



TEMA DE ACTUALIZACIÓN

Fracturas diafisarias del fémur en el niño: actualización en el tratamiento

P. González-Herranz*, M.LI. Rodríguez Rodríguez y M.A. Castro Torre

Unidad de COT Infantil, Hospital Materno Infantil Teresa Herrera, A Coruña, España

Recibido el 1 de junio de 2008; aceptado el 15 de septiembre de 2010

Disponible en Internet el 6 de enero de 2011

PALABRAS CLAVE

Fractura fémur;
Clavos elásticos;
Fijación externa;
Clavo intramedular;
Placa percutánea;
Hipercrecimiento;
Remodelación

KEYWORDS

Femur fracture;
Elastic nails;
Monolateral external
fixation;
Overgrowth;
Remodelling

Resumen

El tratamiento de las fracturas de la diáfisis del fémur en el niño, está sometido a una gran controversia, debido a que los procedimientos que se emplean en los adultos no son aplicables durante el período de crecimiento. No obstante, parece que existe un cierto consenso en que el método que elijamos debe ir encaminado a acortar el tiempo de estancia hospitalaria, que sea confortable para el paciente, que proporcione una adecuada estabilidad a la fractura y origine en menor número de complicaciones y secuelas. Parece existir cierta unanimidad en que en menores de 5 años los métodos conservadores (arnés de Pavlik, yeso precoz,...) son los métodos de elección salvo en situaciones complejas. Es a partir de los 6 años y hasta los 13 años, el período en el cual la indicación de un método u otro puede estar más en discusión, si bien hoy en día el enclavado intramedular elástico es el método de predilección por parte de la mayoría de los autores, sobre todo para fracturas transversales y que asientan en el tercio medio, excepto en casos de gran inestabilidad. En estas situaciones de fracturas conminutas o con trazos oblicuos, la fijación externa monolateral, los clavos rígidos introducidos desde la región trocantérica y las placas atornilladas percutáneas submuscular pueden ser una buena opción. En la actualidad no existe un método que pueda aplicarse a la totalidad de los diferentes tipos de fractura. La opción terapéutica elegida deberá basarse en la estabilidad clínica del paciente, características de la fractura, diámetro de la cavidad medular y peso del paciente.

© 2008 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Diaphyseal femur fractures in children. Treatment update

Abstract The treatment of diaphyseal femur fractures in children is a subject of great controversy due to the procedures employed in adults not being applicable during the growth period. However, there appears to be some consensus in that the method we choose must lead to shortening the hospital stay, is comfortable for the patient, provides suitable stability to the fracture and has less complications and after effects. There is some unanimity in that the methods of choice should be conservative in children less than 5 years-old (Pavlik harness, early cast),

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: pgonher@canalejo.org (P. González-Herranz).

except in complex situations. It is from 6 years to 13 years, the period in which one method or the other that should be discussed more. Nowadays, elastic intramedullary nailing is the method preferred by many authors, particularly for transverse fractures and those located in the middle third, except in cases of great instability. In these situations of comminuted or oblique fractures with monolateral external fixation, the rigid nails introduced from the trochanteric region and percutaneous plating can be a good option. There is currently no method that could be applied to all the different types of fracture. The chosen therapeutic option should be based on the clinical stability of the patient, the characteristics of the fracture, diameter of the medullary cavity and weight of the patient.

© 2008 SECOT. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Uno de los motivos más frecuentes de hospitalización en una Unidad de Traumatología Infantil es la fractura de la diáfisis femoral. La gran mayoría se resuelven satisfactoriamente mediante tratamiento ortopédico, de forma rápida y sin secuelas evidentes, siendo el tratamiento habitual hasta hace algunas décadas, y aún un método vigente en muchos hospitales: la colocación de un sistema de tracción blanda o esquelética durante un período de 3-4 semanas, para luego, bajo sedación, colocar un yeso pelvipédico por un período de aproximadamente un mes.

En los casos de niños politraumatizados existen unas prioridades vitales que hacen que la estabilización de las fracturas de los miembros ocupe un lugar secundario. Tras tener controladas las constantes vitales, que puede durar las primeras horas o incluso días, una vez el paciente se encuentra hemodinámicamente estable y con una adecuada ventilación, la síntesis de las fracturas se convierte en una urgencia con el fin de liberar al paciente lo antes posible de una ventilación asistida, de tracciones esqueléticas o grandes inmovilizaciones que permitan abandonar lo antes posible la UCI e iniciar un tratamiento de rehabilitación y readaptación física y psíquica a la vida cotidiana. Las complicaciones derivadas de un politrauma infantil son distintas a las que se pueden ver en adultos. Los TEP, embolia grasa, etc. no suelen ser habituales en niños. Por el contrario, los problemas de ventilación respiratoria por exceso de tiempo de intubación, acortamientos o desviaciones axiales de los miembros y rigideces articulares son complicaciones habituales en estos casos por una demora innecesaria a la hora de tomar las decisiones terapéuticas pudiendo requerir tratamiento quirúrgico para su solución sino queremos dejar una secuela permanente^{1,2}.

El tratamiento ortopédico clásico se ha ido abandonando y se ha sustituido por modificaciones del tratamiento ortopédico/conservador u otros procedimientos quirúrgicos que evitan el período de tracción o la inmovilización escayolada con el fin de acortar el tiempo de hospitalización y disminuir la incidencia de consolidaciones viciosas. Estos procedimientos quirúrgicos que gozan de gran atractivo para el cirujano ortopédico y "a priori" cuentan con grandes ventajas si los comparamos con el método tradicional conservador, no todos tienen las mismas indicaciones, complicaciones, curva de aprendizaje y costes económicos. Unos se han ido aplicando e implantando inicialmente en función a los buenos resultados observados en la población adulta, a "modas quirúrgicas" y también se han ido abandonando por las

complicaciones surgidas y por las "excelencias" de otras nuevas tendencias quirúrgicas.

Se puede decir, que la indicación para el tratamiento de las fracturas de la diáfisis femoral debe basarse no solamente en el tipo y localización de la fractura y el dominio de una determinada técnica quirúrgica. También se deben tener en cuenta otros aspectos como son: edad, trauma asociado, calidad ósea, conocimiento de diferentes técnicas quirúrgicas, diámetro de hueso y de la cavidad medular del fémur, peso del paciente, costes económicos, etc. No existe ningún método exento de complicaciones, unos son más exigentes que otros desde el punto de vista técnico, pero entre todos los tratamientos quirúrgicos unos pueden cubrir las carencias de otros y al final ofrecer al paciente la mejor opción terapéutica disponible con el menor número de complicaciones o secuelas a medio o largo plazo que es, al fin y al cabo, lo que nos debe preocupar y guiar.

Por tanto, no todas las opciones de tratamiento quirúrgico son válidas para todos los diferentes tipos de fracturas. Estas modalidades deberán guardar una serie de "preceptos" como son: 1) No alterar el foco fracturario, 2) Deben ser procedimientos mínimamente invasivos, y 3) Preservar el cartílago de crecimiento, así como la integridad vascular de la cabeza femoral.

En el presente trabajo se revisan las pautas actuales del tratamiento de las fracturas diafisarias de fémur en la infancia, sus ventajas e inconvenientes, así como las complicaciones comunes y específicas de los diferentes métodos.

Generalidades

Las fracturas de la diáfisis del fémur son más frecuentes en varones 3:1. Según la edad, el 11% afecta a niños menores de 2 años, el 21% entre los 3-5 años, el 33% entre los 6-12 años y el 35% entre los 13-18 años. La localización más frecuente es a nivel del tercio medio y trazo transversal (60%), le siguen las que asientan en el tercio proximal (20%) y las más raras son las del tercio distal (10%). La incidencia de fracturas abiertas es baja, menos del 5%.

El mecanismo de producción más habitual en menores de 3 años son caídas casuales domésticas o en áreas de recreo o el maltrato físico. En niños mayores, accidentes de tráfico o deportivos. En ocasiones la fractura asienta sobre hueso patológico (osteogénesis imperfecta, QOE,...)³.

La edad de los pacientes confiere unas características típicas y distintas a la fractura del adulto: rápida consolidación con callo óseo abundante, fenómeno de hipercrecimiento del fémur durante aproximadamente 12-18

meses postfractura y la posibilidad de corrección espontánea de deformidades residuales mediante fenómenos de remodelación excepto las deformidades rotacionales, si bien estas últimas pueden encontrarse enmascaradas por la gran movilidad rotatoria de la articulación coxo-femoral.

TRATAMIENTO

El tratamiento ideal sería el que permitiera un control de la reducción de la fractura, fuese confortable para el niño, con el menor impacto psicológico posible, que permita y facilite los cuidados de enfermería e higiene y no deje secuelas.

Como se mencionó anteriormente no existe un tratamiento único para todas las fracturas diafisarias femorales. Dependerá de una serie de factores, como son edad, peso, lesiones de partes blandas, tipo y localización de la fractura, traumatismo craneo-encefálico, torácico o abdominal u otras fracturas asociadas. También dependerá de la experiencia del cirujano, de las características hospitalarias, así como es importante el conocimiento de la situación psicosocial de la familia^{4,5}.

El tratamiento lo podríamos dividir en dos grandes grupos:

A. Tratamiento Conservador

Se han descrito muchos procedimientos dependiendo de la aplicación de la tracción (cutánea u ósea) y dirección de la misma (horizontal, vertical u oblicua) con la posterior inmovilización escayolada. También desde hace ya algunos años se está prescindiendo del periodo de tracción inmovilizando el miembro fracturado con yeso o con diferentes dispositivos de forma precoz.

1. Tracción de Bryant o al cénit

Aplicada de forma apropiada y vigilada meticulosamente, se indica en niños de peso inferior a 18 kg y menores de 2 años de edad con fractura desplazada. Este tipo de tracción es eficaz, siempre que no exista espasticidad ni contractura de los músculos isquiotibiales, y siempre que las caderas puedan flexionarse con facilidad a 90° con las rodillas en extensión. Por tanto, se debe evitar este tratamiento en niños con PCI, artrogriposis o cualquier otra patología que curse con disminución de la movilidad de la cadera.

La tracción cutánea se aplica a ambas piernas, colocando un peso que suele oscilar entre el 15-20% del peso corporal en cada pierna o el peso necesario que consiga levantar la pelvis del niño de la superficie de la cama. Es conveniente la sujeción de la pelvis y tronco del niño a la cuna con un pañal modificado o sábana.

En lactantes, la formación de un callo óseo se produce con suma rapidez y 2 o 3 semanas después del traumatismo desaparece el dolor y la fractura será lo suficientemente estable como para permitir la supresión de la tracción y la colocación o no de un yeso pelvipédico por espacio de 3-4 semanas. También puede aplicarse de forma domiciliar si existe la colaboración adecuada por parte de los padres, acortándose de esta forma la estancia hospitalaria y costes del tratamiento.

Siempre hay que vigilar las extremidades del paciente ante la posibilidad de aparición de complicaciones cutáneas, vasculares o neurológicas. Los problemas circulatorios son raros pero los más graves (contractura isquémica de Volkman). Otro peligro es la parálisis del nervio ciático poplíteo externo. Es importante que la circulación, temperatura, movilidad, sensibilidad de los dedos del pie se verifiquen a intervalos frecuentes. Hay que cuidar la colocación de los vendajes y tiras adhesivas de la tracción para que no se produzcan lesiones de partes blandas, sobre todo úlceras de decúbito en la zona del talón, flictenas de la piel^{6,7}.

2. Tracción cutánea o esquelética y posterior yeso pelvipédico

Para algunos ortopedas es el sistema de elección de las fracturas de la diáfisis femoral en niños a partir de los 2 años de edad hasta los 13 años al evitar la intervención quirúrgica, situación en ocasiones derivada por la falta de infraestructura de hospitales pequeños de nuestro país en los que la anestesia de niños de menos de 8 años es un obstáculo y de difícil entendimiento para el cirujano.

Se coloca una tracción blanda o esquelética en región supracondílea femoral o infratuberositaria tibial. El peso a colocar oscila entre 2 a 4 kg con la extremidad inferior descansando en almohadas o férula de Braun. El tiempo de tracción varía de 2-4 semanas, realizándose controles radiográficos semanales para control del acortamiento, desviaciones angulares y aparición de callo perióstico que nos permita retirar el sistema de tracción e inmovilizar al paciente con un yeso pelvipédico bajo sedación o no.

En los casos en los que la tracción es un método de tratamiento provisional hasta la estabilización quirúrgica de la fractura de forma programada, y con el paciente estabilizado clínicamente, es preferible el empleo de una tracción blanda ya que no precisa mayor analgesia para el control del dolor, se puede aplicar sin sedación y no contamina una posible entrada quirúrgica en el supuesto de colocar clavos elásticos por región supracondílea⁸.

Las complicaciones descritas de este sistema de tratamiento han sido las desviaciones angulares, rotacionales y acortamientos excesivos de la fractura, parálisis del nervio ciático poplíteo externo (generalmente por apoyo mantenido y compresión a nivel del cuello del peroné), difícil manejo del enfermo politraumatizado y la mala tolerancia por lo general tanto del periodo de tracción como de inmovilización (fig. 1).

Existen muchos tipos de tracción descritos que mejoran el control de los fragmentos óseos —tracción esquelética 90°-90°— que relaja los músculos gemelos, de la corva y psoas ilíaco, por la posición en 90°, tanto de la cadera, como de la rodilla. No obstante, la colocación de la tracción se debe realizar bajo anestesia general, utilizando un clavo de Steinmann o aguja de Kirschner, que se introducen por encima del tubérculo adductor, en la unión del tercio posterior y los dos anteriores de la diáfisis femoral, evitando así lesionar el cartilago de crecimiento y la bolsa supra-rotuliana. El clavo debe introducirse perpendicular al eje longitudinal del fémur, por lo tanto paralelo al eje articular de la rodilla. La ausencia de cumplimiento de este requisito sería para algunos autores motivo de secuelas, tales como desviaciones



Figura 1 Varón de 11 años. Fractura espiroidea en fémur derecho, tratada de forma conservadora mediante tracción y posterior yeso pelvipédico. Consolidación en malrotación. Control clínico a los 10 años de seguimiento con miembro en actitud de rotación externa y disminución de la rotación interna de la cadera.

axiales y disimetrías. La tracción transtibial a la altura de la tuberosidad tibial anterior no debe emplearse ante el riesgo de lesionar esa porción de la fisis proximal de la tibia, originar un puente fisario y una deformidad en recurvatum de la rodilla⁹.

3. Reducción cerrada e inmovilización inmediata con yeso bipelvipédico

Suele indicarse en niños menores de 6 años. La principal ventaja de esta forma de tratamiento es el acortamiento de la estancia hospitalaria, con claras repercusiones beneficiosas sociales y económicas¹⁰. Sin embargo, el mantenimiento de la reducción conseguida por este sistema es difícil y requiere una frecuente supervisión, así como de controles radiológicos repetidos durante las primeras semanas, con posibilidad de corrección de las desviaciones secundarias mediante yesotomías.

Este procedimiento se debe realizar bajo anestesia general. El tiempo estimado de inmovilización en semanas se calcula sumándole al número de años del paciente "3", de tal forma que por ejemplo un niño de 4 años deberá mantener el yeso durante 7 semanas.

Con esta técnica se obtienen buenos resultados, aunque semejantes a los observados con tracción y posterior colocación de yeso. La obesidad, el edema, el acortamiento y la conminación del foco de fractura son factores que desaconsejan el empleo de este método por la dificultad del mantenimiento de la reducción.

Entre las complicaciones descritas, las más habituales son: consolidaciones viciosas y acortamiento de la extremidad, leves excoriaciones y úlceras de la piel por defectos de acolchado o roce de los bordes, así como las frecuentes visitas hospitalarias por el deterioro del yeso (rotura, reblandecimiento, yeso mojado, etc.).

Existen descritas variaciones del método como son la inmovilización precoz con yeso pelvipédico con cadera y rodilla a 90°, o la inmovilización precoz según técnica de Irani que consiste en la reducción inmediata, bajo anestesia general y simple tracción, seguida de inmovilización con yeso pelvipédico bilateral con la rodilla flexionada entre 40-60° incluyendo los pies para que el paciente no pueda apoyarse en el yeso y evitar así desplazamientos secundarios de la fractura^{11,12}.

Inmovilización simple con Arnés de Pavlik

Puede emplearse en recién nacidos y lactantes hasta la edad de un año. En el caso de fracturas desplazadas en recién nacidos evita la necesidad de colocar al niño en tracción cenital o en niños algo mayores la colocación de un yeso precoz¹³. El fragmento proximal en estas fracturas suele presentar una importante posición en flexión por la actitud fisiológica en flexión de las extremidades inferiores que presentan los neonatos. La colocación del arnés aproxima el fragmento distal al fragmento proximal en flexo (fig. 2). El tiempo necesario de inmovilización suele ser de 4 semanas, y la deformidad en antecurvatum y acortamiento que habitualmente aparecen suele ir desapareciendo en controles sucesivos gracias a la gran capacidad de remodelación existente a estas edades. No obstante, entre los inconvenientes del método está el mayor dolor durante los primeros días con el arnés comparado así se coloca la extremidad en tracción cenital o en un yeso pelvipédico^{5,14}.

B. Tratamiento quirúrgico

Las indicaciones clásicas del tratamiento quirúrgico son el paciente con politrauma, lesión de partes blandas, fracturas múltiples del mismo miembro, lesión vascular, fractura



Figura 2 Fractura obstétrica femoral derecha en recién nacido. El fragmento proximal se desplaza en flexión. Tratamiento con arnés de Pavlik.

patológica, lesión cerebral asociada o fractura aislada en la que no se consigue la reducción o estabilización de manera ortopédica. Pero estas indicaciones se han ido ampliando en las últimas décadas a todas las fracturas diafisarias abiertas o cerradas desplazadas en niños mayores de 5 años ya que el tratamiento convencional de tracción seguida de yeso, ocasiona un alto índice de mal-uniones sumándose otros inconvenientes, como son la estancia hospitalaria prolongada, el incremento del coste económico, la alteración de la vida familiar y laboral de los padres, así como escolar del niño¹⁵.

Las ventajas que aporta el tratamiento cruento con respecto a los métodos conservadores son las de poder conseguir una reducción anatómica y/o estabilización de la fractura, sin desviaciones axiales ni rotacionales. Además, el manejo médico y de cuidados de enfermería del paciente politraumatizado es mejor, consiguiéndose una movilización precoz con menor índice de mal-uniones, menor estancia hospitalaria y, por lo tanto, un coste más reducido y una mejor readaptación familiar y social^{16,17}.

1. Placas atornilladas

La utilización del sistema AO empleando placas atornilladas se aplicó hace décadas con unos excelentes resultados inmediatos. La necesidad de una reducción a cielo abierto y una segunda intervención para llevar a cabo la retirada del material lo que conlleva una nueva desperiostización,

puede provocar un excesivo fenómeno de hipercrecimiento femoral, a veces de hasta 4 cm. Como consecuencia de esta situación, este procedimiento fue sustituido por otras técnicas menos invasivas¹⁸.

No obstante, una buena indicación de este método de osteosíntesis son las fracturas subtrocantéricas, de difícil manejo con métodos ortopédicos, así como con otros métodos quirúrgicos. La apertura del foco de fractura y la estabilización con placa AO o de Richards simplifica en gran medida el manejo de esta fractura de difícil control por la acción de los potentes grupos musculares —psoas y glúteos— que la rodean (fig. 3).

En la actualidad, las placas AO han cobrado auge por su aplicación de forma percutánea, aunque no parece que sea un método que vaya a generalizarse debido a que aún presentan algunas incertidumbres como son la necesidad y dificultad para la retirada de material de forma percutánea, la dosis de exposición a radiaciones ionizantes tanto al niño como al cirujano y que aún no se disponen de estudios a largo plazo para saber qué fenómeno de hipercrecimiento puede esperarse con esta técnica percutánea^{5,19–21}.

2. Clavo intramedular rígido con o sin encerrojamiento

La utilización del clavo intramedular rígido empezó a aplicarse en la población pediátrica a raíz de los buenos resultados obtenidos en adultos con clavos de Kuntscher en

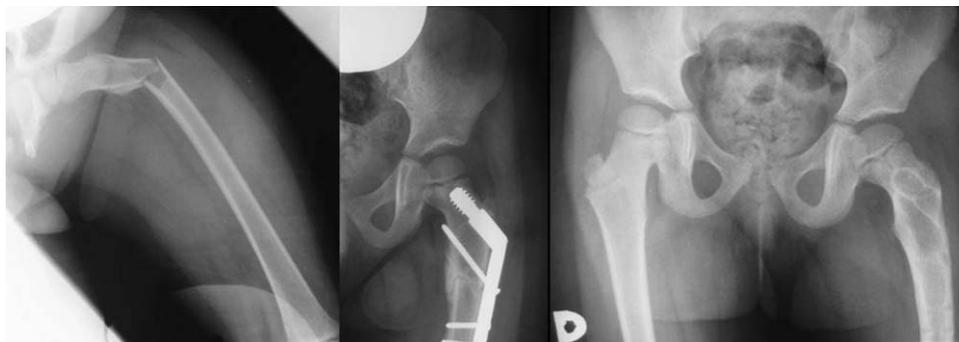


Figura 3 Niña de 5 años. Fractura diafisaria 1/3 proximal de fémur izquierdo. Reducción y síntesis con placa DHS de Richards. Control radiológico tras la RMO.

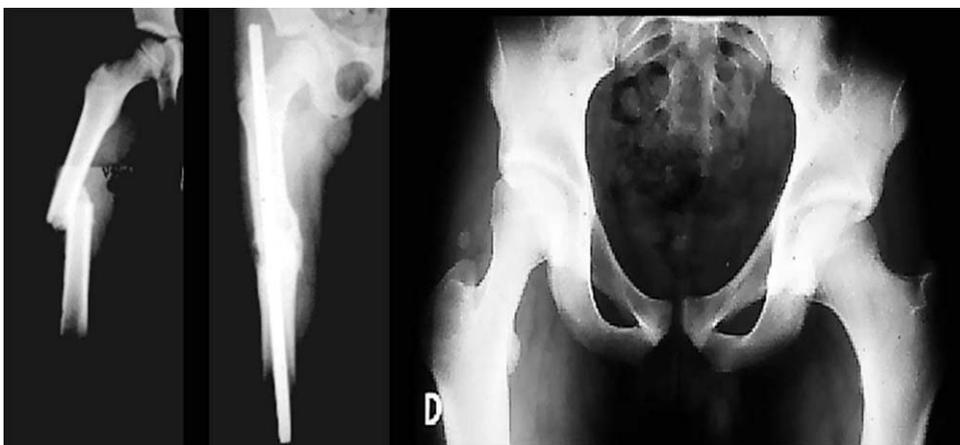


Figura 4 Varón de 8 años de edad, fractura diafisaria 1/3 medio femoral tratada mediante enclavado intramedular de Kuntscher. Efecto a largo plazo como consecuencia de la epifisiodesis de la placa de crecimiento trocántero-cervical ocasionando coxa valga, adelgazamiento del cuello femoral y aumento de la distancia artículo-trocantérica.

países del entorno alemán. Al igual que con el método anterior, los resultados inmediatos son excelentes²² y además no precisa de la apertura del foco de fractura, pero, estudios a largo plazo, han podido comprobar que la entrada del clavo a través de la punta del trocánter mayor o de la fosita piriforme provoca significativas alteraciones del crecimiento del fémur proximal (coxa valga, detención del crecimiento del trocánter mayor y adelgazamiento del diámetro del cuello femoral) (fig. 4)²³. Además, y lo que es más importante, el análisis de casos recogidos en la bibliografía ha mostrado que el riesgo de necrosis de la cabeza femoral por lesión de la vascularización al introducir el clavo a través de la fosita piriforme es del 1-2%²⁴. Por estas razones, este método también se abandonó dada la importancia de las secuelas que puede ocasionar. La mayoría de los autores lo recomiendan en pacientes que estén próximos o ya hayan terminado el crecimiento, a partir de los 13 años.

En la actualidad, nuevos modelos de clavos con una angulación en su porción proximal similar a los clavos tibiales o humerales se están empleando en niños mayores de 10 años con el fin de evitar los vasos retinaculares del cuello femoral entrando en la cavidad medular femoral tras abordaje trocánterico o subtrocánterico. Aún no se dispone de resultados a largo plazo para saber si producen lesión de la placa de crecimiento trocántero-cervical del fémur proximal^{25,26}.

3. Enclavado intramedular elástico

Es el método de elección para el tratamiento de las fracturas diafisarias desplazadas en el niño. Emplea clavos de titanio o acero de diferentes calibres en función del diámetro de la cavidad medular diafisaria con diámetros entre 2-4 mm. En adolescentes se puede emplear clavos entre 3-4 mm, en función del peso, diámetro de la cavidad medular y remanente de crecimiento. En niños entre 7-10 años se pueden usar clavos entre 2,5-3 mm.

Como fórmula de fácil retención se puede medir el diámetro de la cavidad medular y multiplicarla por el coeficiente 0,4 con el objetivo de ocupar el 80% del espacio medular en el 1/3 medio femoral.

El mayor diámetro del clavo elástico confiere mayor resistencia a la deformación del foco de fractura a la compresión y torsión axial según estudios experimentales, aunque el uso de clavos del máximo diámetro posible puede dificultar en gran medida su introducción. Los autores de estos estudios experimentales recomiendan emplear clavos de 3,5 mm para una cavidad endomedular de 9 mm²⁷.

Los clavos son introducidos a distancia del foco de fractura, respetando las fisis, ya sea de forma retrógrada por vía supracondílea bilateral en caso de fracturas del tercio medio y superior, o bien por vía subtrocánterica externa en caso de fracturas bajas. Los clavos tienen una configuración curvada previamente establecida de manera que siempre tienen, al menos, tres puntos de apoyo en el hueso confiando al montaje una estabilidad elástica. Se puede emplear mesa ortopédica e intentar la reducción ortopédica antes de la introducción de las agujas. La extremidad se deja en descarga durante 2-3 semanas, autorizándose entonces la carga parcial hasta la 6ª semana que se le permite la carga completa en función también de los controles radiológicos²⁸.

Este procedimiento obtiene muy buenos resultados en fracturas transversales u oblicuas cortas que asientan en el tercio medio de la diáfisis, y que son la mayoría²⁹ (fig. 5). No obstante, en las fracturas conminutas o con gran inestabilidad en el foco fracturario, la síntesis intramedular elástica puede que no sea suficiente para controlar el acortamiento, la angulaciones axiales o rotacionales y puede precisar la colocación adicional de un yeso pelvipédico durante un período de 3-5 semanas³⁰. También aquellas fracturas localizadas en la región subtrocánterica y las metafiso-diafisarias distales no son una buena indicación para emplear este método, o en adolescentes con cavidad medular mayor de 10 mm o peso superior a 50 kg. Los pacientes obesos tienen una incidencia de más del doble de complicaciones que los no obesos^{31,32}.

Entre los problemas más habituales que presenta el enclavado intramedular elástico son las molestias en la rodilla que originan los clavos que exceden unos centímetros para facilitar la extracción, no debiendo realizarse ésta antes de los 6-9 meses para evitar refracturas. Estos clavos, que son fácilmente palpables en el tejido celular



Figura 5 Niña de 13 años, con fractura 1/3 medio femoral izquierda. Tratamiento con clavos TENS. Controles radiológicos al mes, a los 3 meses, al año y a los 2 años, postfractura mostrando una perfecta consolidación sin hipercrecimiento femoral.

subcutáneo, son causa habitual de sero-hematomas o ulceraciones con riesgo de infección. A la hora de llevar a cabo la extracción de material, en ocasiones puede ser especialmente difícil porque se han cortado en exceso los extremos o porque los clavos se han podido entrelazar intramedularmente o se han utilizado clavos del máximo diámetro posible rellenando más del 90% de la cavidad medular. En algunas ocasiones el tiempo que lleva la extracción de los clavos es muy superior al tiempo que nos llevó su colocación³³.

Las ventajas de este método son numerosas: fácil aplicación, riesgo bajo de infección, no interferencia del foco de fractura, no agresión fisaria, consolidación rápida. Los inconvenientes de este sistema también son conocidos: molestias a la movilización de la rodilla por protrusión de los clavos elásticos. Esto suele ocurrir en las fracturas oblicuas, que tras el cese de la tracción de la mesa ortopédica o por carga precoz se colapsa parcialmente el foco de fractura. En los casos de fractura conminuta o de fracturas del tercio distal, sobre todo si el trazo es oblicuo, es previsible un desplazamiento secundario, por lo que suele asociarse un yeso pelvipédico de 3-5 semanas. El empleo de agujas de pequeño calibre para la medular del paciente, una cavidad medular mayor de 10 mm o adolescentes con peso superior a 50 kg también son causa de desplazamiento secundario.

Recientes estudios han demostrado la ventaja de clavos de acero comparados con los de titanio. La mayor rigidez del acero confiere una mayor estabilidad con un menor número de consolidaciones viciosas³⁴.

4. Fijación externa

Tiene unas indicaciones clásicas en fracturas diafisarias abiertas, paciente con politrauma, fracturas conminutas, fracturas con pérdida de sustancia ósea y algunas patológicas³⁵. En las fracturas metafiso-diafisarias distales la colocación de fijador puenteando la fisis temporalmente permite estabilizar y controlar la fractura hasta su curación (fig. 6). Otros autores han ampliado su indicación utilizando este tipo de tratamiento para todas las fracturas femorales

en niños de manera primaria o como rescate cuando fracasa el tratamiento conservador a partir de los 4 años.

Sobre el modelo de fijador externo, lo más recomendable es el empleo de sistemas monolaterales modulares que permitan diferentes configuraciones y con una resistencia intrínseca que proporcione estabilidad suficiente hasta la curación de la fractura. No obstante, en la región supracondílea, en ocasiones la colocación de aros montados sobre agujas puede proporcionarnos un montaje más adecuado en el caso de fracturas con trazo intercondíleo o con una conminución distal que impida la inserción de tornillos de 5-6 mm de un aparato de fijación externa monolateral convencional. En especiales situaciones, de forma aguda o como secuela de una antigua fractura en la que hubo pérdida ósea sustancial, deberemos configurar un montaje para la realización de un transporte óseo convencional (defectos superiores a 4 cm) o poner el foco fracturario a compresión y compensar la disimetría residual con una osteotomía proximal o distal mediante callotaxis (defectos menores de 4 cm).

En cuanto al tipo de tornillo que se debe emplear, estos deben ser de 5-6 mm, excepto en niños pequeños que tengan un diámetro diafisario femoral inferior a 2 cm. En esta situación el calibre del tornillo recomendado debe ser de 4-5 mm. Los tornillos son un elemento fundamental por lo que se debe prestar gran atención a la técnica de inserción, evitando el empleo motores de alta revolución (< 500 rpm), por el riesgo de necrosis térmica y osteolisis secundaria que provocará con seguridad infección u osteítis molestas. También desde hace ya algunos años y con el fin de disminuir la incidencia de osteolisis alrededor del tornillo se emplean tornillos autoperforantes o con recubrimiento de hidroxipatita. Se recomienda emplear 6 tornillos a nivel femoral —siempre que sea posible— para dar mayor rigidez en la fase inicial de la consolidación de la fractura (4-6 primeras semanas) y porque es difícil aproximar el fijador a menos de 4 cm debido a las partes blandas del muslo. Esta es la razón por lo que un montaje monolateral a más de 6 cm del hueso en un paciente que pesa más de 60 kg puede ser inestable y permitir un cierto grado de angulación en varo a la carga axial según estudios biomecánicos.

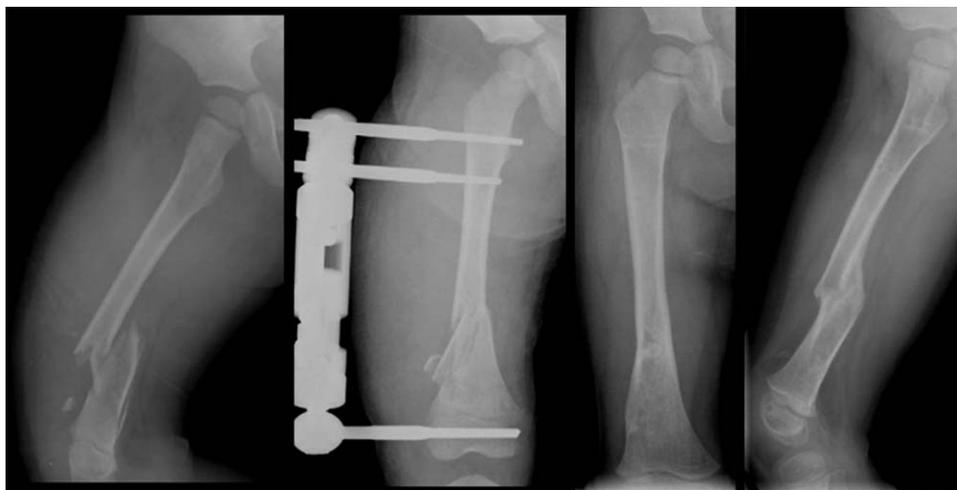


Figura 6 Niña de 2,5 años. Politraumatizada. Fractura metafiso-diafisaria conminuta de fémur derecho. Reducción y síntesis mediante fijación externa monolateral durante 50 días. Control radiológico a los 3 meses tras la retirada de la fijación externa.

Cuando los controles radiológicos nos muestran una consolidación perióstica incipiente, se permite un mayor apoyo o carga de la extremidad. En los casos en los que el montaje es demasiado rígido puede ser que no se observe reacción perióstica siendo recomendable la dinamización controlada del sistema de fijación externa.

A diferencia de los adultos, en los niños no suele ser necesaria la conversión de fijación externa a interna ya que los plazos de consolidación son más rápidos. Tras observarse la consolidación de la fractura, generalmente al tercer mes, se programa la retirada del osteotaxo. Se recomienda realizarla de forma secuencial, primero el cuerpo del fijador y 10 días después los tornillos. En este acto se debe tener cuidado con las maniobras de movilización de la rodilla ante el riesgo de refractura del fémur, de provocar una fractura metafisaria distal por la osteoporosis por desuso o la luxación y/o fractura de la rótula debido a las adherencias fibrosas parapatelares externas. De esta forma, si sucede una refractura femoral durante el período en que el paciente lleva aún los tornillos del fijador, la solución es fácil y rápida, colocando de nuevo el cuerpo del osteotaxo. Si sucede varias semanas después de la extracción de los tornillos puede requerir una nueva cirugía con osteotomía y osteosíntesis o la colocación de un yeso pelvipédico.

La incidencia de refracturas tras la retirada del fijador externo constituye uno de los aspectos más críticos de este modelo de tratamiento³⁶.

Otras complicaciones más frecuentes son la infección alrededor de los tornillos, siendo generalmente de baja intensidad respondiendo satisfactoriamente a limpieza local y antibioterapia oral, las desviaciones axiales generalmente en varo y antecurvatum, y el fenómeno de hipercrecimiento de la extremidad. Las cicatrices umbilicadas e inestéticas en el lugar de inserción de los tornillos son de escasa importancia funcional, pero pueden requerir meses después de la retirada del material una reparación estética. La rigidez de la rodilla, habitual durante el período en que el fijador está colocado por transfijación del vasto externo, desaparece habitualmente a los 3 meses tras la retirada del aparato de fijación externa y sin necesidad de tratamiento rehabilitador específico. Por estos inconvenientes y para mayor

comodidad del paciente con fracturas abiertas con bajo riesgo de complicaciones infecciosas, la mayoría de los cirujanos optan por el enclavado intramedular elástico o rígido³⁷.

Complicaciones

Dentro de las "complicaciones tempranas", tenemos que señalar, como ya se mencionó anteriormente, que difieren bastante en su frecuencia con respecto al adulto. El "tromboembolismo" es excepcional, pero se han descrito en el período puberal y en pacientes especialmente predispuestos (déficit de antitrombina III). En estos casos deberemos establecer pautas profilácticas con antiagregantes plaquetarios o heparinas de bajo peso molecular. La "embolia grasa" descrita por algunos autores durante las primeras 72 horas después de la fractura es infrecuente entre los menores de 10 años o puede pasar desapercibida, aunque sí que puede presentarse en adolescentes³⁸. El "shock hipovolémico", presente sobre todo cuando hay un politraumatismo, sí es una situación común en este tipo de accidentados. La "infección" (< 2%) se observa ocasionalmente cuando la fractura es abierta con lesión de partes blandas o cuando para reducir la fractura o sintetizarla se requirió una apertura del foco. Se debe realizar profilaxis antibiótica, protección antitetánica y las medidas de desbridamiento quirúrgico de estas heridas. La "osteomielitis" a estas edades puede contribuir desfavorablemente en el hipercrecimiento de la extremidad.

Las "complicaciones tardías" se presentan a lo largo del proceso de consolidación o en la evolución posterior. Estas se van a encontrar influenciadas por las características de la fractura, de la persona que presenta dicha lesión y por el sistema de tratamiento elegido. Entre las más habituales destacan:

1. Discrepancia en la longitud de los miembros

Habitualmente por hipercrecimiento de la pierna afecta. Es la complicación más frecuente y típica de las fracturas de

la diáfisis femoral en los niños. El aumento del crecimiento que se presenta después de dicha fractura puede conducir a una desigualdad significativa de la pierna ($> 1,5$ cm), presentando el paciente trastorno de la marcha, escoliosis compensadora o dolor lumbar. La aceleración máxima del crecimiento se observa en los primeros 18 meses después de la fractura. No es previsible el grado de hipercrecimiento, aunque éste suele oscilar entre 5 mm y 2 cm. Existen algunos aspectos que pueden favorecer más o menos el desarrollo de esta complicación, como la edad, con una incidencia más elevada en niños entre los 2 y 8 años, según algunos autores. Esto se explicaría porque en la infancia temprana, las fracturas se consolidan con demasiada rapidez para llegar a producir un hipercrecimiento importante, y en las que se producen en edades más avanzadas el poder de crecimiento es ya mínimo. Según la localización y el trazo de la fractura, las que asientan a nivel del tercio proximal y las fracturas transversas se asocian a mayor hipercrecimiento.

Con respecto al tratamiento, algunos autores creen que el desplazamiento inicial de la fractura es un factor decisivo en el hipercrecimiento final. La discrepancia en la longitud del miembro, a consecuencia de fracturas de la diáfisis femoral, puede ser debido a reducción con acortamiento, a separación de los fragmentos o a la estimulación del crecimiento lineal. Diversos autores han considerado que un acortamiento de hasta 3 cm es correcto. Otros consideran que la cifra más real estaría alrededor de 1 cm. Sin embargo, en niños menores de 2 años y en adolescentes, la estimulación del crecimiento no es tan espectacular como en las edades intermedias de la infancia, por lo que sólo se aceptarían acabalgamientos mínimos.

En cuanto a la lateralidad de la fractura con respecto al lado dominante, si la fractura asentaba en el mismo lado de la mano dominante, el miembro presentaba un hipercrecimiento medio de 8 mm, en comparación con un promedio de 14 mm cuando la fractura asentaba en el lado opuesto al dominante del paciente. El tratamiento quirúrgico empleado tiene un papel muy importante como responsable de este fenómeno. La reducción anatómica y el despegamiento del periostio con algunas técnicas a cielo abierto, como es la colocación de placas atornilladas ha originado el que hayan sido relegadas durante mucho tiempo al manejo de fracturas complejas o con patología asociada, sobre todo de tipo neurológico. Algunos trabajos han comparado la incidencia de hipercrecimiento en función del tipo de tratamiento, observando que esta complicación es similar en los pacientes tratados de manera cruenta o incruenta, excepto cuando se emplea placas AO³⁹.

Menos frecuente que el hipercrecimiento es el acortamiento del miembro afecto por aceptar reducciones con acabalgamiento superior a lo aconsejado. Esto también se ha observado en las fracturas con gran conminución tratadas con fijación intramedular sin bloqueo del clavo o fracturas diafisarias que asocian lesiones fisarias alrededor de la rodilla, que inicialmente pasaron desapercibidas y se manifiestan meses o años después^{40,41} (fig. 8).

2. Desviaciones axiales

Son una complicación frecuente, especialmente cuando se lleva a cabo un tratamiento ortopédico con una incidencia

del 40% de los casos. El fémur normal presenta una curva natural en los planos sagital y frontal y crea dificultades en la valoración, tratamiento y medición de las deformidades angulares después de la consolidación.

Existen opiniones diversas sobre la posibilidad de remodelación, dependiendo del grado de angulación y del plano. En niños jóvenes esta capacidad es máxima hasta 30° en menores de 10 años y hasta 20° en mayores de 10 años⁴².

El mecanismo por el que el hueso, al crecer longitudinalmente, puede corregir deformidades angulares no se conoce perfectamente. Según la ley de Wolf el hueso se remodela según las fuerzas que soporta, de tal manera que se produce un efecto aposición ósea sobre el lado cóncavo de la deformidad y se observa una reabsorción en el lado convexo. Esta remodelación es máxima en el plano de movimiento principal de las articulaciones proximales y distales a la fractura, y cuando la fractura está cercana a los extremos del hueso o próximos a la fisis, en los que según la ley de Hueter-Volkman la zona del cartilago más sobrecargada mecánicamente inhibe su crecimiento y la más descargada lo acelera o estimula. La remodelación de las desviaciones en antecurvatum y recurvatum se corrigen mejor que las de varo-valgo. Se ha observado que la remodelación puede continuar durante más de 5 años después de la fractura.

Estos conceptos han llevado a que diferentes autores consideren como aceptable una angulación entre 20° y 30° en cualquier plano, mientras que otros, teniendo en cuenta la menor capacidad de remodelación del varo-valgo aconsejan no aceptar deformidades que sobrepasen los 30° en el plano sagital (antecurvatum-recurvatum) y 10°-15° en el plano frontal (varo/valgo).

Cuando se presenta una consolidación con desviaciones angulares superiores a los límites anteriormente descritos, la posible corrección quirúrgica debe diferirse por lo menos un año ya que la remodelación puede hacer innecesaria dicha intervención. Esto ocurre, sobre todo, en niños menores de 10 años, en fracturas próximas a las zonas de crecimiento y cuando el eje de la deformidad coincide con el del movimiento de las articulaciones proximales y distales a la fractura⁴³.

3. Deformidad rotacional

Es la tercera complicación en frecuencia y puede ocurrir en cualquiera de los tipos de tratamiento utilizados, aunque los métodos conservadores son los más propensos. Suele presentarse como aumento de la anteversión femoral, presumiblemente debido a la acción de los rotadores sobre el fragmento proximal. Se acepta que existe este tipo de deformidad cuando la diferencia con la anteversión femoral contralateral es superior a 10°-15°, y esto se traduce en un aumento de la rotación interna al nivel de la cadera. Su corrección espontánea con el tiempo está muy cuestionada. Para la mayoría de los autores, ésta sería nula, aunque para otros se produciría sólo de forma parcial. Cuando este defecto no excede los 20° no suele producir ningún trastorno funcional^{44,45}.

4. Refractura

Es una complicación rara. Se ve en niños mayores y adolescentes o en pacientes con fractura patológica por osteopenia



Figura 7 Fractura tercio medio diáfisis femoral derecha en varón de 12 años, tratado mediante reducción a cielo abierto y síntesis con clavos elásticos. Pseudartrosis (*Staphylococcus epidermidis*) y pseudoartrosis a los 4 meses de seguimiento que requirió RMO, reacción de 3 cm a nivel del foco de pseudoartrosis y reconstrucción del defecto óseo mediante fijación externa.

o lesión neurológica (PCI, mielomeningocele...). En algunos casos se produce una refractura a pesar de la existencia de un gran callo de fractura. Cuando se decide la supresión de la inmovilización es necesaria una buena valoración clínica. Los criterios radiológicos de consolidación adecuada son difíciles de definir. Algunos casos de refractura pueden conseguir una buena consolidación posterior con mantenimiento del tratamiento inicial durante más tiempo, tracción simple o con enclavado intramedular. El empleo de fijación externa es el tratamiento de fracturas femorales que se ha asociado con una mayor tasa de refracturas, si bien también están descritas con el empleo de métodos conservadores y tras la retirada de material de osteosíntesis cuando se han empleado placas atornilladas o clavos intramedulares sean rígidos o elásticos³⁶.

5. Retardo de consolidación o pseudoartrosis

Es muy rara, especialmente en niños menores de 10 años y solo suele producirse en fracturas graves que requieren inicialmente tratamiento quirúrgico, en casos complicados con infección y/o en fracturas producidas por traumatismos de alta energía y con lesión amplia de partes blandas. La decisión terapéutica a tomar en estas ocasiones será individualizada y casi siempre quirúrgica, con refrescamiento del foco y aporte de injertos óseos o procedimiento de reconstrucción de defectos óseos segmentarios con sistemas de fijación externa (fig. 7), sistemas intramedulares o AO.

6. Lesión del nervio ciático

No afecta a la consolidación de la fractura, pero sí que produce un retraso en la recuperación funcional de la extremidad y osteopenia en el resto del hueso, que lo hace susceptible a refracturas. También han sido descritas lesiones del nervio ciático poplíteo externo, todas ellas como

consecuencia de tracciones 90°-90° con yeso posterior; esto sería debido a las maniobras de reducción o bien a un aumento de la presión sobre el nervio por hematoma importante y colocación precoz del yeso, o por compresión del n. CPE a la altura del cuello del peroné por un mal acolchado de la férula de Braun. La lesión consiste habitualmente en una neuroapraxia que suele evolucionar de manera favorable, pero requiere vigilancia y tratamiento con ortesis tipo "el rancho de los amigos" que mantengan el pie del paciente en buena posición y evitar las secuelas en equino.

7. Cierre fisario prematuro

Puede complicar una fractura de la diáfisis femoral lesionando al cartilago de crecimiento distal femoral o ser una complicación del tratamiento (enclavado intramedular) y afectar a la fisis del trocánter mayor y cuello femoral²³. En ambos casos suelen pasar desapercibidos y ser diagnosticados tardíamente. La deformidad en recurvatum de la rodilla está descrita como una secuela tardía después de tracción tibial para las fracturas de la diáfisis femoral, aunque también puede aparecer sin necesidad de una tracción previa provocada por la presión del yeso en la tuberosidad anterior o lesión directa traumática en dicha zona. Se observa una fusión temprana de la porción anterior de la placa epifisaria tibial, que origina la inclinación e inversión del ángulo de caída posterior de la superficie articular, con respecto al eje longitudinal de la tibia, pudiendo requerir corrección quirúrgica mediante osteotomía (fig. 8).

Conclusiones

El tratamiento de las fracturas de fémur en el niño es controvertido. No existe consenso general sobre el tratamiento ideal, ni hay un método de tratamiento que consiga tratar todo tipo de fracturas.

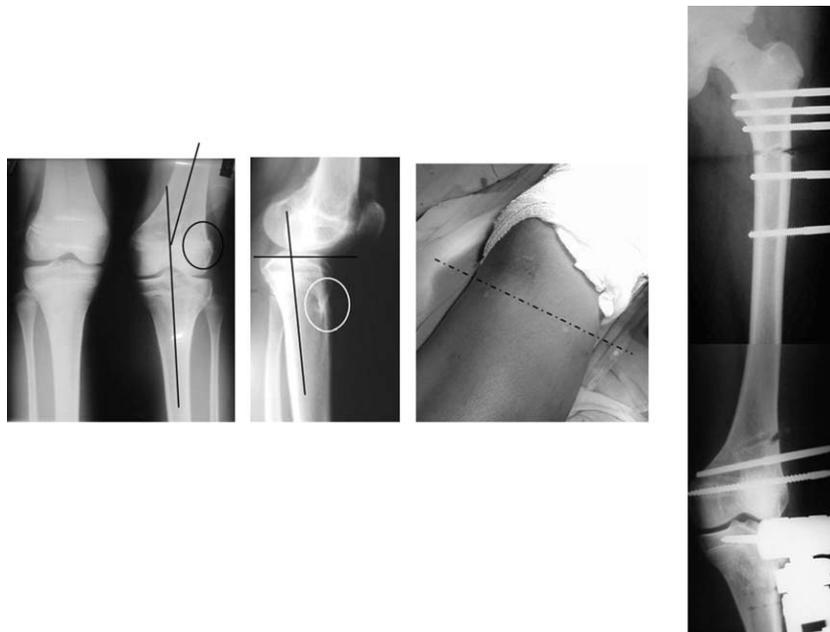


Figura 8 Niña de 12 años, que presenta discrepancia de la longitud de fémur con acortamiento de 3 cm, Genu valgum y recurvatum. Antecedente de fractura femoral izquierda por accidente de tráfico, tratada ortopédicamente mediante tracción esquelética transtibial y posterior colocación de yeso pelvipédico. El estudio radiológico preoperatorio muestra la existencia de un puente fisario externo en fémur distal responsable del acortamiento y deformidad en valgo, y un puente fisario en la porción anterior de la tibia proximal, a nivel de la inserción de la A. de Kirschner para la tracción, responsable de la deformidad en recurvatum. Reconstrucción de las deformidades con sistemas de fijación externa a nivel femoral (doble osteotomía) y tibial.

Es obvio que nada tiene que ver la fractura diafisaria de un bebé de meses con la de un adolescente de 14 años. El mecanismo de producción, el tiempo de consolidación, la capacidad de remodelación y el tratamiento los hacen muy diferentes. En el bebé, el manejo se realiza de forma conservadora en la práctica totalidad de casos y en el adolescente se realiza de forma quirúrgica con métodos similares a los que se aplican en adultos.

La duda y controversia empieza a partir de la edad en que los niños comienzan a caminar, tienen una escolarización, padres trabajadores, hospitales en los que se mira el tiempo de hospitalización, es decir, entre los 3 y 13 años. En esta franja de edad, que es en la que suceden la mayoría de las fracturas diafisarias desplazadas de fémur existe una gran diversidad de métodos de tratamiento, ya sean conservadores o quirúrgicos. Parece que existe un consenso generalizado en pacientes con politrauma, fracturas abiertas y fracturas patológicas, tributarias de tratamiento quirúrgico. En la actualidad existe una ampliación de este tratamiento cruento a todas las fracturas desplazadas de fémur, si bien su generalización es desigual según el ambiente hospitalario en donde nos movamos. La realidad es que si nos encontramos en un hospital terciario, un niño con fractura de fémur tiene más probabilidades de ser tratado quirúrgicamente. Por el contrario, si trabajamos en un hospital básico o intermedio, que carezca de UVI pediátrica, o que por causas que el cirujano desconoce no puede ser anestesiado al no alcanzar una determinada edad o peso, el manejo de la fractura femoral se realizará de forma conservadora: tracción durante 2-3 semanas y posterior colocación de un yeso pelvipédico.

Los métodos ortopédicos de tratamiento siguen estando vigentes en la práctica clínica. Obtienen similares resultados al tratamiento quirúrgico, aunque la incidencia de consolidaciones viciosas es mayor comparada a tratamientos quirúrgicos^{1,2}, si bien la gran capacidad de remodelación que intrínsecamente tienen los niños suavizarán en gran medida esos defectos de alineación tras la consolidación de la fractura.

Cada una de las diferentes modalidades de tratamiento quirúrgico tiene sus ventajas e inconvenientes. Unas están más indicadas que otras para el manejo de las diferentes fracturas, y todas tienen su pequeña curva de aprendizaje, si bien son procedimientos técnicamente sencillos para un traumatólogo que trate habitualmente adultos o con especial dedicación a la pediatría. Por lo general, todos estos procedimientos deben respetar la fisis, no alterar la vascularización de la cabeza femoral, deben ser percutáneos o mínimamente invasivos, que no interfieran el proceso de consolidación o el foco de fractura y sean lo suficientemente estables como para no precisar inmovilización escayolada adicional.

Teniendo en cuenta que las fracturas que asientan en el tercio medio y de trazo transversal u oblicuas cortas son la mayoría (60% de los casos), el "enclavado intramedular elástico estable" es el procedimiento quirúrgico más empleado y de elección, con unos resultados excelentes. Pero este no debe ser el único recurso terapéutico que debamos tener a nuestro alcance, ni hacer abuso de la indicación³⁰. Existe un porcentaje de casos en los que este método no proporciona un adecuado control de la fractura, como son el caso de fracturas oblicuas largas, espiroideas, conminutas, patológicas,

con cavidad medular mayor de 10 mm, niños con sobrepeso, y fracturas subtrocantéricas o próximas a la metafisis distal femoral. En estas situaciones debemos tener en cuenta otros procedimientos, como son el clavo intramedular con angulación proximal introducido por región trocantérica, las placas percutáneas AO, la placa tipo Richards y la fijación externa monolateral.

Nivel de evidencia

Opinión de expertos. Nivel de evidencia V.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Letts M, Davidson D, Lapner P. Multiple trauma in children: predicting outcome and long-term results. *Can J Surg*. 2002;45:126–31.
- Loder RT, Gullahorn LJ, Yian EH, Ferrick MR, Raskas DS, Greenfield ML. Factors predictive of immobilization complications in pediatric polytrauma. *J Orthop Trauma*. 2001;15:338–41.
- Loder RT, O'Donnell PW, Feinberg JR. Epidemiology and mechanism of femur fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 2006;26:561–6.
- Flynn JM, Schwend RM. Management of pediatric femoral shaft fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2004;12:347–59.
- Anglen JO, Choi L. Treatment options in pediatric femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma*. 2005;19:724–33.
- Scheerder FJ, Schnater JM, Sleeboom C, Aronson DC. Bryant traction in paediatric femoral shaft fractures, home traction versus hospitalisation. *Injury*. 2008;39:456–62. Epub 2008 Feb 21.
- López Mondéjar JA, González Herranz P, García de Paredes ML. Fracturas Diafisarias de Fémur. En: Burgos J, González Herranz P, Amaya S, editors. *Lesiones Traumáticas del Niño*. Madrid: Panamericana; 1995. p. 649–68.
- Vanlaningham CJ, Schaller TM, Wise C. Skeletal versus skin traction before definitive management of pediatric femur fractures: a comparison of patient narcotic requirements. *J Pediatr Orthop*. 2009;29:609–11.
- Aronson D, Singer R, Higgins R. Skeletal Traction for Fractures of the Femoral Shaft in Children. *J Bone Joint Surg*. 1987;69-A:1435–9.
- D'Ollonne T, Rubio A, Leroux J, Lusakisimo S, Hayek T, Griffet J. Early reduction versus skin traction in the orthopaedic treatment of femoral shaft fractures in children under 6 years old. *J Child Orthop*. 2009;3:209–15. Epub 2009 May 13.
- Irani RN, Nicholson JT, Chung SMK. Long-term results in the treatment of femoral-shaft fractures in young children by immediate spica immobilization. *J Bone Joint Surg*. 1976;58-A:945–51.
- Henderson O, Morrissy R, Gerdes M, McCarthy R. Early casting of femoral shaft fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 1984;4:16–21.
- Podszwa DA, Mooney 3rd JF, Cramer KE, Mendelow MJ. Comparison of Pavlik harness application and immediate spica casting for femur fractures in infants. *J Pediatr Orthop*. 2004;24:460–2.
- Wenger DR, Pring ME. *Rang's Children's Fractures*. 3ª ed. Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia; 2005.
- Kay RM, Skaggs DL. Pediatric politrauma management. *J Pediatr Orthop*. 2006;26:268–77.
- Helenius I, Lamberg TS, Kääriäinen S, Impinen A, Pakarinen MP. Operative treatment of fractures in children is increasing. A population-based study from Finland. *J Bone Joint Surg*. 2009;91A:2612–6.
- Reeves R, Ballard R, Hughes J. Internal fixation versus traction and casting of adolescent femoral shaft fractures. *J Pediatr Orthop*. 1990;10:592–5.
- Hansen T. Fractures of the femoral shaft in children treated with an AO-compression plate. Report of 12 cases followed until adulthood. *Acta Orthop Scand*. 1992;63:50–2.
- Hedequist D, Bishop J, Hresko T. Locking plate fixation for pediatric femur fractures. *J Pediatr Orthop*. 2008;28:6–9.
- Kocher MS, Sink EL, Blasler RD, Luhmann SJ, Mehlman CT, Scher DM, et al. Treatment of pediatric diaphyseal femur fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2009;17:718–25. javascript:AL.get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
- Pate O, Hedequist D, Leong N, Hresko T. Implant removal after submuscular plating for pediatric femur fractures. *J Pediatr Orthop*. 2009;29:709–12. javascript:AL.get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
- Kirby RM, Winquist RA, Hansen ST. Femoral shaft fractures in adolescents: a comparison between traction plus cast treatment and closed intramedullary nailing. *J Pediatr Orthop*. 1981;1:193–7. javascript:AL.get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
- González Herranz P, Rapariz González J, Burgos Flores J, Ocete Guzmán J, López Mondéjar J, Amaya Alarcón S. Femoral intramedullary nailing in children. Effects on the proximal end of the femur. *J Bone Joint Surg*. 1995;77-B:262–6. javascript:AL.get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
- Sanders JO, Browne RH, Mooney JF, Raney EM, Horn BD, Anderson DJ, et al. Treatment of Femoral Fractures in Children by Pediatric Orthopedists: Results of a 1998 Survey. *J Pediatr Orthop*. 2001;21:436–41. javascript:AL.get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
- Jencikova-Celerin L, Phillips JH, Werk LI N, Wiltout SA, Nathanson I. Flexible interlocked nailing of pediatric femoral fractures: experience with a new flexible interlocking intramedullary nail compared with other fixation procedures. *J Pediatr Orthop*. 2008;28:864–73. javascript:AL.get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
- Keeler KA, Dart B, Luhmann SJ, Schoenecker PL, Ortman MR, Dobbs MB, et al. Antegrade intramedullary nailing of pediatric femoral fractures using an interlocking pediatric femoral nail and a lateral trochanteric entry point. *J Pediatr Orthop*. 2009;29:345–51. javascript:AL.get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
- Mahar A, Sink E, Faro F, Oka R, Newton PO. Differences in biomechanical stability of femur fracture fixation when using titanium nails of increasing diameter. *J Child Orthop*. 2007;1:211–5. javascript:AL.get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
- Ligier JN, Metaizeau JP, Prevot J, Lascombes P. Elastic stable intramedullary nailing of femoral shaft fractures in children. *J Bone Joint Surg*. 1988;70-B:74–7. javascript:AL.get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
- Vierhout BP, Sleeboom C, Aronson DC, Van Walsum AD, Zijp G, Heij HA. Long-term outcome of elastic stable intramedullary fixation (ESIF) of femoral fractures in children. *J Pediatr Surg*. 200;16:432–7. javascript:AL.get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
- Lascombes P, Haumont T, Journeau P. Use and abuse of flexible intramedullary nailing in children and adolescents. *J Pediatr Orthop*. 2006;26:827–34. javascript:AL.get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').

31. Leet AI, Pichard CP, Ain MC. Surgical treatment of femoral fractures in obese children: does excessive body weight increase the rate of complications? *J Bone Joint Surg.* 2005;87A:2609–13, javascript:AL_get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
32. Weiss JM, Choi P, Ghatan C, Skaggs DL, Kay RM. Complications with flexible nailing of femur fractures more than double with child obesity and weight >50 kg. *J Child Orthop.* 2009;3:53–8. Epub 2008 Dec 10. javascript:AL_get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
33. Moroz LA, Launay F, Kocher MS, Newton PO, Frick SL, Sponseller PD, et al. Titanium elastic nailing of fractures of the femur in children: predictors of complications and poor outcome. *J Bone Joint Surg.* 2006;88-B:1361–6, javascript:AL_get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
34. Wall EJ, Jain V, Vora V, Mehlman ChT, Crawford AH. Complications of titanium and stainless steel elastic nail fixation of pediatric femoral fractures. *J Bone Joint Surg.* 2008;90A:1305–13.
35. Kirschenbaum D, Albert MC, Robertson Jr WW, Davidson RS. Complex femur fractures in children: treatment with external fixation. *J Pediatr Orthop.* 1990;10:588–91.
36. Kesemenli CC, Subasi M, Arslan H, Tüzüner T, Necmioglu S, Kapukaya A. Is external fixation in pediatric femoral fractures a risk factor for refracture? *J Pediatr Orthop.* 2004;24:17–20.
37. Ramseier LE, Bhaskar AR, Cole WG, Howard AW. Treatment of open femur fractures between external fixation and intramedullary nailing. *J Pediatr Orthop.* 2007;27:748–50, javascript:AL_get(this, 'jour', 'J Am Acad Orthop Surg.').
38. Stein PD, Yaekoub AY, Matta F, Kleerekoper M. Fat embolism syndrome. *Am J Med Sci.* 2008;336:472–7.
39. Cobelo Romero E, Moreno Barrueco V, De La Fuente González C, López Mondéjar JA, González Herranz P. Fracturas diafisarias de fémur en niños: estudio comparativo entre tratamiento ortopédico, enclavado intramedular rígido, elástico, placa y fijación externa. *Rev Fij Ext.* 2004;7:18–23.
40. Aitken A, Blackett C, Cincotti J. Overgrowth following fractures in childhood. *J Bone Joint Surg.* 1939;21:334–9.
41. Shapiro F. Fractures of the femoral shaft in children: the overgrowth phenomenon. *Acta Orthop Scand.* 1981;52:649–55.
42. Viljanto J, Kiviluoto H, Paananen M. Remodeling after femoral shaft fractures in children. *Acta Orthop Scand.* 1975;141:360–5.
43. Gascó J, de Pablos J. Bone remodeling in malunited fractures in children. Is it reliable? *J Pediatr Orthop B.* 1997;6:126–32.
44. Davids JR. Rotational deformity and remodeling after fracture of the femur in children. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;302:27–35.
45. 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;91:13–9. Epub 2008 Feb 10.