



Trabajo de revisión

Fracturas controvertidas de miembro inferior en niños y adolescentes: un debate basado en la evidencia

Controversial lower limb fractures in children and adolescents: an evidence-based debate

Javier Masquijo,¹ Andrés Ferreyra,¹ Laura M Pérez López,² Nurhy Rinas,³ Alberto Álvaro Alonso,⁴ Laura Montes Medina,⁵ Sabrina Campero,⁶ Sergio Martínez Álvarez,⁷ Valeria Amelong,⁸ M Dolores García Alfaro,⁹ Carolina Halliburton,¹⁰ Miguel Paz,¹¹ Marta Salom Taverner¹²

Departamento de Ortopedia y Traumatología Infantil-Sanatorio Allende, Córdoba, Argentina.

¹ Sanatorio Allende, Córdoba, Argentina.

² Hospital Sant Joan de Déu, Barcelona, España.

³ Hospital Juan P. Garrahan, Buenos Aires, Argentina.

⁴ Hospital Gregorio Marañón, Madrid, España.

⁵ Hospital Universitario Donostia, San Sebastián, España.

⁶ Hospital de Clínicas Nicolás Avellaneda, Tucumán, Argentina.

⁷ Hospital Universitario Infantil Niño Jesús, Madrid, España.

⁸ Hospital de Niños Victor J. Vilela, Rosario, Argentina.

⁹ Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, Santander, España.

¹⁰ Hospital Italiano, Buenos Aires, Argentina.

¹¹ Hospital Austral, Buenos Aires, Argentina.

¹² Hospital Universitari i Politècnic La Fe, Valencia, España.

RESUMEN

El tratamiento de ciertas fracturas de las extremidades inferiores en niños y adolescentes puede ser desafiante. En la segunda sesión virtual organizada por la Sociedad Española de Ortopedia Pediátrica (SEOP) en conjunto con Sociedad Argentina de Ortopedia y Traumatología Infantil (SAOTI) se discutieron la evaluación y los principios del tratamiento de cinco fracturas controvertidas de miembro inferior. Aprovechando la participación de expertos de ambas sociedades abordamos la literatura actual en forma de debate y las posibles diferencias en el tratamiento. El objetivo de este artículo es proveer a los lectores un resumen de los argumentos basados en la literatura utilizados en dicha sesión.

Palabras clave: fracturas, niños, adolescentes, miembro inferior, tratamiento.

Nivel de evidencia: V

ABSTRACT

The treatment of lower extremity fractures in children and adolescents can be challenging. In the second virtual session organized by the Sociedad Española de Ortopedia Pediátrica (SEOP) in conjunction with the Sociedad Argentina de Ortopedia y Traumatología Infantil (SAOTI), the evaluation and principles of treatment of five controversial lower limb fractures were discussed. With the participation of experts from both societies, we addressed the current literature in the form of debates and possible differences in treatment. This article aims to provide readers with a summary of the literature-based arguments used in that session.

Keywords: fractures, children, adolescents, lower limb, treatment.

Evidence level: V

Recibido: 16/10/2023. Aceptado: 17/10/2023.

Correspondencia: Dr. Javier Masquijo

E-mail: jmasquijo@gmail.com

Citar como: Masquijo J, Ferreyra A, Pérez LLM, Rinas N, Álvaro AA, Montes ML, et al. Fracturas controvertidas de miembro inferior en niños y adolescentes: un debate basado en la evidencia. Rev Mex Ortop Pediatr. 2023; 25(1-3); 22-35. <https://dx.doi.org/10.35366/113216>

Abreviaturas:

- EIF = enclavado intramedular flexible.
 FDF = fracturas diafisarias de fémur.
 FE = fijación externa.
 FET = fracturas de las espinas tibiales.
 LCA = ligamento cruzado anterior.
 NAV = necrosis avascular.
 RAFI = reducción abierta y fijación interna.
 RCSP = reducción cerrada y síntesis percutánea.
 RMN = resonancia magnética nuclear.
 SAOTI = Sociedad Argentina de Ortopedia y Traumatología Infantil.
 SEOP = Sociedad Española de Ortopedia Pediátrica.
 YPI = yeso pelvipédico inmediato.

INTRODUCCIÓN

Alrededor de 20% de todas las fracturas pediátricas se localizan en las extremidades inferiores.¹ El tratamiento de algunas de estas fracturas puede ser desafiante y controvertido. En la segunda sesión virtual organizada por la Sociedad Española de Ortopedia Pediátrica (SEOP) en conjunto con Sociedad Argentina de Ortopedia y Traumatología Infantil (SAOTI) se discutieron la evaluación y los principios del tratamiento de cinco fracturas de miembro inferior. Aprovechando la participación de expertos de ambas sociedades abordamos la literatura actual en forma de debate y las posibles diferencias en el tratamiento. El objetivo de este artículo es proveer a los lectores un resumen de los argumentos basados en la literatura utilizados en dicha sesión.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Caso 1: Masculino de 10 años - Fractura de cadera Delbet 2 (Figura 1)

Reducción cerrada fijación percutánea - Andrés Ferreyra

Las fracturas de cadera en niños y adolescentes están asociadas con una alta tasa de complicaciones, siendo la más temida la necrosis avascular (NAV).²⁻⁵ La incidencia en diferentes publicaciones lo vuelve un tema de controversia respecto al tratamiento ideal para evitar estos inconvenientes.

¿Realmente es un beneficio la reducción abierta? Por el momento la evidencia es inconclusa. Algunos estudios demostraron que la reducción abierta y fijación interna (RAFI) en fracturas del cuello desplazadas, conducen a una mejor reducción, mayor tasa de consolidación y menos complicaciones, incluyendo NAV.^{6,7} Sin embargo, otros autores refirieron que la reducción abierta está asociada con mayor tasa de NAV.^{8,9} Hay que ser cauteloso al interpretar estos resultados, ya que no sabemos si las fracturas que requirieron RAFI eran las que tenían mayor desplazamiento

inicial o no. Y tal vez lo que les da mayor riesgo de necrosis sea la lesión inicial.³ En publicaciones recientes no pudieron demostrar beneficios de la reducción abierta para disminuir el riesgo de NAV.^{8,10,11} La literatura actual continúa siendo inconclusa sobre la evidencia que apoye la necesidad de reducción urgente y fijación con descompresión capsular para reducir el riesgo de necrosis.³

El rol de la descompresión capsular luego de la reducción y osteosíntesis de una fractura de cadera también es un punto de debate y la literatura se refleja en reportes de casos y revisiones sistemáticas de los mismos.^{3,7,8,12} A pesar de haber numerosas series publicadas con fracturas de cuello femoral, en muchas de ellas no diferencian si se realizó o no la artrotomía, como así tampoco el tipo de reducción abierta o cerrada. Y en aquellas en las que sí se lo analizó, la evidencia continúa siendo inconsistente respecto al posible efecto protector de la descompresión capsular para evitar la NAV.^{3,8}

En una revisión sistemática reportaron menor tasa de NAV en las fracturas de cuello femoral con reducción cerrada. Pero los autores no realizaron un análisis diferenciado según los grados de Delbet y presentaban 63% de reducciones abiertas en las tipo I y 34% en las tipo II, con peores resultados en todas las tipo I en general. Los resultados obtenidos por el score de Ratliff no se vieron afectados según el método de reducción utilizado. De todas maneras, los artículos incluidos en la revisión eran de bajo nivel de evidencia.⁸ Incluso en adultos jóvenes tampoco existe evidencia concluyente sobre el método de reducción ideal.¹³

En una serie de 56 pacientes operados con más de 24 horas de evolución, evidenciaron que tuvieron mejores resultados con la reducción abierta sobre la reducción cerrada. También mayor porcentaje de reducciones anatómicas. Al evaluar los resultados según el tipo de reducción lograda, notaron que los pacientes con reducción anatómica tuvieron mejor resultado y menor tasa de NAV, comparado con los pacientes con reducción aceptable. Por lo tanto, si nos inclinamos por una reducción cerrada debemos intentar lograr una reducción anatómica para disminuir complicaciones y obtener mejores resultados.¹⁴

A pesar de la falta de bibliografía con mejor nivel de evidencia, si decidimos realizar tratamiento quirúrgico percutáneo de una fractura de cadera Delbet II la recomendación es intentar obtener una reducción anatómica en menos de 24 horas, con artrotomía para evacuar el hematoma y así disminuir el riesgo de complicaciones.

Reducción abierta fijación interna - Laura M. Pérez López

Las fracturas de cadera en la infancia son extremadamente infrecuentes, representan < 1% de las fracturas pediátricas. Estas fracturas son más prevalentes en varones,³ y presentan



Figura 1:

Paciente de sexo femenino de 13 años de edad que sufre fractura cerrada de cadera izquierda Delbet 2.

una distribución bimodal en función de la edad, siendo más prevalentes en los pacientes menores de dos a tres años por lesiones no accidentales, y en adolescentes de 10 a 13 años por traumatismos de alta energía 75 a 80%, o por causas debilitantes óseas como tumores o patologías metabólicas.¹⁵

Las secuelas, como el dolor o la limitación funcional, se dan entre 20 y 50% de los casos. Se deben a las posibles complicaciones asociadas, las cuales son habituales y variadas: NAV, coxa vara, coxa valga, pseudoartrosis, cierre fisario, dismetría, condrolirosis, reducción insuficiente y artritis séptica. La NAV es la complicación más frecuente,¹⁶ debido a la lesión de la rama posterosuperior de la arteria cervical ascendente, proveniente, a su vez, de la arteria circunfleja femoral medial en el momento de la fractura.^{16,17} Se han descrito como factores de riesgo de NAV:

1. Edad mayor a 11 años: es el único predictor independiente con valor estadísticamente significativo.^{18,19}
2. Tiempo transcurrido desde la fractura hasta la cirugía: los pacientes intervenidos en < 24 horas presentan menor riesgo de NAV para algunos autores,²⁰ o en < 48 horas para otros autores.^{19,21} Aunque, no para todos los autores, más tiempo de espera conduce a mayor riesgo de NAV.^{8,18}
3. Descompresión articular: la descompresión podría ser un método de prevención de la NAV, abierta o por punción, para algunos autores.^{19,21,22}

El tratamiento de las fracturas de cadera, quirúrgico en la mayoría de los casos, viene condicionado por la edad del paciente y el grado de clasificación de Delbet.¹⁷ Esta clasificación es de utilidad para guiar no sólo el tratamiento, sino por la relación que tiene también con el riesgo de complicaciones como la NAV. Aun así, debido a la poca evidencia científica, no es posible todavía realizar un algoritmo terapéutico definido para las fracturas de cadera en la edad pediátrica y el adolescente.¹⁹

Sólo se aplica el tratamiento conservador en los pacientes con fracturas Delbet tipo I sin luxación epifisaria, o II, III y IV, sin desplazamiento o mínimamente desplazada, siempre y cuando el paciente sea menor de cuatro años de edad. Las fracturas Delbet I y II tienen casi el doble de probabilidad de ser operadas que las tipo III y IV.²⁰

Reducción abierta vs cerrada. La reducción abierta está indicada en:²¹

1. Luxaciones concomitantes de cadera o epifisarias (especialmente de tipo I).
2. Si existe desplazamiento y no se consigue una reducción anatómica cerrada, especialmente si el paciente es mayor de cuatro años.
3. Fracturas Delbet tipo II. El desplazamiento inicial condiciona el riesgo de AVN,^{8,23,24} así es que, si es necesaria la reducción abierta para conseguir la reducción anatómica, como sucede en la mayoría de casos tipo II,²⁵ estará indicada realizarla. Asimismo, la pseudoartrosis, la tercera complicación más frecuente de las fracturas de cadera en edad pediátrica, es más prevalente en los tipos II, por lo que, en estos casos, estará aún más justificada la reducción abierta para conseguir una reducción anatómica y la fijación estable.²⁶
4. Fracturas patológicas con desplazamiento (junto con injerto óseo y fijación).
5. Fracturas abiertas (poco frecuente).
6. Si existen lesiones vasculares que requieran la reparación de grandes vasos (poco frecuente).

Se recomienda utilizar la vía anterolateral, entre glúteo medio y tensor de la fascia lata, para evitar lesionar la vascularización de la cabeza femoral.

Por todo esto, para las fracturas de cadera Delbet II con desplazamiento y sin ser posible la reducción anatómica cerrada, en un paciente de 10 años, recomendamos la reducción abierta, vía anterolateral, en las primeras 24 a 48 primeras horas, como método de elección. En el

caso de no poder realizar el tratamiento definitivo en las primeras 12 horas, a pesar de la limitada evidencia, pero con resultados tan definidos, considero que estaría indicado realizar una punción evacuadora del hematoma en ese periodo de tiempo.

**Caso 2: Masculino de cuatro años -
Fractura diafisaria de fémur desplazada (Figura 2)**

Tratamiento conservador - Nurhy Rinas

Las fracturas diafisarias de fémur, incluyendo las subtrocantéricas y las supracondíleas, representan aproximadamente 1.6% de todas las lesiones óseas en los niños. Son más frecuentes en pacientes de sexo masculino, con un cociente de presentación bimodal siendo el primer máximo en la primera infancia y el segundo en la mitad de la adolescencia. Al momento de elegir el tratamiento para estas lesiones debemos tener en cuenta la edad del paciente, el tamaño y la edad ósea. También hay que considerar la posibilidad de los cuidadores de hacerse cargo de un paciente con yeso pelvipédico y las ventajas e inconvenientes de cualquier procedimiento quirúrgico (infección, refractura tras la retirada de la fijación, lesión neurológica, acortamiento o hipercrecimiento del miembro). En niños desde seis meses hasta seis años, el tratamiento de elección en lesiones con menos de 2 cm de acortamiento inicial es la colocación inmediata o precoz de un yeso pelvipédico. Las fracturas con más de 2 cm de acortamiento inicial o importante inestabilidad y las que no pueden reducirse mediante la colocación inmediata de un yeso requieren tres a 10 días de tracción cutánea o esquelética. La fijación externa suele reservarse para casos de fracturas expuestas o politrauma. Se utilizan clavos endomedulares en aquellos con enfermedades metabólicas o con tendencia a sufrir refracturas y en aquellos niños mayores en los que no se puede mantener la reducción con un yeso pelvipédico.²⁷

La ventaja del tratamiento incruento es el bajo costo, la simplicidad y los buenos resultados basados en igual longitud de miembros inferiores, tiempo de consolidación y movilidad.^{28,29} La angulación aceptable en esta edad es de 15° en plano coronal, 20° en sagital y hasta 20 mm de acortamiento, lo cual lo hace aún más aplicable.²⁷ Gordon, en un estudio multicéntrico, no halló diferencias en resultados funcionales, dolor y consolidación en los pacientes tratados con yeso versus enclavado endomedular, por lo que sugirió adaptar la oferta terapéutica al paciente y no viceversa.³⁰

Jauquier, en un estudio comparativo de tratamiento con yeso versus enclavado endomedular en pacientes en edad preescolar, evaluó el tiempo de hospitalización, requerimientos de analgesia, anestesia y necesidad de

cuidado por parte de los cuidadores, con lo cual obtuvo iguales resultados funcionales y de consolidación e igual requerimiento de analgesia postratamiento. A su vez los pacientes tratados con yeso requirieron menor tiempo de hospitalización.³¹ Brandon comparó ambos métodos en pacientes de cuatro a seis años de edad, no evidenciando beneficios clínicos ni radiológicos del enclavado intramedular (EIM) en fracturas aisladas diafisarias de fémur. Si bien los pacientes tratados con yeso tienen más tendencia al acortamiento (10 a 15 mm), esto sería tolerable para la edad y se vería contrarrestado por el sobrecrecimiento esperado de la lesión.³² En un metaanálisis, Duan analizó ocho estudios observacionales (dos de mediana y seis de alta calidad), con lo cual concluyó que los pacientes tratados con yeso necesitaron menos días de internación y prescindieron de una segunda cirugía para el retiro de implantes.³³ En cuanto a los costos, Lewis y colaboradores compararon ambos tratamientos, teniendo en cuenta los resultados de los mismos. Obtuvieron similares resultados funcionales, menor costo hospitalario, tiempo de estadía del paciente y número de visitas al hospital para el grupo tratado con yeso pelvipédico.³⁴

Por todo lo antes expuesto consideró que, en casos de pacientes de esta edad, en quienes la tolerancia de angulación residual y acortamiento no es escasa, obteniéndose similares resultados funcionales, podríamos priorizar el tratamiento con yeso intentando así evitar probables complicaciones del acto quirúrgico y la necesidad de una segunda reintervención para retiro del material.



Figura 2: Paciente masculino de 4 años de edad que sufre fractura diafisaria cerrada de fémur desplazada.

Estabilización con clavos elásticos - Laura Montes Medina

Las fracturas diafisarias de fémur (FDF) representan 1.3% de todas las fracturas infantiles. Un tercio de las mismas ocurren en niños menores de cinco años.³⁵ Clásicamente el tratamiento de las FDF depende principalmente de la edad del niño. Así, para niños en edad preescolar, la mayoría de las guías publicadas recomiendan tracción seguida de un yeso pelvipédico o la aplicación de yeso pelvipédico inmediato (YPI). El enclavado intramedular flexible (EIF) es el tratamiento predominante para las fracturas de fémur en niños de cinco a 11 años.³⁶ Hoy en día se deben considerar otros factores, y no exclusivamente la edad, como son la edad ósea y el peso del niño, trazo de fractura, experiencia del cirujano y disponibilidad/coste del tratamiento.³⁷ En edad preescolar, ambos métodos de tratamiento son válidos sin evidencia clara de los beneficios de cualquiera de los dos métodos.³⁵⁻³⁸ Las FDF son las fracturas infantiles que más comúnmente requieren hospitalizaciones prolongadas y consumen cantidades desproporcionadas de recursos sanitarios. Esto, unido a los problemas sociales y psicológicos relacionados con el enyesado, a sus complicaciones y a los avances y aprendizaje de las técnicas quirúrgicas, ha hecho que el manejo de estas fracturas en edades tempranas cada vez genere más debate. Hoy en día, los tratamientos deben ir dirigidos a disminuir sus complicaciones. Así, en los últimos 15 años, el tratamiento quirúrgico con EIF ha ido ganando popularidad en este grupo de edad.^{35,36,39,40}

Encontramos en la literatura numerosos artículos sobre el uso de EIF en menores de cinco años; sin embargo, menos estudios han comparado directamente el manejo conservador y quirúrgico de las FDF en niños en edad preescolar. Estos encuentran resultados más favorables (mejor reducción de la fractura, alta más precoz y carga de peso más rápida sin aumento de la morbilidad) después de EIF.^{38,39,41-45} En una reciente revisión sistemática y metaanálisis³⁹ sobre el tratamiento de las FDF en niños de dos a 10 años, se mostraron tasas significativamente más bajas de consolidación viciosa, menos angulación y acortamiento y rehabilitación más precoz en los tratados con EIF en comparación, tanto con YPI como con tracción y yeso posterior. Un análisis de subgrupos de niños de entre dos y seis años reveló resultados radiológicos superiores y una recuperación más rápida en el grupo EIF. Por otro lado, los factores psicosociales deberían influir en la toma de decisiones. En un trabajo recién publicado se evaluó la actitud de los padres ante una hipotética FDF de su hijo de entre 12 y 36 meses. Tras una información detallada, la mayoría de los padres interrogados (88.5%) optaron por un abordaje quirúrgico con EIF frente a yeso.⁴⁶ Entre las razones destaca una recuperación más rápida, una estancia hospitalaria más corta, menos deformidades o trastornos del crecimiento y menos estrés para el niño

con EIF. La única razón en contra del tratamiento quirúrgico fue la necesidad de anestesia general. Los mayores problemas encontrados por la familia en el cuidado de un niño enyesado fueron el transporte, la intolerancia del niño al yeso y la higiene. En un estudio similar en el que se utilizó un cuestionario validado para evaluar el impacto de las condiciones médicas en las familias demostró que, para la familia, tener un hijo con un yeso pelvipédico, es similar a tener un hijo con diálisis renal.⁴⁷ A la vista de estos resultados, otras variables como los factores sociales, económicos y psicológicos, deben ser consideradas a la hora de elegir el tratamiento que mejor se adapte a cada paciente. A pesar de una falta de estudios de alta calidad, los resultados muestran una clara tendencia al tratamiento con EIF, tanto en general como en niños preescolares. Si bien el enclavado intramedular requiere la extracción posterior del implante, lo que conlleva riesgos adicionales de anestesia y cirugía, parece conducir a resultados radiológicos superiores, una rehabilitación y deambulación significativamente más rápidas y mayor aceptación por la familia y tolerabilidad del paciente.

Caso 3: Masculino de 13 años - Fractura de espina tibial grado II (Figura 3)

Tratamiento conservador - Valeria Amelong

Las fracturas de espina tibial son lesiones infrecuentes, pero pueden presentar complicaciones si no son adecuadamente tratadas. La clasificación utilizada es la de Meyers y McKeever, que se basa en el desplazamiento y es la base de la conducta terapéutica. Las fracturas tipo II son aquellas que presentan desplazamiento anterior y bisagra posterior indemne. Si bien en la actualidad existe una tendencia creciente a tratarlas en forma quirúrgica, el manejo óptimo de este tipo fracturas es motivo de controversia. La bibliografía referida exclusivamente al manejo de las tipo II es escasa, ya que la mayoría de los estudios agrupan tipo II, III y IV, y sus niveles de evidencia en su mayoría son 3 y 4, por lo que son de limitada validez para realizar recomendaciones.

El tratamiento conservador consiste en la reducción cerrada bajo anestesia y control radioscópico. Algunos autores proponen la realización de artrocentesis evacuadora para favorecer la reducción. La posición de inmovilización recomendada varía entre la hiperextensión y la flexión de 20°. Los defensores del tratamiento conservador se basan en sus excelentes resultados funcionales a pesar de cierta laxitud residual. Diversos estudios muestran que la mayoría consolidó con buenos resultados clínicos y radiológicos, y retorno al nivel deportivo previo a la lesión.^{48,49} Janarv⁵⁰ realizó un seguimiento alejado de 61 pacientes con un seguimiento promedio de 16 años encontrando 87% de resultados excelentes y buenos según score de Lysholm,

con 38% de laxitud residual que no se relacionaba con una menor función. Wilfinger⁵¹ estudió 38 pacientes tratados en forma conservadora con seguimiento promedio de 3.5 años, encontrando que ninguno de ellos presentaba dolor, tumefacción ni limitación en su vida diaria. En contraposición, los que están a favor del tratamiento quirúrgico lo fundamentan en el mayor riesgo de inestabilidad subjetiva y de reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) junto a la mayor probabilidad de interposición de partes blandas que impidan la reducción, lo que predispone a la consolidación viciosa y pseudoartrosis. Una revisión sistemática, que incluyó 16 estudios,⁵² encontró que la inestabilidad reportada y la cifra de reconstrucción del LCA eran significativamente mayores en los pacientes tratados en forma conservadora en comparación con los operados (54 versus 1.2% y 10 versus 1%, respectivamente. Kocher⁵³ estudió 80 pacientes tratados en forma quirúrgica, encontrando interposición de partes blandas en 26% de las fracturas tipo II. En un estudio comparativo entre el tratamiento conservador y quirúrgico de las fracturas tipo II⁵⁴ no encontraron diferencias en la cifra de complicaciones y reintervenciones, ni en el rango de movilidad entre ambos grupos, siendo más probable la necesidad de reconstrucción del LCA luego del tratamiento conservador y atrofiosis después del tratamiento quirúrgico inicial. Edmonds⁵⁵ comparó tratamiento conservador versus quirúrgico (abierto y artroscópico) en 76 pacientes con fracturas desplazadas, con lo cual concluyó que el tratamiento quirúrgico logra mejor reducción a expensas de mayor riesgo de atrofiosis, al proponer el tratamiento conservador cuando el desplazamiento es menor a 5 mm. Adams⁵⁶ evaluó la variabilidad de tratamientos en el manejo de las tipo II, encontrando considerable variación entre los cirujanos ortopédicos, y siendo el grado de desplazamiento el único factor que influenció en la decisión terapéutica, la mayoría se inclinaba al tratamiento quirúrgico a partir de los 3.5 mm de desplazamiento.

La laxitud residual ocurre aún con reducción anatómica y consolidación, se debe a lesión intrasustancial del LCA que se produce simultáneamente a la fractura en el momento del traumatismo.⁵⁷ Puede ocurrir luego del tratamiento conservador como quirúrgico, siendo más frecuente luego de las fracturas tipo II y IV en comparación con las tipo I y II.⁵⁸ Si bien el test de Lachman positivo (inestabilidad objetiva) no es infrecuente, no se ha demostrado su correlación con inestabilidad sintomática. La inestabilidad objetiva pero asintomática no requiere cirugía.⁵⁹

La atrofiosis se define como la pérdida de 10° extensión o 25° flexión luego de tres meses postoperatorios. Es la complicación más frecuente luego del tratamiento quirúrgico, con incidencia de 10 a 29%. Causa demora en retorno al deporte y puede requerir una nueva intervención para su tratamiento.⁶⁰ Vander Have⁶¹ estudió 32 pacientes con atrofiosis luego de la fijación de fracturas de espina tibial, encontrando que la mayoría presentaban déficit tanto de flexión como extensión, y que 75% requirió nueva cirugía. De los ocho pacientes que fueron tratados sólo con manipulación bajo anestesia, tres sufrieron fracturas de fémur, dos de los cuales causaron arrestos cardíacos.

Por lo expuesto, con base en los buenos resultados obtenidos con el tratamiento conservador, sumados al riesgo de complicaciones de la cirugía, considero que la reducción cerrada e inmovilización debe ser el tratamiento inicial de las fracturas tipo II, reservando la fijación quirúrgica para los casos en que ésta no es exitosa. Son necesarios más estudios para determinar tratamiento óptimo.

Tratamiento quirúrgico - Sergio Martínez Álvarez

Las fracturas de las espinas tibiales (FET) son infrecuentes, con una incidencia anual de tres por cada 100,000 niños, suponiendo 2 a 5% de las lesiones de rodilla pediátricas que cursan con derrame.⁶² Se producen tras un mecanismo forzado de flexión de rodilla asociado a rotación tibial

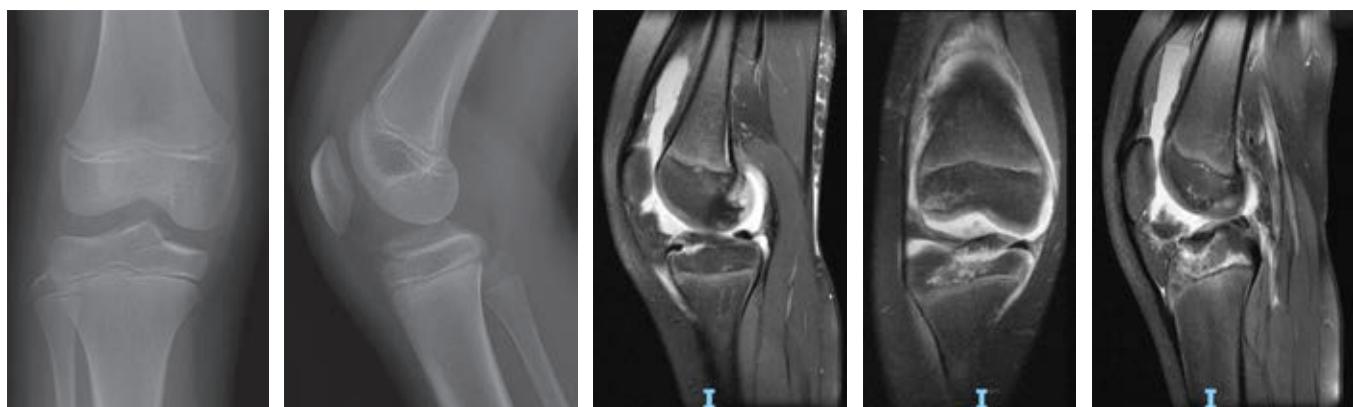


Figura 3: Paciente masculino de 13 años de edad que sufre caída de bicicleta y presenta una fractura espina tibial Meyers and McKeever tipo II.

externa o por hiperextensión, similar al mecanismo lesional del LCA en los adultos. Es más frecuente en niños entre los ocho y 14 años, siendo éste un periodo donde se asocian la inmadurez esquelética, la debilidad muscular alrededor de la articulación de la rodilla y una mayor elasticidad de los ligamentos. Meyers y McKeever las clasificaron clásicamente en tres grupos: tipo I fracturas no desplazadas, tipo II fracturas desplazadas en su zona anterior, con continuidad en la zona posterior (bisagra) y tipo III fracturas con desplazamiento completo. Dicha clasificación se amplió en dos subtipos en función de la extensión del fragmento óseo (IIIA-IIIB) y el tipo IV en aquellos casos de fracturas conminutas. Si no se tratan de forma adecuada, pueden desarrollar complicaciones a medio-largo plazo (2-30%): artrofibrosis, laxitud residual, consolidaciones viciosas, pseudoartrosis, atrofia de cuádriceps, dolor retropatellar y alteraciones en la fisis de crecimiento.

Existe consenso en cuanto al tratamiento conservador (tipo I) y quirúrgico (tipos III y IV) de estas fracturas, no existiendo acuerdo en el manejo de las fracturas tipo II. Los defensores del tratamiento conservador argumentan la posible afectación de la fisis de crecimiento con el abordaje quirúrgico y los riesgos inherentes a la cirugía, mientras que los defensores del tratamiento quirúrgico alegan que la inestabilidad residual, la presencia de lesiones óseas y de partes blandas asociadas, así como el riesgo de mala consolidación-pseudoartrosis, son muy superior a los potenciales riesgos de la cirugía.^{56,63}

Las FET tipo II se asocian a una mayor tasa de pseudoartrosis por atrapamiento de tejidos blandos (interposición del ligamento intermeniscal, cuerno anterior del menisco medial o periostio) próxima a 40% llegando en algunas series a 90% dificultando la reducción anatómica y favoreciendo la presencia de pseudoartrosis, mala consolidación y laxitud residual.⁶⁴⁻⁶⁹ El ligamento intermeniscal se comporta de manera similar a la interposición del ligamento colateral ulnar en la lesión de Stener, impidiendo la reducción anatómica y aumentando el riesgo de pseudoartrosis o mala consolidación.

Numerosos autores han observado la presencia de lesiones asociadas, una de las más frecuentes es la lesión del LCA. Mayo observó que las FET se asociaba a lesión LCA en casi 20% de los casos de su serie de 129 pacientes, siendo más frecuente en las FET tipo II, en pacientes varones (87%) y de mayor edad.⁷⁰ Asimismo, observó que la resonancia magnética nuclear (RMN) era muy poco sensible para el diagnóstico de dichas lesiones por lo que recomendaba la artroscopia como método de elección para el diagnóstico y tratamiento definitivo. Mitchell demostró que el riesgo de lesión posterior del LCA es mayor en pacientes con FET tipo II en los que se realiza un tratamiento conservador, precisando en su serie un tratamiento quirúrgico en 29% de los pacientes.⁷¹

Otro de los problemas asociados a las FET es la laxitud residual del ligamento cruzado anterior.^{49,72,73} Estudios biomecánicos han sugerido que existe una lesión intrínseca del LCA asociada a una fractura de las espinas tibiales, dando lugar a una laxitud residual anteroposterior que puede provocar inestabilidad de rodilla y lesiones del LCA. También se ha relacionado esta laxitud con la inmovilización en hiperextensión de la rodilla para conseguir una adecuada reducción en los casos en los que se opta por un tratamiento conservador, aumentando el riesgo de interposición de tejidos blandos en el foco de fractura. Se ha descrito 10% de laxitud del LCA secundaria a fracturas cuando el tratamiento es quirúrgico, respecto a 22% en cuando el tratamiento conservador. Esta laxitud residual de rodilla se debe a la deformidad plástica del LCA tras presentar una fractura de la espina tibial en su lugar de inserción, siendo además un factor predictivo de artritis por inestabilidad y lesión meniscal.

También se ha descrito la asociación a lesiones osteocondrales llegando en algunas series al 90%,^{3,5,65,74} recomendando realizar una RMN para facilitar su diagnóstico.

El tratamiento quirúrgico de las fracturas de las espinas tibiales es el más aceptado en la actualidad. La reducción artroscópica y osteosíntesis (con tornillos o suturas) permite identificar posibles lesiones asociadas, estabilizar el LCA, retirar el tejido interpuesto en el foco de fractura, reduce el periodo de inmovilización, permitiendo un inicio precoz de la rehabilitación disminuyendo así el riesgo de artrofibrosis⁷⁵⁻⁷⁸ y la laxitud residual. Numerosos estudios han demostrado las ventajas del tratamiento quirúrgico en las FET tipo II en aquellos casos en los que el desplazamiento es mayor de 3 mm, cuando fracasa la reducción cerrada y cuando existe interposición de partes blandas o lesiones concomitantes. Existen numerosas técnicas quirúrgicas para el tratamiento de las FET mediante reducción abierta o artroscópica y osteosíntesis con diferentes materiales (tornillos, agujas de Kirschner, arpones, suturas absorbibles/no absorbibles...), no existiendo un método claramente superior al resto, aunque si se han observado resultados superiores con el tratamiento quirúrgico en términos de estabilidad y funcionalidad. Revisiones sistemáticas y metaanálisis, han objetivado que la reducción artroscópica y síntesis con suturas/tornillos permite restaurar la tensión adecuada del LCA, retirar la interposición de partes blandas disminuyendo el riesgo de pseudoartrosis y mala consolidación.^{76,79-82} La artrofibrosis y la limitación del rango de movilidad de la rodilla es la complicación más temida tras la cirugía pudiendo aparecer hasta en 60% de los casos.^{75,78} Se ha relacionado la artrofibrosis con el retraso en el tratamiento quirúrgico, la reducción abierta y la inmovilización prolongada tras la lesión, por lo que un tratamiento precoz y una rehabilitación inmediata es primordial.^{83,84}

**Caso 4: Masculino de 13 años -
Fractura diafisaria de tibia (expuesta, Gustilo I) (Figura 4)**

*Tratamiento conservador con
yeso - M. Dolores García Alfaro*

Debido a que la infección es la complicación más grave que tienen las fracturas abiertas, el abordaje tradicional⁸⁵ consiste en llevar al niño de forma urgente al quirófano para el desbridamiento y limpieza del tejido desvitalizado, realizar lavado exhaustivo y la administración de antibióticos por vía endovenosa para disminuir el riesgo de infección. Sin embargo, las fracturas abiertas grado I tienen muy poco tejido desvitalizado y suelen estar bien vascularizadas lo que favorece la adecuada llegada del antibiótico a la zona de lesión, de ahí que puedan tratarse de forma cerrada lavando la herida en urgencias, reduciendo la fractura e inmovilizándola con un yeso⁸⁶ y administrando antibiótico de forma endovenosa. El tratamiento conservador evita el riesgo de una anestesia,⁸⁷ reduce los costes hospitalarios derivados de la cirugía y del ingreso y evita una segunda cirugía para retirar el implante.

Existen distintos estudios que han demostrado que el tratamiento no quirúrgico de las fracturas abiertas tipo I en los niños puede ser seguro y eficaz. Iobst⁸⁸ y colaboradores realizaron un estudio retrospectivo que incluía a 40 niños con fracturas abiertas grado I que fueron tratadas de forma no quirúrgica e informaron de una de infección de 2.5%; todos permanecían hospitalizados durante 48-72 horas para recibir tratamiento antibiótico endovenoso. Doak y Ferrick⁸⁹ realizaron un estudio retrospectivo que incluía 25 fracturas abiertas pediátricas grado I tratadas de forma no quirúrgica y comunicaron una tasa de infección de 4%. Todos los pacientes recibieron antibióticos intravenosos en el servicio de urgencias y durante el ingreso hospitalario, pero ningún paciente ingresó durante más de 24 horas. Al alta, 80% de los pacientes recibía antibióticos orales con una duración del tratamiento que oscilaba entre uno y siete días. En la revisión retrospectiva de 40 fracturas abiertas pediátricas de antebrazo y tibia tipo I tratadas sin cirugía, Bazzi⁹⁰ y colegas demostraron que no hubo infecciones y sólo una unión retardada. Godfrey⁹¹ y su equipo realizaron una revisión retrospectiva multicéntrica de todas las fracturas abiertas de antebrazo, muñeca y tibia pediátricas de tipo I tratadas en cuatro centros pediátricos. Concluyeron que no había diferencias significativas en la tasa de infección ni en la tasa de complicaciones en los tratados de forma ortopédica frente a los quirúrgicos. Todos estos estudios se centran en fracturas abiertas grado I en niños, pero no son específicos de fracturas tibiales. En cuanto a la literatura que describe el tratamiento y los resultados de las fracturas tibiales abiertas en niños es de mala calidad. Consiste principalmente en análisis retrospectivos basados

en la revisión de las historias clínicas de los pacientes.⁹²⁻⁹⁴ Padgett⁹⁵ y colaboradores acaban de publicar un estudio en el que comparan el tratamiento conservador versus quirúrgico en las fracturas abiertas de tibia grado I pediátricas. Se trata de un estudio retrospectivo de 33 pacientes, 21 fueron tratados quirúrgicamente y 12 de forma conservadora. Todos los enfermos recibieron tratamiento antibiótico endovenoso dentro de las primeras 24 horas tras la lesión. Comunicaron tres infecciones (14.3%) en el grupo quirúrgico y ninguna en el grupo conservador. No encontraron diferencias en las tasas de pseudoartrosis o retraso de consolidación entre ambos grupos. Este estudio proporciona datos iniciales que sugieren que el manejo no quirúrgico de las fracturas tibiales tipo I puede ser seguro; sin embargo, es un estudio con poca potencia estadística porque sólo incluyen 33 pacientes.

Por todo lo anterior parece seguro tratar de forma conservadora las fracturas abiertas de tibia grado I, aunque se necesitan ensayos clínicos aleatorios prospectivos para hacer una recomendación definitiva de nivel I.

Estabilización quirúrgica - Sabrina Campero

Las fracturas de tibia son las más frecuentes entre las fracturas de huesos largos, alrededor de 25% son abiertas por



Figura 4: Paciente masculino de 13 años de edad que sufre trauma directo y presenta fractura diafisaria de tibia abierta Gustilo I.

traumatismos de alta energía. El manejo de estas fracturas puede ser complejo por la relativa falta de cobertura de tejidos blandos y vascularización de la tibial. El pronóstico depende de la magnitud del desplazamiento óseo inicial, la conminución y la lesión de los tejidos blandos. Por lo general, se requiere una reconstrucción ósea avanzada y una cobertura de tejido blando.⁹⁶

Las fracturas abiertas se estratifican según la clasificación Gustilo-Anderson; por el tamaño y extensión del daño tisular asociado, dividiéndose en tipo I, II y IIIA-C,⁹⁷ ellos protocolizaron desbridamiento e irrigación abundante, cierre primario para fracturas tipo I y II; cierre secundario para fracturas tipo III, sin fijación interna excepto en presencia de lesiones vasculares asociadas, cultivos de las heridas y antibiótico terapia antes y durante los tres días posteriores a la operación.⁹⁷

Las fracturas Gustilo-Anderson tipo I son lesión de los tejidos blandos leve, con más probabilidades de conservación del suministro de sangre y el grueso periostio ricamente vascularizado mejoran la respuesta inmunitaria, la perfusión y la llegada de los antibióticos al sitio de la fractura. Estos factores proporcionan un ideal entorno para una curación rápida y un menor riesgo de infecciones, dando a los pacientes pediátricos una perspectiva más favorable para el tratamiento no quirúrgico de fracturas.⁹⁸

En los artículos publicados, todos hacen hincapié en la inmediata administración de antibióticos por vía intravenosa. Patzakis y Wilkins informaron una tasa de infección de 4.7% en los que se les había administrado antibióticos entre las tres horas posteriores a la lesión y de 7.4% en los que le administraron luego de las tres horas posteriores. Esto es especialmente importante en las fracturas abiertas tipo I donde el tejido blando permite la penetración de los antibióticos en el área de la lesión.^{99,100}

El tratamiento de las fracturas de tibia se individualizan según la edad del paciente y su clasificación. La reducción cerrada y el yeso son la base del tratamiento de las fracturas tibiales diafisarias. Pero existen varias indicaciones para la intervención quirúrgica como ser fracturas abiertas, lesiones neurovasculares, politraumatismos, patrones inestables de fractura y parámetros de reducción no aceptables (angulación sagital > 10 grados, 10 grados de valgo y 5 grados de varo).¹⁰¹

Las opciones de tratamiento quirúrgico incluyen la fijación externa (FE), clavos intramedulares bloqueados en el adolescente con fisis cerrada, la fijación con alambre de Kirschner y el EIF.¹⁰¹ El EIF es el preferido por menor tiempo de consolidación (siete semanas) contra la FE (18 semanas) y mejores resultados funcionales. La FE presenta mayor complicación de cicatrización y consolidaciones defectuosas.¹⁰² Otra ventaja de EIF es que se insertan en una posición distinta de la herida traumática, causan un daño mínimo al tejido blando circundante y evitando un nido

infeccioso de los trayectos de los clavos. Pandya y colegas, en su comparación de fracturas de tibia abiertas y cerradas que se sometieron a EIF, no encontraron diferencias en las tasas de complicaciones infecciosas; fracturas abiertas (7.0%) y cerradas (4.0%).¹⁰¹ La profilaxis antibiótica empírica ha consistido en cefalosporinas de primera generación como la cefazolina para la cobertura de Gram positiva en las fracturas tipo I de Gustilo-Anderson.¹⁰³

La pronta administración de antibióticos y un manejo meticoloso de los tejidos blandos, permite realizar el enclavado flexible inmediato y el cierre primario de la herida de las fracturas abiertas de tibia con un bajo riesgo de complicaciones.

Caso 5: Femenino de 12 años - Fractura triplanar de tobillo desplazada (Figura 5)

Reducción cerrada y fijación percutánea

- Alberto Álvaro Alonso

Las fracturas triplanares son fracturas complejas que producen un compromiso tanto de la articulación como del cartílago de crecimiento de la tibia distal.¹⁰⁴ Junto con la fractura de Tillaux, forman parte de las denominadas fracturas de transición de tobillo del adolescente,¹⁰⁵ las cuales son debidas al cierre asimétrico de la fisis distal de la tibia, que es un proceso que dura entre 18 y 24 meses. Comienza en la región central, progresó hacia medial y posterior, para finalizar en la región anterolateral.¹⁰⁶ El cierre completo se produce entre los 12-16 años en mujeres y los 14-19 en varones.

Aunque en términos globales son lesiones poco frecuentes (entre 3 a 7% del total de fracturas de tobillo en la edad pediátrica), constituyen una de las lesiones fisarias más significativas en la adolescencia, hasta 15%.¹⁰⁷ El tratamiento conservador es de elección en aquellas fracturas con un desplazamiento inferior a 2-2.5mm,^{108,109} si bien existe controversia sobre cuál es la mejor técnica quirúrgica para aquellas fracturas con un desplazamiento superior. Un metaanálisis¹⁰⁴ del año 2020 pone de manifiesto que el tratamiento clásico más utilizado es la RAFI,^{105,110} pero la literatura más actualizada aboga por un cambio de tendencia a favor a la reducción cerrada y síntesis percutánea (RCSP). La principal ventaja de la RAFI es la visualización directa del trazo de fractura y la comprobación in-situ de una correcta reducción. No obstante, el uso de la artrografía¹¹¹ nos puede ayudar a este propósito sin recurrir a la agresión quirúrgica que supone la reducción abierta.

Zelenty y colaboradores¹⁰⁷ evaluaron 65 pacientes (17 RCSP y 48 RAFI) y observaron que el grupo de RAFI presentaba un mayor número de complicaciones, siendo especialmente significativa la persistencia del dolor posquirúrgico (posiblemente debido a una mayor agresión

quirúrgica y disección de tejidos blandos) y la necesidad de retirada del material por persistencia de estas molestias. Las tasas de daño fisario e infección también fueron superiores en el grupo de RAFI, si bien estos resultados no son estadísticamente significativos o la n es demasiado baja para poder extrapolrar estas conclusiones a la población general. También en esta línea, Ma y su equipo¹¹² concluyeron que la RCSP es un procedimiento eficaz y seguro para el tratamiento de estas lesiones y pueden mejorar el pronóstico de los pacientes al tiempo que reduce la incidencia de complicaciones. A destacar en este artículo el menor tiempo de curación, así como el inicio más precoz de la deambulación en favor de los pacientes tratados mediante RCSP.

Entre los distintos métodos de fijación percutánea, tanto la síntesis con agujas de Kirschner como los tornillos presentan unos excelentes resultados.^{105,112,113} Los tornillos ofrecen una mayor estabilidad en el montaje al tiempo que permiten la compresión de los distintos fragmentos, pero presentan el inconveniente de una posible segunda cirugía para su retirada. Por este motivo el uso de tornillos

bioabsorbibles puede ser una opción a valorar en el tratamiento de estas fracturas.¹¹⁴ Un estudio muy interesante de Hadad y colegas¹⁰⁶ describe los trazos típicos de las fracturas triplanares, que resulta de gran utilidad para la correcta colocación de los tornillos percutáneos a la vez que describe «corredores seguros» para su implantación.

Por estos motivos, considero la reducción cerrada y síntesis percutánea el tratamiento quirúrgico de elección para la mayoría de las fracturas triplanares, reservando la RAFI para situaciones muy concretas: inadecuada reducción tras reducción cerrada por interposición de partes blandas, fracturas con cierto tiempo de evolución o en caso de existir un fragmento intraarticular que no pueda ser reducido de forma percutánea.

Reducción abierta y fijación interna - Carolina Halliburton

La fractura triplanar de tobillo desplazada implica un desafío terapéutico para el traumatólogo infantil, debido a sus características únicas y las múltiples secuelas que trae su tratamiento insuficiente o inadecuado: artrosis degenera-



Figura 5:

Paciente femenino de 12 años de edad que sufre caída, traumatismo indirecto de tobillo y presenta una fractura triplanar de tobillo desplazada.

tiva, cierre fisario prematuro con discrepancia o desejes y la consecuente alteración funcional.

Presenta una configuración tridimensional específica, multiplanar con dos o tres fragmentos epifisarios y metafisarios, generando un gap o escalón articular y un desplazamiento fisario asociado que deben ser adecuadamente estudiados y comprendidos.^{115,116}

En la fractura triplanar desplazada de tobillo mi preferencia es la reducción abierta y la fijación con tornillos epifisarios y metafisarios respetando la fisis, ya que nos permite lograr con seguridad cumplir con los dos objetivos mandatorios de tratamiento que son la reducción intraarticular y la reducción fisaria por lo que aportaré evidencia que sustente esta elección. Existe consenso y múltiples publicaciones al respecto de la necesidad del estudio de la lesión con tomografía computarizada, tanto para la evaluación del patrón fracturario como para la planificación de la colocación de los tornillos.¹¹⁷ Como en toda fractura intraarticular es mandatoria la reducción anatómica para evitar artrosis degenerativa de tobillo, siendo aceptable un gap menor a 2 mm, habiendo evidencia suficiente de que un gap mayor implica peor resultado funcional.¹⁰⁴ Existe suficiente evidencia del daño progresivo en los condrocitos que implica un gap intraarticular en las fracturas articulares de tobillo.¹¹⁸ Crawford ha publicado resultados funcionales adecuados cuando el gap articular residual es menor de 2 mm.^{119,120} Sin embargo Upsani y colaboradores han reportado que en pacientes con fracturas triplanares desplazadas dejar una brecha mayor a 2.5 mm después de la reducción cerrada, un tratamiento no quirúrgico y la presencia de complicaciones fueron predictores desfavorables del resultado funcional.¹²¹

Nuestro manejo de guardia se encuentra estandarizado. Inicialmente se realiza una reducción cerrada gentil en la emergencia, inmovilización con yeso y se solicita una tomografía postreducción para constatar que no exista un gap articular mayor a 2 mm o una apertura fisaria mayor a 3 mm. Si el gap intraarticular es mayor a 2 mm o el desplazamiento fisario es mayor a 3 mm se planificará la reducción quirúrgica. Creemos que una reducción abierta por un abordaje anterolateral o anteromedial (según el patrón fracturario), nos permite asegurarnos de lograr ambos objetivos, tanto la reducción articular menor a 2 mm como la reducción fisaria, logrando retirar el periostio interpuesto. Arkader y colegas han publicado recientemente esta técnica quirúrgica para las fracturas triplanares desplazadas.¹¹⁰

CONCLUSIÓN

En este artículo hemos evaluado la literatura relacionada con cinco fracturas pediátricas que a menudo generan controversia en cuanto a su manejo terapéutico. Nuestra intención ha sido proporcionar a los lectores una visión

integral de estas lesiones, presentando tanto las ventajas como las desventajas de los tratamientos más frecuentemente utilizados en este contexto. A través de este análisis, esperamos haber contribuido a la comprensión de las complejidades involucradas en la toma de decisiones clínicas respecto a estas fracturas en niños y adolescentes. La discusión basada en la evidencia y el debate entre expertos de la Sociedad Española de Ortopedia Pediátrica (SEOP) y la Sociedad Argentina de Ortopedia y Traumatología Infantil (SAOTI) han enriquecido nuestra comprensión y permitido abordar estas fracturas desde una perspectiva más informada y actualizada.

REFERENCIAS

1. Chaibi E, Zambelli PY, Merckaert S. Epidemiology of paediatric lower extremity fractures in a tertiary care center in Switzerland. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2022; 48(5): 3449-3459. doi: 10.1007/s00068-020-01400-6.
2. Boardman MJ, Herman MJ, Buck B, Pizzutillo PD: Hip fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg.* 2009;17(39): 162-173. doi: 10.5435/00124635-200903000-00005.
3. Patterson JT, Tangtiphaiboonana J, Pandya NK. Management of Pediatric Femoral Neck Fracture. *J Am Acad Orthop Surg.* 2018; 26(12): 411-419. doi: 10.5435/JAAOS-D-16-00362.
4. Davison BL, Weinstein SL: Hip fractures in children: a long-term follow-up study. *J Pediatr Orthop.* 1992; 12(3): 355-358. doi: 10.1097/01241398-199205000-00014
5. Flynn JM, Wong KL, Yeh GL, Meyer JS, Davidson RS. Displaced fractures of the hip in children: management by early operation and immobilisation in a hip spica cast. *J Bone Joint Surg (Br).* 2002; 84-B: 108-12. doi: 10.1302/0301-620X.84b1.11972
6. Stone JD, Hill MK, Pan Z, Novais EN. Open reduction of pediatric femoral neck fractures reduces osteonecrosis risk. *Orthopedics.* 2015; 38(11): e983-e990.
7. Song KS: Displaced fracture of the femoral neck in children: Open versus closed reduction. *J Bone Joint Surg Br.* 2010; 92(8): 1148-1151. doi: 10.1302/0301-620X.92B8.24482.
8. Yeranosian 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.
9. Dendane MA, Amrani A, El Alami ZF, El Medhi T, Gourinda H: Displaced femoral neck fractures in children: Are complications predictable? *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010; 96(2): 161-165.
10. Spence D, DiMauro J-P, Miller PE, Glotzbecker MP, Hedequist DJ, Shore BJ. Osteonecrosis after femoral neck fractures in children and adolescents: analysis of risk factors. *J Pediatr Orthop.* 2016; 36(2): 111-116. doi: 10.1097/BPO.0000000000000424.
11. Stone JD, Hill MK, Pan Z, Novais EN. Open reduction of pediatric femoral neck fractures reduces osteonecrosis risk. *Orthopedics.* 2015; 38(11): e983-e990. doi: 10.3928/01477447-20151020-06.
12. Moon ES, Mehlman CT. Risk factors for avascular necrosis after femoral neck fractures in children: 25 Cincinnati cases and meta-analysis of 360 cases. *J Orthop Trauma.* 2006; 20(5): 323-329. doi: 10.1097/00005131-200605000-00005.
13. Ghayoumi P, Kandemir U, Morshed S. Evidence based update: open versus closed reduction. *Injury.* 2015; 46(3): 467-473. doi: 10.1016/j.injury.2014.10.011.
14. Ju L, Jiang B, Lou Y, Zheng P. Delayed treatment of femoral neck fractures in 58 children: open reduction internal fixation versus closed reduction internal fixation. *J Pediatr Orthop B.* 2016; 25(5): 459-465. doi: 10.1097/BPB.0000000000000339.

15. Vynichakis G, Angelis S, Chandrinou M, Apostolopoulos AP, Bogris E, Mirtsios H et al. Pathological hip fractures in children and adolescents due to benign tumor or tumor-like lesions. *J Long Term Eff Med Implants*. 2019; 29(2): 91-99.
16. Lark RK, Dial BL, Alman BA. Complications after pediatric hip fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2020; 28(1): 10-19.
17. Boardman MJ, Herman MJ, Buck B, Pizzutillo PD. Hip fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg*. 2009; 17(3): 162-173.
18. Riley PM, Morscher MA, Gothard MD, Riley PM. Earlier time to reduction did not reduce rates of femoral head osteonecrosis in pediatric hip fractures. *J Orthop Trauma*. 2015; 29(5): 231-238.
19. Bimmel R, Bakker A, Bosma B, Michielsen J. Paediatric hip fractures: a systematic review of incidence, treatment options and complications. *Acta Orthop Belg*. 2010; 76(1):7-13.
20. Dendane MA, Amrani A, El Alami ZF, El Medhi T, Gourinda H. Complications des fractures déplacées du col fémoral chez l'enfant. À propos d'une série de 21 cas. *Rev Chir Orthopédique Traumatol*. 2010; 96(2): 200-204.
21. Chandankere V, Shah H. Controversies in the management of pediatric neck femur fractures- a systematic review. *J Orthop*. 2021; 27: 92-102.
22. Li Y, Sun D, Wang K, Liu J, Wang Z, Liu Y. Postoperative avascular necrosis of the femoral head in pediatric femoral neck fractures. *PLoS One*. 2022; 17(5): e0268058.
23. Konarski W, Pobozny T, Sliwczynski A, Kotela I, Krakowiak J, Horodowicz M et al. Avascular necrosis of femoral head-overview and current state of the art. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(12): 7348.
24. Beaty JH. Fractures of the hip in children. *Orthop Clin North Am*. 2006; 37(2): 223-232.
25. Sanghavi S, Patwardhan S, Shyam A, Nagda T, Naik P. Nonunion in pediatric femoral neck fractures. *J Bone Jt Surg*. 2020; 102(11): 1000-1010.
26. Schneidmueller D, Hungerer S, Stuby F, Glowalla C. Anterolateraler zugang zur fixation von schenkelhalsfrakturen im kindesalter [Anterolateral approach to femoral neck fractures in children]. *Oper Orthop Traumatol*. 2021; 33(1): 23-35.
27. Rockwood and Wilkins. Fracturas en el niño. Tomo 2. 5^a ed.. 2003, 944.
28. Ferguson J, Nicol RO. Early spical treatment of pediatric femoral shaft fractures. *J Pediatric Orthopedics*. 2000; 20: 189-192.
29. Gross RH, Davidson R, Sullivan JA et al. Cast brace management of the femoral shaft fracture in children and young adults. *J Pediatric Orthopedics*. 1983; 4: 572-582.
30. Gordon E, Anderson JT, Schoenecker P et al. Treatment of femoral fractures in children aged two to six. A multicentre prospective case series. *Bone Joint J*. 2020; 102-B(8): 1056-1061.
31. Jauquier N, Haecker FM. Immediate hip spica is as effective as, but more efficient than, flexible intramedullary nailing for femoral shaft fractures in pre-school children. *J Child Orthop*. 2010; 4: 461-465.
32. Ramo BA, Martus JE, Tareen N et al. Intramedullary nailing compared with spica casts for isolated femoral fractures in four and five-year-old children. *J Bone Joint Surg Am*. 2016; 98(4): 267-275.
33. Duan L, Canavese F, Li L. Flexible intramedullary nails or spica casting? A meta-analysis on the treatment of femur fractures in preschool children aged 2-5 years. *J Pediatr Orthopaedics B*. 2023; 32(3): 292-301.
34. Lewis RB, Hariri O, Elliott ME, Jo CH, Ramo BA. Financial analysis of closed femur fractures in 3- to 6-year-olds treated with immediate spica casting versus intramedullary fixation. *J Pediatr Orthop*. 2019; 39(2): e114-e119.
35. Strohm PC, Schmittenecher PP. Femoral shaft fractures in children under 3 years old. Current treatment standard. *Unfallchirurg*. 2015; 118: 48-52.
36. Waters PMS, David L. Flynn, John M. Rockwood and Wilkins' Fractures in children. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins. 2019.
37. Khoriati AA, Jones C, Gelfer Y, Trompeter A. The management of paediatric diaphyseal femoral fractures: a modern approach. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2016; 11(2): 87-97.
38. Ramo BA, Martus JE, Tareen N, Hooe BS, Snoddy MC, Jo CH. Intramedullary nailing compared with spica casts for isolated femoral fractures in four and five-year-old children. *J Bone Joint Surg*. 2016; 98(4): 267-275.
39. Van Cruchten S, Warmerdam EC, Kempink DRJ, de Ridder VA. Treatment of closed femoral shaft fractures in children aged 2-10 years: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2022; 48(5): 3409-3427.
40. Alluri RK, Sabour A, Heckmann N, Hatch GF, VandenBerg C. Increasing rate of surgical fixation in four- and five-year-old children with femoral shaft fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2019; 27(1): e24-32.
41. Rapp M, Kaiser MM, Grauel F, Gielok C, Illing P. Femoral shaft fractures in young children (< 5 years of age): operative and non-operative treatments in clinical practice. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2016; 42(6): 719-724.
42. Assaghir Y. The safety of titanium elastic nailing in preschool femur fractures: a retrospective comparative study with spica cast. *J Pediatr Orthop B*. 2013;22:289-295.
43. Heffernan MJ, Gordon JE, Sabatini CS, Keeler KA, Lehmann CL, O'Donnell JC, 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: 126-129.
44. Bopst L, Reinberg O, Lutz N. Femur fracture in preschool children: experience with flexible intramedullary nailing in 72 children. *J Pediatr Orthop*. 2007; 27: 299-303.
45. Donati F, Mazzitelli G, Lillo M, Menghi A, Conti C, Valassina A et al. Titanium elastic nailing in diaphyseal femoral fractures of children below six years of age. *World J Orthop*. 2017; 8: 156-162.
46. Arneitz C, Szilagyi I, Lehner B, Kienesberger B, Gasparella P, Castellani C, Singer G, Till H. Therapy preference of 131 parents confronted with a pediatric femoral fracture. *Front Pediatr*. 2022; 10: 949019.
47. Kocher MS, Sink EL, Blasier RD et al. Treatment of pediatric diaphyseal femur fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2009; 17: 718-725.
48. 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.
49. Casalonga A, Bourelle S, Chalencon F, De Oliveira L, Gautheron V, Cottalorda J. Tibial intercondylar eminence fractures in children: The long-term perspective. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2010; 96(5): 525-530. doi: 10.1016/j.otsr.2010.01.012.
50. 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.
51. Wilfinger C, Castellani C, Raith J, Pilhatsch A, Hollwarth ME, Weinberg AM. Nonoperative treatment of tibial spine fractures in children-38 patients with a minimum follow-up of 1 year. *J Orthop Trauma*. 2009; 23(7): 519-524. doi:10.1097/BOT.0b013e3181a13fe4.
52. 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.
53. Kocher MS, Micheli LJ, Gerbino P, Hresko MT. Tibial eminence fractures in children: prevalence of meniscal entrapment. *Am J Sports Med*. 2003; 31 (3): 404-407. doi:10.1177/03635465030310031301.
54. Tibial Spine Research Group, Prasad N, Aoyama JT, et al. A Comparison of nonoperative and operative treatment of type 2 tibial spine fractures. *Orthop J Sports Med*. 2021; 9(1): 2325967120975410. doi: 10.1177/2325967120975410

55. Edmonds EW, Fornari ED, Dashe J, Roocroft JH, King MM, Pennoch 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.
56. Adams AJ, O'Hara NN, Abzug JM et al. Pediatric type II tibial spine fractures: addressing the treatment controversy with a mixed-effects model. *Orthop J Sports Med.* 2019; 7(8): 2325967119866162. doi: 10.1177/2325967119866162.
57. Waters PM, Skaggs DL, Flynn JM. Rockwood and Wilkins'. Fractures in children. 9th ed. Reino Unido: Wolters Kluwer Health, 2015.
58. 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: 0.1177/0363546513508538.
59. Herman MJ, Martinek MA, Abzug JM. Complications of tibial eminence and diaphyseal fractures in children: prevention and treatment. *Instr Course Lect.* 2015; 64: 471-482.
60. Bram JT, Aoyama JT, Mistovich RJ, et al. Four risk factors for arthrofibrosis in tibial spine fractures: a national 10-site multicenter study. *Am J Sports Med.* 2020; 48(12): 2986-2993. doi: 10.1177/0363546520951192.
61. 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.
62. Aderinto J, Walmsley P, Keating JF. Fractures of the tibial spine: epidemiology and outcome. *Knee.* 2008; 15(3): 164-167.
63. Jackson TJ, Storey EP, The Tibial Spine Interest Group, Ganley TJ. The surgical management of tibial spine fractures in children: a survey of the Pediatric Orthopaedic Society of North America (POSNA). *J Pediatr Orthop.* 2019; 39(8): 572-577.
64. Kocher MS, Micheli LJ, Gerbino P, Hresko MT. Tibial eminence fractures in children: prevalence of meniscal entrapment. *Am J Sports Med.* 2003; 31(3): 404-407.
65. 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.
66. 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: 445-453.
67. Burstein DB, Viola A, Fulkerson JP. Entrapment of the medial meniscus in a fracture of the tibial eminence. *Arthroscopy.* 1988; 4: 47-50.
68. Falstie-Jensen S, Sondergaard Peterson PE. Incarceration of the meniscus in fractures of the intercondylar eminence of the tibia in children. *Injury.* 1984; 15: 236-238.
69. Lowe J, Chaimsky G, Freedman A, Zion I, Howard C. The anatomy of tibial eminence fractures: arthroscopic observations following failed closed reduction. *J Bone Joint Surg Am.* 2002; 84: 1933-1938.
70. Mayo MH, Mitchell JJ, Axibal DP, et al. Anterior cruciate ligament injury at the time of anterior tibial spine fracture in young patients: an observational cohort study. *J Pediatr Orthop.* 2019; 39: 668-673.
71. Mitchell JJ, Mayo MD, Axibal DP et al. Delayed anterior cruciate ligament reconstruction in young patients with previous anterior tibial spine fractures. *Am J Sports Med.* 2016; 44: 2047-2056.
72. Kocher MS, Foreman ES, Micheli LJ. Laxity and functional outcome after arthroscopic reduction and internal fixation of displaced tibial spine fractures in children. *Arthroscopy.* 2003; 19: 1985-1990.
73. Willis RB, Blokker C, Stoll TM, Paterson DC, Galpin RD. Long-term follow-up of anterior tibial eminence fractures. *J Pediatr Orthop.* 1993; 13(3): 361-364.
74. Shea KG, Grimm NL, Laor T, Wall EJ. Bone bruises and meniscal tears on MRI in skeletally immature children with tibial eminence fractures. *J Pediatr Orthop.* 2011; 31(2): 150-152.
75. Herman MJ, Martinek MA, Abzug JM. Complications of tibial eminence and diaphyseal fractures in children: prevention and treatment. *Instr Course Lect.* 2015; 64: 471-482.
76. Coyle C, Jagernauth S, Ramachandran M. Tibial eminence fractures in the paediatric population: a systematic review. *J Child Orthop.* 2014; 8(2): 149-159.
77. Lafrance RM, Giordano B, Goldblatt J, Voloshin I, Maloney M. Pediatric tibial eminence fractures: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010; 18(7): 395-405.
78. Patel NM, Park MJ, Sampson NR, Ganley TJ. Tibial eminence fractures in children: earlier posttreatment mobilization results in improved results. *J Pediatr Orthop.* 2012; 32: 139-144.
79. Zhao C, Bi Q, Bi M. Management of a type two avulsion fracture of the tibial intercondylar eminence in children: arthroscopy suture fixation versus conservative immobilization. *Int Orthop.* 2018; 42: 1363-1369.
80. Louis ML, Guillaume JM, Launay F. Surgical management of type II tibial intercondylar eminence fractures in children. *J Pediatr Orthop B.* 2008; 17: 231-235.
81. Hunter RE, Willis JA. Arthroscopic fixation of avulsion fractures of the tibial eminence: technique and outcome. *Arthroscopy.* 2004; 20(2): 113-121.
82. Bogunovic L, Tarabichi M, Harris D, Wright R. Treatment of tibial eminence fractures: a systematic review. *J Knee Surg.* 2015; 28(3): 255-262.
83. 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: 298-301.
84. Parikh SN, Myer D, Eismann MS. Prevention of arthrofibrosis after arthroscopic screw fixation of tibial spine fracture in children and adolescents. *Orthopedics.* 2014; 37: 58-65.
85. Trionfo A, Cavanaugh PK, Herman MJ. Pediatric open fractures. *Orthop Clin North Am.* 2016; 47(3): 565-578.
86. Mooney JF 3rd, Hennrikus WL. Chapter 31: fractures of the shaft of the tibia and fibula. In: Rockwood and Wilkins'. Fractures in children. 8th ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health 2015.
87. Zhang H, Du L, Du Z et al. Association between childhood exposure to single general anaesthesia and neurodevelopment: a systematic review and meta-analysis of cohort study. *J Anesth.* 2015; 29: 749-757.
88. Iobst CA, Tidwell MA, King WF. Nonoperative management of pediatric type I open fractures. *J Pediatr Orthop.* 2005; 25(4): 513-517.
89. Doak J, Ferrick M. Nonoperative management of pediatric grade 1 open fractures with less than a 24-hour admission. *J Pediatr Orthop.* 2009; 29(1): 49-51.
90. Bazzi AA, Brooks JT, Jain A et al. Is nonoperative treatment of pediatric type I open fractures safe and effective? *J Child Orthop.* 2014; 8(6): 467-471.
91. Godfrey J, Choi PD, Shabtai L et al. Management of pediatric type I open fractures in the emergency department or operating room: a multicenter perspective. *J Pediatr Orthop.* 2019; 39(7): 372-376.
92. Baldwin KD, Babatunde OM, Russell Huffman G et al. Open fractures of the tibia in the pediatric population: a systematic review. *J Child Orthop.* 2009; 3(3): 199-208.
93. Nandra RS, Wu F, Gaffey A et al. The management of open tibial fractures in children: a retrospective case series of eight years' experience of 61 cases at a paediatric specialist centre. *Bone Joint J.* 2017; 99-B(4): 544-553.
94. Gougoulias N, Khanna A, Maffulli N. Open tibial fractures in the pediatric population: a systematic review of the literature. *Br Med Bull.* 2009; 91: 75-85.

95. Padgett AM, Torrez TW, Kothari EA, Conklin MJ, Williams KA, Gilbert SR, Ashley P. Comparison of nonoperative versus operative management in pediatric Gustilo-Anderson type I open tibia fractures. *Injury*. 2023; 54(2): 552-556.
96. Hutchinson AJ, Frampton AE, Bhattacharya R. Operative fixation for complex tibial fractures. *Ann R Coll Surg Engl*. 2012; 94(1): 34-38. doi: 10.1308/003588412X13171221498668.
97. Gustilo RB, Anderson JT. JSBS classics. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones. Retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am*. 2002; 84(4): 682. doi: 10.2106/00004623-200204000-00029.
98. Zhang H, Fanelli M, Adams C, Graham J, Seeley M. The emerging trend of non-operative treatment in paediatric type I open forearm fractures. *J Child Orthop*. 2017; 11(4): 306-309. doi: 10.1302/1863-2548.11.170027.
99. Iobst CA, Spurde C, Baitner AC, King WF, Tidwell M, Swirsky S. A protocol for the management of pediatric type I open fractures. *J Child Orthop*. 2014; 8(1): 71-76. doi: 10.1007/s11832-014-0554-7.
100. Patzakis MJ, Wilkins J. Factors influencing infection rate in open fracture wounds. *Clin Orthop Relat Res*. 1989; (243): 36-40.
101. 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.
102. Kubiak EN, Egol KA, Scher D, Wasserman B, Feldman D, Koval KJ. Operative treatment of tibial fractures in children: are elastic stable intramedullary nails an improvement over external fixation? *J Bone Joint Surg Am*. 2005; 87(8): 1761-1768. doi: 10.2106/JBJS.C.01616.
103. Lua J, Tan VH, Sivasubramanian H, Kwek E. Complications of open tibial fracture management: risk factors and treatment. *Malays Orthop J*. 2017; 11(1): 18-22. doi: 10.5704/MOJ.1703.006.
104. Gaudiani MA, Knapik DM, Liu RW. Clinical outcomes of triplane fractures based on imaging modality utilization and management: a systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Orthop*. 2020; 40(10): e936-e941. doi: 10.1097/BPO.0000000000001613.
105. Mishra N, Wang S, Chua ZKH, Lam KY, Mahadev A. Comparison of K-wire versus screw fixation after open reduction of transitional (Tillaux and triplane) distal tibia fractures. *J Pediatr Orthop B*. 2021; 30(5): 443-449. doi: 10.1097/BPB.0000000000000830.
106. 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.
107. Zelenty W, Yoon RS, Shabtai L, Choi P, Martin B, Horn D, Feldman DS, Otsuka NY, Godfried DH. Percutaneous versus open reduction and fixation for Tillaux and triplane fractures: a multi-center cohort comparison study. *J Pediatr Orthop B*. 2018; 27(6): 551-555. doi: 10.1097/BPB.0000000000000522.
108. Ayas MS, Kalkisim M, Turgut MC, Dincer R, Aslan O, Oner K, Kose A. Analysis of clinical outcomes in pediatric distal tibia triplanar fractures treated surgically and conservatively. *Cureus*. 2021; 13(12): e20723. doi: 10.7759/cureus.20723.
109. Lurie B, Van Rysselberghe N, Pennock AT, Upasani VV. Functional outcomes of Tillaux and triplane fractures with 2 to 5 millimeters of intra-articular gap. *J Bone Joint Surg Am*. 2020; 102(8): 679-686. doi: 10.2106/JBJS.19.01170.
110. Denning JR, Gohel S, Arkader A. Open reduction and internal screw fixation of transitional ankle fractures in adolescents. *JBJS Essent Surg Tech*. 2021; 11(4): e19.00070. doi: 10.2106/JBJS. ST.19.00070.
111. Pan Y, Zhang X, Ouyang Z et al. Transitional ankle fracture management using a new joystick technique. *Injury*. 2023; 54 Suppl 2: S43-S48. doi: 10.1016/j.injury.2022.05.028.
112. Ma Z, Feng W, Duan X, Chen X, Qiao G, Liu Z. Effects of full-threaded headless cannulated compression screws and anatomical plates on the efficacy, safety, and prognosis of patients with triplane fractures of the distal tibia. *Am J Transl Res*. 2022; 14(3): 1714-1720.
113. Tang Z, Xiang F, Arthur V DT et al. Comparison of mid-term clinical results between lag screw fixation and Kirschner wire fixation after close reduction in adolescent triplane distal tibia epiphyseal fracture. *Foot Ankle Surg*. 2022; 28(8): 1440-1443. doi: 10.1016/j.fas.2022.08.007.
114. Podeszwa DA, Wilson PL, Holland AR, Copley LA. Comparison of bioabsorbable versus metallic implant fixation for physisal and epiphyseal fractures of the distal tibia. *J Pediatr Orthop*. 2008; 28(8): 859-63. doi: 10.1097/BPO.0b013e31818e19d7.
115. Schnetzler KA, Hoernschemeyer D. The pediatric triplane ankle fracture. *J Am Acad Orthop Surg*. 2007; 15(12): 738-747.
116. Cancino B, Sepúlveda M, Birrer E. Ankle fractures in children. *EFORT Open Rev*. 2021; 6(7): 593-606.
117. Eismann EA, Stephan ZA, Mehlman CT, Denning J, Mehlman T, Parikh SN, Tamai J, Zbojnickiewicz A. 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.
118. Tochigi Y, Buckwalter JA, Martin JA et al. Distribution and progression of chondrocyte damage in a whole-organ model of human ankle intra-articular fracture. *J Bone Joint Surg Am*. 2011; 93(6): 533-539.
119. Crawford AH. Triplane and Tillaux fractures: is a 2 mm residual gap acceptable? *J Pediatr Orthop*. 2012; 32(Suppl 1): S69-S73.
120. Choudhry IK, Wall EJ, Eismann EA, Crawford AH, Wilson L. Functional outcome analysis of triplane and Tillaux fractures after closed reduction and percutaneous fixation. *J Pediatr Orthop*. 2014; 34(2): 139-143.
121. Lurie B, Van Rysselberghe N, Pennock AT, Upasani VV. Functional outcomes of Tillaux and triplane fractures with 2 to 5 millimeters of intra-articular gap. *J Bone Joint Surg Am*. 2020; 102: 679-686.