

Indicaciones del clavo telescópico Fassier-Duval en niños con osteogénesis imperfecta: una revisión sistemática de la literatura

Indications for Fassier-Duval telescopic rod use in children with osteogenesis imperfecta: a systematic review

Indicações da haste telescópica Fassier-Duval em crianças com osteogênese imperfeita: uma revisão sistemática da literatura

GUILLERMO PARDO⁽¹⁾, CECILIA MÉNDEZ⁽¹⁾, VIVIANA TESKE⁽¹⁾

(1) Clínica de Traumatología y Ortopedia
Pediátrica, Facultad de Medicina, Universidad
de la República. Montevideo, Uruguay.

Correos electrónicos:
soyguillepardo@gmail.com,
ceciliamendezdeleon@gmail.com,
vivianateske@hotmail.com

ORCID: 0009-0005-3902-0492
ORCID: 0000-0001-9839-6928
ORCID: 0000-0003-4407-6501

RESUMEN

Introducción: La osteogénesis imperfecta es un trastorno genético caracterizado por fragilidad ósea y deformidades progresivas de los huesos largos. El clavo telescópico Fassier-Duval (FD) constituye una de las principales estrategias quirúrgicas en la población pediátrica; sin embargo, sus indicaciones no se encuentran estandarizadas.

Objetivo: Analizar la evidencia disponible sobre las indicaciones clínicas, radiológicas y funcionales del uso del clavo Fassier-Duval en niños con osteogénesis imperfecta.

Métodos: Se realizó una revisión sistemática de la literatura siguiendo las recomendaciones PRISMA 2020. Se efectuó una búsqueda en PubMed, Scopus y TIMBÓ de estudios publicados entre 2015 y 2025. Se incluyeron estudios clínicos en población pediátrica tratados con clavo FD. No se realizó evaluación formal del riesgo de sesgo.

Resultados: Se incluyeron 17 estudios, que abarcaron un total de 506 pacientes. La principal indicación reportada fue la deformidad progresiva de los huesos largos, asociada o no a fracturas recurrentes. Las complicaciones fueron predominantemente mecánicas, destacándose la migración de los componentes, la falla del mecanismo telescópico y la progresión de deformidades. El nivel de evidencia predominante correspondió a estudios de nivel IV.

Conclusiones: Existe una marcada heterogeneidad en las indicaciones del clavo Fassier-Duval, lo que refleja la ausencia de criterios estandarizados. Futuros consensos clínicos y estudios prospectivos podrían contribuir a homogeneizar las estrategias terapéuticas y optimizar los resultados funcionales.

Palabras clave: Osteogénesis imperfecta; Fassier-Duval; Ortopedia pediátrica; clavo telescópico pediátrico

ABSTRACT

Introduction: Osteogenesis imperfecta is a genetic disorder characterized by bone fragility and progressive deformities of long bones. The Fassier-Duval (FD) telescopic rod is a widely used surgical option in pediatric patients; however, its indications remain heterogeneous.

Objective: To analyze the available evidence regarding clinical, radiological, and functional indications for the use of the Fassier-Duval rod in children with osteogenesis imperfecta.

Methods: A systematic review was conducted following PRISMA 2020 guidelines. Literature searches were performed in PubMed, Scopus, and TIMBÓ for studies published between 2015 and 2025. Pediatric clinical studies using FD rods were included. No formal risk of bias assessment was performed.

Results: Seventeen studies were included, comprising 506 patients. The main reported indication was progressive deformity of long bones, with or without recurrent fractures. Complications were predominantly mechanical, including implant migration, telescoping failure, and progressive deformity. Most studies corresponded to level IV evidence.

Conclusions: There is significant heterogeneity in the indications for Fassier-Duval rods, reflecting the lack of standardized criteria. Future prospective studies and clinical consensus statements may contribute to optimizing patient selection and functional outcomes.

Key words: Osteogenesis imperfecta; Fassier-Duval; Pediatric orthopedics; Telescopic rod

RESUMO

Introdução: A osteogênese imperfeita é um distúrbio genético caracterizado por fragilidade óssea e deformidades progressivas de ossos longos. O clavo telescópico Fassier-Duval (FD) constitui uma das principais estratégias cirúrgicas na população pediátrica; no entanto, suas indicações não foram padronizadas.

Objetivo: Analisar as evidências disponíveis sobre as indicações clínicas, radiológicas e funcionais do uso do clavo Fassier-Duval em crianças com osteogênese imperfeita.

Métodos: Foi realizada uma revisão sistemática da literatura seguindo as recomendações PRISMA 2020. Foi realizada uma pesquisa no PubMed, Scopus e TIMBÓ de estudos publicados entre 2015 e 2025. Foram incluídos estudos clínicos na população pediátrica tratados com o haste FD. Nenhuma avaliação formal do risco de viés foi realizada.

Resultados: Se incluíram 17 estudos, que abarcaram um total de 506 pacientes. A principal indicação relatada foi a deformidade progressiva dos ossos longos, associada ou não a fraturas recorrentes. As complicações foram predominantemente mecânicas, desestabilizando a migração dos componentes, a falha do mecanismo telescópico e a progressão das deformidades. O nível de evidência correspondia predominantemente aos estudos de nível IV.

Conclusões: Existe uma heterogeneidade marcada nas indicações do clavo Fassier-Duval, o que reflete a ausência de critérios padronizados. Futuros consensos clínicos e estudos prospectivos poderão contribuir para homogeneizar as estratégias terapêuticas e otimizar os resultados funcionais.

Palavras-chave: Osteogênese imperfeita; Fassier-Duval; Ortopedia pediátrica; clavo telescópico pediátrico

INTRODUCCIÓN

La osteogénesis imperfecta (OI) constituye un grupo heterogéneo de enfermedades genéticas del tejido conectivo caracterizadas principalmente por fragilidad ósea, deformidades progresivas y susceptibilidad aumentada a fracturas^(1, 2). Tradicionalmente considerada una enfermedad vinculada exclusivamente a alteraciones del colágeno tipo I, actualmente se reconoce como una patología multisistémica compleja, con manifestaciones extraesqueléticas que incluyen escleras azules, dentinogénesis imperfecta, hipoacusia progresiva, hiperlaxitud ligamentaria, debilidad muscular y compromiso cardiovascular^(1, 4).

La clasificación clásica de Sillence continúa siendo clínicamente útil; sin embargo, el avance de la genética molecular permitió expandir la clasificación hacia más de veinte subtipos asociados a alteraciones en múltiples vías biológicas, incluyendo síntesis de colágeno, mineralización ósea, diferenciación osteoblástica y modificaciones postraduccionales^(1, 2, 4). Esta evolución conceptual permitió comprender mejor la marcada heterogeneidad fenotípica de la enfermedad, cuyos espectros clínicos abarcan desde formas leves con fracturas esporádicas hasta cuadros severos con deformidades progresivas, compromiso funcional importante y dependencia de silla de ruedas^(1, 2).

Tabla 1. Clasificación genética simplificada de la osteogénesis imperfecta y principales manifestaciones clínicas.

Tipo OI	Gen principal asociado	Mecanismo fisiopatológico	Severidad habitual	Manifestaciones clínicas características
I	COL1A1	Defecto cuantitativo del colágeno tipo I	Leve	Fragilidad ósea leve, escleras azules, hipoacusia
II	COL1A1 / COL1A2	Defecto estructural severo del colágeno	Letal perinatal	Fracturas intrauterinas, insuficiencia respiratoria
III	COL1A1 / COL1A2	Defecto estructural del colágeno	Grave progresiva	Talla baja severa, deformidades progresivas, dentinogénesis imperfecta
IV	COL1A1 / COL1A2	Alteración estructural moderada	Moderada	Fragilidad ósea variable, deformidades moderadas
V	IFITM5	Alteración de mineralización ósea	Moderada	Calcificación interósea, bandas metafisarias
VI-XIV	SERPINF1, CRTAP, LEPRE1, PPIB, FKBP10, SERPINH1, BMP1, TMEM38B, entre otros	Alteraciones postraduccionales y de mineralización	Variable	Fenotipos heterogéneos, deformidades progresivas, retraso motor
XV-XXII	WNT1, CREB3L1, SPARC, MBTPS2, KDELR2, CCDC134, entre otros	Alteraciones osteoblásticas y regulatorias	Variable	Osteoporosis precoz, deformidades esqueléticas y compromiso multisistémico

Adaptado de Forlino y Marini⁽³⁾, Van Dijk y Sillence⁽²⁾ y revisiones contemporáneas de clasificación molecular de osteogénesis imperfecta⁽⁴⁾.

La clasificación molecular moderna de la osteogénesis imperfecta refleja la marcada heterogeneidad genética y fenotípica de la enfermedad. Aunque la clasificación clínica de Sillence continúa siendo ampliamente utilizada en la práctica clínica, actualmente se reconocen más de veinte subtipos

asociados a distintos mecanismos fisiopatológicos^(1, 2, 4).

En este contexto, el manejo ortopédico adquiere un rol central dentro de un enfoque multidisciplinario integral. La prevención de deformidades progresivas, el tratamiento de fracturas recurrentes y la preservación de la función motora representan objetivos fundamentales en niños con OI^(3, 4). Si bien el tratamiento médico mediante bifosfonatos ha logrado mejorar la densidad mineral ósea y disminuir la incidencia de fracturas, la estabilización intramedular continúa siendo el pilar quirúrgico principal^(3, 4).

Los clavos telescópicos revolucionaron el tratamiento ortopédico de la OI pediátrica al permitir una estabilización longitudinal del hueso en crecimiento, disminuyendo la necesidad de múltiples revisiones quirúrgicas asociadas a los implantes estáticos tradicionales⁽⁵⁾. Entre ellos, el sistema Fassier-Duval (FD) se consolidó como el implante telescópico más difundido y estudiado internacionalmente, debido a sus ventajas biomecánicas, menor agresión quirúrgica y mejores resultados funcionales a largo plazo⁽⁵⁾.

El sistema Fassier-Duval está compuesto por un mecanismo telescópico de dos componentes (macho y hembra) que permite acompañar el crecimiento longitudinal del hueso pediátrico. La fijación se realiza mediante anclaje epifisario proximal y distal, pudiendo emplearse distintos tipos de amarre según el segmento tratado y las características anatómicas del paciente. Los mecanismos de fijación más utilizados incluyen el roscado epifisario y sistemas de interlocking, destinados a mejorar la estabilidad rotacional y disminuir el riesgo de migración del implante^(5, 20).

Si bien ambos mecanismos persiguen el mismo objetivo biomecánico, presentan diferencias técnicas en cuanto a su forma de anclaje epifisario y estabilidad inicial. No obstante, la literatura disponible describe de manera heterogénea estas variantes y, en la mayoría de las series clínicas, no especifica sistemáticamente el tipo de fijación utilizado, lo que limita la posibilidad de establecer comparaciones entre técnicas o analizar su eventual impacto sobre las complicaciones mecánicas y las cirugías de revisión^(5, 20).



Figura 1. Sistema telescópico Fassier-Duval. Se observan los componentes macho y hembra del implante, diseñados para permitir el crecimiento longitudinal del hueso mediante telescopado progresivo y fijación epifisaria proximal y distal. Adaptado de Fassier et al.⁽⁵⁾.

No obstante, en los últimos años surgieron nuevos sistemas telescópicos con modificaciones técnicas destinadas a optimizar la estabilidad, simplificar la instrumentación y reducir complicaciones mecánicas. Entre estos destacan el sistema Rodeo™ (Orthofix®) y el clavo D-Scope®, que incorporan innovaciones relacionadas con el anclaje epifisario, el mecanismo telescópico y el control rotacional^[4, 5]. Apesar de los avances tecnológicos y terapéuticos, persiste una considerable heterogeneidad en las indicaciones quirúrgicas, criterios de revisión y manejo de complicaciones relacionadas con los clavos telescópicos en pacientes pediátricos con OI^[3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]. En consecuencia, resulta relevante analizar críticamente la evidencia disponible respecto a las indicaciones clínicas, radiológicas y funcionales actuales para el uso de sistemas telescópicos en esta población.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS TELESCÓPICOS

Los primeros intentos de estabilización intramedular en osteogénesis imperfecta utilizaron implantes estáticos convencionales, incluyendo agujas de Kirschner, Rush rods y sistemas no telescópicos. Sin embargo, la incapacidad de estos implantes para acompañar el crecimiento longitudinal del hueso pediátrico generaba progresiva pérdida de protección metafisaria, deformidades recurrentes y necesidad frecuente de cirugías de revisión.

Posteriormente, el desarrollo de sistemas telescópicos representó un cambio paradigmático en el tratamiento de la OI pediátrica. El sistema Bailey-Dubow constituyó uno de los primeros dispositivos capaces de elongarse durante el crecimiento óseo, aunque requería artrotomías para su colocación y presentaba elevadas tasas de migración y complicaciones mecánicas.

Más adelante, el sistema Sheffield introdujo mejoras relacionadas con el mecanismo telescópico y el anclaje epifisario. Sin embargo, fue el desarrollo del clavo Fassier-Duval el que consolidó el concepto moderno de enclavado telescópico mínimamente invasivo. Sus principales ventajas incluyen la posibilidad de colocación sin artrotomías obligatorias, menor agresión sobre las superficies articulares, mejor control del alineamiento y reducción relativa de complicaciones relacionadas con migración del implante.

Actualmente, el FD continúa siendo el sistema telescópico de referencia a nivel internacional. No obstante, nuevos dispositivos comenzaron a emerger con el objetivo de mejorar determinados aspectos técnicos y biomecánicos.

El objetivo general de esta revisión es describir y sintetizar la evidencia disponible sobre las indicaciones clínicas, radiológicas y funcionales del clavo telescópico Fassier-Duval en pacientes pediátricos con osteogénesis imperfecta. Como objetivos específicos se plantean:

Describir las consideraciones técnicas y aspectos quirúrgicos

relevantes asociados al uso del clavo Fassier-Duval en el tratamiento de la osteogénesis imperfecta

-Analizar las complicaciones y limitaciones descritas en la bibliografía.

-Sentar las bases para futuros estudios clínicos en nuestro medio sobre la experiencia con este implante.

METODOLOGÍA: MATERIALES Y MÉTODOS

La selección de estudios y la extracción de datos fueron realizadas por dos revisores independientes, resolviendo las discrepancias mediante consenso.

Nuestra pregunta de investigación se formula de la siguiente manera: “¿Cuáles son las indicaciones clínicas, radiológicas y funcionales actualmente reconocidas para el uso del clavo telescópico Fassier-Duval en niños con osteogénesis imperfecta?”

De acuerdo con el esquema PICOT, la población está constituida por niños con osteogénesis imperfecta; la intervención corresponde al uso del clavo telescópico Fassier-Duval; el resultado (outcome) es la identificación de indicaciones clínicas, radiológicas y funcionales para su utilización; y el rango temporal comprende publicaciones científicas de los últimos 10 años. Dada la naturaleza de la pregunta, no se establece un grupo de comparación.

El diseño del estudio corresponde a una revisión sistemática de la literatura. Para la estrategia de búsqueda, se combinaron términos MeSH (Medical Subject Headings) y términos libres con el objetivo de maximizar la identificación de artículos relevantes en las bases de datos PubMed y Scopus, en relación con la pregunta de investigación.

En PubMed se utilizó la siguiente estrategia de búsqueda: (“Fassier-Duval”(Title/Abstract)) AND (“child”(MeSH Terms) OR “pediatrics”(MeSH Terms)) AND (“skeletal dysplasia”(MeSH Terms) OR “osteogenesis imperfecta”(MeSH Terms)).

En Scopus, la estrategia fue:

TITLE-ABS-KEY(“Fassier-Duval” OR “telescopic rod” OR “elongating rod”) AND TITLE-ABS-KEY(“skeletal dysplasia” OR “osteogenesis imperfecta” OR “achondroplasia”) AND TITLE-ABS-KEY(“pediatric” OR “child”) AND TITLE-ABS-KEY(“indication” OR “surgical indication” OR “treatment criteria” OR “patient selection”).

Asimismo, se utilizó el portal TIMBÓ con el fin de acceder a artículos no disponibles en modalidad de libre acceso en las plataformas previamente mencionadas.

El período de búsqueda bibliográfica se extendió desde mayo hasta julio de 2025.

Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios clínicos y series de casos que cumplieran con los siguientes criterios:

-Pacientes pediátricos (<18 años).

-Diagnóstico de osteogénesis imperfecta.

-Uso del clavo telescópico Fassier-Duval.

-Descripción explícita o implícita de las indicaciones de uso del implante.

-Idioma: inglés o español.

-Año de publicación: 2015 en adelante.

Criterios de exclusión

Se excluyeron:

-Estudios que evaluaron otros tipos de clavos sin incluir el Fassier-Duval.

-Cartas al editor, comentarios y editoriales sin datos originales.

-Reportes de un único caso sin discusión de indicaciones generales.

-Pacientes con deformidades angulares de extremidades secundarias a patologías distintas de la osteogénesis imperfecta.

La búsqueda bibliográfica identificó un total de 53 registros: 20 en PubMed, 13 en Scopus y 20 a través del portal TIMBÓ. De los artículos recuperados en PubMed y Scopus, 11 contaban con acceso a texto completo; tras la eliminación de un artículo duplicado, se evaluaron 10 estudios en texto completo. De estos, 6 cumplieron los criterios de inclusión y fueron incorporados a la revisión, mientras que 4 fueron excluidos por no aportar información relevante sobre las indicaciones del implante.

Adicionalmente, se evaluaron 20 artículos recuperados mediante TIMBÓ, de los cuales 11 fueron incluidos en la revisión final. Nueve estudios fueron excluidos tras la lectura completa: ocho por no responder a la pregunta de investigación y uno por no cumplir con el criterio temporal de inclusión (publicación previa a 2015).

En total, 17 estudios fueron incluidos en la revisión sistemática. Para la clasificación del nivel de evidencia de los estudios incluidos, se utilizó la escala propuesta por el Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (OCEBM), que ordena los estudios clínicos del nivel 1 (mayor evidencia, como metaanálisis o ensayos controlados aleatorizados) al nivel 5 (opinión de expertos o experiencia clínica sin evidencia explícita). Cada nivel puede asociarse a un grado de recomendación, de A (fuerte) a D (débil), en función del tipo y calidad del diseño metodológico.

RESULTADOS

Se incluyeron en total 17 estudios que evaluaron el uso del clavo telescópico Fassier-Duval en pacientes pediátricos con osteogénesis imperfecta^(3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21). La mayoría correspondieron a series de casos y estudios retrospectivos, con un nivel de evidencia predominante IV, aunque se identificaron algunos estudios comparativos retrospectivos con nivel III según la escala de Oxford^(6, 7, 11, 12, 19, 20).

La población analizada estuvo compuesta exclusivamente por

pacientes pediátricos, con edades promedio que oscilaron entre los 4 y 11 años, dependiendo del estudio^(3, 6, 10, 11, 13, 14, 15, 16). El número de pacientes por serie fue variable, desde pequeñas cohortes^(3, 12) hasta estudios multicéntricos con más de 50 pacientes^(10, 13, 20). La mayoría de los procedimientos se realizaron en huesos largos de los miembros inferiores, principalmente fémur y tibia^(6, 9, 10, 13, 14, 15, 19, 20), aunque algunos estudios incluyeron también el tratamiento del húmero^(12, 16, 17). En varios trabajos se reportaron múltiples cirugías por paciente, tanto en diferentes segmentos como en actos quirúrgicos sucesivos^(10, 13, 19, 20).

Además del resumen narrativo, se realizó una síntesis cuantitativa descriptiva (sin metaanálisis), considerando la heterogeneidad entre estudios. En conjunto, los 17 estudios incluidos reportaron 506 pacientes tratados con clavo telescópico Fassier-Duval^(3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21). Todos los trabajos describieron indicaciones clínicas^(3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21), mientras que las indicaciones radiológicas e indicaciones funcionales fueron reportadas con menor frecuencia^(10, 14, 15, 16, 17, 18). La mayoría de los estudios informó complicaciones mecánicas^(6, 8, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21) y una proporción relevante mencionó la necesidad de cirugía de revisión, con una frecuencia estimada variable entre series^(7, 9, 10, 11, 13, 18, 19, 20).

Los resultados cuantitativos se resumen en el **Anexo 3**.

INDICACIONES QUIRÚRGICAS

Las indicaciones para la utilización del clavo Fassier-Duval se agruparon en criterios clínicos, radiológicos y funcionales^(3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21).

La indicación más frecuente fue la deformidad progresiva de los huesos largos, especialmente cuando se asociaba a fracturas recurrentes o riesgo elevado de nuevas fracturas^(3, 4, 6, 10, 11, 13, 14, 15, 19, 20). En algunas series, particularmente en centros con una mayor frecuencia de presentación de fracturas en su población asistida, la fractura constituyó la principal indicación quirúrgica^(8, 9, 12).

Desde el punto de vista funcional, la cirugía se indicó ante el deterioro de la marcha, la limitación para las actividades de la vida diaria y la pérdida de independencia funcional, especialmente en pacientes ambulatorios o en proceso de adquirir la marcha^(14, 15, 16, 17).

CIRUGÍAS DE REVISIÓN Y COMPLICACIONES

Las indicaciones para cirugía de revisión estuvieron relacionadas principalmente con complicaciones mecánicas del implante^(5, 7, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20). En los estudios analizados, las complicaciones del clavo Fassier-Duval fueron predominantemente mecánicas, destacando la migración del componente macho y/o hembra^(5, 7, 11, 13, 19, 20), la fractura sobre el implante con doblado del clavo y la progresión de deformidades axiales y/o rotacionales^(11, 13, 19), así como la detención del telescopado, descrita como un

problema frecuente a mediano plazo^(5, 11, 14, 19).

En series específicas se describieron también fallas como la penetración articular o la perforación cortical, vinculadas al posicionamiento distal del implante^(5, 12).

Las indicaciones de cirugía de revisión más frecuentemente reportadas incluyeron la malrotación del clavo, la migración del componente macho o hembra y la fractura con doblado del implante^(7, 11, 13, 19, 20).

USO DE BIFOSFONATOS JUNTO AL FD

En varios trabajos el manejo de los pacientes se plantea como multidisciplinario, y el uso de bifosfonatos aparece como parte del tratamiento médico de base en la osteogénesis imperfecta, frecuentemente previo y/o concomitante a la cirugía^(4, 10, 14, 15, 18).

FUNCIONALIDAD A LARGO PLAZO

En relación con la funcionalidad postoperatoria, varios estudios reportaron resultados alentadores, particularmente en términos de mantención o mejora de la capacidad deambulatoria^(14, 15, 16, 17). En pacientes que lograron deambular tras la cirugía, la mayoría mantuvo dicha capacidad durante el seguimiento^(14, 15). No obstante, el enclavijado telescópico de múltiples segmentos no garantiza por sí solo la independencia funcional, lo que sugiere que los resultados funcionales dependen también de factores como la rehabilitación, la severidad de la enfermedad y el estado funcional preoperatorio^(14, 15, 16, 17).

DISCUSIÓN

El clavo telescópico Fassier-Duval se ha consolidado como una de las principales opciones quirúrgicas para el tratamiento de las deformidades y fracturas de los huesos largos en pacientes pediátricos con osteogénesis imperfecta^(10, 14, 15, 19, 20). Sin embargo, la evidencia disponible, predominantemente de nivel III y IV, pone de manifiesto tanto sus ventajas biomecánicas como sus limitaciones, especialmente en relación con las complicaciones mecánicas y la necesidad de cirugías de revisión^(5, 7, 11, 13, 19, 20).

INDICACIONES QUIRÚRGICAS Y HETEROGENEIDAD DE CRITERIOS

Uno de los hallazgos más relevantes de esta revisión es la heterogeneidad en las indicaciones quirúrgicas reportadas^(3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20). Si bien la deformidad progresiva aparece como la indicación más frecuente, en algunos estudios la fractura constituye el principal motivo de intervención^(8, 9, 12). Esta diferencia parece explicarse más por las características propias de cada centro asistencial, relacionadas con la frecuencia de presentación de fracturas en su población asistida, que por criterios clínicos estandarizados.

COMPLICACIONES DEL CLAVO FASSIER-DUVAL

Las complicaciones asociadas al clavo Fassier-Duval fueron predominantemente mecánicas en la mayoría de las series^(6, 8, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21). Se ha descrito que factores técnicos, como el posicionamiento inadecuado del anclaje epifisario, aumentan significativamente el riesgo de falla del implante⁽⁵⁾. Asimismo, la edad del paciente, el tipo de osteogénesis imperfecta —especialmente el tipo III— y la severidad de la deformidad preoperatoria parecen influir en la tasa de complicaciones^(11, 13, 18).

Un aspecto adicional identificado durante esta revisión fue la escasa descripción del tipo específico de fijación epifisaria empleado en los distintos estudios. Si bien existen variantes técnicas, como el anclaje mediante rosca epifisaria y los sistemas de interlocking, la mayoría de las publicaciones no discrimina de forma sistemática cuál de ellas fue utilizada ni analiza su posible influencia sobre la migración del implante, la falla del mecanismo telescópico o la necesidad de cirugía de revisión^(5, 20). Esta falta de estandarización dificulta la comparación entre series y representa un área de interés para futuras investigaciones.

CIRUGÍAS DE REVISIÓN

La necesidad de cirugías de revisión continúa siendo una limitación relevante del uso del clavo Fassier-Duval^(7, 11, 13, 19, 20). Al igual que ocurre con las indicaciones de cirugía primaria, tampoco existe un protocolo claro de indicaciones precisas para la cirugía de revisión. Fralinger et al. destacaron la ausencia de criterios estandarizados para indicar cirugía de revisión en pacientes con clavos doblados, señalando que en casos seleccionados puede adoptarse una conducta expectante con seguimiento clínico y radiográfico estrecho⁽¹³⁾.

USO DE BIFOSFONATOS EN CONJUNTO CON EL TRATAMIENTO QUIRÚRGICO

El análisis de los estudios incluidos muestra que el uso de bifosfonatos forma parte del manejo integral de muchos pacientes con osteogénesis imperfecta^(1, 2, 10, 14, 15, 18). Sin embargo, la mayoría de los trabajos no describe de manera sistemática el esquema farmacológico utilizado ni analiza su impacto específico sobre los resultados quirúrgicos.

A pesar de esta limitación, el tratamiento con bifosfonatos es frecuentemente mencionado como un componente relevante para mejorar la densidad ósea y reducir el riesgo de fracturas, lo que podría influir de forma indirecta en la evolución del implante y en la necesidad de cirugías de revisión^(4, 10, 14, 15). En este sentido, los bifosfonatos pueden considerarse un tratamiento coadyuvante del clavo Fassier-Duval, con potencial impacto positivo en la estabilidad ósea y en los resultados globales del procedimiento.

De manera específica, un estudio evaluó la hemorragia intraoperatoria como desenlace primario, identificando que

el tratamiento con bifosfonatos durante al menos un año previo a la cirugía se asoció a una reducción significativa del sangrado intraoperatorio en pacientes con osteogénesis imperfecta tipo III⁽¹⁸⁾. No obstante, la escasez de estudios comparativos limita la posibilidad de establecer conclusiones firmes respecto al efecto directo de los bifosfonatos sobre los resultados quirúrgicos.

RESULTADOS FUNCIONALES A LARGO PLAZO

En relación con la funcionalidad postoperatoria, varios estudios reportaron resultados alentadores, particularmente en términos de mantención o mejora de la capacidad deambulatoria^(14, 15, 16, 17). En pacientes que lograron deambular tras la cirugía, la mayoría mantuvo dicha capacidad durante el seguimiento clínico^(14, 15).

Sin embargo, el enclavijado telescópico de múltiples segmentos no garantiza por sí solo la independencia funcional, lo que sugiere que los resultados funcionales dependen no solo del implante, sino también de factores adicionales como la rehabilitación, la severidad de la enfermedad y el estado funcional preoperatorio^(14, 15, 16, 17).

LIMITACIONES METODOLÓGICAS

Esta revisión presenta algunas limitaciones metodológicas que deben ser consideradas. Si bien se realizó una búsqueda sistemática en múltiples bases de datos, no se registró un protocolo previo ni se aplicaron herramientas formales de evaluación del riesgo de sesgo como ROBINS-I o Newcastle-Ottawa. La selección y análisis de los estudios fue realizada por dos revisores de forma independiente; sin embargo, no se documentó de manera explícita el grado de concordancia entre evaluadores ni se utilizó una metodología estructurada para resolver discrepancias. Tampoco se llevó a cabo una evaluación cuantitativa de calidad metodológica mediante escalas validadas. Estas limitaciones podrían afectar la reproducibilidad del proceso y deben ser tenidas en cuenta al interpretar los resultados y conclusiones extraídas.

LIMITACIONES DE LA EVIDENCIA DISPONIBLE

En cuanto a los estudios incluidos en esta revisión, la mayoría presentan diseño retrospectivo y corresponden a series de casos o cohortes sin grupo control, lo que representa un riesgo moderado de sesgo metodológico. Además, varios trabajos son unicéntricos, con tamaño muestral limitado y heterogeneidad en la recolección de datos clínicos y radiográficos. Estas características limitan la generalización de los hallazgos y refuerzan la necesidad de interpretar los resultados con cautela.

La principal limitación identificada es la ausencia de estudios prospectivos y comparativos de alto nivel, así como la heterogeneidad en la definición de resultados, complicaciones

y indicaciones. Esta situación refuerza la necesidad de estudios prospectivos y multicéntricos que permitan desarrollar criterios clínicos más homogéneos y mejorar la toma de decisiones terapéuticas.

CONCLUSIONES

La evidencia disponible sugiere que la deformidad progresiva de los huesos largos, asociada o no a fracturas recurrentes y compromiso funcional, constituye la principal indicación para el uso del clavo telescópico Fassier-Duval en pacientes pediátricos con osteogénesis imperfecta. Sin embargo, existe una marcada heterogeneidad entre los estudios respecto a los criterios clínicos, radiológicos y funcionales utilizados para indicar la cirugía, lo que refleja la complejidad y variabilidad fenotípica propia de la enfermedad.

La ausencia de evidencia prospectiva de alto nivel y de criterios uniformes limita la posibilidad de establecer recomendaciones universalmente aplicables. En este contexto, el desarrollo de futuros consensos clínicos sustentados en estudios multicéntricos y metodológicamente robustos podría contribuir a optimizar la toma de decisiones y reducir la variabilidad en la práctica clínica.

La presente revisión sistemática sintetiza la evidencia actualmente disponible sobre las indicaciones del clavo Fassier-Duval y aporta un marco de referencia para futuras investigaciones orientadas a mejorar la selección de pacientes, la evaluación de resultados funcionales y el manejo quirúrgico de la osteogénesis imperfecta pediátrica.

TIPS AND TRICKS⁽⁵⁾

El enclavado telescópico con clavo Fassier-Duval (FD) representa una evolución técnica significativa respecto a los sistemas telescópicos iniciales, particularmente el clavo Dubow-Bailey. Entre sus principales ventajas se destacan la posibilidad de una implantación mínimamente invasiva, la ausencia de artrotomías obligatorias para la fijación epifisaria, una instrumentación más desarrollada y una mayor estabilidad del anclaje. En conjunto, estas características se traducen en menores tasas de migración del implante y en una reducción de la necesidad de cirugías de revisión a lo largo del crecimiento.

CONSIDERACIONES PREOPERATORIAS

La planificación preoperatoria constituye un paso fundamental. Debe definirse cuidadosamente el número de segmentos a tratar en un mismo acto quirúrgico, equilibrando la reducción del número de anestесias con el aumento del tiempo quirúrgico y del sangrado esperado. En general, se recomienda limitar el procedimiento a uno o dos segmentos por tiempo quirúrgico, aunque esta decisión debe individualizarse según las características del paciente y la experiencia del cirujano tratante.

El posicionamiento del paciente debe permitir un acceso

adecuado al segmento óseo y una correcta utilización de la radioscopia. La cirugía se realiza habitualmente bajo anestesia general, asociada a analgesia regional cuando es posible, teniendo en cuenta la fragilidad ósea y vascular característica de estos pacientes. El sangrado intraoperatorio puede ser significativo, por lo que se requiere una planificación anestésica cuidadosa y una hemostasia meticulosa, anticipando la eventual necesidad de transfusión.

SELECCIÓN DEL HUESO Y CONSIDERACIONES ANATÓMICAS

El clavo Fassier-Duval está indicado fundamentalmente en huesos largos como el fémur, la tibia y el húmero. En los dos huesos del antebrazo (radio y cúbito), el uso de clavos telescópicos no es recomendable debido al diámetro reducido del canal medular y a la geometría ósea, que impiden una implantación segura y un adecuado funcionamiento del mecanismo telescópico.

TIP: la selección correcta del diámetro del clavo es fundamental; un sobredimensionamiento aumenta el riesgo de fractura iatrogénica y dificulta el telescopado.

ROL DE LA OSTEOTOMÍA

La osteotomía cumple un rol central en la corrección de deformidades asociadas a la osteogénesis imperfecta. Debe realizarse preferentemente en el ápice de la deformidad, permitiendo la realineación del segmento y facilitando la correcta colocación del clavo. En deformidades severas o con obliteración del canal medular, la osteotomía abierta continúa siendo la opción más segura, mientras que en casos seleccionados pueden considerarse técnicas percutáneas.

Una corrección adecuada de la deformidad resulta clave para reducir las tensiones sobre el implante y minimizar el riesgo de doblado o fallo mecánico del clavo.

TIP: no dudar en asociar osteotomías de acortamiento cuando exista una tensión excesiva de partes blandas que comprometa la alineación o la estabilidad del implante.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS FINALES

Durante la implantación, es esencial asegurar un centrado adecuado del anclaje epifisario, ya que la fijación excéntrica se asocia a migración del implante y a deformidad secundaria. Asimismo, debe verificarse intraoperatoriamente el correcto deslizamiento del mecanismo telescópico antes de finalizar el procedimiento.

TIP: siempre comprobar, bajo radioscopia, la correcta posición epifisaria y el funcionamiento del telescopado antes del cierre quirúrgico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

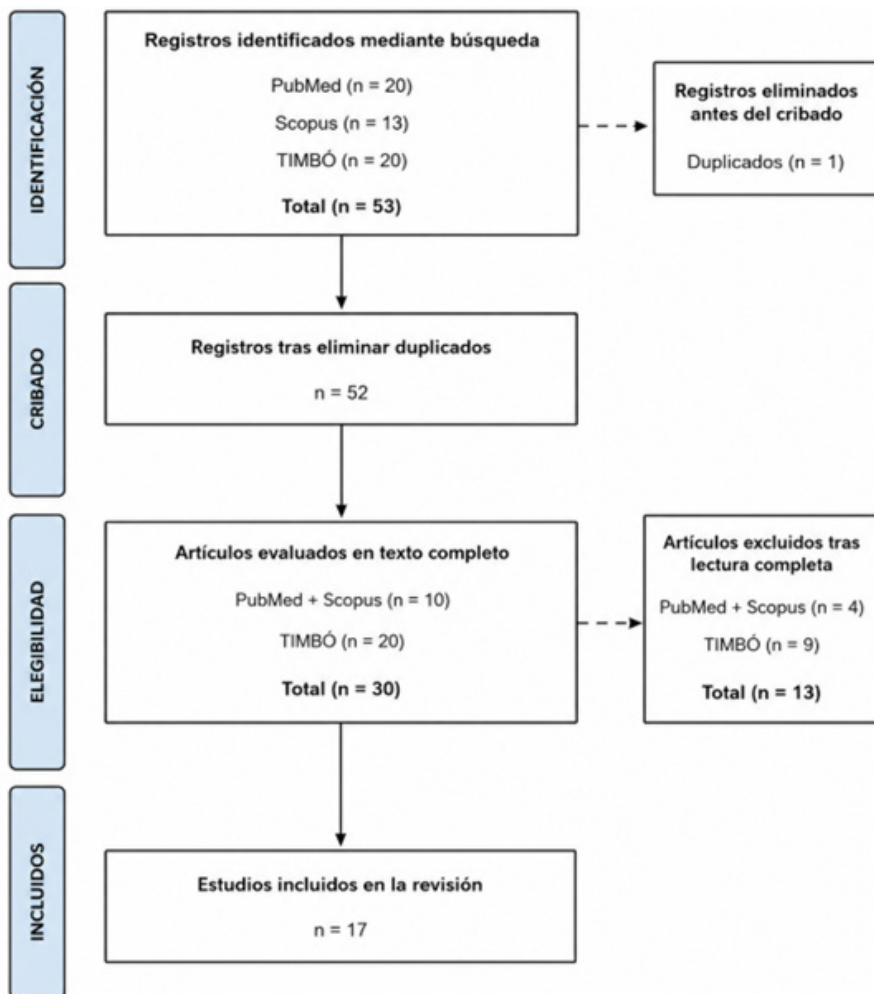
- Forlino A, Marini JC. Osteogenesis imperfecta. *Lancet*. 2016;387(10028):1657–1671.
- Van Dijk FS, Sillence DO. Osteogenesis imperfecta: clinical diagnosis, nomenclature and severity assessment. *Am J Med Genet A*. 2014;164A(6):1470–1481.
- Sterian A, Balanescu R, Barbilian A, Tevanov I, Carp M, Nahoi C, et al. Early telescopic rod osteosynthesis for osteogenesis imperfecta patients. *J Med Life*. 2015;8(4):544–547.
- Palomo T, Plotkin H, Glorieux FH, Rauch F. Osteogenesis imperfecta: current and future treatment options. *Clin Orthop Relat Res*. 2017;475(5):1260–1270.
- Fassier A. Telescopic rodding in children: technical progression from Dubow-Bailey to Fassier-Duval™. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021;107(1):102759. doi: 10.1016/j.otsr.2020.102759.
- Holmes K, Gralla J, Brazell C, Carry P, Tong S, Miller NH, Georgopoulos G. Fassier-Duval rod failure: is it related to positioning in the distal epiphysis?. *J Pediatr Orthop*. 2020;40(8):448–452. doi: 10.1097/BPO.0000000000001513.
- Emet A, Yilmaz ET, Danisman M, Aksoy C, Yilmaz G. Fixation techniques in lower extremity correction osteotomies and fractures in mild-to-severe osteogenesis imperfecta patients: evaluation of the results and complications. *J Orthop Surg Res*. 2023;18(1):437. doi: 10.1186/s13018-023-03917-z.
- Sterian AG, Ulici A. Revision rates for osteogenesis imperfecta patients treated with telescopic nails: a follow-up study after a 7-year experience. *J Med Life*. 2020;13(4):522–528. doi: 10.25122/jml-2020-0161.
- de Oliveira Goiano E, Akkari M, Costa PH, Makishi MR, Santili C. Treatment of osteogenesis imperfecta using the Fassier-Duval telescopic rod. *Acta Ortop Bras*. 2023;31(Spe3):e266775. doi: 10.1590/1413-785220233103e266775.
- De Jager LJ, Maré PH, Thompson DM, Marais LC. Short-term comparison of the use of static and expandable intramedullary rods in the lower limbs of children with osteogenesis imperfecta. *SA Orthop J*. 2021;20(1):27–32. doi: 10.17159/2309-8309/2021/v20n1a3.
- Azzam KA, Rush ET, Burke BR, Nabower AM, Esposito PW. Mid-term results of femoral and tibial osteotomies and Fassier-Duval nailing in children with osteogenesis imperfecta. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(6):331–336. doi: 10.1097/BPO.0000000000000824.
- Musielak BJ, Woźniak Ł, Sułko J, Oberc A, Jóźwiak M. Problems, complications, and factors predisposing to failure of Fassier-Duval rodding in children with osteogenesis imperfecta: a double-center study. *J Pediatr Orthop*. 2021;41(4):e336–e341. doi: 10.1097/BPO.0000000000001763.
- Marwan Y, Abu Dalu K, Hamdy RC, Janelle C, Fassier F. Retrograde application of humerus Fassier-Duval rod in osteogenesis imperfecta: a new surgical technique. *J Pediatr Orthop*. 2022;42(2):e224–e228. doi:10.1097/BPO.0000000000002023.
- Fralinger DJ, Kraft DB, Rogers KJ, Thacker MM, Kruse RW, Franzone JM. The fate of the bent rod in children with osteogenesis imperfecta. *J Pediatr Orthop*. 2023;43(6):e465–e470. doi: 10.1097/BPO.0000000000002409.
- Persiani P, Ranaldi FM, Martini L, Zambrano A, Celli M, D'Eufemia P, Villani C. Treatment of tibial deformities with the Fassier-Duval telescopic nail and minimally invasive percutaneous osteotomies in patients with osteogenesis imperfecta type III. *J Pediatr Orthop B*. 2019;28(2):179–185. doi: 10.1097/BPB.0000000000000536.
- Spahn KM, Mickel T, Carry PM, Brazell CJ, Whalen K, Georgopoulos G, Miller NH. Fassier-Duval rods are associated with superior probability of survival compared with static implants in a cohort of children with osteogenesis imperfecta deformities. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(5):e392–e396. Doi: 10.1097/BPO.0000000000001324.
- Grossman LS, Price AL, Rush ET, Goodwin JL, Wallace MJ, Esposito PW. Initial experience with percutaneous IM rodding of the humeri in children with osteogenesis imperfecta. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(9):484–489. doi: 10.1097/BPO.0000000000000856.
- Ashby E, Montpetit K, Hamdy RC, Fassier F. Functional outcome of humeral rodding in children with osteogenesis imperfecta. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(1):49–53. doi: 10.1097/BPO.0000000000000729.
- Persiani P, Pesce MV, Martini L, Ranaldi FM, D'Eufemia P, Zambrano A, Celli M, Villani C. Intraoperative bleeding in patients with osteogenesis imperfecta type III treated by Fassier-Duval femoral rodding: analysis

of risk factors. *J Pediatr Orthop B*. 2018;27(4):338–343. doi: 10.1097/BPB.0000000000000483.

20. Suresh KV, Vankara A, Lentz JM, Sponseller PD. Interlocking fixation in Fassier-Duval rods: performance and success factors. *J Pediatr Orthop*. 2021;41(8):525–529. doi: 10.1097/BPO.0000000000001883.

21. Cox I, Al Mouazzen L, Bleibleh S, Moldovan R, Bintcliffe F, Bache CE, Thomas S. Combined two-centre experience of single-entry telescopic rods identifies characteristic modes of failure. *Bone Joint J*. 2020;102-B(8):1048–1055. doi: 10.1302/0301-620X.102B8.BJJ-2020-0131.R1.

ANEXOS



Autor (año)	Tipo de estudio	Nivel de evidencia (Oxford)	Número de pacientes	Número de cirugías / clavos	Región anatómica	Edad promedio	Criterios de indicación (clínicos / radiológicos / funcionales)	Complicaciones del clavo Fassier-Duval
Sterian et al., 2015	Serie de casos retrospectiva	Nivel IV	12	Múltiples cirugías	Fémur y tibia	≈ 6 años	Fracturas recurrentes y deformidad progresiva con deterioro funcional	Migración del implante
Azzam et al., 2018	Serie de casos retrospectiva	Nivel IV	58	179 clavos	Fémur y tibia	≈ 4 años	Deformidad progresiva asociada a fracturas recurrentes	Migración, fractura periimplante
Holmes et al., 2020	Cohorte retrospectiva	Nivel III	13	66 clavos	Fémur y tibia	≈ 4,9 años	Corrección de deformidad y prevención de fracturas	Falla de telescopado, mala fijación epifisaria
Sterian y Ulici, 2020	Serie de casos retrospectiva	Nivel IV	32	Múltiples clavos	Fémur y tibia	≈ 8 años	Fracturas recurrentes y deformidad progresiva	Migración proximal y distal
De Jager et al., 2021	Cohorte retrospectiva comparativa	Nivel IV	17	64 procedimientos	Fémur y tibia	≈ 6,9 años	Deformidad progresiva y fracturas	Outgrowth del implante
Musielak et al., 2021	Serie de casos retrospectiva multicéntrica	Nivel IV	19	58 segmentos	Fémur y tibia	≈ 7,7 años	Prevención de fracturas y corrección de deformidad	Migración del implante
Marwan et al., 2022	Serie de casos	Nivel IV	6	8 húmeros	Húmero	≈ 7,6 años	Deformidad humeral con limitación funcional	Falla del mecanismo telescópico
Emet et al., 2023	Estudio retrospectivo comparativo	Nivel III	40	61 extremidades	Fémur y tibia	≈ 9,3 años	Deformidad progresiva, fracturas y dolor	Migración, no unión
Fralinger et al., 2023	Cohorte retrospectiva	Nivel III	43	168 clavos	Múltiples huesos largos	≈ 6,8 años	Deformidad progresiva y fracturas con compromiso funcional	Doblado del clavo, migración
Goiano et al., 2023	Estudio retrospectivo comparativo	Nivel III	15	21 clavos	Fémur y tibia	≈ 10,5 años	Fracturas como indicación principal	Fractura periimplante
Cox et al., 2020	Cohorte retrospectiva multicéntrica	Nivel III	40	Múltiples clavos telescópicos	Fémur y tibia	≈ 6-7 años	Deformidad progresiva y fracturas recurrentes	Migración, falla de anclaje, doblado
Suresh et al., 2021	Serie de casos retrospectiva	Nivel IV	25	Múltiples clavos Fassier-Duval	Fémur y tibia	≈ 9 años	Deformidad progresiva y fracturas recurrentes	Migración, falla del anclaje
Persiani et al., 2018	Estudio retrospectivo analítico	Nivel III	22	22 enclavados femorales	Fémur	≈ 8 años	Deformidad femoral y fracturas recurrentes (OI tipo III)	Hemorragia intraoperatoria
Ashby et al., 2018	Serie de casos retrospectiva	Nivel IV	15	Húmeros enclavados	Húmero	≈ 8 años	Fracturas humerales recurrentes y deterioro funcional	Migración, falla telescópica
Grossman et al., 2018	Serie de casos retrospectiva	Nivel IV	18	27 húmeros tratados	Húmero	≈ 6-7 años	Fracturas humerales recurrentes y deformidad	Migración, falla telescópica
Spahn et al., 2019	Cohorte retrospectiva comparativa	Nivel III	33	Clavos telescópicos y estáticos	Fémur y tibia	≈ 7 años	Deformidades progresivas de MMII	Migración, falla mecánica
Persiani et al., 2019	Serie de casos retrospectiva	Nivel IV	12	Enclavados tibiales + osteotomías	Tibia	≈ 7-8 años	Deformidad tibial progresiva (OI tipo III)	Migración, recurrencia deformidad

Indicador	Resultado	Estudios (ref.)
Total de pacientes tratados con clavo FD	506	(3-20)
Estudios con indicaciones clínicas	17/17 (100%)	(3-20)
Estudios con indicaciones radiológicas	15/17 (~88%)	(6-18,20)
Estudios con indicaciones funcionales	11/17 (~65%)	(10,14-18)
Estudios que reportan complicaciones mecánicas	16/17 (~94%)	(5,7,11-14,18-20)
Estudios que mencionan cirugía de revisión	13/17 (~76%)	(5,7,9-11,13,18-20)
Frecuencia estimada de cirugía de revisión	30-50%	(7,11,13,20)

Nota de contribución autoral:

Guillermo Pardo: diseño, análisis y redacción.

Cecilia Méndez: supervisión y revisión crítica.

Viviana Teske: supervisión y revisión crítica.

Nota del editor: El editor responsable por la publicación de este trabajo es Ma. Elena Pérez.

Conflictos de interés: Los autores declaran no presentar conflictos de interés.

Financiamiento: El presente estudio no contó con financiamiento externo.

Disponibilidad de datos: Los datos analizados durante este estudio están incluidos en este artículo y sus materiales suplementarios. No se generaron bases de datos originales ni se depositaron datos en repositorios externos.