo las más frecuentes de ligamento cruzado anterior, seguidas por las del ligamento colateral medial.

La presencia de lesión vascular asociada es muy baja, del orden del 0.6%, y de estas el 5% comprometen a la arteria poplítea. La tasa de lesión neurológica o vascular en las fracturas fisarias de tibia proximal es del orden del 14%, siendo las neurológicas asociadas a tracción excesiva durante las maniobras de reducción. Un factor a considerar en estos pacientes, es que pueden presentar espasmos de la arteria poplítea, hasta 24 horas posteriores a la reducción, por lo que requieren monitorización estricta. Del mismo modo, las neuropatías peroneas son habitualmente por tracción, y se recuperan en un período que va de los 4-6 meses.

26.3 Clasificación

Para la clasificación es necesario describir la localización de la fractura, si es metafisaria, epifisaria, o ambas. También se describe la dirección del desplazamiento y las lesiones asociadas. La clasificación más utilizada es la de Salter y Harris, siendo las tipo II por lejos las más frecuentes⁶. Un sistema específico en los pacientes pediátricos se propuso el año 2009, que busca clasificarlas basado en el patrón de la fractura y la fuerza que la produce⁷. Esta clasificación conlleva varios beneficios. Al relacionar el patrón de la fractura con el mecanismo que la produjo, se facilita el entendimiento de la fisiopatología de la fractura y la dirección de la reducción. También al ser una clasificación más detallada, minimiza la posibilidad de lesiones ocultas y complicaciones (Figura 2).

Las lesiones en hiperextensión conllevan el mayor riesgo de lesión vascular. Las en valgo son las más frecuentes de encontrar, y se asocian a un fragmento metafisario por lateral junto a fractura del peroné proximal. Las en varo son las más infrecuentes. Las que se producen en flexión tienden a verse más frecuentemente en adolescentes, debido al cierre de la fisis⁸. En los pacientes menores, entre 3-9 años, se producen por mecanismo de varo o valgo, afectando principalmente a la metáfisis,

y ocurren habitualmente por actividades como salto en trampolín o cama elástica.

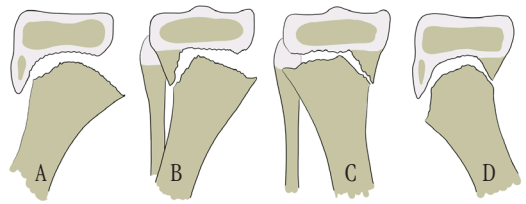


Figura 2. Clasificación de acuerdo a Salter y Harris para las fracturas de tibia proximal más frecuentes. Tipo 1, habitualmente evidente en plano sagital (A), y Tipo 2, con un fragmento metafisario lateral (B), medial (C) o posterior (D).

26.4 Fenómeno de Cozen

Las fracturas metafisarias de tibia proximal son más frecuentes entre los 3-6 años, siendo el mecanismo un valgo forzado, producto de una caída sobre la cara lateral de la pierna, con la rodilla en extensión⁹. En 1953, Cozen¹⁰ describe el genu valgo progresivo secundario a la fractura de tibia proximal, reportándose incidencias en algunas series por sobre el 90% de los casos. Dentro de las probables etiologías de este fenómeno se mencionan un arresto fisario lateral de tibia proximal, la falta de reducción adecuada de la fractura, posible interposición de partes blandas, mayor crecimiento de la fisis proximal medial de la tibia, pérdida del anclaje de la pata de ganso en la tibia proximal, y un efecto tensor del peroné. Actualmente la teoría más aceptada es un aumento del crecimiento de la tibia proximal medial, producto de los cambios biológicos y biomecánicos que genera la fractura^{9,11}.



Figura 3. Paciente de 3 años, con fractura de tibia proximal, tratada en forma conservadora. Evoluciona con genu valgo asimétrico progresivo, secundario a fenómeno de Cozen.

Habitualmente se evidencia a los 5-6 meses posteriores a la fractura, y progresa hasta los 2 años, presentando su mayor angulación al año de la lesión, con alrededor de 9,6° de ángulo metafiso-diafisario.

El manejo más aceptado es la observación, ya que la gran mayoría se resuelve en forma espontánea en un período de 2 años posteriores a la ocurrencia de la fractura^{12,13}. Algunos autores proponen el seguimiento clínico y radiológico de los pacientes que tendrían mayor riesgo de desarrollar este fenómeno (con angulaciones mayores a 4°), que son aquellos con fractura ipsilateral de peroné proximal y los con fracturas metafisarias proximales de tibia con brecha medial (Figura 3).

En aquellos pacientes en los cuales no se resuelve en forma espontánea en un período de 2-4 años, el crecimiento guiado puede ser una buena alternativa para su corrección¹⁴. Por lo general estos casos presentan angulaciones mayores a 15°. Si se elige una osteotomía correctora para el manejo de este problema, esta no debe ser realizada en forma precoz, ya que la angulación en valgo tiene mayor probabilidad de recidiva.

26.5 Fracturas asociadas a trampolín

Las fracturas que se producen por uso de trampolín, o cama elástica, son cada vez más frecuentes. Es un tipo especial de fractura metafisaria proximal de la tibia, que ocurre cuando los niños están saltando en el trampolín, habitualmente con otros niños de mayor tamaño. Pueden ocurrir incluso sin un mecanismo de trauma o caída^{15,16}. Esta fractura es lineal, usualmente no desplazada¹⁷. Según Kakel¹⁸, a diferencia de otras fracturas metafisarias, no se deforma en valgo. La razón podría ser porque se trata de una fractura lineal o “en rodete”, no desplazada ni angulada (Figura 4).



Figura 4. Fractura “en rodete” de metafisis tibial proximal, secundaria a salto en trampolín, en un niño de 2 años.

Boyer describe en 1986 el mecanismo de estas lesiones: cuando la persona de mayor tamaño salta, la lona elástica del trampolín retrocede hacia arriba por inercia, por lo que si el menor más pequeño cae sobre ésta en dicho momento, recibe una

fuerza de impacto hacia arriba significativa, aplicada a la pierna del niño que descende. La fuerza y el ángulo de impacto en el momento adecuado puede ser suficiente para provocar la fractura de tibia¹⁹.

26.6 Diagnóstico

Una descripción precisa del accidente nos permite determinar la dirección de la fuerza y sospechar las estructuras lesionadas. Suele estar presente el dolor, la deformidad, hemartrosis e inflamación. El paciente con una fractura metafisaria no desplazada o incompleta puede presentar solamente cojera y dolor moderado a la movilización de la rodilla. En pacientes adolescentes, las fracturas de la tibia proximal presentan una sintomatología más evidente, con deformidad y severo dolor. Usualmente son secundarias a traumas de alta energía o lesiones deportivas de alto impacto o salto. En estos pacientes se pueden presentar hasta un 40% de lesiones ligamentarias asociadas. La lesión de ligamento cruzado anterior es la más frecuente, seguido por la lesión del ligamento colateral medial.

En las fracturas por hiperextensión, es importante realizar y documentar un examen cuidadoso del estado neurovascular debido a la estrecha relación de la arteria poplítea con el extremo proximal de la tibia. Es obligatorio el examen de pulsos distales, pedio y tibial posterior, junto al examen de los nervios peroneo y tibial.

Se debe considerar que estos pacientes pueden presentar un espasmo de la arteria poplítea por el trauma, que puede aparecer hasta 24 horas posterior a la reducción, por lo que la monitorización debe ser estricta.

Del mismo modo, se pueden presentar lesiones neurológicas por tracción del nervio peroneo, las que habitualmente se recuperan en un período que va de los 4-6 meses.

En relación con los estudios imagenológicos, la radiografía de rodilla en proyecciones anteroposterior y lateral suele ser suficiente para el diagnóstico. Además del rasgo de fractura, puede notarse un aumento del espacio entre la rótula y el fémur, sugere de hemartrosis. En los pacientes adolescentes, además de las radiografías, se debe tomar una tomografía computada (TAC) para evaluar la posible extensión articular, y una resonancia magnética (RM) en el caso que se sospechen lesiones asociadas de tejidos blandos.

26.7 Tratamiento

Las fracturas sin desplazamiento de la metáfisis proximal de la tibia se inmovilizan mediante un yeso bota larga moldeado a la extremidad, manteniendo la rodilla en 30° de flexión, por 4-6 semanas.

Si la fractura está desplazada se aconseja realizar una reducción cerrada bajo anestesia, con apoyo de fluoroscopia que permita visualizar una reducción anatómica. Si la angulación es en valgo, generalmente se reduce aduciendo la extremidad con la rodilla extendida. Esta manipulación debe ser suave, con el fin de no lesionar el nervio peroneo. Luego de la reducción, se instala un yeso bota larga, moldeado en varo, y manteniendo la rodilla en 30° de flexión. Es necesario un control radiográfico a la semana, para descartar desplazamiento de la fractura. Si no se logra la reducción, se recomienda realizar un pequeño abordaje para evaluar el foco de fractura, y extraer los tejidos que habitualmente se interponen en el foco de fractura. Usualmente no es necesario la estabilización de la fractura con material de osteosíntesis, instalándose un yeso en forma similar al tratamiento ortopédico.

Luego de las 4-6 semanas se retira la inmovilización, y se inicia un plan de rehabilitación hasta lograr la recuperación de los arcos de movilidad de rodilla y tobillo, mejorando el balance muscular de la extremidad. Es importante advertir a la familia la necesidad de un seguimiento estricto por los siguientes 18 meses, por el riesgo descrito de que se produzca un fenómeno de Cozen²⁰.

Las fracturas fisarias no desplazadas se inmovilizan en yeso bota larga, con la rodilla en extensión por 4-6 semanas.

Las fracturas a través de la fisis, desplazadas, implican un mecanismo de mayor energía, y habitualmente son inestables. Las fracturas extra articulares que comprometen la fisis se tratan con reducción cerrada o abierta, y osteosíntesis en las inestables. Para poder reducir la fractura en estos casos, se necesita flexionar la rodilla, buscando relajar los músculos por posterior. Se recomienda la fijación de estas fracturas con 2 agujas de Kirschner cruzadas, transfisarias, de 2,0 mm. En el caso de las lesiones a través de la fisis con un fragmento metafisario lateral desplazado, la reducción se realiza llevando la extremidad en aducción, con la rodilla extendida, y corrigiendo el valgo. El fragmento metafisario puede ser estabilizado con un tornillo canulado. Si el desplazamiento es posterior, hay que recordar la estrecha relación vascular, de tal modo que

la reducción se realiza mediante tracción suave, corrigiendo la deformidad, y luego se realiza la estabilización, de ser necesaria. Estas fracturas también pueden presentar interposición de periostio en el foco, lo que puede impedir la reducción cerrada.

El tratamiento de las fracturas intra articulares siguen los mismos principios que para la mayoría de este tipo en pacientes pediátricos. Si la fractura es intraarticular desplazada y se sospechan lesiones asociadas, según la edad y grado de desplazamiento, se puede utilizar asistencia artroscópica para una reducción cerrada, o bien una reducción abierta, y el uso de una osteosíntesis estable²¹. Se pueden usar tornillos epifisarios o metafisarios. Es necesario comprobar la estabilidad ligamentaria, lo que puede requerir también intervención quirúrgica, ya sea en el mismo momento o diferida.

Luego de la consolidación de la fractura, es importante realizar un seguimiento clínico y radiográfico para evaluar la posibilidad de deformidades secundarias, asimetrías o diferencia de longitud de extremidades, como secuela de cierres tempranos de la fisis proximal de la tibia²².

En la rehabilitación de estas lesiones, es importante tener en cuenta que se asocian a traumas deportivos, y de alto impacto. Por ello, los deportistas adolescentes deben terminar su proceso de rehabilitación con un entrenamiento específico en salto vertical, con el fin de mejorar la coordinación y atenuar las fuerzas de tracción durante la fase de aterrizaje. El entrenamiento propioceptivo, en combinación con el entrenamiento de fuerza, evita lesiones por movimientos descoordinados. Se debe recomendar a los entrenadores no llevar a los deportistas mas allá de su capacidad física, ya que esta establecido que la fatiga muscular es un factor de riesgo para lesiones de rodilla.

26.8 Complicaciones

La fisis de la tibia proximal es responsable del 55% del crecimiento longitudinal de la tibia, y del 25% de la longitud total de la extremidad. Crece aproximadamente 0.6 cm al año. Las lesiones que comprometen la fisis, especialmente en niños pequeños, tienen alto riesgo de evolucionar con una diferencia de longitud de extremidades de importancia clínica. Según la magnitud, se puede requerir realizar una fisiodesis de la extremidad no afectada, para lo cual la predicción del momento de realizar la corrección es de extrema utilidad. Esto se puede realizar por múltiples métodos (Multiplier, Dimeglio, etc).

Las deformidades angulares ocurren por un cierre precoz y asimétrico de la fisis. La magnitud está directamente relacionada

con la edad del paciente en la cual ocurrió la fractura. Es importante realizar un seguimiento de la fractura con radiografías panorámicas de las extremidades (escanogramas), las que permiten evaluar los ejes anatómicos y de carga, la longitud comparativa de las extremidades, con el fin de establecer un plan de tratamiento correcto.

Otra complicación menos frecuente, pero devastadora es la lesión vascular. Esta puede ser secundaria a un desgarro arterial por el desplazamiento posterior de la metafisis tibial proximal. Dado su estrecha relación anatómica, se debe tener en cuenta en las fracturas por hiperextensión con desplazamiento posterior de la tibia proximal. En la literatura, la presencia de lesión vascular asociada es baja, del orden del 0.6% y de estas el 5% comprometen a la arteria poplítea. En el caso de una lesión vascular que requiere exploración quirúrgica, se debe realizar primero la reducción y estabilización de la fractura²³. La lesión vascular también puede ser consecuencia de un síndrome compartimental, por el incremento de las presiones de los compartimientos musculares de la pierna producto del trauma, aún más si el tratamiento es con un yeso cerrado que puede aumentar aún más la presión. Se requiere advertir al paciente y a su familia de los signos clínicos de alarma, y se debe realizar una observación dirigida estricta por parte del médico tratante.

26.9 Lesiones asociadas

La incidencia de inestabilidad de rodilla, en adolescentes con fracturas complejas de la tibia proximal, puede llegar hasta un 53%. Son frecuentes las lesiones del ligamento colateral medial y del ligamento cruzado anterior. Probablemente estos ligamentos se lesionan en primer lugar, antes que las fuerzas se transmitan a la epífisis. Se debe realizar una búsqueda dirigida de estas lesiones, para lograr un manejo adecuado.

26.10 Mensaje final

Las fracturas de la tibia proximal son relativamente raras en la población pediátrica, por sus características anatómicas que la protegen y la hacen intrínsecamente estable. Sin embargo, cuando ocurren pueden tener complicaciones graves. El mecanismo de lesión guarda una importante relación con la edad, y es fundamental entenderlo para realizar un adecuado abordaje terapéutico. En los adolescentes, las fracturas generalmente comprometen la fisis y son secundarias a traumas deportivos de alto impacto que generan fuerzas de tracción. En las fracturas de alta energía, con desplazamientos posteriores o

que comprometen la estabilidad de la rodilla, se debe recordar la estrecha relación con los vasos poplíteos que pueden generar alteraciones vasculares agudas o tardías. En los pacientes pediátricos, el fenómeno de Cozen puede presentarse luego de una fractura metafisaria de la tibia, y requiere observación estricta de su evolución para determinar el tratamiento, siendo la gran mayoría de resolución espontánea.

29.11 Referencias

1. Saade-Lemus S, Nguyen JC, Francavilla ML, Martin-Saavedra JS, Ho-Fung VM, Kaplan SL. Buckle fracture of the proximal tibia in children and frequency of association with trampoline and inflatable bouncer use. *Pediatr Radiol*. 2019;49(10):1327-1334. doi:10.1007/s00247-019-04450-0
2. Tileston K, Frick S. Proximal Tibial Fractures in the Pediatric Population. *J Knee Surg*. 2018;31(6):498-503. doi:10.1055/s-0038-1636911
3. Steiger CN, Ceroni D. Mechanism and predisposing factors for proximal tibial epiphysiolysis in adolescents during sports activities. *International Orthopaedics*. 2019 Jun;43(6):1395-1403. doi: 10.1007/s00264-018-4168-4.
4. Omar M, Petri M, Ettinger M, Decker S, Krettek C, Gaulke R. Simultaneous bilateral transitional fractures of the proximal tibia after minor sports trauma. *Case Rep Orthop*. 2013;2013:724802. doi:10.1155/2013/724802
5. Aymen F, Youcef O, Aymen S, Issam A, Abderrazek A. Triplane fracture of the proximal tibia: a case report and literature review. *Pan Afr Med J*. 2019;33:40. Published 2019 May 21. doi:10.11604/pamj.2019.33.40.17953
6. Watanabe H, Majima T, Takahashi K, Iizawa N, Oshima Y, Takai S. Posterior tibial slope angle is associated with flexion-type Salter-Harris II and Watson-Jones type IV fractures of the proximal tibia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27(9):2994-3000. doi:10.1007/s00167-018-5319-2
7. Mubarak SJ, Kim JR, Edmonds EW, Pring ME, Bastrom TP. Classification of proximal tibial fractures in children. *J Child Orthop*. 2009;3(3):191-197. doi:10.1007/s11832-009-0167-8
8. Israni P, Panat M. Proximal Tibial Epiphysis Injury (Flexion Type, Salter-Harris Type 1). *J Orthop Case Rep*. 2016;6(4):62-65. doi:10.13107/jocr.2250-0685.572
9. Yang BW, Shore BJ, Rademacher E, May C, Watkins CJ, Glotzbecker MP. Prevalence of Cozen's Phenomenon of the Proximal Tibia. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(6):e417-e421. doi:10.1097/BPO.0000000000001354
10. COZEN L. Fracture of the proximal portion of the tibia in children followed by valgus deformity. *Surg Gynecol Obstet*. 1953;97(2):183-188.

11. Dorman S, Jariwala A, Campbell D. Cozen's phenomenon: a reminder. *Scott Med J*. 2013;58(3):e10-e13. doi:10.1177/0036933013496922
12. Bae K, Jeon JY, Park SS, Park J, Kang MS. Initial angular deformity and its recovery of the proximal tibial metaphyseal fracture according to the cause: trampoline-related injury versus other injuries. *J Child Orthop*. 2020;14(4):304-311. doi:10.1302/1863-2548.14.200072
13. Vrettakos AN, Evaggelidis DC, Kyrkos MJ, Tsatsos AV, Ne-nopoulos A, Beslikas T. Lower limb deformity following proximal tibia physeal injury: long-term follow-up. *J Orthop Traumatol*. 2012;13(1):7-11. doi:10.1007/s10195-012-0179-x
14. Morin M, Klatt J, Stevens PM. Cozen's deformity: resolved by guided growth. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2018;13(2):87-93. doi:10.1007/s11751-018-0309-y
15. Jääskelä M, Kuivalainen L, Victorzon S, Serlo W, Lempainen L, Sinikumpu JJ. Trampoline-related proximal tibia impaction fractures in children: a population-based approach to epidemiology and radiographic findings between 2006 and 2017. *J Child Orthop*. 2020;14(2):125-131. doi:10.1302/1863-2548.14.190177
16. Stranzinger E, Leidolt L, Eich G, Klimek PM. The anterior tilt angle of the proximal tibia epiphyseal plate: a significant radiological finding in young children with trampoline fractures. *Eur J Radiol*. 2014;83(8):1433-1436. doi:10.1016/j.ejrad.2014.05.013
17. Muljadi, J.A., Chaijenkij, K., Arirachakaran, A. et al. Comparative surgical risk between type of trampoline (size and place) and type of patients (age and sex) in trampoline related injury: a systematic review and indirect meta-analysis. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 12, 37 (2020). doi:10.1186/s13102-020-00185-w
18. Kakei R. Trampoline fracture of the proximal tibial metaphysis in children may not progress into valgus: a report of seven cases and a brief review. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2012;98(4):446-449. doi:10.1016/j.otsr.2012.02.007
19. Boyer RS, Jaffe RB, Nixon GW, Condon VR. Trampoline Fractures of the proximal tibia in children. *American Journal of Roentgenology*. 1986. Jan;146:83-85
20. Papamerkouriou YM, Tsoumpos P, Tagaris G, Christodoulou G. Does Cozen's phenomenon warrant surgical intervention?. *J Child Orthop*. 2020;14(3):213-220. doi:10.1302/1863-2548.14.190147
21. Pace JL, McCulloch PC, Momoh EO, Nasreddine AY, Kocher MS. Operatively treated type IV tibial tubercle apophyseal fractures. *J Pediatr Orthop*. 2013;33(8):791-796. doi:10.1097/BPO.0b013e3182968984
22. Yoo MJ, Yoo JI, Lee JY, Park YJ, Kang-Heo. Treatment of typical trampoline fracture of the proximal tibia in children: results of minimum 1 year follow-up. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2021;47(3):811-816. doi:10.1007/s00068-019-01266-3
23. Shinomiya R, Sunagawa T, Nakashima Y, Nakabayashi A, Makitsubo M, Adachi N. Slow progressive popliteal artery insufficiency after neglected proximal tibial physeal fracture: a case report. *J Pediatr Orthop B*. 2018;27(1):35-39. doi:10.1097/BPB.0000000000000379



CAPITULO 27 - Fractura de Diáfisis de Tibia

Hernán Guzmán
Constanza Ramírez

27. Fracturas de Diáfisis de Tibia

Las fracturas de la diáfisis tibial son lesiones frecuentes en la población infantil. Su forma de presentación varía según la edad del paciente y su mecanismo de producción. Presentan particularidades referidas a su manejo, su pronóstico, las lesiones asociadas e incluso eventuales repercusiones médico legales en los niños expuestos a trauma no accidental. Para su tratamiento se reconoce un buen pronóstico mediante tratamiento ortopédico conservador, pero también que deformidades residuales de los ejes son mal toleradas en el tiempo. Las opciones terapéuticas van desde una inmovilización con yeso, hasta una reducción y estabilización quirúrgica. La elección del tratamiento debe basarse en criterios objetivos que permitan obtener los mejores resultados, con el menor impacto terapéutico sobre el niño y su familia.

27.1 Introducción

Pocas fracturas en los pacientes pediátricos tienen una gama de formas de presentación y opciones terapéuticas tan variadas como la fractura diafisaria de la tibia. Se ha expresado que, en la tibia, cada fractura tiene su propia “personalidad”. En el presente capítulo analizaremos las diferentes variables que influyen en la forma de presentación y evolución de las fracturas diafisarias de la tibia en el paciente pediátrico. Describiremos los factores mecánicos, biológicos, anatómicos y clínicos que influyen en la “personalidad” y en el comportamiento de estas fracturas. Se definirán los criterios con los que se considera que es una reducción adecuada y los medios terapéuticos disponibles, sus indicaciones y complicaciones.

27.2 Epidemiología

La fractura de la tibia es la tercera fractura más frecuente en los huesos largos de la población pediátrica y puede representar el 15 % de todas las fracturas en edad pediátrica¹. Ocurre a lo largo de toda la infancia, y la edad promedio de presentación es de 8 años, afectando a los hombres en una proporción de 2:1 con respecto a las mujeres. El 70% de ellas se presenta como fractura aislada de la tibia y la fractura del peroné se asocia en el 30 % restante².

27.3 Fisiopatología

Las fracturas aisladas de la tibia suelen asociarse a traumas de baja energía. Las formas de presentación más común son las fracturas oblicuas o espiroideas, ubicadas en el tercio medio y distal. Estas fracturas se producen por mecanismos torsionales o rotatorios, habitualmente por caídas con el pie fijo en el suelo, con el cuerpo en movimiento.

En los pacientes menores de 3 años, este mecanismo rotacional es característico y es habitualmente el responsable de una forma especial de lesión, conocida como “Toddler fracture” o “fractura de los primeros pasos”, ya que es común en los menores que están empezando a caminar. Hay que señalar que la tibia es el tercer hueso más afectado en el trauma no accidental; incluso algunas series refieren que el 16% de los niños afectados por maltrato físico presentan una fractura de la tibia³.

Las fracturas espiroideas u oblicuas cortas suelen respetar al peroné, presentándose como fracturas aisladas de la tibia. En casos de mecanismo rotacional de mayor energía, como ocurre en actividades deportivas en pacientes mayores, puede producirse una fractura asociada del peroné de rasgo oblicuo o espiroideo, a distinto nivel que en la tibia.

Los traumas de mayor energía, y con impactos directos sobre la pierna, se asocian a fracturas transversas o conminutas, que pueden producir una fractura del peroné del mismo tipo de rasgo y al mismo nivel. Este compromiso peronéo al mismo nivel de la tibia, le confiere a esta lesión un alto grado de inestabilidad. Estas fracturas se asocian a accidentes de tránsito, caídas de altura y deportes de alto impacto o contacto físico.

27.4 Anatomía

La tibia y el peroné conforman el esqueleto de la pierna, dando inserción a la musculatura destinada al pie, y siendo responsables de la carga de la extremidad.

El peroné soporta entre el 6-17 % del peso corporal, y su función principal es la de dar puntos de inserción a la musculatura anterolateral de la pierna y otorgar estabilidad lateral al tobillo. La tibia es la responsable principal del soporte de la carga del peso, y en su tercio proximal da inserción a musculatura anterolateral y posterior de la pierna.

En su mitad distal, la tibia no tiene inserciones musculares, lo que puede ser un factor que dificulte la consolidación de fracturas a ese nivel. La musculatura de la pierna está organizada en cuatro compartimentos, los que rodean parcialmente a la tibia, ya que su cara anteromedial es totalmente subcutánea, sin cobertura muscular.

La musculatura anterolateral de la pierna, (específicamente los músculos tibial anterior, extensor largo de los dedos y extensor largo del hallux), influyen en los desplazamientos de los fragmentos de una fractura diafisaria de tibia. En una fractura de tercio medio de la tibia con fractura de peroné asociada, la musculatura anterolateral tracciona al segmento distal en valgo, ya que no existe musculatura medial suficiente que lo impida. Cuando el peroné está intacto, hay menos tendencia al acortamiento, pero mayor tendencia a la desviación en varo. En este caso, el peroné actúa como un pivote en contra de la acción de la musculatura. Al contraerse la musculatura anterolateral, la tibia se tiende a acortar, pero el peroné lo impide desviando el segmento distal hacia el varo⁴. (Figura 1)

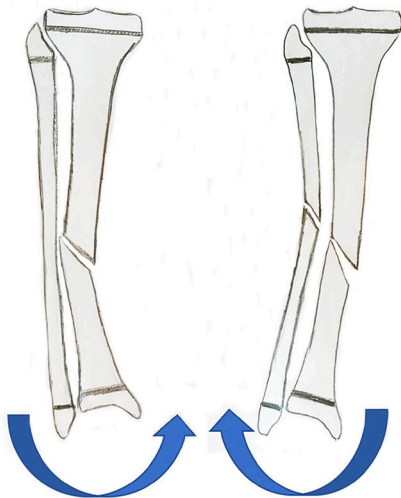


Figura 1. En una fractura aislada de tibia, el peroné actúa como pivote en contra de musculatura anterolateral desviándose del segmento distal en varo. Cuando hay fractura de tibia y peroné, no hay resistencia a la acción muscular anterolateral, resultando una angulación distal en valgo.

Un punto importante que considerar entre las características anatómicas de la pierna y que influyen en el manejo de las fracturas de la tibia, es la ausencia de cobertura muscular en su aspecto anteromedial. Es así como una de las técnicas de tratamiento de las fracturas inestables, el enclavado endomedular elástico estable, al requerir de la función muscular para transformar las fuerzas de tracción en fuerzas de compresión,

logra una menor estabilidad en este segmento al no existir actividad muscular en el aspecto anteromedial, lo que debe ser considerado durante la decisión terapéutica.

La perfusión de la pierna y del pie son responsabilidad de las arterias tibial anterior y tibial posterior. La primera de ellas se ubica en el compartimento anterolateral, y la segunda en el compartimento posterior profundo. La arteria tibial posterior se ramifica en la arteria nutricia de la tibia, en el tercio proximal. Esta arteria da origen a una red de circulación endostal que se comunica con ramas provenientes de ambas arterias tibiales, y que llegan al periostio, a través de las inserciones musculares. La falta de inserciones musculares en el tercio distal de la tibia, y en toda su cara anteromedial, limitan el aporte circulatorio de este hueso⁴. Esta condición anatómica influye en la capacidad de reparación de las fracturas y en la defensa frente a las infecciones.

La existencia de cuatro compartimentos musculares inextensibles, en conjunto con la disposición anatómica de las arterias de la pierna, resulta en que traumas de alta energía y con grave daño de partes blandas tengan alto riesgo de daño vascular directo o de los vasos responsables de la perfusión muscular. Además, el aumento de presión en dichos compartimentos producto del trauma y edema secundario, puede llevar al desarrollo de un síndrome compartimental, lo que es de menor incidencia que en la población adulta por la elasticidad tisular de la población pediátrica, pero puede asociarse a traumas de alta energía, con consecuencias catastróficas, por lo que siempre debe ser investigado⁵.

La consolidación de las fracturas en la tibia en pacientes en crecimiento habitualmente no presenta problemas, y suele demorar entre 8-12 semanas, dependiendo de la edad del paciente. La tasa de no unión es muy baja, pero no son infrecuentes los retardos de consolidación asociados a fenómenos de daño de las partes blandas, de menor perfusión y/o de inestabilidad del foco de fractura.

27.5 Diagnóstico

En menores que pueden comunicarse y adolescentes el antecedente traumático es evidente, y la sospecha clínica frente a la presencia de dolor, impotencia funcional y/o deformidad de la extremidad afectada es clara. Se debe investigar detalladamente el mecanismo de lesión, tipo de accidente y la energía del trauma, valorando posibles lesiones de otros sistemas orgánicos y de fracturas en otros segmentos. En el examen físico debe evaluarse el estado de los tejidos blandos, el estado neurovascular y la presencia de signos de síndrome compartimental.

En los pacientes más pequeños, especialmente a la edad de inicio de la marcha o previa a esta, puede no haber evidencia de un episodio traumático agudo, y tanto el dolor como la impotencia funcional pueden ser menos notorios. El examen físico cuidadoso demostrará dolor al palpar la tibia subcutánea, y a veces un leve aumento de volumen a ese nivel. Debe registrarse una historia clínica detallada, especialmente investigando un posible origen no accidental de la fractura de tibia. Son de mayor sospecha los casos en los que el mecanismo traumático descrito no concuerda con el tipo de fractura; que se presente en pacientes que aún no caminen; que el relato de la historia sea contradictorio o inconsistente; cuando haya demora en consultar, o cuando existan antecedentes de atenciones previas por lesiones traumáticas. Es importante el registro de un examen detallado del paciente, su piel y otros segmentos esqueléticos, buscando signos de otras lesiones traumáticas.

En la mayoría de las fracturas de la diáfisis tibial, el diagnóstico imagenológico se basa en una radiografía, en proyecciones anteroposterior y lateral, las que deben incluir la rodilla y el tobillo. Especial atención se debe tener en la búsqueda de fracturas de tipo transicional en el tobillo en los pacientes mayores, dada su asociación. Recomendamos ante la sospecha complementar estudio con estudio radiológico del tobillo con proyecciones anteroposterior, lateral y de mortaja, e incluso considerar el uso de tomografía computada (TAC) del tobillo ante la sospecha de compromiso articular.

En los menores de 3 años con alto índice de sospecha de fractura, pero sin evidencia en las proyecciones habituales, puede complementarse el estudio con proyecciones oblicuas. A pesar de esto, existe un grupo de pacientes en los que no se objetivará la presencia de la fractura tras el estudio radiológico.

Se describe la posibilidad de realizar estudios cintigráficos e incluso de resonancia magnética (RM) para demostrar la existencia de la fractura, pero habitualmente con los antecedentes clínicos y los hallazgos del examen físico puede definirse el tratamiento inicial ante la sospecha de la lesión, y repetir estudio radiográfico a los 10-15 días, donde la existencia de fenómenos iniciales de consolidación confirma el diagnóstico.

Ante la sospecha de una lesión traumática no accidental, debe activarse el protocolo de estudio del centro de atención, el que debe incluir radiografías de todo el esqueleto y evaluación sistematizada de otros sistemas, además del estudio social y legal (ver Capítulo 3).

27.6 Clasificación

Las fracturas de pierna en pacientes pediátricos se clasifican basadas en su ubicación (metafisaria, epifisaria o diafisaria). Además se consigna en su descripción la presencia de compromiso fisario, el rasgo de fractura (transversa, oblicua, espiroidea, ala de mariposa, conminuta), el estado del peroné (intacto o fracturado), el grado de desplazamiento, y si corresponde a una fractura expuesta. En el caso de este último grupo, se utiliza la clasificación de Gustilo y Anderson. Además existen la clasificación AO específica para las fracturas en huesos largos en edad pediátrica, la que permite la caracterización de la lesión en forma específica, de utilidad en análisis científico.

27.7 Tratamiento

El tratamiento de las fracturas diafisarias de tibia en niños y adolescentes depende del rasgo de fractura, mecanismo, madurez esquelética, compromiso de partes blandas y de la existencia de otras lesiones concomitantes. En la mayoría de los casos, estas fracturas pueden ser manejadas en forma ortopédica, realizando su reducción cuando sea necesario, y estabilizándolas con un yeso bien instalado.

Tratamiento ortopédico.

El objetivo del tratamiento de una fractura de la diáfisis de la tibia es obtener su consolidación manteniendo los ejes anatómicos funcionales, por lo que el alineamiento inicial o post reducción debe cumplir con los parámetros considerados como aceptables.

| EDAD | <8 años | >8 años |
|--------------------|---------|---------|
| Varo | 10° | 5° |
| Valgo | 5° | 5° |
| Angulación Sagital | 10° | 5° |
| Acortamiento | 10 mm | 5 mm |
| Rotación | 5° | 5° |

Tabla 1. Límites recomendados de deformidad residual para la elección de manejo conservador.

Aunque el énfasis debe colocarse en obtener un eje lo más cercano al anatómico en el plano coronal, sin mal alineamiento rotacional, se considera una angulación aceptable aquella que no supere los 5-10° en cualquier plano (Tabla 1)⁶⁻⁷.

En el caso de fracturas desplazadas, debe comprobarse que exista al menos un 50% de contacto entre los fragmentos y un máximo de 1 cm de acortamiento.

El yeso para el tratamiento ortopédico de estas fracturas es una bota larga. Se instala comenzando por una bota de yeso bajo la rodilla, realizando un apoyo en 3 puntos para mantener la adecuada reducción, buscando prevenir la deformidad en varo cuando el peroné está indemne, y en valgo cuando se encuentra fracturado. La bota de yeso se completa una vez que se comprueba una reducción en eje adecuado de la fractura, agregando el segmento superior, con la rodilla en 20-40° de flexión. Esta posición es útil para el control rotacional de la fractura, relajar los músculos gastrocnemios y evitar que el paciente cargue peso en la extremidad⁸. El riesgo de angulación posterior se disminuye dejando el tobillo en posición de 15-20° de flexión plantar (Figura 2).

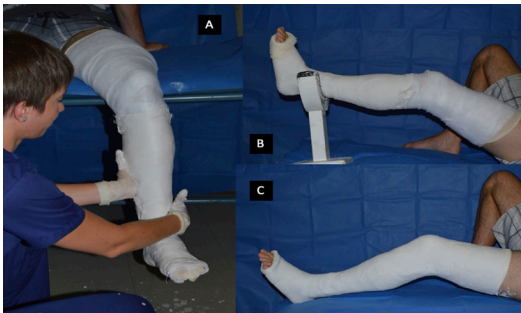


Figura 2. Instalación de bota larga de yeso. A) Moldeado del yeso bota corta para mantener reducción de la fractura. B) Una vez completada la bota corta, se procede a completar el yeso hasta el muslo. C) Bota larga de yeso con flexión de rodilla 20-40° y ligera flexión plantar del tobillo.

Si el yeso se instala en el período agudo del trauma, es importante dejar una apertura anterior para disminuir el riesgo de síndrome compartimental, causado por aumento de volumen de las partes blandas. En el caso de pacientes con riesgo aumentado de presentar esta complicación, se sugiere la hospitalización para observación, con la extremidad elevada y monitoreo neurovascular, incluso pudiendo diferir la instalación de la inmovilización definitiva.

Si el desplazamiento supera los parámetros aceptables, se realiza una reducción cerrada bajo anestesia o sedación, con una maniobra inversa a aquella que produjo la fractura. Se debe evaluar bajo fluoroscopia, buscando determinar una adecuada posición de los fragmentos previo a la instalación de la bota de yeso. Se debe considerar que en trauma de alta energía, con compromiso de tibia y peroné, la fractura de tibia suele ser muy inestable y de difícil reducción, con tendencia a la angulación posterior (ápex anterior) en el plano sagital.

Con el yeso bota larga, se indica al paciente evitar la carga por 3-4 semanas, tras lo cual se realiza el cambio a una bota de marcha, según la edad del paciente y con la presencia de

signos radiológicos de consolidación. Una vez que existe un callo óseo, se recomienda iniciar carga en forma progresiva, existiendo evidencia que el tiempo de consolidación para las fracturas de tibia se acorta con la carga temprana⁷⁻⁹. Se recomienda realizar control radiológico semanal durante las primeras 2-3 semanas luego de la reducción, para evaluar que no se haya producido desplazamiento o angulación no tolerada. Si existe una angulación mayor a 5° en el control, se recomienda realizar una reducción de la fractura o una yesotomía. Esta última puede realizarse durante las primeras 2 semanas del tratamiento, con una cuña de apertura o cierre, cuyo tamaño se determinará según la angulación a corregir.

Tratamiento quirúrgico.

Aunque su indicación es menos frecuente, es el tratamiento de elección para fracturas inestables, cuya reducción no se logra mantener con la inmovilización con yeso, o cuando se produce una pérdida de reducción que no es posible corregir con métodos ortopédicos. Este tratamiento también se recomienda para fracturas conminutas y con acortamiento importante, y aquellas que no permiten realizar un tratamiento ortopédico, en el contexto de politrauma, con alto riesgo de síndrome compartimental, una rodilla flotante o una lesión vascular. También está indicado el manejo quirúrgico en fracturas expuestas.

Las técnicas y métodos de osteosíntesis disponibles son múltiples, incluyendo la fijación percutánea con agujas de Kirschner, el enclavado endomedular elástico estable, el uso de sistemas de fijación externa y la fijación interna con placas. La elección de la técnica dependerá del rasgo de fractura, edad del paciente, madurez esquelética, existencia de lesiones asociadas y de la experiencia del cirujano. En pacientes menores, y con especial consideración en fracturas del tercio distal de la diáfisis tibial, se puede utilizar la fijación con agujas de Kirschner percutáneas asociadas a una bota larga de yeso con flexión de rodilla. (Figura 3).

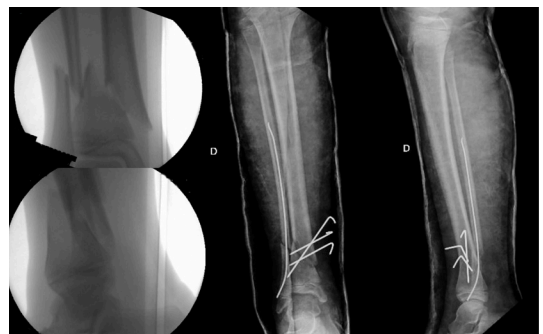


Figura 3. Fractura oblicua corta de tercio distal de pierna. El foco tibial se estabilizó con 3 agujas K percutáneas y se complementó con bota larga de yeso.

El enclavado endomedular con clavos elásticos de titanio o acero es la técnica más utilizada en fracturas diafisarias de tibia en niños y adolescentes. Es una técnica mínimamente invasiva, que evita dañar la fisis, y permite la movilización y carga precoz, lo que la convierte en una opción con excelentes resultados. Un punto importante para considerar es el riesgo de angulación coronal cuando la entrada de ambos clavos se realiza por un mismo lado, por lo que se recomienda realizar una entrada lateral y una medial. (Figura 4).

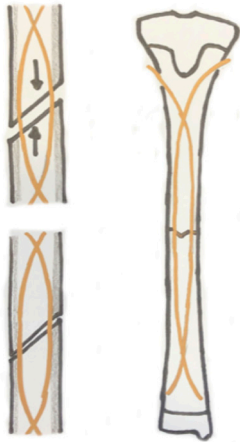


Figura 4. Configuración recomendada para el uso de clavos elásticos en fracturas de tibia, disposición en doble C con técnica anterógrada. La entrada se realiza en la parte anteriomedial y anteriorlateral de la cortical metafisaria proximal, 2 cm distal con respecto a la línea epifisaria proximal, junto a la tuberosidad de la tibia. Los clavos se deben moldear previo a su inserción para permitir que el ápex de la curva quede a la altura de la fractura ya que el mayor contacto con la cortical interna permite mejorar la estabilidad axial y traslacional.

La entrada de los clavos debe evitar dañar la fisis proximal y la apófisis de la tuberosidad anterior de la tibia, por el riesgo de alteraciones del crecimiento secundarias. En algunos casos, los pacientes tratados con esta técnica requieren alguna inmovilización adicional con bota corta de yeso, para apoyar la estabilidad de la reducción en el período inicial. Dentro de las complicaciones de la técnica de enclavado endomedular elástico estable se describe la migración de los clavos, y escasos casos de infección asociados a fracturas expuestas, así como las complicaciones propias de estas fracturas, como son las deformidades angulares residuales y los retardos de unión¹⁰. Las complicaciones son más frecuentes en pacientes mayores y adolescentes (Figura 5).

La estabilización de la fractura de tibia con fijadores externos tiene su principal indicación en el tratamiento de fracturas expuestas a este nivel, permitiendo el manejo de tejidos blandos adyacentes. Sin embargo, pueden ser una opción en las fracturas cerradas de alta energía, especialmente conminutas o

segmentarias, que comprometen la longitud de la tibia, y pueden asociar un importante compromiso de partes blandas. El fijador externo, en configuración monoplanar o multiplanar, puede ser utilizado como fijación definitiva o como estabilización inicial que luego puede ser convertida a otra técnica, habitualmente enclavado endomedular elástico estable. Dependiendo del tamaño y edad del paciente, la fijación externa puede ser suficientemente estable para permitir carga precoz, además de restablecer la longitud en fracturas complejas. Algunos sistemas permiten incluso la corrección gradual de defectos óseos y deformidades residuales. La complicación más frecuente de esta técnica es la infección del punto de entrada de los tornillos, pero se describe también mal unión, retardo de consolidación y refractura.

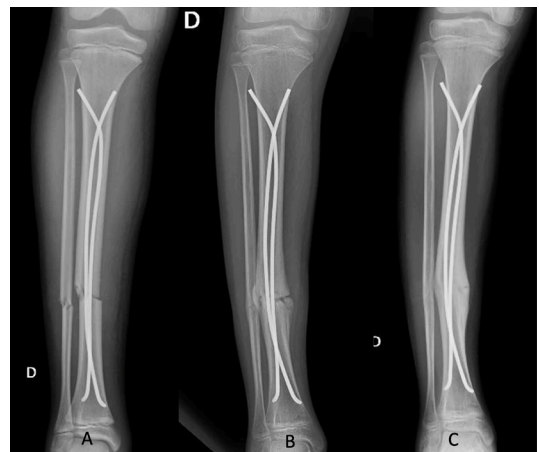


Figura 5. Radiografías de fractura inestable de pierna tratada con reducción cerrada y clavos endomedulares elásticos estables. A. Resultado post operatorio inmediato. B. Signos de retardo de consolidación a las 14 semanas de evolución usando bota corta removible. C. Fractura consolidada después de 4 semanas de uso de bota de marcha con carga.

El uso de osteosíntesis con placas en la diáfisis tibial en niños es poco frecuente debido a que la exposición del foco de fractura y el abordaje quirúrgico pueden disminuir la irrigación, aumentando el riesgo de retardo de consolidación y de no unión. Son útiles en fracturas conminutas y segmentarias de difícil contención con otros métodos (Figura 6). El desarrollo de técnicas mínimamente invasivas ha ampliado su uso para casos especiales.

Finalmente, los clavos endomedulares rígidos bloqueados tienen limitado uso, al no poder instalarse en una tibia con fisis abierta en la zona de entrada. Su uso se restringe a pacientes pediátricos con esqueleto maduro, sin mayor diferencia en su manejo que en un paciente adulto.

27.8 Fractura expuesta de pierna

En general, las fracturas expuestas de pierna son de mayor complejidad que las fracturas cerradas, con peor pronóstico. El riesgo de infección de estas lesiones varía entre 5-15%. El tiempo de consolidación es mayor que en las fracturas cerradas y depende del compromiso de las partes blandas, edad del paciente, rasgo de fractura, pérdida ósea y presencia de infección. El manejo de las partes blandas puede requerir colgajos o injertos, dependiendo de la severidad de las lesiones.

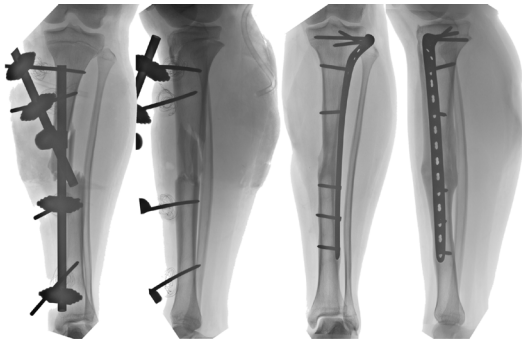


Figura 6. Fractura expuesta, segmentaria, diafisaria y fisaria proximal de tibia izquierda en un paciente de 14 años. Se estabilizó inicialmente con un fijador externo para el manejo tejidos blandos, y posterior fijación definitiva con placa con técnica MIPO.

En todas se debe realizar un tratamiento quirúrgico, independiente de la edad del paciente. Este consiste en un aseo quirúrgico, con adecuado desbridamiento de tejido necrótico. Además, se debe indicar la administración de tratamiento antibiótico profiláctico y profilaxis antitetánica de corresponder, de acuerdo con normativa. Tras completar el aseo quirúrgico, logrando un campo limpio, se procede a realizar la reducción de la fractura (cerrada o abierta, según sea necesario) y la fijación con la técnica quirúrgica elegida. La fijación externa es la más utilizada en fracturas con gran compromiso de partes blandas (Figura 7), mientras que el enclavado endomedular elástico estable se recomienda en aquellas con adecuada cobertura de partes blandas. En casos seleccionados es posible manejar estas fracturas con bota de yeso, realizando una “ventana” al yeso que permita el manejo de las partes blandas comprometidas.

La evidencia actual establece que la administración oportuna de antibióticos en estas fracturas es el factor más significativo para prevenir la infección asociada a una fractura expuesta, incluso que el tiempo transcurrido al aseo quirúrgico, por lo que no se debe retardar su administración¹¹.

27.9 Complicaciones

El síndrome compartimental en fracturas de pierna en población pediátrica es menos prevalente que en adultos, sin embargo, se reporta una incidencia de hasta en un 4% de las fracturas, lo que dependerá de la edad del paciente, tipo de fractura y mecanismo de lesión. Incluso se refiere que hasta en un 10% de los pacientes tendrían alteraciones al realizar medición de presión intracompartimental¹². El diagnóstico puede ser difícil de realizar, por lo que su sospecha es fundamental y los pacientes deben ser vigilados estrictamente para pesquisar signos en forma precoz. La presencia de ansiedad, agitación y el aumento en requerimientos de analgesia (conocido como las 3 “A”) pueden ser indicadores de la presencia de un síndrome compartimental en niños, con mejor sensibilidad que los signos utilizados en los pacientes adultos (palidez, dolor desproporcionado o a la movilización pasiva de los ortos, parestesia, paresia, ausencia de pulsos y poiquilothermia, conocidos como las 6 “P” por sus nombres en inglés)¹³. Si se presenta la sospecha diagnóstica, debe tratarse de inmediato, con fasciotomías de los compartimentos anterior, lateral, superficial y profundo ya que la isquemia producida puede llevar a lesiones musculares y nerviosas, con graves secuelas funcionales.



Figura 7. Fractura de pierna en paciente de 4 años, por accidente de tránsito. Se utilizó un fijador externo para el manejo de la fractura en contexto de paciente con politrauma (fractura de pelvis, fractura de ambos fémures y TEC, además de la fractura de pierna), como control de daño.

El retardo de consolidación es una complicación infrecuente en fracturas de baja energía, las que consolidan en un plazo de 8 a 12 semanas. Sin embargo, puede ocurrir en fracturas de alta energía, expuestas, desplazadas, con pérdida ósea, que se hayan infectado o que requirieron un fijador externo. En el caso del retardo de consolidación de una fractura de tibia sin fractura de peroné, puede realizarse una osteotomía del peroné, distal a la fractura, para permitir la compresión del foco de fractura tibial. Otra alternativa es el uso de injerto óseo en caso

de no uniones atróficas, que requieren aporte de celularidad, o la estabilización con placa o clavo endomedular en caso de requerir mejorar la estabilidad.

Las deformidades angulares secundarias a mal unión suelen ser secundarias a una reducción y/o estabilización inadecuada. Si bien existe remodelación angular en la tibia, su potencial es menor que en el fémur o en el antebrazo. Las angulaciones cercanas a la fisis o aquellas con ápex anterior, en varo y en un solo plano, tienen mejor capacidad de remodelar que aquellas con ápex posterior, en valgo o multiplanares. Los pacientes menores de 8 años tienen la capacidad de remodelar angulaciones de hasta 10° en el plano coronal o sagital, y los mayores de esa edad remodelan solamente hasta 5°. Se considera que las deformidades rotacionales no remodelan.

Las diferencias de longitud de extremidades inferiores se producen por aumento del crecimiento de la extremidad fracturada, y es más frecuente en pacientes menores de 10 años con fracturas conminutas o expuestas. Por este motivo se recomienda el seguimiento de estas fracturas por al menos 2 años para evidenciar alteraciones de ejes o de longitud, a pesar de que su incidencia es menor que en fracturas de la diáfisis femoral.

27.10 Mensaje final

El enfrentamiento y manejo de las fracturas diafisarias de la tibia en los pacientes pediátricos constituye un desafío para el especialista. Es imperativo tener el conocimiento de todos los factores que influyen en la evolución y pronóstico de estas lesiones, así como de las diferentes alternativas de tratamiento, sus ventajas, limitaciones y complicaciones posibles. No hay que perder de vista que la sola consolidación de la fractura no es el objetivo único del tratamiento, sino que debe velarse por la restitución del eje y longitud del esqueleto, así como de la indemnidad y función de las partes blandas de la extremidad comprometida.

27.11 Consejos de los autores

Tratamiento ortopédico: postura de bota de yeso.

- De preferencia utilizar yeso de París (no usar yeso plástico) ya que permite un mejor moldeado, abrir en forma lineal para disminuir el riesgo de compresión frente al aumento de volumen, y permite la realización de yesotomías posteriormente, en caso necesario.
- De ser posible, se debe colocar al paciente sentado en la camilla con la extremidad colgando, con buena analgesia, para relajar la musculatura alrededor de la fractura.
- Debe acolcharse con cuidado ambos maléolos, reforzando los extremos distal y proximal, además de la región anterior y posterior de la rodilla, para evitar zonas de lesión por compresión.
- En el primer tiempo se realiza la instalación del zapato de yeso que ayuda a alinear y reducir la fractura por efecto del peso, realizando el moldeado a nivel de los maléolos.
- Durante la instalación de la bota corta, segundo tiempo, se realiza la reducción definitiva de la fractura, por lo que el moldeado es fundamental y se debe considerar el apoyo en 3 puntos para contrarrestar el desplazamiento de la fractura. Recordar que la tibia es triangular, por lo que el moldeado debe tener esta forma en su cara anterior.
- Se debe mantener la posición de la reducción hasta el fraguado de la bota corta.
- Es importante realizar cortes en el borde proximal del yeso, para evitar compresiones circulares al continuar con el yeso hacia proximal.
- El tercer tiempo, completar la bota larga, se puede realizar en decúbito ya que la fractura está reducida.
- Si se considera necesario, se puede aumentar la resistencia por posterior con el uso de una valva a ese nivel.
- Es fundamental que se complete la bota larga con una flexión de la rodilla entre 20-40° para relajar la musculatura de la pantorrilla e isquiotibiales. Hay que tener precaución al sostener la región poplíteo de evitar una deformación del yeso que genere una compresión posterior.

Tratamiento ortopédico: corrección de ejes con yesotomía.

- Útil en angulaciones en un solo plano (especialmente varo-valgo), permitiendo corregir angulaciones entre 10-15°.
- La yesotomía de apertura tiene mejor resultado y predictibilidad (Figura 8).



Figura 8. Radiografías de pierna izquierda de un niño de 5 años, en quién se verifica desviación en varo, la que es corregida mediante yesotomía de apertura a nivel del foco de fractura.

- Se realizar en yesos de Paris, cerrados y secos.
- Su mayor rendimiento es cuando efectúa entre los 7-10 días desde la fractura, por la presencia de callo blando.
- Se ubica aproximadamente el foco de fractura y se realiza un corte hemicircunferencial con sierra en la mitad del perímetro opuesto al ápex de la angulación. Se procede a separar el yeso cortado, con un separador de yeso. Se instala una cuña de madera o plástico para mantener separación, cuidando que queden fijas y no migren hacia el interior del yeso. Se puede instalar algodón por dentro del yeso para reducir la posibilidad de que esto ocurra. Cerrar la yesotomía con yeso de Paris después de control radiológico inmediato satisfactorio.
- La magnitud de la abertura depende de la angulación de la fractura, pero se recomienda no superar los 2 centímetros.
- Asegurarse que no se produzca compresión sobre la piel en la zona del fulcro de la yesotomía (lado contralateral a la abertura). Especial cuidado en las correcciones de angulaciones en valgo, ya que el fulcro queda sobre tibia subcutánea. Para esto se puede hacer una “ventana” al yeso en la zona del fulcro, al día siguiente, para asegurarse que no hay compresión del yeso.
- Finalmente, este yeso debe ser sustituido por uno nuevo entre 7-10 días.

27.12 Referencias

1. Patel NK, Horstman J, Kuester V, Sambandam S, Mounasamy V. Pediatric Tibial Shaft Fractures. *Indian J Orthop.* 2018;52(5):522-528. doi:10.4103/ortho.IJOrtho_486_17
2. Mashru RP, Herman MJ, Pizzutillo PD. Tibial shaft fractures in children and adolescents. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13(5):345-352. doi:10.5435/00124635-200509000-00008
3. Berthold O, Frericks B, John T, Clemens V, Fegert JM, Moers AV. Abuse as a Cause of Childhood Fractures. *Dtsch Arztebl Int.* 2018;115(46):769-775. doi:10.3238/arztebl.2018.0769
4. Mooney J, Hennrikus W. Fractures of the shaft of the tibia and fibula. In: Flynn JM, Skaggs DL, Waters PM, editors. *Rockwood and Wilkins fractures in children.* 8th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2014. p 1874-932.
5. Raducha JE, Swarup I, Schachne JM, Cruz AI Jr, Fabricant PD. Tibial Shaft Fractures in Children and Adolescents. *JBJS Rev.* 2019;7(2):e4. doi:10.2106/JBJS.RVW.18.00047
6. Ho CA. Tibia Shaft Fractures in Adolescents: How and When Can They be Managed Successfully With Cast Treatment?. *J Pediatr Orthop.* 2016;36 Suppl 1:S15-S18. doi:10.1097/BPO.0000000000000762
7. Hogue, Grant D. MD; Wilkins, Kaye E. DVM, MD; Kim, Isaac S. MD Management of Pediatric Tibial Shaft Fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* 2019;27(20):769-778 doi: 10.5435/JAAOS-D-17-00819
8. Herman MJ, Martinek MA, Abzug JM. Complications of tibial eminence and diaphyseal fractures in children: prevention and treatment. *J Am Acad Orthop Surg.* 2014;22(11):730-741. doi:10.5435/JAAOS-22-11-730
9. Silva M, Eagan MJ, Wong MA, Dichter DH, Ebramzadeh E, Zions LE. A comparison of two approaches for the closed treatment of low-energy tibial fractures in children. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(20):1853-1860. doi:10.2106/JBJS.J.01728
10. Kinney MC, Nagle D, Bastrom T, Linn MS, Schwartz AK, Pennock AT. Operative Versus Conservative Management of Displaced Tibial Shaft Fracture in Adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2016;36(7):661-666. doi:10.1097/BPO.0000000000000532
11. Ibrahim T, Riaz M, Hegazy A, Erwin PJ, Tleyjeh IM. Delayed surgical debridement in pediatric open fractures: a systematic review and meta-analysis. *J Child Orthop.* 2014;8(2):135-141. doi:10.1007/s11832-014-0567-2
12. Shore BJ, Glotzbecker MP, Zurakowski D, Gelbard E, Hedequist DJ, Matheney TH. Acute compartment syndrome in children and teenagers with tibial shaft fractures: incidence and multivariable risk factors. *J Orthop Trauma.* 2013;27(11):616-621. doi:10.1097/BOT.0b013e31828f949c
13. Livingston KS, Glotzbecker MP, Shore BJ. Pediatric Acute Compartment Syndrome. *J Am Acad Orthop Surg.* 2017;25(5):358-364. doi:10.5435/JAAOS-D-15-00655



CAPITULO 28 - Fractura de Tobillo

Cristian Olmedo

Rodrigo Zuñiga

28. Fracturas de Tobillo

Las lesiones fisarias de tobillo son las segundas más frecuentes en la población infantil. Lesiones por mecanismos directos o indirectos, asociadas a práctica deportiva y el mal uso de trampolines. En adolescentes podemos encontrar lesiones similares al adulto o la presencia de lesiones sindesmales, donde la sospecha clínica es de suma importancia. La mayoría de las lesiones son de manejo conservador, dejando el tratamiento quirúrgico para situaciones específicas. Si estas lesiones se manejan adecuadamente se evitan las complicaciones a mediano y largo plazo (artrosis, desejes), siendo muy raras las complicaciones agudas.

28.1 Introducción

Las fracturas de tobillo en la población pediátrica representan el 5% de todas las fracturas en dicho grupo etario. Las lesiones fisarias de tibia distal y peroné corresponde entre un 25-38% de todas las lesiones fisarias, y están entre la segunda o tercera más frecuentes en la infancia, después de las de falanges y radio distal¹⁻³.

En general, en la infancia, las lesiones fisarias distales son más frecuentes que las fracturas de pierna en su 1/3 medio, y un alto porcentaje se producen en actividad deportiva^{2,3}, caídas de altura, o lesiones domésticas^{3,4}. El 58 % de las lesiones fisarias de tobillo ocurren durante la práctica deportiva. Las fracturas metafisarias de la tibia distal son escasamente descritas en epidemiología, y solo existen series inglesas, por Domzalski⁴, que describe que serían entre 0,35 y 0,45% del total de fracturas⁴. En nuestra práctica clínica, un 9% de las consultas fueron por accidentes en bicicleta y un 38% de las consultas fueron por trauma directo o indirecto en la extremidad inferior. Actualmente existe una tendencia en aumento de lesiones en tobillos la población pediátrica asociado al uso de trampolín o cama elástica, lesiones que pueden ser óseas o ligamentarias.

Las fracturas fisarias son más frecuentes en hombres que en mujeres (Figura 1). La distribución es similar por segmentos etarios, siendo más frecuente entre los 8 y los 15 años¹. El cierre fisario distal de la tibia se produce en forma asimétrica, desde la zona zona anteromedial, luego a posterior y finalizando su cierre en la zona anterolateral. Se describe el cierre total de esta fisis a los 16-17 años en hombres y 14-15 años en mujeres. Este cartílago fisario aporta entre un 30 -40% del crecimiento longitudinal de la tibia, en promedio 3 a 5 mm al año⁵, por lo que se debe realizar un adecuado control ante un crecimiento remanente importante tras una lesión traumática.

Las lesiones sindesmales de tobillo se asocian a población adolescente que practica deportes de impacto y/o con mecanismos torsionales, como el fútbol, o en aquellos con el tobillo fijo, como snowboard y ski². Se describen estas lesiones en hasta 1% de las lesiones de tobillo pediátricas⁶.



Figura 1. Radiografías de tobillo izquierdo de un niño de 13 años con una lesión fisaria Salter Harris tipo 2 de tibia distal.

La mayoría de las fracturas de tibia distal y pierna son de manejo ortopédico conservador^{7,8}. Sin embargo, en condiciones especiales, podría requerir tratamiento quirúrgico, como en los casos de fracturas expuestas, asociado a politraumatismos, lesión neurovascular, síndrome compartimental, lesión severa de partes blandas, conminución metafisaria adyacente la fisis, entre otras causas⁸⁻¹⁰.

28.2 Mecanismo de lesión

El mecanismo lesional lo encontramos en la clasificación de Dias – Tachdjian, que describe distintos tipos de rasgo y las fuerzas involucradas en ellos¹¹. Entrega importante información sobre las fuerzas deformantes, y por consiguiente a la forma de reducir la fractura. La primera parte del tipo incluye la posición del pie al momento de la lesión, mientras que la segunda parte corresponde al mecanismo lesional propiamente tal. Describe 4 tipos: A. Supinación – rotación externa, B. Pronación – eversión – rotación externa, C. Supinación – flexión plantar, y D. Supinación – inversión (Figura 2).

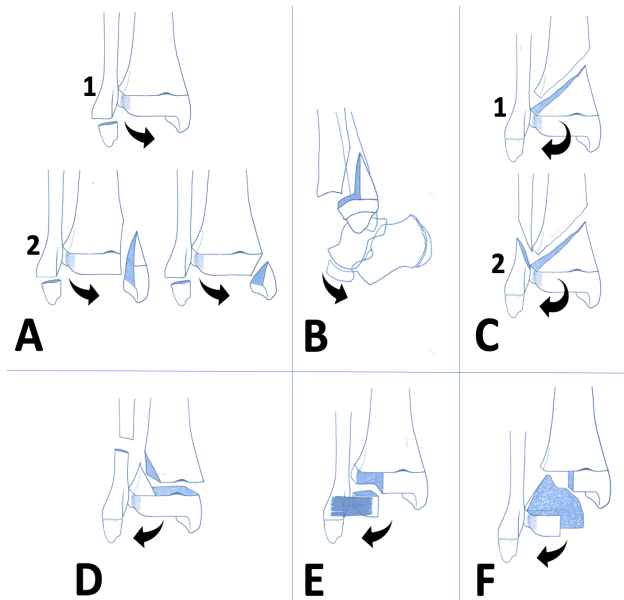


Figura 2. Clasificación de Días-Tachdjian, con sus 6 tipos. Por mecanismo de lesión: Tipo A, supinación-inversión, Tipo B, supinación-flexión plantar, Tipo C, supinación-rotación externa, y Tipo D, pronación-eversión. Además se refieren las fracturas transicionales, Tipo E, Salter-Harris III de epifisis distal tibial, y Tipo F, fractura triplanar.

Por otro lado, existen las lesiones de transición, dado el proceso de cierre fisario de la tibia distal, que serán tratadas en el capítulo de fracturas transicionales de este libro.

Acercándonos a la adolescencia, nos encontramos con fracturas con comportamiento similar a la de los adultos, con compromiso maleolar variable. También encontraremos lesiones sindesmiales en la población juvenil^{2,6}, donde la gran mayoría son estable, con mecanismos lesionales específicos, que nos deben poner en alerta, requiriendo un alto índice de sospecha para su estudio y tratamiento (Figura 3).



Figura 3. Fractura de peroné proximal (Maisonneuve) en un adolescente de 14 años, con lesión sindesmial que se evidencia en radiografía de stress por gravedad (A). Se realizó estabilización de la sindesmosis con sistema de botones y sutura (B).

28.3 Anatomía

La tibia distal presenta una configuración triangular, con su cara medial en directa relación con los tegumentos, su cara lateral convexa con una escotadura para el peroné mediante la cual se articula con éste, y una cara posterior.

El peroné distal, maléolo lateral o peroneo, es alargado y aplanado transversalmente. En su parte anterior es convexo, liso y subcutáneo. Siendo más largo y voluminoso que el maléolo medial.

Es importante recordar siempre la escasa cobertura de las partes blandas en la zona distal de la pierna, para la aplicación y cobertura de osteosíntesis¹⁷.

Las fuerzas de carga son principalmente soportadas por la tibia, ya que el peroné aporta con aproximadamente una sexta parte de esta resistencia¹⁸⁻²⁰.

El núcleo de osificación de la tibia distal aparece entre los 6-24 meses. La fisis comienza a cerrarse alrededor de los 15 años, en un proceso que dura aproximadamente 18 meses. El peroné distal presenta un núcleo de osificación que aparece entre los 9-24 meses, localizando la fisis a nivel de la articulación, y su cierre suele ser antecedente al de la tibia en 12-24 meses¹.

La articulación tibio-peroneo-astragalina es sinovial tipo tróclea, permitiendo movimientos de flexión plantar y dorsal del astrágalo, entre los dos maléolos. La fisis distal de la tibia es extraarticular. Además, presenta una sindesmosis o articulación tibio-peronea, sujeta transversalmente por los ligamentos tibio-peroneo anteroinferior (que juega un rol importante en las fracturas transicionales), postero-inferior, por la membrana interósea, el ligamento interóseo y el ligamento tibio fibular transverso, que en conjunto proporcionan estabilidad. La sindesmosis se continúa en forma proximal con la membrana interósea¹⁸⁻²¹. La membrana interósea presenta una unión elástica entre la tibia y el peroné, a su vez proporciona lugar para la inserción de los músculos largos del pie.

Existen múltiples estudios que muestran que el aumento post-traumático del espacio sindesmal conlleva peores resultados, como a su vez que el incremento de 1 mm de este espacio lleva a un aumento de la presión de contacto articular de un 50%¹⁸.

El cartilago articular es relativamente delgado, por lo cual defectos y escalones articulares pueden producir artrosis posttraumática en el mediano y largo plazo¹⁹.

La faceta articular de la tibia distal (Plafond) tiene aproximadamente 3° de valgo. La mortaja presenta 20°-30° de rotación externa con respecto a la rodilla¹⁸.

En relación a los ligamentos, se pueden describir las siguientes características propias de cada uno de ellos. El peroneo-astragalino anterior es el más frecuentemente lesionado y juega un rol fundamental en limitar el desplazamiento anterior del talo y la flexión plantar del tobillo. El calcáneo-peroneo es el único ligamento que hace un puente entre las articulaciones talo-crural y subtalar. Presenta inserciones en el eje de rotación lo cual permite movimientos de flexo extensión de la articulación talo-crural. Dado que une dos articulaciones, este ligamento permite movimientos de la articulación subtalar. El ligamento peroneo-astragalino posterior está relajado en flexión plantar y en neutro, y se tensa en la dorsiflexión. El ligamento intermaleolar posterior se tensa durante la dorsiflexión y se relaja durante la flexión plantar. Esto hace que fuerzas excesivas de dorsiflexión puedan producir su rotura, o lesiones osteocondrales por avulsión. En el caso de la flexión plantar, se podría observar un pinzamiento entre el talo y la tibia, por la posición de relajo de este. Por último, el complejo medial o “spring-deltóideo”, está compuesto por fibras superficiales y profundas; 6 bandas, 3 constantes (ligamento de “spring”, tibio-navicular y tibio-talar profundo), y 3 variables (tibio-talar posterior superficial, tibio-calcáneo y tibio-talar anterior profunda)²¹.

28.4 Diagnóstico

El diagnóstico de la mayoría de las lesiones es clínico y radiológico. En la clínica encontraremos formas variables de presentación³, incluyendo: impotencia funcional (el paciente que cojea o no apoya), aumento de volumen local, dolor, deformidad, exposición ósea, derrame articular, sensación de inestabilidad, lesión de partes blandas e incluso compromiso neurovascular.

Es importante siempre evaluar los pulsos distales (tibial posterior y pedio), registrando su presencia, observar la perfusión de los ortijos (debiendo ser <2 segundos el llene tras la compresión), la sensibilidad de los territorios distales, y la movilidad de los ortijos.

Las lesiones sindesmales pueden acompañarse de dolor localizado en la sindesmosis, dolor con la rotación activa y pasiva externa del pie, y dolor con la dorsiflexión forzada. Los test especiales para su evaluación son el “squeeze-test”, el test de rotación externa, el test de peloteo del peroné (o traslación), el test de Cotton y el test de la pierna cruzada. Alrededor de un 20% de las lesiones sindesmales no se detectan en el examen clínico².

Los criterios de Ottawa para la indicación de un estudio radiológico en urgencias, con alta sensibilidad en población adulta, no se pueden aplicar con la misma sensibilidad en la población pediátrica^{21,22}, por lo que si existe la sospecha de lesión, es recomendable pedir un set radiográfico básico, especialmente en menores de 10 años.



Figura 4. Proyecciones anteroposterior (A), mortaja (B) y lateral (C) del tobillo izquierdo de una niña de 10 años, con una fractura tipo Dias-Tachdjian B.

Las proyecciones radiográficas anteroposterior (AP), lateral y mortaja tibiofibular de tobillo (Figura 4) nos ayudarán a valorar la ubicación de la fractura (metafisaria, fisaria, epifisaria), el tipo de rasgo de fractura (completo o incompleto), la ca-

racterística del rasgo de fractura (oblicuo, transverso, espiroídeo, conminuto), la presencia de compromiso intra-articular, y las avulsiones óseas³. Es importante evaluar la apertura del espacio claro medial, y el traslape tibioperoneo (disminución o diástasis propiamente tal).

Una radiografía comparativa, en carga o estrés, se reserva para aquellos pacientes en los cuales se sospeche un compromiso ligamentario, principalmente sindesmal, recordando que el espacio claro medial y la sobreposición tibia peroné varía con la edad, siendo igual al adulto sobre los 14 años. Tener en cuenta que la radiografía en estrés por gravedad nos permite evaluar la indemnidad del complejo ligamentoso medial del tobillo³. La tomografía axial computada (TAC) se recomienda cuando existe compromiso articular (Figura 5), o cuando el rasgo de fractura es complejo (ej. triplanar extraarticular o conminución metafisaria). Permite realizar una mejor planificación preoperatoria^{3,24}. El TAC con carga, examen disponible recientemente, permitiría evaluar mejor las inestabilidades sindesmales, deseos y compromisos articulares asimétricos.



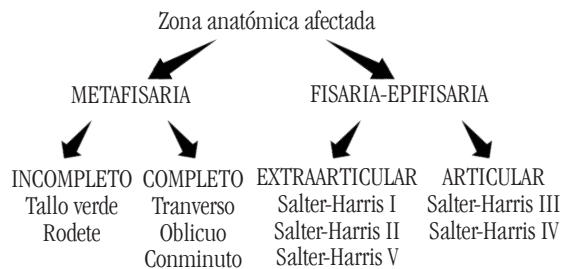
Figura 5. Radiografía de tobillo izquierdo de un niño de 13 años (A), con una fractura en que se sospechó compromiso articular, siendo descartado con TAC (B), el que muestra una fractura Dias-Tachdjian B.

El aporte de la resonancia magnética (RM) en el estudio inicial no es muy relevante, excepto con fines académicos. Sí se vuelve imprescindible en la evaluación posterior a la consolidación de la fractura, para el diagnóstico diferencial en un tobillo que persiste doloroso, cuando sospechamos la presencia de una barra fisaria, o para el diagnóstico de certeza de lesiones sindesmales.

28.5 Clasificación

Las clasificaciones de las fracturas de pierna distal y tobillo, clásicamente se dividen por segmento anatómico o por mecanismo lesional.

La clasificación anatómica será la inicial y permitirá entendernos para luego subdividirla en adelante. Podemos subdividir, la zona metafisaria, con respecto al tipo de rasgo de fractura y la zona epifisaria, que se clasificará con respecto a las disyunciones fracturas, según Salter – Harris (Esquema 1).



Esquema 1. Clasificación anatómica de las fracturas de tobillo.

Se consideran lesiones metafisarias, definidas por la AO como el cuadrado formado por las líneas de igual medidas basadas en la longitud de las fisas de la tibia y peroné distal^{4,12}. Lo relevante de esta ubicación, es el tipo de rasgo de fractura, dado las implicancias en su estabilidad. Las lesiones fisarias se clasifican según Salter y Harris (SH), siendo la más prevalente la disyunción fractura SH II^{11,13}. No se debe olvidar la avulsión del anillo pericondral de la tibia distal, o SH IV¹⁴. Por último, las lesiones epifisarias están principalmente dadas por las fracturas avulsivas de peroné y/o maléolo medial en pacientes pediátricos. Hay que tener en cuenta que los rasgos metafisarios clásicos deben hacer sospechar lesiones no accidentales (LNA)^{15,16}, siendo su presentación clásica en la zona medial metafisaria de la tibia.

Como ya vimos, el mecanismo lesional se consigna en la clasificación de Dias-Tachdjian. La clasificación de fracturas pediátricas de AO trauma intenta describir por segmento y agrupar las previas.

En la edad adolescente – juvenil se aproximan a las clasificaciones de adulto, pudiendo encontrar fracturas unimaleolares (medial o lateral), bimaleolares, trimaleolares, y con lesión sindesmal. Podemos también dividir a las fracturas de tobillo de acuerdo a la edad de prevalencia, lo que ayuda a orientar el diagnóstico (Tabla 1).

28.6 Tratamiento

Las fracturas metafisarias distales se asocian habitualmente a dos patrones descritos en la literatura: recurvatum combinado con valgo, y procurvatum asociado a varo⁴. En estas fracturas se encuentra la fractura de Gillespie, que corresponde a una fractura en tallo verde de la tibia con la cortical posterior completa, que debe inmovilizarse en equino para evitar el aumento de la angulación.

| EDAD | TIPO DE FRACTURA |
|-------------|---|
| <1 año | Lesiones metafisarias sospechosas de maltrato |
| <5 años | Incompletas, disyunción/fractura de peroné aislado, metafisaria completa, Gillespie |
| >5 años | Completas, Lesión de núcleo de osificación medial o del peroné |
| Adolescente | Transicionales, avulsivas, maleolares, lesiones sindesmales |

Tabla 1. Prevalencia de lesiones de tobillo según edad del paciente.

El manejo ortopédico con inmovilización está indicado para fracturas no desplazadas en la evaluación inicial y en el seguimiento a corto plazo (primeras 2 semanas). Esto se puede realizar indistintamente con inmovilizaciones removibles o yesos cerrados bota corta, dependiendo de la adherencia del paciente y/o su familia.

Se puede realizar el tratamiento con una reducción cerrada y yeso bota larga inicial en fracturas desplazadas inestables que mantienen la reducción dentro del yeso. Aquí es muy relevante el control semanal por las primeras 2 semanas para evaluar su adecuada contención. En fracturas estables posterior a su reducción se puede usar un yeso bota corta, contraindicando la carga por 3 semanas para no perder la reducción.

La reducción cerrada se pueden realizar en sala de urgencia bajo sedación, o en pabellón quirúrgico, según la preferencia del tratante, siendo muy relevante obtener un control radiográfico inmediato para asegurar que el yeso fue instalado con una buena técnica, y que la fractura se encuentra bien reducida y contenida en el yeso (Figura 6). Si no es posible lograr una reducción cerrada estable, se debe considerar que hay periostio atrapado, especialmente en las lesiones metafisarias.

Los desplazamientos fisarios >3 mm (sobre todo si hay un remanente de crecimiento mayor a 3 años), defectos articulares >2 mm, y cualquier escalón articular, requieren de tratamiento quirúrgico mediante reducción cerrada y/o abierta de estos, para así asegurar adecuados resultados a mediano y largo plazo^{5,11}.



Figura 6. Radiografía de tobillo de una niña de 10 años, con una fractura reducida bajo sedación. Se verifica posteriormente su reducción estable, bien contenida en un yeso bota corta.

Las lesiones epifisarias articulares requieren una reducción articular anatómica, sin escalones (ejemplo lesiones fisarias mediales de la tibia SH II o IV). Para la fijación consideramos el uso de tornillos canulados o agujas. Utilizamos tornillos cuando tenemos un fragmento de Thurston Holland importante. Cuando es pequeño usamos agujas de Kirschner cruzadas. En relación a las fracturas con componente epifisario (SH III y SH IV) usamos tornillos que respeten la fisis y vayan idealmente paralelos a ella.



Figura 7. Radiografías de tobillo de un adolescente de 14 años con fractura unimaleolar de peroné, donde radiografía con stress por gravedad (A) demuestra inestabilidad, por lo que se realiza tratamiento quirúrgico (B).

En general la reducción del peroné se logra con la reducción de la tibia en las lesiones fisarias de tibia distal, siendo muy inhabitual tener que usar osteosíntesis en el peroné.

Distinto es el caso cuando abordamos el manejo de fracturas con fisis cerrada o casi cerrada en adolescentes, donde el largo fibular y la congruencia articular son muy relevantes, muy importante el concepto de estabilidad en este grupo etario, lo cual se puede demostrar con radiografías con carga/stress en fracturas unimaleolares (Figura 7). Fracturas bi o trimaleolares o con compromiso sindesmal se consideran inestables y de resolución quirúrgica con reducción y osteosíntesis abierta.

28.7 Complicaciones

En relación a las fracturas fisarias de tobillo, se reporta el cierre prematuro de la fisis en alrededor de 12,6%, según un reciente meta-análisis⁵. En otros estudios, la incidencia es variable, desde 17-60%^{11,13}.

Otras complicaciones que se describen son la deformidad secundaria post-fractura o mal unión^{3,13}, la formación de una sinostosis tibio-peronea distal^{4,26}, la complicación de heridas superficiales, incluso con infección profunda secundaria³, la no unión³ y la artrosis postraumática³. Todas estas se asocian principalmente a la persistencia de escalones articulares o mal unión no tratada, que determinan alteraciones de eje del tobillo. Es importante determinar las inestabilidades sindesmales o ligamentarias asociadas, o la presencia de lesiones osteocondrales, ya que el diagnóstico no oportuno se relaciona con el desarrollo de artrosis postraumática.

El síndrome compartimental, es una entidad rara en las fracturas de tobillo, pero se debe tener en cuenta³. Es importante reconocer el “Síndrome del retináculo extensor”, con la clínica de dolor importante en el dorso del pie, hipoestesia del primer espacio interdigital y dolor a la extensión del hallux y/o orjejos menores²⁷.

28.8 Mensaje final

Los niños y adolescentes serán adultos posteriormente, por lo cual necesitan una articulación del tobillo congruente para no tener degeneración articular al mediano y largo plazo. Por esto es responsabilidad del médico tratante realizar una correcta evaluación y tratamiento de lesiones en estos pacientes, teniendo alto índice de sospecha en lesiones sindesmales inestables, logrando congruencia articular en todas las fracturas de tobillo, y comprendiendo las bases para el adecuado manejo de las lesiones fisarias, con el objetivo de no tener deseos futuros cuando aún hay crecimiento remanente.

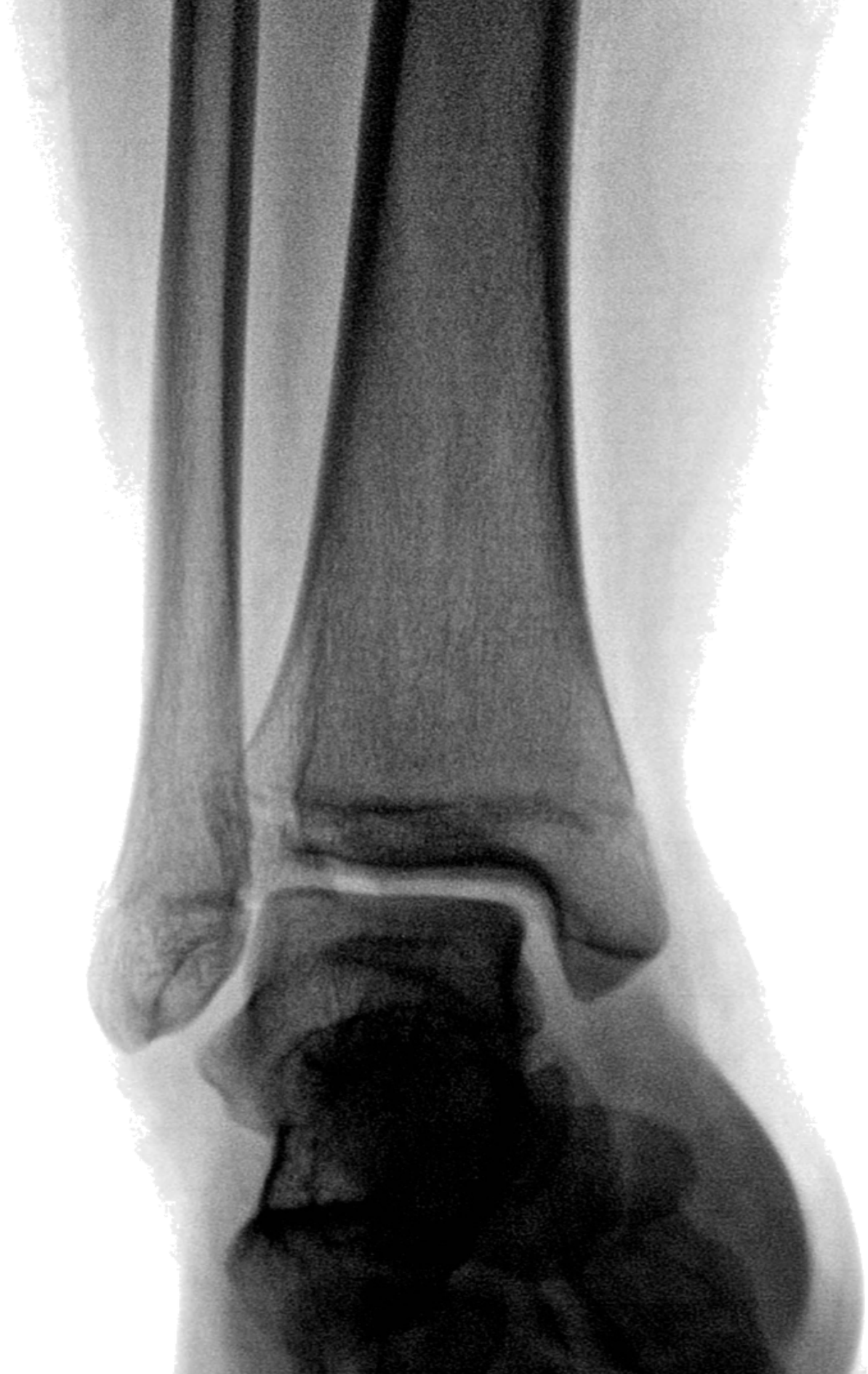
28.9 Consejos de los autores

- Las fracturas de tobillo son frecuentes en población pediátrica, siendo la mayoría de ellas son de tratamiento conservador.
- Determinar manejo quirúrgico realizando un estudio acabado. No se debe tolerar escalones articulares.
- En adolescentes se debe tener una alta sospecha de lesiones sindesmales.
- Recuerde que la congruencia articular y de la mortaja son claves para un buen resultado.

28.10 Referencias

1. Flynn JM, Skaggs DL, Waters PM. Rockwood & Wilkins fractures in children. 8th Edition. Wolters Kluwer. 2014.
2. Shore BJ, Kramer DE. Management of Syndesmotic Ankle Injuries in Children and Adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2016;36 Suppl 1:S11-S14. doi:10.1097/BPO.0000000000000767
3. Olgun ZD, Maestre S. Management of Pediatric Ankle Fractures. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2018;11(3):475-484. doi:10.1007/s12178-018-9510-3
4. Domzalski ME, Lipton GE, Lee D, Guille JT. Fractures of the distal tibial metaphysis in children: patterns of injury and results of treatment. *J Pediatr Orthop.* 2006;26(2):171-176. doi:10.1097/01.bpo.0000218523.82996.76

5. Jalkanen J, Sinikumpu JJ, Puhakka J, et al. Physeal Fractures of Distal Tibia: A Systematic Review and Meta-analysis [published online ahead of print, 2021 Apr 12]. *J Pediatr Orthop*. 2021;10.1097/BPO.0000000000001833. doi:10.1097/BPO.0000000000001833
6. Kramer DE, Cleary MX, Miller PE, Yen YM, Shore BJ. Syndesmosis injuries in the pediatric and adolescent athlete: an analysis of risk factors related to operative intervention. *J Child Orthop*. 2017;11(1):57-63. doi:10.1302/1863-2548.11.160180
7. Bauer J, Hirzinger C, Metzger R. Quadruple ESIN (Elastic Stable Intramedullary Nailing): Modified Treatment in Pediatric Distal Tibial Fractures. *J Pediatr Orthop*. 2017;37(2):e100-e103. doi:10.1097/BPO.0000000000000705
8. Özkul E, Gem M, Arslan H, Alemdar C, Azboy, Arslan SG. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis in Open Pediatric Tibial Fractures. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(4):416-422. doi:10.1097/BPO.0000000000000451
9. Iobst CA. Hexapod External Fixation of Tibia Fractures in Children. *J Pediatr Orthop*. 2016;36 Suppl 1:S24-S28. doi:10.1097/BPO.0000000000000764
10. Rogers GP, Tan HB, Foster P, Harwood P. Complex Tibial Shaft Fractures in Children Involving the Distal Physis Managed with the Ilizarov Method. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2019;14(1):20-24. doi:10.5005/jp-journals-10080-1421.
11. Wuerz TH, Gurd DP. Pediatric physeal ankle fracture. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21(4):234-244. doi:10.5435/JAAOS-21-04-234
12. Audigé L, Slongo T, Lutz N, Blumenthal A, Joeris A. The AO Pediatric Comprehensive Classification of Long Bone Fractures (PCCF). *Acta Orthop*. 2017;88(2):133-139. doi:10.1080/17453674.2016.1258534
13. Cai H, Wang Z, Cai H. Surgical indications for distal tibial epiphyseal fractures in children. *Orthopedics*. 2015;38(3):e189-e195. doi:10.3928/01477447-20150305-55
14. Masquijo JJ, Lanfranchi L, Allende V. Fracturas fisarias Salter-Harris VI de tobillo y pie. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* [Internet]. 2015;80(2):104-12. Available from: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-74342015000200006&lng=es&nrm=iso
15. Adamsbaum C, De Boissieu P, Teglas JP, Rey-Salmon C. Classic Metaphyseal Lesions among Victims of Abuse. *J Pediatr*. 2019;209:154-159.e2. doi:10.1016/j.jpeds.2019.02.013
16. Tsai A, Johnston PR, Perez-Rossello JM, Breen MA, Kleinman PK. The distal tibial classic metaphyseal lesion: medial versus lateral cortical injury. *Pediatr Radiol*. 2018;48(7):973-978. doi:10.1007/s00247-018-4103-2
17. Rouvière H. Anatomía Humana Tomo III Miembros. Vol. 53, *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2013. 1689-1699 p.
18. DiGiovanni C, Greisberg J. *Core Knowledge in Orthopedics: Foot and Ankle*. 1st Edition. Elsevier. 2007. doi:10.1177/1938640008324663.
19. Gau CC, Yao TC, Gan ST, et al. Age, gender, height and weight in relation to joint cartilage thickness among school-aged children from ultrasonographic measurement. *Pediatric Rheumatology Online Journal*. 2021 May;19(1):71. doi:10.1186/s12969-021-00554-w.
20. Lippert H. anatomía. Estructura y morfología del cuerpo humano. 4ta Edición. Marbán. 2002.
21. Golanó P, Vega J, de Leeuw PA, et al. Anatomy of the ankle ligaments: a pictorial essay. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18(5):557-569. doi:10.1007/s00167-010-1100-x
22. Ellenbogen AL, Rice AL, Vyas P. Retrospective comparison of the Low Risk Ankle Rules and the Ottawa Ankle Rules in a pediatric population. *Am J Emerg Med*. 2017;35(9):1262-1265. doi:10.1016/j.ajem.2017.03.058
23. Clark KD, Tanner S. Evaluation of the Ottawa ankle rules in children. *Pediatr Emerg Care*. 2003;19(2):73-78. doi:10.1097/00006565-200304000-00003
24. Thawrani D, Kuester V, Gabos PG, et al. Reliability and necessity of computerized tomography in distal tibial physeal injuries. *J Pediatr Orthop*. 2011;31(7):745-750. doi:10.1097/BPO.0b013e31822d385f
25. Chaturvedi A, Mann L, Cain U, Chaturvedi A, Klionsky NB. Acute Fractures and Dislocations of the Ankle and Foot in Children. *Radiographics*. 2020;40(3):754-774. doi:10.1148/rg.2020190154
26. Jung ST, Wang SI, Moon YJ, Mubarak SJ, Kim JR. Posttraumatic Tibiofibular Synostosis After Treatment of Distal Tibiofibular Fractures in Children. *J Pediatr Orthop*. 2017;37(8):532-536. doi:10.1097/BPO.0000000000000708
27. Mubarak SJ. Extensor retinaculum syndrome of the ankle after injury to the distal tibial physis. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84(1):11-14. doi:10.1302/0301-620x.84b1.11800



CAPITULO 29 - Fracturas Transicionales de Tobillo

Pablo Echenique
Pablo Wagner

29. Fracturas transicionales de tobillo

Las fracturas transicionales de tobillo son lesiones de la fisis distal de la tibia que ocurren en niños y adolescentes de 10-17 años, en quienes se ha iniciado el cierre fisario. En este período, la fisis se osifica en un orden predecible, provocando fracturas con características especiales, atribuibles al cierre fisario incompleto.

29.1 Epidemiología

Las lesiones traumáticas de tobillo son comunes en los pacientes pediátricos (1/1000 al año), y están en segundo lugar después de las lesiones en la mano y la muñeca en los pacientes de 10-15 años. Las fracturas de tobillo ocurren con el doble de frecuencia en los varones, y representan el 5% de todas las fracturas pediátricas, y el 9%-18% de todas las lesiones fisarias. Las fracturas triplanares representan específicamente del 5%-15% de las fracturas de tobillo pediátricas, y ocurren en adolescentes con una edad promedio de 13 años y un rango de 10-17 años¹. Las fracturas de Tillaux representan el 2.9% de las fracturas fisarias de la tibia distal.

29.2 Fisiopatología

El crecimiento esquelético de la tibia distal continúa hasta los 16 años en los varones y los 14 años en las mujeres. El cierre de la fisis distal de la tibia ocurre en un patrón, ampliamente descrito en la literatura, comenzando en el centro de la fisis y progresando hacia anteromedial, luego hacia posteromedial y finalmente hacia lateral (Figura 1).

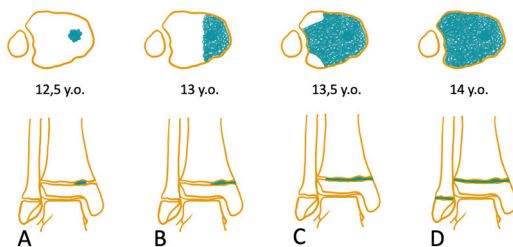


Figura 1. Patrón de cierre de la fisis distal de la tibia. El inicio del cierre es en la zona centro medial (A), continuando hacia cierre de zona medial (B), posteriormente avanzando a lateral (C), y terminando en las zonas antero lateral y anteromedial.

Una vez que comienza el cierre de la fisis de la tibia distal, hay un período de transición de 18-20 meses en el que es incompleto. Las porciones no fusionadas de la fisis del tobillo tienen un riesgo mayor de fractura durante este período de cierre incompleto de la placa de crecimiento, dando origen a las llamadas fracturas de transición. Las fracturas triplanares ocurren al inicio de este período, mientras que las fracturas de Tillaux juvenil se presentan más cercanas al término del cierre fisario.



Figura 2. Radiografía evidenciando fractura triplanar de tobillo. En proyección anteroposterior se aprecia rasgo epifisario sagital, y en la proyección lateral se aprecia el rasgo metafisario coronal.

Las fracturas triplanares de tobillo son lesiones traumáticas complejas, que involucran la metafisis, la fisis y la epifisis. El término "triplanar" se refiere a la orientación tridimensional de las líneas de fractura en la tibia distal, y representa un desafío diagnóstico. El rasgo de fractura a nivel de la epifisis es en el plano sagital, y es visible radiográficamente en la proyección anteroposterior de tobillo (AP). El rasgo de fractura a nivel de la metafisis es en el plano coronal, en su zona posterior, y se observa en la proyección lateral de tobillo (Figura 2). El rasgo de fractura compromete una porción de la fisis en el plano axial, otorgando el tercer plano.

Las fracturas de Tillaux juvenil comprometen sólo la epífisis lateral de la tibia distal. Estas ocurren cuando la fisis medial ya está cerrada, tras un mecanismo forzado de rotación externa del pie, con o sin abducción asociada. Consecuencia de este movimiento, los ligamentos sindesmales tibiofibulares (en su segmento distal anterior) causan el arrancamiento de este segmento epifisario, generando una fractura Salter Harris IV² (Figura 3).



Figura 3. Fractura de Tillaux juvenil. En las proyecciones anteroposterior y oblicua (mortaja) se aprecia el rasgo epifisario sagital, con escalón articular.

29.3 Diagnóstico

Los pacientes adolescentes generalmente refieren una torsión del tobillo, que puede ser por mecanismos de baja o alta energía durante una actividad deportiva, caídas de distinto nivel y accidentes de tránsito. Se presenta con dolor en el tobillo e incapacidad para cargar el peso. El mecanismo informado suele ser una fuerza de supinación y rotación externa, asociado o no a compresión axial, lo que explica las fracturas triplanares y las tipo Tillaux juvenil, que son las más comunes de las fracturas transicionales, ya que la fisis lateral es la zona más débil del segmento, la última en completar su cierre, y el punto de inserción del resistente ligamento tibiofibular anteroinferior (LTFA). Las fracturas triplanares mediales son poco frecuentes y ocurren como consecuencia de una fuerza de aducción y/o rotación interna.

Al exámen clínico se observa edema y/o equimosis. Los pacientes presentan dolor a la palpación directa de la fisis, circunferencialmente. Rara vez se aprecia inestabilidad articular o deformidad evidente, pero puede ocurrir en lesiones graves. Se debe realizar y documentar un examen neurovascular completo para descartar lesiones asociadas⁴.

Las fracturas triplanares de tobillo a menudo se subestiman con el solo análisis de las radiografías, ya que cada proyección solo revela una única línea de fractura. El conjunto de proyecciones radiológicas (anteroposterior -AP-, mortaja y lateral de

tobillo) son esenciales en su diagnóstico. La proyección AP de tobillo, y mejor aún, la proyección de mortaja de tobillo, revelan la línea de fractura sagital en la epífisis (Salter-Harris III) y es la clave para confirmar la sospecha diagnóstica. La proyección lateral de tobillo muestra la línea de fractura coronal a nivel de la metafisis en su porción posterior (Salter-Harris II). El rasgo de fractura que pasa por la fisis en el plano axial (Salter-Harris Tipo I) será más evidente en las radiografías a mayor grado de desplazamiento. Por el compromiso de metafisis, fisis y epífisis se podrían clasificar como una variante de lesiones Salter-Harris IV, sin embargo por su complicada y variada configuración es mejor tratarlas como una entidad clínica diferente⁵. Es de destacar que la rara fractura triplanar medial se diferencia de la lesión lateral, en que la fractura metafisaria se produce en el plano sagital y la lesión de la epífisis es más medial y de orientación coronal, pudiendo o no comprometer el cartilago articular en el maléolo medial (Figura 4)⁶.

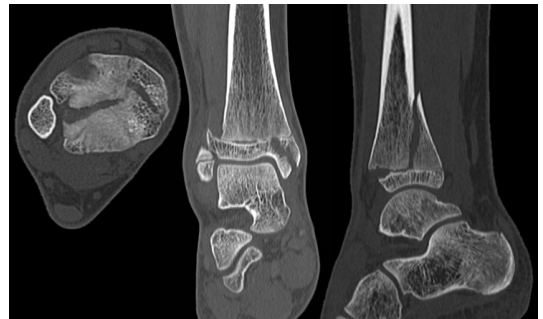


Figura 4. Tomografía computada de tobillo derecho que demuestra una fractura triplanar medial, sin compromiso articular en el plano sagital.

Las fracturas tipo Tillaux juvenil habitualmente se ven en las radiografías, siendo la proyección oblicua de tobillo la de mayor utilidad⁷, pero se recomienda evaluar con tomografía computada (TAC) el desplazamiento a nivel articular (Figura 5)⁸.

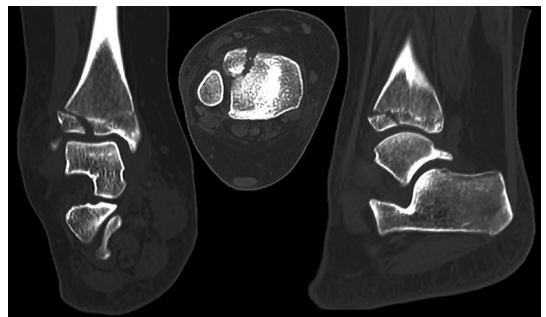


Figura 5. Tomografía computada de tobillo derecho de una niña de 14 años, evidenciando el desplazamiento intraarticular de una fractura tipo Tillaux juvenil, con gap articular significativo.

La TAC, si bien no es fundamental para todos los casos de fracturas triplanares, es una gran herramienta para evaluar el patrón exacto de fractura, permitiendo mejorar la clasificación según el número de partes o fragmentos. También permite determinar el grado de desplazamiento articular, lo que puede apoyar la necesidad de resolución quirúrgica. Puede también cambiar la conducta terapéutica, tanto previa o posterior a una reducción ortopédica, ayudando a determinar acertadamente el punto de inserción y trayectoria de los tornillos de osteosíntesis, según la configuración tridimensional de la lesión (Figura 6)^{9,10}



Figura 6. Radiografías de tobillo derecho que demuestra fractura triplanar. EL estudio preoperatorio con tomografía computada permite ubicar la posición ideal de osteosíntesis para cerrar los rasgos de fractura.

29.4 Clasificación

Las fracturas triplanares de tobillo se clasifican según el número de fragmentos y según el patrón de la lesión.

Según el número de partes o fragmentos podemos tener: 2 partes (epífisis anterolateral y posterior, epífisis anteromedial), 3 partes (epífisis anterolateral, epífisis posterior, epífisis anteromedial) y 4 partes (conminuta) (Figura 7).

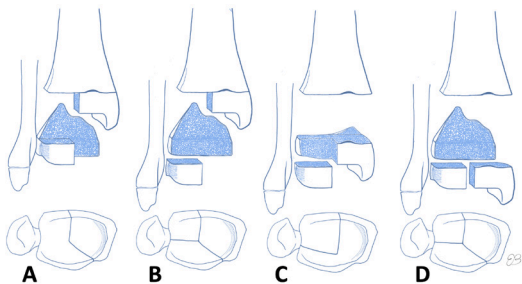


Figura 7. Tipos de fractura triplanar en base al número de fragmentos: 2 partes (A), 3 partes (B-C), 4 partes (D).¹⁸

De acuerdo al patrón del rasgo de fracturas, se dividen en: lateral, medio e intramaleolar. El patrón lateral es el más común, con un rasgo de fractura epifisario en el plano sagital, fisario en el plano axial y metafisario en el plano coronal. El patrón medio presenta un rasgo epifisario en el plano coronal, fisario en el plano axial y metafisario en el plano sagital. Finalmente, el patrón intramaleolar puede tener 3 tipos: Tipo I, intra-articular que afecta la superficie de carga; Tipo II intra-articular que no afecta la superficie de carga; y Tipo III, extra-articular.

29.5 Tratamiento

El tratamiento de las fracturas de tobillo triplanares depende del grado de desplazamiento de los fragmentos de la fractura, especialmente del desplazamiento articular visualizado en la TAC. Las lesiones no desplazadas o mínimamente desplazadas (menos de 2 mm) pueden ser tratadas eficazmente con inmovilización con yeso bota larga, mientras que en aquellas con más de 2 mm de desplazamiento se recomienda el tratamiento quirúrgico, con reducción cerrada o abierta, y fijación interna³.

La maniobra de reducción para el patrón clásico de fractura triplanar de tobillo es mediante la rotación interna del tobillo. Se recomienda controlar con una TAC posterior a la reducción cerrada, para evaluar el desplazamiento residual y la separación articular, y definir si esta es tolerable.

El tratamiento quirúrgico está reservado para aquellas fracturas triplanares con más de 2 mm de desplazamiento intraarticular, o lesiones que perdieron la reducción adecuada tras el intento de manejo conservador. La fijación estable se logra con uno o dos tornillos colocados paralelos a la fisis. La colocación de los tornillos puede realizarse en la metafisis, en la epífisis, o en ambas, según el patrón de fractura. No hay evidencia que sugiera la superioridad de la fijación con tornillos canulados comparado con no canulados, o completamente roscados comparado con parcialmente roscados para las fracturas triplanares de tobillo. El objetivo de la cirugía es restaurar la congruencia de la superficie articular para optimizar los resultados. Es necesario tener el cuidado de colocar los tornillos lo más perpendicularmente posible a las líneas de fractura, maximizando la compresión y manteniendo la reducción. Tanto las técnicas de reducción cerrada como de reducción abierta han resultado igualmente eficaces para lograr la corrección, siempre que se realicen en el momento adecuado.

Lo preferido por los autores en el caso de indicar el tratamiento conservador de una fractura triplanar de tobillo, es el uso de una bota larga de yeso con rodilla en flexión, para controlar la rotación. Esta se usa por 3 semanas, sin permitir la carga. Tras esto se cambia a una bota corta de yeso o de marcha, con carga parcial, por 3 semanas.

Para el tratamiento quirúrgico recomendamos la reducción percutánea con pinzas maleolares a través de pequeñas incisiones, y la fijación con uno o dos tornillos de 3,5 mm, canulados, parcialmente roscados, colocados en orientación paralela a la fisis. La orientación exacta de los tornillos perpendiculares al rasgo de fractura se planifica con la TAC preoperatoria, por lo que dicho estudio lo realizamos en todos los casos quirúrgicos¹¹.

Las fracturas triplanares laterales, con lesión epifisaria lateral, se fijan con un tornillo colocado desde anterolateral hacia posteromedial, mientras que el fragmento metafisario se fija con tornillos desde anterior hacia posterior. Suele ser suficiente uno o dos tornillos para mantener la reducción estable, asegurándose que todas las roscas de los tornillos pasen el rasgo de fractura de usar tornillos de rosca parcial, y que no queden prominentes en sus extremos (Figura 8).



Figura 8. Paciente con fractura triplanar y lesión sindesmal. Se realizó reducción cerrada y fijación con tornillos epifisarios, placa a peroné y tornillo sindesmal para estabilizar mortaja.

Tanto al realizar los abordajes mínimos, como al insertar los tornillos, se debe tener cuidado extremo en no lesionar las estructuras neurovasculares y tendinosas en riesgo. Se debe tener especial cuidado con el nervio peroneo superficial, muchas veces visible en la zona anterolateral del tobillo, y con el paquete neurovascular tibial anterior, el nervio peroneo profundo y la arteria, que discurren posteriores al extensor hallucis longus. En la zona anteromedial, debemos tener cuidado en evitar dañar la vena safena interna y el nervio safeno, que se ubican aproximadamente a un centímetro medial al tendón tibial anterior (entre éste y el maléolo medial)¹².

Recomendamos el uso de artroscopía para visualizar la reducción del rasgo de fractura articular, especialmente si se sospecha de interposición de partes blandas o de fragmentos libres articulares que impiden la reducción cerrada y deben resecarse (Figura 9).

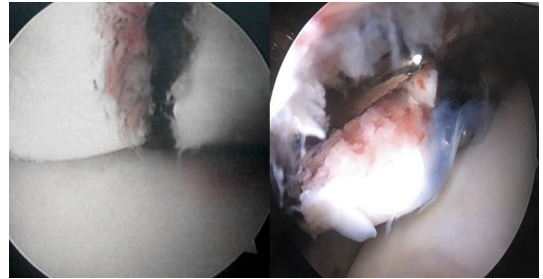


Figura 9. Evaluación artroscópica de lesión articular en una fractura triplanar. Se pueden encontrar fragmentos intraarticulares libres en lesiones de alta energía, los que son necesarios de retirar para lograr la reducción.

El tratamiento de las fracturas tipo Tillaux juvenil será determinado por el grado de desplazamiento a nivel articular. Si el desplazamiento es menor a 2 mm, el tratamiento puede ser conservador. Se recomienda el uso de una bota de yeso por 1 mes, sin carga, seguido de carga a tolerancia con bota removable por 2 semanas. Al momento de retiro del yeso, se recomienda el apoyo con kinesioterapia para rehabilitación de la marcha.



Figura 10. Fractura tipo Tillaux juvenil, tratada con reducción cerrada y fijación con tornillo, el cuál puede atravesar la fisis.

Si el desplazamiento a nivel articular es de 2 mm o más, se recomienda el tratamiento quirúrgico¹³, ya que éste se asocia a la aparición de signos degenerativos radiológicos en 6-9 años, generalmente asintomática en dicho momento, pero con un pronóstico incierto a largo plazo¹⁴. El tratamiento quirúrgico consiste en realizar una reducción de la fractura mediante la rotación interna del pie, con lo que el rasgo de fractura no debe ser evidente en la visión radioscópica en las proyecciones anteroposterior y en mortaja. Se

procede a estabilizar con un tornillo compresivo (canulado o no canulado) de diámetro 3.0-4.0 mm, habitualmente en forma percutánea. Si el rasgo de fractura persiste tras la reducción cerrada, se debe realizar un abordaje lateral mínimo de tobillo, o utilizar el apoyo artroscópico, para obtener una reducción anatómica de la fractura. Una vez logrado, se fija con un tornillo desde anterolateral hacia posteromedial, en la epífisis distal tibial, el cual puede cruzar la fisis dado el escaso crecimiento remanente en esta lesión¹⁵ (Figura 10).

Cabe señalar, en el contexto de fracturas triplanares de tobillo, que la presencia de fracturas diafisarias de la tibia, fracturas distales de la fíbula y fracturas multifragmentarias de la epífisis tibial, indican un mayor grado de energía de la lesión¹⁶. Esto debe alertar sobre la posibilidad de lesiones asociadas a nivel de la sindesmosis y del ligamento deltoideo (aunque menos frecuente). Estas lesiones deben ser evaluadas en forma dirigida, y tratadas de forma adecuada, para evitar una inestabilidad residual de tobillo. Si la fractura de la tibia y/o de la fíbula están desplazadas, se recomienda su fijación junto a la de la sindesmosis¹⁷.

29.6 Pronóstico

El pronóstico de estas lesiones es habitualmente excelente cuando la fractura transicional de tobillo se identifica y se trata adecuadamente. Por lo tanto, es fundamental el diagnóstico oportuno, con un preciso análisis de las radiografías del tobillo lesionado en todas sus proyecciones (anteroposterior, lateral y mortaja), y complementar con TAC para un diagnóstico y tratamiento más preciso.

Las complicaciones del tratamiento conservador de estas lesiones son poco frecuentes. Se incluye la pérdida de reducción, lo que requiere de manejo quirúrgico para evitar problemas mayores. También se describe no unión de la fractura, consolidación viciosa, dolor persistente y alteraciones degenerativas precoces, especialmente en aquellos casos en que persiste un desplazamiento o incongruencia articular mayor de 2 mm.

Los eventos adversos del tratamiento quirúrgico son raros, e incluyen hemartrosis, infección, no unión, neuropatía transitoria, osteosíntesis sintomática (los tornillos subcondrales en la zona epifisaria aumentan la presión de contacto articular y se recomienda retirarlos en un plazo de un año).

El daño de la fisis, con la formación de una barra fisaria, se describe entre el 7-21% de los casos. Se ha cuestionado la im-

portancia de no pasar a través de la fisis con la osteosíntesis, dada la cercanía del momento del cierre fisario. En el caso de fracturas tipo Tillaux juvenil, esto no es de relevancia, ya que está en proceso el final del cierre fisario. Sin embargo, para pacientes con fracturas triplanares de tobillo, que pueden tener un crecimiento remanente de más de dos años, el riesgo de daño y complicaciones secundarias está presente, por lo que es adecuado evitar en lo posible dañar la fisis, y debemos realizar un seguimiento clínico y radiológico prolongado en dichos casos.

29.7 Mensaje final

Las fracturas transicionales de tobillo ocurren en adolescentes entre los 12-17 años de edad. El tipo de fractura dependerá principalmente del grado de cierre de la fisis tibial distal. El tratamiento es conservador si no hay desplazamiento significativo de los rasgos de fractura, y quirúrgico si este es de 2 mm o más. Una reducción anatómica es requerida para obtener buenos resultados a largo plazo.

29.8 Referencias

1. Shamrock AG, Varacallo M. Triplane Ankle Fracture. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; March 9, 2022.
2. Olgun ZD, Maestre S. Management of Pediatric Ankle Fractures. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2018;11(3):475-484. doi:10.1007/s12178-018-9510-3
3. Rosenbaum A, DiPrea JA, Uhl RL. Review of Distal Tibial Epiphyseal Transitional Fractures. *Orthopedics.* 2012; 35(12):1046-1049. doi: 10.3928/01477447-20121120-07
4. Su AW, Larson AN. Pediatric Ankle Fractures: Concepts and Treatment Principles. *Foot Ankle Clin.* 2015;20(4):705-719. doi:10.1016/j.fcl.2015.07.004
5. Thawrani D, Kuester V, Gabos PG, et al. Reliability and necessity of computerized tomography in distal tibial physeal injuries. *J Pediatr Orthop.* 2011;31(7):745-750. doi:10.1097/BPO.0b013e31822d385f
6. Yung CS, Kuong EE, Chow W. A previously unreported type of extra-articular triplane fracture: A revised classification system. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2019;27(1):2309499019828500. doi:10.1177/2309499019828500
7. Mosca VS. Techniques of operative reduction and fixation of triplane and juvenile Tillaux fractures in adolescents. *Oper Tech Orthop* 1995;5:171-177. 10.1016/S1048-6666(95)80010-7

8. Horn BD, Crisci K, Krug M, Pizzutillo PD, MacEwen GD. Radiologic evaluation of juvenile tillaux fractures of the distal tibia. *J Pediatr Orthop.* 2001;21(2):162-164.
9. Hirsch M, Flores F, Ardiles O, Rios D. Comprendiendo las fracturas triplanares de la tibia distal. *Revista Chilena de Radiología.* 2016; 22(3):114-120. doi: 10.1016/j.rchira.2016.09.002.
10. Eismann EA, Stephan ZA, Mehlman CT, et al. Pediatric Triplane Ankle Fractures: Impact of Radiographs and Computed Tomography on Fracture Classification and Treatment Planning. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(12):995-1002. doi:10.2106/JBJS.N.01208
11. Hadad MJ, Sullivan BT, Sponseller PD. Surgically Relevant Patterns in Triplane Fractures: A Mapping Study. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100(12):1039-1046. doi:10.2106/JBJS.17.01279
12. Frank RM, Hsu AR, Gross CE, Walton DM, Lee S. Open and Arthroscopic Surgical Anatomy of the Ankle. *Anatomy Research International.* 2013;1-9. doi: 10.1155/2013/182650
13. Rapariz JM, Ocete G, González-Herranz P, et al. Distal tibial triplane fractures: long-term follow-up. *J Pediatr Orthop.* 1996;16(1):113-118. doi:10.1097/00004694-199601000-00023
14. Crawford AH. Triplane and Tillaux fractures: is a 2 mm residual gap acceptable?. *J Pediatr Orthop.* 2012;32 Suppl 1:S69-S73. doi:10.1097/BPO.0b013e31824b25a1
15. McGillion S, Jackson M, Lahoti O. Arthroscopically assisted percutaneous fixation of triplane fracture of the distal tibia. *J Pediatr Orthop B.* 2007;16(5):313-316. doi:10.1097/BPB.0b013e3281568bab
16. D'Angelo F, Solarino G, Tanas D, Zani A, Cherubino P, Moretti B. Outcome of distal tibia physeal fractures: a review of cases as related to risk factors. *Injury.* 2017;48 Suppl 3:S7-S11. doi:10.1016/S0020-1383(17)30650-2
17. Cuzmar-Grimalt D, Escudero-Heldt M, Aldunate-González JT, Plaza-Guzmán N. Fractura de tobillo en adolescentes: fractura triplanar de tobillo asociada a fractura de pierna [Ankle fracture in adolescents: triplanar injury associated to fracture of leg]. *Acta Ortop Mex.* 2016 May-Jun;30(3):144-146. Spanish. PMID: 27984688
18. Cancino B, Sepúlveda M, Birrer E. Ankle fractures in children. *EFORT Open Rev.* 2021;6(7):593-606. Published 2021 Jul 8. doi:10.1302/2058-5241.6.200042



CAPITULO 30 - Lesiones Traumáticas del Pie Pediátrico

Natalia Cifuentes
Consuelo Peirano

30. Lesiones traumáticas del pie pediátrico

Las lesiones traumáticas del pie representan alrededor del 10% de las fracturas en edad pediátrica. La mayoría de las fracturas del pie pediátrico son de tratamiento conservador, pero debe ponerse especial atención en las fracturas con compromiso articular, aquellas que involucran mecanismos de alta energía y en el manejo adecuado de las partes blandas. Si bien el pronóstico es favorable, con buenos resultados funcionales, es necesario identificar aquellas fracturas que inherentemente tienen un mayor riesgo de desarrollar complicaciones, como lo son las fracturas de falange con componente articular, fracturas de falanges del hallux, fracturas fisarias de falange distal que se extienden a la matriz ungueal, fractura de Jones del 5° metatarsiano, lesión de Lisfranc, fracturas de talo y de calcáneo.

30.1 Introducción

Las fracturas y luxaciones del pie pediátrico son lesiones frecuentes, representando alrededor de 10% de las fracturas en este rango etario^{1,2}. Constituyen un desafío diagnóstico, por que no siempre se conoce el mecanismo de lesión, ya que pacientes muy pequeños no siempre aportan información, y muchas veces la ansiedad, miedo y dolor dificultan el examen físico. A lo anterior debemos agregar la complejidad de la radiología del pie pediátrico por su gran componente cartilaginoso en los huesos del tarso, presencia de núcleos de osificación, apófisis y huesos accesorios. Las fracturas de falanges y metatarsianos dan cuenta de prácticamente el 90% de las fracturas a este nivel³.

Existe el concepto que los huesos del pie infantil, al ser predominantemente cartilaginosos, poseen un gran potencial de remodelación, y por ello tradicionalmente las fracturas han sido tratadas de manera conservadora. Sin embargo, existen escasos estudios que realicen seguimiento a largo plazo para determinar las reales implicancias en la edad adulta⁴. El incremento de la actividad deportiva de competencia y de lesiones de mayor energía en adolescentes, han determinado la necesidad de optar por manejo quirúrgico en algunos casos, para así evitar las posibles complicaciones derivadas de éstas. Dentro de ellas, se describen el síndrome compartimental, síndrome del retináculo extensor, síndrome de dolor regional complejo, infecciones, lesiones neurovasculares, complicaciones en relación al yeso, lesiones no diagnosticadas en pacientes politraumatizados, osteonecrosis, cierre fisiario prematuro, mal unión, no unión, artrofibrosis y artrosis post traumática.

Es importante analizar la cinemática del trauma, del mecanismo de lesión. También es fundamental la adecuada evaluación de la zona involucrada, de las partes blandas, y el manejo correcto de éstas, pues pueden ser tanto o más importantes que las lesiones óseas.

30.2 Fisiopatología

Los niños y adolescentes se involucran cada vez más en actividades y deportes que involucran alta energía, determinando a su vez lesiones traumáticas de mayor complejidad⁵. En la evaluación inicial del pie pediátrico, Ogden⁶ demostró que el hueso cartilaginoso posee gran elasticidad, absorbiendo y disipando la energía del trauma de manera diferente al del adulto, lo que resulta en distintos patrones de fractura. Por esto, el manejo de las lesiones difiere en la infancia y adolescencia. Los rangos de tolerancia para angulaciones y desplazamientos varían según la edad, y en algunas fracturas no se cuenta con valores consensuados.

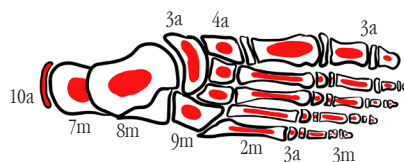


Figura 1. Centros de osificación secundarios a nivel del pie (a= años; m=meses en útero).

El conocimiento acabado del pie en crecimiento, desde el punto de vista de la anatomía ósea, ligamentaria, apofisaria y fisaria, es fundamental para una adecuada evaluación clínica de la zona a examinar y reconocimiento de las lesiones traumáticas agudas⁷.

30.3 Anatomía

El pie se divide en 3 zonas anatómicas: antepie, mediopie y retropie. El tercio distal, que corresponde al antepie, comprende las falanges, los metatarsianos y las articulaciones metatarsofalángicas; el mediopie incluye las 3 cuñas, el navicular y el cuboide, siendo el límite entre el antepie y el mediopie las articulaciones tarsometatarsianas. A este nivel tenemos los ligamentos plantares, que poseen mayor resistencia que los estabilizadores dorsales. Dentro de ellos, el ligamento de Lisfranc es de vital importancia en la biomecánica del pie, considerando que entre el primer y el segundo metatarsiano no existe ligamento intermetatarsiano. El retropie está conformado por el calcáneo y el talo. La articulación de Chopart separa el mediopie del retropié. El retropié posee una gran articulación llamada subtalar que está compuesta por 3 facetas articulares⁸.

Tiene especial importancia conocer la presencia de los centros de osificación secundarios (Figura 1), huesos supernumerarios (Figura 2) y cartílagos de crecimiento, para realizar un correcto diagnóstico, ya que pueden confundirse con lesiones traumáticas, a pesar de poseer una ubicación y características radiológicas distintivas (bordes regulares, esclerosis periférica). El calcáneo y el talo tienen presente el centro de osificación primario al momento del nacimiento, mientras que el del cuboide se hace evidente a los pocos meses de nacido y el núcleo de osificación primario del navicular aparece alrededor de los 3 años.

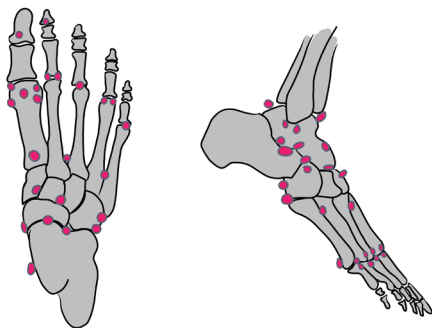


Figura 2. Ubicación habitual de huesos supernumerarios en el pie.

Ante un mismo trauma, el pie del menor, del adolescente y del adulto disipan la energía en distintas direcciones, generando diferentes rasgos de fractura. En ocasiones estos rasgos son difíciles de identificar en las radiografías, siendo la resonancia magnética (RM) y la tomografía computada (TAC) herramientas fundamentales para un adecuado diagnóstico⁷.

30.4 Diagnóstico

En las fracturas pediátricas, resulta habitual no contar con un relato del mecanismo de lesión por parte del paciente, o un testigo del accidente. Factores como la energía y velocidad involucrados, posición del pie al momento del accidente y altura real de la caída, son difíciles de obtener de forma confiable, pese a ser fundamentales para predecir las posibles lesiones.

La evaluación general del paciente, al igual que en todas las lesiones del aparato locomotor, debe realizarse con el paciente descubierto. De ser posible, se debe evaluar la marcha, definiendo si existe rechazo a la carga en alguna extremidad o cojera dolorosa. Es importante objetivar la adopción de posiciones antiálgicas y la presencia de lesiones asociadas, de vital importancia en el paciente politraumatizado. Se debe observar, en apoyo, la alineación de la extremidad (varo, valgo), la presencia de condiciones ortopédicas previas (pie plano, cavo, malformaciones congénitas), el compromiso cutáneo, evaluar los rangos de movilidad comparativos con la extremidad sana, la localización exacta del dolor, tanto espontáneo como a la palpación. Esto último es difícil de objetivar en la gran mayoría de los casos, por lo que se recomienda realizar una palpación sistemática del pie, además de identificar aumentos de volumen y/o equimosis. Se debe registrar siempre el estado neurológico y el estado vascular de la extremidad. Puede existir un compromiso sutil de la irrigación del pie en un trauma cerrado, por la característica tolerancia de los compartimentos en niños y la abundante circulación colateral.

Los criterios de Ottawa⁹ (Figura 3), validados para la población pediátrica, ayudan a determinar la necesidad de un estudio radiológico y orientar al segmento probablemente comprometido (tobillo, pie). Se busca en forma sistemática la presencia de dolor a la palpación en el maléolo lateral y en el medial, a nivel de navicular, de la base del 5° metatarsiano y la incapacidad de dar cuatro pasos con carga en la extremidad, para indicar un estudio radiológico. Las proyecciones anteroposterior (AP), lateral y mortaja de tobillo, además de la proyección oblicua del pie, pueden complementarse con radiografías para lesiones específicas, según hallazgos la examen (sesamoideos, axial de calcáneo, faceta subtalar).

De ser posible, se sugiere realizar pruebas de estabilidad articular, tanto de tobillo como del pie (cajón anterior, tilt talar, squeeze test, Lisfranc), pero siempre teniendo en cuenta la edad del paciente, el grado de ansiedad y la presencia de dolor, ya que por la naturaleza elástica de los tejidos en edad prepuberal, pudiesen no aportar mayor información y sólo aumentar el discomfort, disminuyendo la posibilidad de lograr cooperación por parte del paciente.

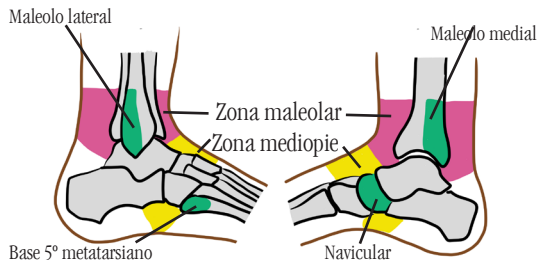


Figura 3. Zonas a evaluar de acuerdo a los criterios de Ottawa. En caso de presencia de dolor en cualquiera de ellos, se debe solicitar un estudio radiológico en busca de lesiones óseas.

En algunos casos será necesario solicitar un TAC para mejorar la definición de la fractura, permitiendo evaluar de forma tridimensional las estructuras comprometidas (Figura 4). La RM es el examen de imágenes ideal para la evaluación de los tejidos blandos, incluyendo tendones y ligamentos, así como el cartílago y la presencia de edema óseo.

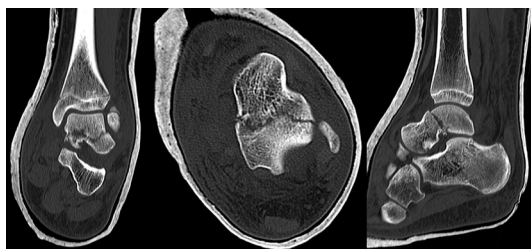


Figura 4. Tomografía computada de tobillo de una niña de 10 años, evidenciando fractura de cuello de talo.

Por último, el uso de cintigrama óseo permite identificar áreas de recambio del tejido óseo, tal como en fracturas por sobrecarga, lesiones tumorales o infecciosas.

30.5 Fracturas de talo

Esta es una lesión infrecuente en los niños, reportándose en la literatura una prevalencia de 0.008% de todas las fracturas pediátricas¹⁰. Es resultado de trauma de alta energía que involucran carga axial con el tobillo en dorsiflexión (accidentes de tránsito, caída de altura). También están descritas en traumas de baja energía, asociado a actividades deportivas, donde se presentan como fracturas avulsivas, de buen pronóstico.

Al examen clínico encontraremos edema y dolor en la cara anterolateral de tobillo, asociado a impotencia funcional, rechazo a la carga, e incluso deformidad en caso de desplazamiento. El estudio radiológico debe incluir proyecciones del pie AP, lateral y oblicua. Se recomienda además complementar el estudio con la proyección de Canale y Kelly, con el rayos X apuntando al centro del pie, en 75° de inclinación, y el pie posicionado en 15° de inclinación elevado desde lateral. Esta proyección permite evaluar el cuello del talo, desproyectando del navicular. Ante la sospecha diagnóstica puede ser necesario complementar con TAC el estudio.

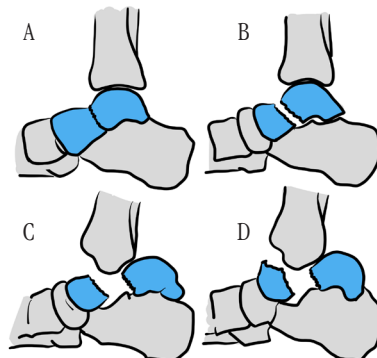


Figura 5. Esquema de la clasificación de Hawkins modificada, para las fracturas de talo. A, tipo I; B, tipo II; C, tipo III; D, tipo IV.

El sitio anatómico más frecuentemente comprometido es el cuello del talo, pudiendo asociarse a fractura de los maleólos, lesión por compresión de la articulación calcáneo-cuboidea, y fracturas tipo Salter y Harris III o IV de la tibia distal. En 1970, Hawkins¹¹ clasificó estas fracturas en 3 tipos, siendo modificado por Canale y Kelly¹², que agregan un cuarto tipo (Figura 5).

A mayor grado de la clasificación, mayor la energía involucrada, y por ende, mayor el riesgo de lesión de partes blandas, compromiso neurovascular y tendíneo (Tabla 1). Kızılay¹³ reporta un caso de fractura de talo Hawkins III en un niño de 9 años, con interposición de la arteria tibial posterior, del nervio tibial y del tendón tibial posterior y del flexor digitorum longus, asociado a una fractura de maléolo medial.

Tabla 1. Descripción de la clasificación de Hawkins, modificada por Canale y Kelly¹², y su relación con riesgo de necrosis avascular (NAV).

| TIPO | SEVERIDAD | SUBTALAR | TOBILLO | TALONAVICULAR | RIESGO NAV |
|------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------|
| I | No desplazada | - | - | - | Bajo |
| II | Desplazada | Subluxada/Luxada | - | - | 42% |
| III | Desplazada | Subluxada/Luxada | Subluxada/Luxada | - | 91% |
| IV | Desplazada | Subluxada/Luxada | Subluxada/Luxada | Subluxada/Luxada | >95% |

Las fracturas de la cabeza del talo son muy infrecuentes, habitualmente secundarias a luxaciones medio-tarsianas (Cho-part). La fractura del proceso lateral es de frecuente error diagnóstico, ya que se interpreta como un esguince lateral de tobillo por presentarse con edema perimaleolar externo, dolor inframaleolar externo y rechazo a la carga. Se asocia a un mecanismo de dorsiflexión e inversión del tobillo, combinado con carga axial, con la transmisión de fuerzas cizallantes desde el calcáneo al proceso lateral. Fue descrita inicialmente asociada a la práctica de snowboard, pero también se reportan casos por accidentes en skate. Se debe completar el estudio con TAC para definir la presencia de compromiso articular, el tamaño del fragmento y su real desplazamiento. La fractura del proceso posterior es rara, y se debe diferenciar del proceso de Stieda y del os trigonum. Por último, es importante recordar la existencia de lesiones osteocondrales del domo talar. Un 45% de ellas se asocia a lesión ligamentaria o fractura de tobillo, de ubicación anterolateral. Estas lesiones son de etiología traumática en prácticamente la totalidad de los casos, a diferencia de las de localización medial, que son más posteriores, no traumáticas, con hasta un 25% de presentación bilateral. El estudio para estas lesiones incluye radiografías de tobillo en proyecciones AP, lateral y mortaja, adicionando las proyecciones en flexión plantar y oblicuas. Su clasificación requiere de estudio con TAC y/o RM, para determinar el tratamiento.

En términos generales, para el paciente pediátrico se privilegia el tratamiento conservador. Las lesiones avulsivas son de manejo sintomático, siendo suficiente una bota corta de yeso o plástica, con descarga por 1-2 semanas, y luego carga protegida por 1-2 semanas más.

El tratamiento de las fracturas del proceso lateral no desplazadas y sin compromiso de facetas articulares, es conservador, con yeso bota corta y descarga por 4 semanas. En los casos con desplazamiento y/o compromiso articular, es necesario realizar la reducción y osteosíntesis pudiendo fijar la fractura con agujas de Kirschner lisas o con tornillos.

Las fracturas de cuello tipo I, se manejan de manera conservadora, con yeso bota corta y descarga por 4-8 semanas, dependiendo de la edad del paciente.

La fractura de talo desplazada, corresponde a una emergencia quirúrgica por su alta tasa de necrosis avascular¹³. En los casos con desplazamiento >5 mm o angulación >5° en plano anteroposterior, se debe realizar una reducción, cerrada o abierta. En caso de requerir estabilizar con osteosíntesis, son de elección los tornillos canulados desde posterior hacia anterior, preservando así el cartílago articular y con mejor resistencia biomecánica. Si bien no hay valores consensuados de alineación aceptable en el niño, el objetivo debe ser un escalón articular menor de 2 mm. Se inmoviliza con una bota corta de yeso, y se mantiene en descarga por un periodo de 4-8 semanas, permitiendo luego carga protegida según tolerancia (Figura 6).



Figura 6. Radiografías de una niña de 11 años, con una fractura de talo Hawkins tipo III, tratada mediante reducción y estabilización con tornillos canulados.

La complicación más temida de una fractura de talo es la necrosis avascular, más frecuente en las fracturas de cuello, y directamente relacionada con la severidad de la lesión inicial. Se puede desarrollar hasta 6 meses después del trauma, por lo que se recomienda un seguimiento radiológico de al menos 18 meses. El signo de Hawkins, que es la radiolucidez subcondral en el domo del talo, es un indicador de revascularización que se hace evidente entre las 6-8 semanas. Este es un marcador de buen pronóstico, pero inconstante en pacientes pediátricos⁶.

El diagnóstico de osteonecrosis previo al colapso radiológico, puede realizarse con RM, con la presencia del signo de “doble anillo”, que corresponde a una imagen de un área hiperintensa (anillo interno) rodeada de un halo hipointenso (anillo externo) en T2¹⁴.

La mal unión, ya sea por subestimar el desplazamiento inicial, reducción incompleta o pérdida postoperatoria de ésta, produce un retropie en varo, con un antepie en aducción y supinado, por acortamiento de la columna medial. También se puede observar incongruencia de la articulación subtalar, debido a que el potencial de remodelación del talo no es ilimitado¹⁵.

Otras complicaciones más raras de ver son la no unión, el retraso de consolidación, la artrosis postraumática, y complicaciones locales (de tejidos blandos o infección).

30.6 Fracturas de calcáneo

Son lesiones de baja frecuencia, representando entre 0,05%-0,15% de todas las fracturas pediátricas. Tienen mayor incidencia entre los 8-12 años. Se asocian a mecanismos de alta energía, como caídas de altura, accidentes de tránsito. Habitualmente son fracturas con rasgos extraarticulares (65% de las fracturas de calcáneo), con escaso desplazamiento, y con resultados adecuados con el manejo conservador. Durante la adolescencia, aumenta la incidencia de fracturas articulares, con patrones similares al adulto, y que requieren de manejo quirúrgico. Se debe tener un alto índice de sospecha, ya que en las radiografías los rasgos pueden ser sutiles al no presentar un gran desplazamiento, existiendo un retraso en el diagnóstico que alcanza hasta el 40% de los casos. Es importante señalar que 1/3 de las fracturas de calcáneo se asocian a otras lesiones, como fracturas de tobillo, pierna y vértebras, por lo que el estudio debe abarcar estas áreas.

El estudio radiológico inicial debe incluir radiografías en proyecciones AP, lateral, oblicua y axial de calcáneo (Proyección de Harris). En relación a las mediciones radiológicas, los ángulos de Böhler y de Gissanne no cuentan con valores estandarizados por edad en la población pediátrica, y la osificación parcial del calcáneo hace que estas mediciones resulten complejas. Sin embargo, el año 2011, Boyle¹⁶ publicó el primer estudio sobre la medida de estos ángulos en pacientes pediátricos de 0-14 años, obteniendo un valor promedio de 35,2° para el ángulo de Böhler y de 111,3° para el ángulo de Gissanne, los que pudiesen ser usados como referencia. Para complementar el estudio imagenológico y definir compromiso articular, resulta fundamental la evaluación con TAC.

Para estas lesiones se usa la clasificación de Essex-Lopresti, que según mecanismo identifica las lesiones tipo lengua y las con depresión articular (Figura 7), además de definir el compromiso extra o intrarticular con la clasificación de Wiley (Figura 8).

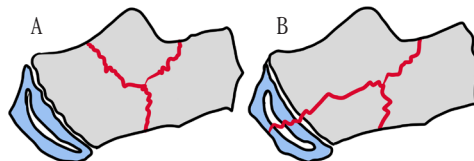


Figura 7. Esquema de la clasificación de Essex-Lopresti. A, tipo depresión central; B, tipo “lengua”.

Están descritas las fracturas por estrés de la tuberosidad del calcáneo en pacientes preescolares, que se presenta con dolor en talón asociado a claudicación sin mediar trauma conocido, con radiografía inicial sin hallazgos, que al repetirse a las 2 semanas evidencia una esclerosis marcada en la zona de la tuberosidad. No requieren tratamiento específico, solo observación.

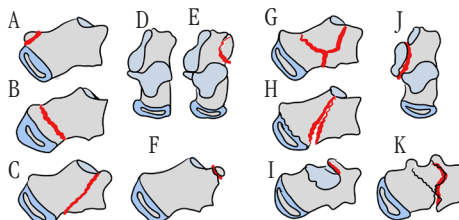


Figura 8. Clasificación de Wiley. A, avulsión de tuberosidad; B, vertical del cuerpo; C, horizontal del cuerpo; D, avulsión proceso medial; E-F, avulsión proceso anterior; G, no desplazada; H, tipo lengua; I, fractura centrolateral; J, fractura de sustentáculum; K, multifragmentaria desplazada.

En los adolescentes deportistas, se puede presentar la fractura avulsiva de la tuberosidad posterior, que cuando involucra un fragmento de gran tamaño y desplazamiento significativo (“beak sign”), corresponde a una urgencia por el riesgo de exposición inminente.

En los casos de fracturas extra-articulares o articulares sin depresión, el manejo conservador consiste en bota de yeso o plástica, con descarga por 4-6 semanas, según edad, seguida de carga protegida a tolerancia.

Las fracturas con rasgo articular asociado a depresión de la faceta posterior, tienen indicación de tratamiento quirúrgico, siendo suficiente un abordaje a través del seno del tarso con visualización directa del fragmento para su reducción, sin existir aún consenso sobre la elección del material de osteosíntesis

más adecuado, pudiendo ser agujas de Kirschner o tornillos, dependiendo de la edad del paciente. Existen reportes de caso de fracturas articulares manejadas de forma conservadora en pacientes menores de 8 años, con resultados funcionales a corto plazo satisfactorios, sin evidencia aún para recomendar esta conducta de forma generalizada.

Los resultados del tratamiento de la fractura de calcáneo pediátrico muestran baja incidencia de complicaciones, sin compromiso de la marcha o dolor residual, incluso en rasgos articulares con mínimo desplazamiento tratados de forma conservadora. No se cuenta con reportes de seguimiento a largo plazo de las fracturas articulares desplazadas, que permitan determinar la incidencia de artrosis subtalar postraumática.

30.7 Fracturas a nivel del tarso

Las fracturas del navicular, cuñas y cuboides, son infrecuentes en la edad pediátrica, con una prevalencia de 2-7% de las fracturas del pie pediátrico, generalmente asociadas a fracturas de tobillo o de las articulaciones tarsometatarsianas. Ante la presencia de fractura en alguno de estos huesos se debe inspeccionar de manera dirigida tanto el tobillo como el pie, en búsqueda de lesiones concomitantes.

La mayoría de estas lesiones son avulsivas o por estrés. Cuando hay mecanismos de alta energía se pueden identificar fracturas desplazadas o "tipo estallido" conminutas, asociadas a lesiones tarsometatarsianas tipo Lisfranc y otras.

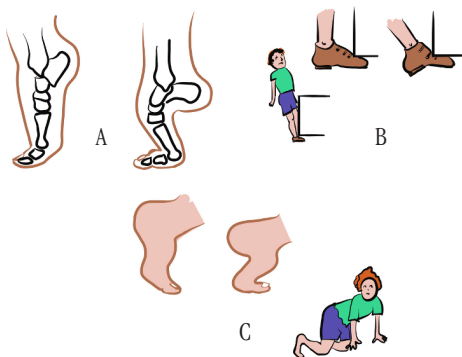


Figura 9. Mecanismos de lesión de Lisfranc en pacientes pediátricos: A, salto y apoyo en punta de pies; B, caída de espalda con pie fijo; C, dorsiflexión de antepie con flexión plantar de mediopie, de rodillas.

Las fracturas avulsivas o por estrés pueden ser manejadas con yeso bota corta en descarga por 3-4 semanas, seguidas de carga a tolerancia protegida por 2 semanas; son de buen pronóstico, sin secuelas funcionales o dolor residual. En el caso de las fracturas desplazadas, como son huesos que forman parte de complejos articulares, se debe privilegiar la reducción y osteosíntesis en caso de ser necesario, para restaurar la biomecánica del medio pie. Las complicaciones están dadas por el mecanismo de alta energía y lesiones asociadas.

30.8 Lesión de Lisfranc

La luxofractura de Lisfranc es infrecuente en la edad pediátrica y de difícil diagnóstico por las características radiológicas del pie pediátrico. El compromiso articular puede ser sólo ligamentario, por lo que se debe tener un alto índice de sospecha.

Esta lesión puede ocurrir debido a traumas de alta energía (accidentes de tránsito, caídas de altura) o baja energía. Se describen 3 mecanismos (Figura 9):

- Salto y apoyo en punta de pie ("tip-toe position"), lo que produce carga axial con flexión metatarso-falángica.
- Caída de espaldas con antepie fijo en suelo.
- Fuerza de compresión sobre el talón, al estar de rodillas, lo que genera fuerzas de dorsiflexión y flexión plantar.

En la población pediátrica los mecanismos de baja energía, relacionados con actividades deportivas, provocan lesiones exclusivamente ligamentarias, de manejo conservador.

En el pie infantil, la distancia entre las bases del 1° y 2° metatarsianos es constante en todas las edades (<3 mm), a diferencia de la distancia entre la base del 2° metatarsiano y la cuña medial, que va disminuyendo en forma gradual hasta los 7 años, cuando alcanza el valor del adulto (<2 mm)¹⁷.

Al examen físico, se aprecia edema del dorso del pie, impotencia funcional con rechazo a la carga, dolor en medio pie. La equimosis plantar característica en adultos, es inconstante en el niño.

El estudio radiológico comienza con radiografías de pie AP en carga comparativa, lateral y oblicua. En la radiografía AP, el borde lateral del 1° metatarsiano está en línea con el borde lateral de la cuña medial y el borde medial del 2° metatarsiano, en línea con el borde medial de la 2° cuña. En la proyección oblicua, el borde medial del 4° metatarsiano está en línea con el borde medial del cuboides. El signo radiológico que corresponde a una pequeña fractura avulsiva de la base medial del

2º metatarsiano (“fleck sign”), que corresponde al ligamento de Lisfranc, es infrecuente en niños.

En los casos que la radiología no fuera concluyente, puede complementarse con tomografía computarizada o resonancia magnética.

Para estas lesiones se utiliza la clasificación de Hardcastle (Figura 10):

Tipo A: incongruencia total de toda la articulación tarsometatarsiana en una sola dirección, sagital, coronal o combinada.

Tipo B: incongruencia parcial, desplazamiento medial del 1º metatarsiano o lateral del 2º-3º-4º-5º. Más frecuente en pacientes pediátricos.

Tipo C: patrón divergente, desplazamiento medial del 1º metatarsiano y lateral de 2º-3º-4º-5º.

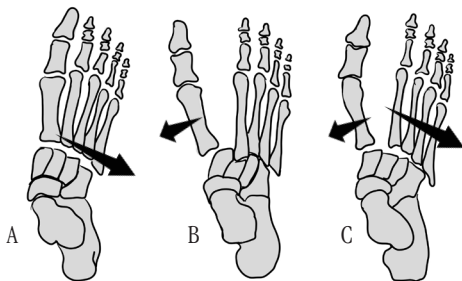


Figura 10. Clasificación de Hardcastle. A, incongruencia total unidireccional; B, incongruencia parcial; C, patrón divergente.

El tratamiento de las fracturas no desplazadas o con mínimo desplazamiento (<2-3 mm), debe considerar el estado de las partes blandas. Se debe diferir la confección de un yeso ante el riesgo de síndrome compartimental, preferiendo una valva bota corta de yeso provisoria. El yeso bota corta se usa en descarga por 3-4 semanas, luego carga protegida por 2-3 semanas. En pacientes cercanos a la adolescencia, se debe evaluar la necesidad de kinesioterapia motora.

Para aquellas fracturas desplazadas se debe realizar reducción, cerrada y/o abierta, y osteosíntesis (Figura 11), que puede ser con agujas de Kirschner, tornillos o placas, dependiendo de las características de la fractura y lesiones asociadas, además de la edad del paciente. Tras esto se debe inmovilizar en descarga por 3-4 semanas.

Al ser más frecuente las lesiones de baja energía en este grupo etario, las complicaciones asociadas a las partes blandas son de baja frecuencia, y el pronóstico tiende a ser con recuperación total de la función y baja incidencia de dolor crónico asociado a inestabilidad¹⁸.

Existen algunas fracturas del medio pie englobadas en el término “fractura de litera” (bunk-bed fracture), con un mecanismo similar al del Lisfranc, pero en población pediátrica menor de 6 años:

1. Fractura incompleta de la base 1º metatarsiano, torus o SH I.
2. Fractura por compresión del cuboides, que en la radiografía se aprecia como una zona de mayor esclerosis hacia proximal.

Ambas fracturas son de manejo conservador, con yeso bota corta en descarga por 3-4 semanas.



Figura 11. Lesión de Lisfranc en una niña de 13 años. En la tomografía computada se aprecia el signo de “fleck”, confirmando avulsión de ligamento de Lisfranc. Fue tratada con estabilización con tornillo canulado.

30.9 Fracturas de los metatarsianos

Corresponden a las fracturas más frecuentes del pie pediátrico (60%). En términos generales las fracturas subcapitales y diafisarias presentan escaso desplazamiento y angulación, con rangos de tolerancia amplios para los metatarsianos centrales.

En caso de requerir reducción, se logra con maniobras cerradas, y frente a inestabilidad es suficiente la osteosíntesis percutánea con agujas lisas, asociada a bota corta de yeso, por 3-4 semanas en el caso de las subcapitales, y 4-6 semanas en las diafisarias; la primera mitad del tiempo de inmovilización en descarga y luego carga protegida. En los menores de 5 años es más frecuente la fractura aislada del 1º metatarsiano y por sobre esa edad, la fractura aislada del 5º. Las fracturas del 2º-3º-4º metatarsiano, no se presentan de forma aislada, por lo que se deben evaluar todos los metatarsianos en búsqueda de lesiones concomitantes más sutiles (Figura 12).

Las lesiones pueden ser por mecanismo directo: contusión por caída de objeto contundente o aplastamiento, con rasgos habitualmente en el tercio medio de las diáfisis; o indirecto: por cargas axiales o fuerzas torsionales, que generan rasgos espirales a nivel del tercio proximal de la diáfisis o subcapitales.

Al examen encontraremos dolor, equimosis y edema en medio pie. Se debe mantener un alto índice de sospecha por riesgo de síndrome compartimental. En mecanismos indirectos el compromiso de partes blandas es más sutil, pudiendo solo manifestarse por rechazo a la carga.

El estudio inicial se realiza con radiografías AP, lateral y oblicua del pie. Resulta importante para definir el manejo, evaluar angulaciones y desplazamientos tanto en el plano AP como sagital. No aplica una clasificación específica para estas fracturas. En caso de pacientes menores de 5 años con radiografías iniciales negativas, pero con alto índice de sospecha clínica, se sugiere inmovilizar provisoriamente con valva de yeso bota corta y reevaluar con radiografía en 10-14 días, en búsqueda de callo óseo.



Figura 12. Radiografías de pie de un niño de 9 años, con fracturas de 2°, 3° y 4° metatarsianos. Fue tratado en forma conservadora, con evidencia de consolidación a las 4 semanas de evolución.

Las indicaciones absolutas de manejo quirúrgico son una fractura expuesta, compromiso articular, síndrome compartimental y no unión. No está definido con claridad los valores aceptables de angulación y acortamiento en niños, pero se debe considerar la reducción en los siguientes casos: angulación dorsal $>20^\circ$, acortamiento >5 mm, riesgo de exposición. En relación al 1° metatarsiano, es recomendable realizar reducción con angulación dorsal $>10^\circ$ y acortamiento de cualquier magnitud. En la población adolescente, se agrega como indicación relativa de reducción, un desplazamiento mayor al 75% del ancho diafisario¹⁹.

Las complicaciones de estas lesiones tienen mayor relación con el compromiso de partes blandas. En el caso específico de la fractura, el riesgo de retardo en la consolidación podría ocurrir en fracturas expuestas o pérdida de reducciones hasta en un 15%²⁰.

30.10 Fractura de base de 5° metatarsiano

Las fracturas de la base del 5° metatarsiano corresponden al 40% de todas las fracturas de metatarsianos, y el 90% de ellas se concentra en los >10 años. Se asocia a una inversión o aducción forzada del pie apoyado en el suelo.

Clínicamente se presenta con dolor a la carga en borde lateral del pie, edema localizado en la base del 5° metatarsiano de cuantía variable, siendo la equimosis infrecuente. El estudio inicial es con radiografías de pie AP, lateral y oblicua, siendo suficientes para realizar diagnóstico y definir la conducta terapéutica.

El rasgo de fractura usualmente es perpendicular al eje diafisario, lo que permite hacer el diagnóstico diferencial con el núcleo de osificación apofisario y los núcleos accesorios (os vesalianum y os peroneum). Recordar que el centro de osificación aparece a los 8 años y se fusiona alrededor de los 12 años en mujeres y 15 años en hombres. El eje del núcleo accesorio es paralelo al de la diáfisis y en el caso de avulsión de este, se aprecia un mínimo desplazamiento²¹.

La fractura avulsiva de la tuberosidad es producida por la acción del peroneus brevis, pero pudiese involucrar el origen del músculo abductor digiti minimi.

Clasificación:

- Fractura avulsiva de la tuberosidad.
- Fractura núcleo de osificación.
- Fractura de Jones.



Figura 13. Adolescente con una fractura de Jones del 5° metatarsiano. Se evidencia consolidación tras 6 semanas de tratamiento conservador.

La fractura de Jones se localiza en la unión metafisodiafisaria, que corresponde a la zona de articulación intermetatarsiana 4°-5°. En los adolescentes, esta área de menor vascularización se puede identificar a 20-40 mm medidos desde el tip proximal del 5° metatarsiano.

Las fracturas avulsivas, proximales a la unión metafiso-diafisaria, y no desplazadas, son de tratamiento conservador, con yeso bota corta y descarga por 3-4 semanas, seguidas de carga protegida por 2 semanas, con buenos resultados. Las fracturas localizadas distales a la unión metafiso-diafisaria requieren un seguimiento clínico y radiológico estricto. En caso un desplazamiento inicial no significativo, se indica descarga por 4-6 semanas con una bota corta de yeso y luego carga protegida por 3 semanas (Figura 13).

Las fracturas distales tiene un mayor riesgo de retraso de consolidación y no unión, lo que aumenta con diagnóstico tardío, que se presenta con dolor persistente e impotencia funcional. La fractura de Jones en pacientes menores de 13 años tiene el mayor riesgo de no unión, así como aquella fractura que tiene el antecedente de dolor previo al trauma (fractura por stress). En caso de identificarse alguna de estas complicaciones, está indicada la reducción quirúrgica, reactivación de foco, considerar el aporte de injerto óseo en caso de pseudoartrosis, y osteosíntesis con técnica compresiva (tornillos 4.0 -4.5 mm), aunque está descrito el uso de agujas lisas en período agudo, lo anterior asociado a inmovilización y descarga.

30.11 Fracturas de los ortejos

Son lesiones frecuentes, correspondiendo al 18% de las fracturas del pie pediátrico. Se producen por caída de objetos pesados sobre el pie, o contusión directa al ir descalzo. Además de evaluar el estado de las partes blandas, se debe identificar compromiso del lecho ungueal, ya que de estar presente corresponde a una fractura expuesta, siendo frecuentemente lesiones tipo Salter y Harris I o II, desplazadas.

Para el diagnóstico y determinar necesidad de reducción suele ser suficiente el estudio con radiografías AP, lateral y oblicua de pie. La falange proximal habitualmente es la comprometida. En caso de existir una fractura Salter Harris I o II desplazada en 1 solo plano (Figura 14), es suficiente una reducción con anestesia local (tracción y corrección de la deformidad en sentido contrario a la deformidad), control radiológico e inmovilización con vendaje solidario al ortejo adyacente (embarrilado). Si la angulación es en 2 planos o rasgo subcapital inestable, está indicado reducción en pabellón. Generalmente basta la reducción cerrada, osteosíntesis con aguja de Kirschner con técnica percutánea y, según edad del paciente, la inmovilización con embarrilado o valva de yeso bota corta, en descarga por 2-3 semanas, posterior a lo cual se retira inmovilización y aguja.

No se aplica una clasificación específica en las fracturas de falanges, pero si resulta relevante determinar el compromiso del lecho ungueal, ya que la presencia de sangre peri-ungueal, lesión de eponiquio o hematoma subungueal, hace necesario descartar una fractura expuesta tipo Salter y Harris I o II con desplazamiento dorsal. Se recomienda realizar drenaje del hematoma subungueal cuando abarca >50% de la uña. En el hallux, la fractura fisaria desplazada de la falange distal asociada a exposición a través del lecho ungueal con daño de la matriz, recibe el nombre de fractura de Pickney, y generalmente es secundaria a lesiones deportivas²².



Figura 14. A. Fractura desplazada tipo Salter y Harris II de falange proximal de 5º ortejo. B. Control posterior a reducción bajo anestesia local.

La mayoría de estas lesiones son de buen pronóstico, de tratamiento no quirúrgico. En términos generales, del 2º al 5º ortejo, la inmovilización a través del vendaje solidario resulta con suficiente estabilidad y analgesia, permitiendo carga con talón según tolerancia. El tiempo de consolidación fluctúa entre 3-4 semanas, pudiendo adicionar una bota corta de yeso para marcha protegida en caso necesario (fracturas múltiples).

Las fracturas expuestas deben ser manejadas según los principios generales: aseo, sutura, estabilización en caso necesario y reparación de lecho y matriz ungueal para evitar alteración de la morfología de la uña.

Las fracturas del hallux que comprometen la fis y epífisis, pueden comprometer la superficie articular (Figura 15). Cuando la extensión articular supera el 25% de la superficie, o el desplazamiento es mayor a 2-3 mm, está indicada la reducción cerrada o abierta y osteosíntesis con agujas lisas o mini-tornillos según edad^{23,24}.

Puede existir consolidación con malalineación, cambios artrósicos en fracturas articulares y riesgo de osteomielitis en fracturas expuestas. La necrosis avascular puede presentarse en fracturas articulares del hallux, secundario al trauma o al intento de reducción abierta, al comprometer la irrigación de los fragmentos. Park²⁵ sostiene que la fractura avulsiva del condilo lateral de la falange proximal del hallux, producida por un mecanismo de hiperabducción y extensión, tiene un alto riesgo de no unión, basado en el mecanismo lesional. Así también, el cierre precoz de la fisis es más frecuente en las fracturas que comprometen el hallux.

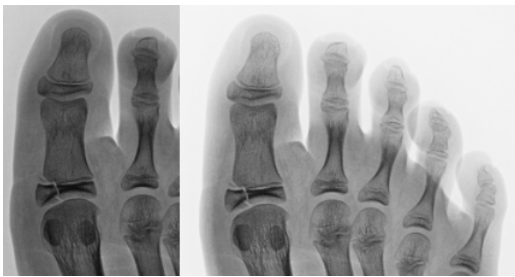


Figura 15. fractura de la epifisis de falange proximal de hallux, en una niña de 9 años de edad. Fue tratada en forma no quirúrgica, por escaso desplazamiento inicial de la lesión.

30.12 Fracturas por stress

Actividades repetitivas que sobrepasan la capacidad de regeneración del tejido óseo provocan las fracturas por estrés. En los deportistas con esqueleto inmaduro, el incremento acelerado de la masa muscular, la presencia de huesos aún en desarrollo con corticales más delgadas, menor densidad mineral ósea proporcional y los factores hormonales, predisponen a este tipo de lesiones.

El pie ocupa el segundo y tercer lugar en frecuencia de estas lesiones, con los metatarsianos y huesos del tarso, respectivamente, siendo la tibia el hueso con mayor incidencia. Los deportes que más se relacionan con fracturas por estrés de los metatarsianos son el ballet, atletismo y gimnasia.

Encontraremos dolor localizado en la región plantar o dorso del pie, de larga data. El estudio radiográfico tiene baja sensibilidad (15%), pudiendo evidenciar reacción perióstica, engrosamiento cortical y esclerosis. La cintigrafía ósea trifásica tiene mejor sensibilidad, pero baja especificidad. La resonancia magnética es de elección en estas lesiones²⁶.

El tratamiento dependerá de la localización, complicación con fractura aguda, edad y nivel de actividad del paciente; en términos generales son de manejo conservador con descarga y modificación de los factores predisponentes.

30.13 Lesiones por rayo de rueda

Las lesiones por rayo de rueda son un motivo de consulta frecuente en los servicios de urgencia pediátrica, con una mayor incidencia entre los 2-8 años, relacionado con el transporte inadecuado de niños como pasajeros en bicicletas que no cuentan con las medidas de protección o asientos destinados para ello²⁷.

La lesión se produce a través de 3 mecanismos:

- Laceración de tejido por el efecto "cuchillo" del rayo.
- Aplastamiento por el impacto entre la rueda y arco.
- Daño por el vector de cizallamiento resultante entre estas 2 fuerzas.

Por lo anteriormente expuesto, la magnitud final de la lesión de partes blandas será evidente en un plazo de 48 a 72 horas, por el efecto en la microvasculatura local.



Figura 16. Lesiones de partes blandas, erosión por rayos de rueda de bicicleta, a nivel de tobillo y pie, en un niño de 8 años.

La evaluación inicial es de vital importancia, donde se debe incluir el estado de las partes blandas, compromiso neurovascular y osteoarticular. Se deben solicitar las radiografías que generalmente involucran tobillo y pie, pudiendo evidenciar fracturas incompletas metafisarias distales de tibia/fíbula, con compromiso fisario, además de lesiones parciales de tendón rotuliano.

En este tipo de lesiones es fundamental la evaluación seriosa del estado de las partes blandas, considerando su carácter evolutivo, ya que en general en caso de encontrarse fracturas asociadas, son de manejo no quirúrgico, requiriendo sólo inmovilización (Figura 16).

30.14 Síndrome compartimental del pie

Los tejidos del pie pediátrico tienen mayor elasticidad que los de el adulto, debido principalmente a su composición ósea cartilaginosa y mayor contenido de agua, pero ante traumas de alta energía, el riesgo de síndrome compartimental siempre debe ser considerado. Las fracturas expuestas no disminuyen el riesgo potencial de aparición. El aumento sostenido de la presión en los 9 compartimentos del pie, disminuye la perfusión, provocando necrosis muscular e isquemia nerviosa; la isquemia prolongada puede resultar en un daño irreversible a la musculatura, nervios y piel. La importancia en su identificación precoz y tratamiento oportuno radica en la gravedad de las secuelas funcionales que conlleva, constituyendo una de las emergencias quirúrgicas en traumatología.



Figura 8. Fasciotomía del pie en un niño de 7 años, por trauma de alta energía y síndrome compartimental secundario. Se observa cierre de fasciotomías a las 3 semanas, con cobertura completa.

Los valores de presión normal en los compartimentos de los infantes son mayores que el adulto y aún no ha sido posible estandarizar valores de corte según edad, por lo que la medición de presión como única herramienta diagnóstica, no está validada. El diagnóstico continúa siendo clínico. Las “5P”, descritas para identificar un síndrome compartimental, no se presentan de manera precoz en el niño, estando demostrada escasa utilidad en el diagnóstico oportuno. En la edad pediátrica se deben identificar las “3A”: Anxiety, Analgesic needs, Agitation, siendo el aumento de los requerimientos de analgesia el más precoz de ellos²⁸. La presencia de cualquiera de estos signos en un paciente que ha sufrido una lesión grave del pie, debe levantar la sospecha de un síndrome compartimental inminente y la necesidad de una fasciotomía de urgencia. Generalmente, luego de 48-72 horas, si no hay asociado una extensa lesión de partes blandas o déficit de cobertura, es factible el cierre primario de la piel, obteniendo buenos resultados funcionales.

La prevalencia del síndrome compartimental del pie pediátrico es desconocida, Wallin²⁹ presentan una revisión sistemática de la literatura disponible de 1990 a 2012, con estudios que avalan los buenos resultados posterior a fasciotomía en pacientes pediátricos, con seguimientos a mediano plazo. Dentro de las complicaciones están descritas: dolor crónico, ortijos en garra, pie cavo y parestesias.

30.15 Mensaje Final

Las fracturas del pie se encuentran dentro de las más frecuentes de la edad pediátrica. Si bien en su mayoría son subsidiarias de manejo conservador por su gran potencial de consolidación y remodelación, éste no es infinito y dicha premisa no aplica a todos los huesos del pie de forma transversal en todas las edades.

La radiología del pie pediátrico es compleja, por lo que resulta de vital importancia la aplicación de una evaluación radiológica sistematizada, conocimiento de las mediciones estandarizadas y su adecuada aplicación e interpretación para la elección del tratamiento correcto en cada caso.

30.16 Recomendaciones de los autores

- La fractura de talo, con mecanismo de alta energía, generalmente se asocia a fracturas de tobillo, por lo que en la evaluación inicial se debe solicitar estudio imagenológico de tobillo y del pie.
- Considerar siempre dentro del diagnóstico diferencial de esguince lateral de tobillo por caída en skate, la fractura del proceso lateral del talo.
- Toda contusión del hallux con evidencia de sangrado periungueal a nivel de la base, debe ser evaluada para descartar fractura expuesta fisaria de la falange distal.
- Las fracturas subcapitales y diafisarias de metatarsianos centrales tienen un gran potencial de consolidación y remodelación, por lo que se recomienda considerar la edad del paciente, teniendo en cuenta la premisa “tratar al niño, no la radiografía”.
- Mantener un alto índice de sospecha en mecanismo causales de Lesión de Lisfranc, evaluar las radiografías de forma sistemática y solicitar en casos que lo ameriten, estudio imagenológico especializado.
- Las fracturas expuestas de pie no disminuyen el riesgo de síndrome compartimental, recordar las “3A”, y mantener un alto índice de sospecha.

30.17 Referencias

1. Landin LA. Epidemiology of children's fractures. *J Pediatr Orthop B*. 1997;6(2):79-83. doi:10.1097/01202412-199704000-00002
2. Denning JR, Mehlman CT. The Community Orthopaedic Surgeon Taking Trauma Call: Pediatric Foot Fracture Pearls and Pitfalls. *J Orthop Trauma*. 2019;33 Suppl 8:S27-S32. doi:10.1097/BOT.0000000000001547
3. Cooper C, Dennison EM, Leufkens HG, Bishop N, van Staa TP. Epidemiology of childhood fractures in Britain: a study using the general practice research database. *J Bone Miner Res*. 2004;19(12):1976-1981. doi:10.1359/JBMR.040902
4. Blount W. Injuries of the foot. In: Beaty JH, Kasser JR, eds. *Fractures in Children*. Philadelphia, PA: Williams and Wilkins; 1955:195-196.
5. Adirim TA, Cheng TL. Overview of injuries in the young athlete. *Sports Med*. 2003;33(1):75-81. doi:10.2165/00007256-200333010-00006
6. Ogden J. The foot. In: Ogden J, editor. *Skeletal injury in the child*. New York: Springer Verlag; 2000. p. 626-7.
7. Rockwood and Wilkins. *Fractures in Children*. Ninth edition. 2020; 30: 1883-1964.
8. Green A. The Pediatric Foot and Ankle. *Pediatr Clin North Am*. 2020;67(1):169-183. doi:10.1016/j.pcl.2019.09.007
9. Stiell I. Ottawa ankle rules. *Can Fam Physician*. 1996;42:478-480.
10. Thermann H, Schratt HE, Hüfner T, Tscherne H. Die Frakturen des kindlichen Fusses [Fractures of the pediatric foot]. *Unfallchirurg*. 1998;101(1):2-11. doi:10.1007/s001130050225
11. Hawkins LG. Fractures of the neck of the talus. *J Bone Joint Surg Am*. 1970;52(5):991-1002.
12. Canale ST, Kelly FB Jr. Fractures of the neck of the talus. Long-term evaluation of seventy-one cases. *J Bone Joint Surg Am*. 1978;60(2):143-156.
13. Kızılay YO, Aytan O. Low-Energy Hawkins Type III Talar Neck Fracture-Dislocation With Neurovascular and Tendon Entrapment in a Pediatric Patient. *J Foot Ankle Surg*. 2017;56(6):1288-1291. doi:10.1053/j.jfas.2017.05.007
14. Reginelli A, Russo A, Turriziani F, et al. Imaging of pediatric foot disorders. *Acta Biomed*. 2018;89(1-S):34-47. Published 2018 Jan 19. doi:10.23750/abm.v89i1-S.7009
15. Denning JR. Complications of Pediatric Foot and Ankle Fractures. *Orthop Clin North Am*. 2017;48(1):59-70. doi:10.1016/j.ocl.2016.08.010
16. Boyle MJ, Walker CG, Crawford HA. The paediatric Bohler's angle and crucial angle of Gissane: a case series. *J Orthop Surg Res*. 2011;6:2. Published 2011 Jan 10. doi:10.1186/1749-799X-6-2
17. Knijnenberg LM, Dingemans SA, Terra MP, Struijs PAA, Schep NWL, Schepers T. Radiographic Anatomy of the Pediatric Lisfranc Joint. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(10):510-513. doi:10.1097/BPO.0000000000000864
18. Mahan ST, Lierhaus AM, Spencer SA, Kasser JR. Treatment dilemma in multiple metatarsal fractures: when to operate?. *J Pediatr Orthop B*. 2016;25(4):354-360. doi:10.1097/BPB.0000000000000311
19. Robertson NB, Roocroft JH, Edmonds EW. Childhood metatarsal shaft fractures: treatment outcomes and relative indications for surgical intervention. *J Child Orthop*. 2012;6(2):125-129. doi:10.1007/s11832-012-0403-5
20. Pinckney LE, Currarino G, Kennedy LA. The stubbed great toe: a cause of occult compound fracture and infection. *Radiology*. 1981;138(2):375-377. doi:10.1148/radiology.138.2.7455117
21. Crawford AH, Mehlman CT, Parikh SN. Fractures and dislocations of the foot and ankle. In: Mencia GA, Swiontkowski MF, editors. *Green's skeletal trauma in children*. 5th edition. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2015. p. 473-542.
22. Crawford H. Fractures and dislocations of the foot. In: Flynn JM, Skaggs DL, Waters PM, editors. *Rockwood and Wilkins' fracture in children*. 8th edition. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2015. p. 1225-70.
23. Park DY, Han KJ, Han SH, Cho JH. Barefoot stubbing injuries to the great toe in children: a new classification by injury mechanism. *J Orthop Trauma*. 2013;27(11):651-655. doi:10.1097/BOT.0b013e31828e5d39
24. Jaimes C, Khwaja A, Chauvin N. Ankle and foot injuries in the young athlete. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2018;22(01):104-17. doi: 10.1055/s-0037-1609012
25. Slaar A, Karsten IH, Beenen LF, et al. Plain radiography in children with spoke wheel injury: A retrospective cohort study. *Eur J Radiol*. 2015;84(11):2296-2300. doi:10.1016/j.ejrad.2015.07.013
26. Noonan KJ, M.J., Compartment Syndrome in the Pediatric Patient. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2010. 30(2 Supplement): p. 96:101
27. Wallin K, Nguyen H, Russell L, Lee DK. Acute Traumatic Compartment Syndrome in Pediatric Foot: A Systematic Review and Case Report. *J Foot Ankle Surg*. 2016;55(4):817-820. doi:10.1053/j.jfas.2016.02.010

Editor

Matías Sepúlveda Oviedo

Traumatología Pediátrica

Las lesiones traumáticas del sistema musculoesquelético en pacientes pediátricos requieren de un acabado conocimiento de las características biológicas y diferencias con el esqueleto del adulto que permitan entregar un diagnóstico precoz acertado y ofrecer el mejor tratamiento posible, con el fin de evitar complicaciones y secuelas que impacten en la vida del menor y en su futuro.

Este libro entrega una revisión actualizada de los principales tópicos de la traumatología pediátrica, desde la biología de la reparación celular en este grupo etario, las lesiones y características propias del mismo, hasta el estudio, diagnóstico y tratamiento de las lesiones musculoesqueléticas traumáticas más frecuentes de encontrar en la práctica clínica.

El desarrollo de cada capítulo ha sido realizado por autores con experiencia en el tema, miembros de la Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología, en conjunto con especialistas extranjeros de reconocida trayectoria en el campo. Ellos entregan además sus consejos y trucos, aportando un abordaje integral a cada capítulo.

El libro contiene múltiples imágenes de casos clínicos y esquemas que permiten demostrar los principios y técnicas desarrolladas en ellos, que tanto los médicos residentes como los cirujanos traumatólogos que deban evaluar y tratar pacientes pediátricos encontrarán de utilidad.

ISBN: 978-956-414-308-8

