



REVISTA MÉDICA CLÍNICA LAS CONDES

<https://www.journals.elsevier.com/revista-medica-clinica-las-condes>

Crecimiento guiado en extremidades inferiores

Guided growth in lower extremities

Matías Felipe Sepúlveda^{a,b} ✉ Paulina Ferrada^{a,b}.

^a Facultad de Medicina. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Los Ríos, Chile.

^b Especialista en Ortopedia y Traumatología. Hospital Base Valdivia. Valdivia, Los Ríos, Chile.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del Artículo:

Recibido: 08 06 2020.

Aceptado: 19 01 2021.

Palabras clave:

Cartilago de Crecimiento; Genu Valgo; Genu Varo; Extremidades Inferiores.

Key words:

Growth Plate; Genu Valgum; Genu Varum; Lower Extremities.

RESUMEN

El crecimiento guiado es una opción quirúrgica de uso creciente para la corrección de las deformidades angulares de extremidades inferiores en pacientes esqueléticamente inmaduros. Es posible de realizar en múltiples planos o segmentos, con excelentes resultados. Su uso más frecuente es en deformidades del plano coronal alrededor de la rodilla. La epifisiodesis permanente se puede realizar en pacientes dentro de los dos años previos al término del crecimiento longitudinal del segmento a tratar, considerando la epifisiodesis temporal para los pacientes con más de 2 años de crecimiento restante.

En casos leves a moderados las tasas de éxito llegan incluso al 100% en algunas series, en tanto, pacientes con enfermedad de Blount, obesidad, edad esquelética avanzada o deformidades severas, tienen menos posibilidades de lograr una corrección completa.

Independientemente de la técnica quirúrgica, es necesario una adecuada planificación preoperatoria, educación familiar y un seguimiento estricto para así minimizar las complicaciones y permitir una excelente corrección de la deformidad con una morbilidad mínima.

SUMMARY

Guided Growth is a surgical option of increasing use for the correction of angular deformities of the lower extremities in skeletally immature patients. It is possible to perform in multiple planes or segments, with excellent results. Its most frequent use is in deformities of the coronal plane around the knee. Permanent epiphysiodesis can be performed in patients within 2 years before the end of longitudinal growth of the segment to be treated, considering temporary epiphysiodesis for patients with more than 2 years of remaining growth.

In mild to moderate cases, the success rates reach even 100% in some series, while patients with Blount's disease, obesity, advanced skeletal age or severe deformities are less likely to achieve a complete correction.

Regardless of the surgical technique, adequate preoperative planning, family education and strict follow-up are necessary to minimize complications and allow excellent correction of the deformity with minimal morbidity.

✉ Autor para correspondencia

Correo electrónico: contacto@matiassepulveda.com

<https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2021.01.008>

e-ISSN: 2531-0186/ ISSN: 0716-8640/© 2019 Revista Médica Clínica Las Condes.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



INTRODUCCIÓN

Numerosas patologías alteran el crecimiento en los huesos largos de las extremidades inferiores, generando problemas estéticos y funcionales¹. Estos problemas pueden modificar la biomecánica de la marcha, siendo la deformidad angular de las extremidades inferiores en el plano coronal una de las principales causas de artrosis de rodilla, por sobrecarga².

Entre las causas de alteraciones de ejes en las extremidades inferiores se incluyen secuelas de trauma, infección, patología tumoral, displasias esqueléticas o enfermedades metabólicas³. El manejo médico adecuado de alguna de estas afecciones puede ayudar a lograr un buen resultado y es parte fundamental del tratamiento. Sin embargo, no siempre evita la necesidad de una corrección quirúrgica.

Uno de los métodos desarrollados para la corrección de estas alteraciones es el "crecimiento guiado". Este busca modificar el desarrollo longitudinal de la fisis en los huesos largos a través de un bloqueo o disminución de la velocidad de crecimiento de ésta, con el fin de corregir progresivamente deformidades de los ejes anatómicos o diferencias de longitud en las extremidades, en pacientes con cartilago de crecimiento con función activa. Existen en la actualidad múltiples técnicas quirúrgicas para llevarlo a cabo, cada una con ventajas y desventajas, sin existir una técnica ideal.

FISIOLOGÍA FISIARIA

La fisis o cartilago de crecimiento es una zona de tejido cartilaginoso especializado que se encuentra en los extremos de los huesos largos, entre la epífisis y la metáfisis. Consta de tres capas celulares con diferentes propiedades⁴: a) zona de reserva o germinal, continua a la epífisis, consistente de células en reposo; b) zona de proliferación o columnar, donde se inicia la división celular, proliferación de condrocitos y síntesis de matriz; c) zona hipertrófica, que asegura el crecimiento longitudinal hacia la metáfisis mediante maduración e hipertrofia de condrocitos (aumentando hasta 5 veces su tamaño). A continuación, se encuentra la zona de calcificación provisoria, en la que se produce una invasión vascular, mineralización de la matriz y reemplazo del tejido cartilaginoso por osteoblastos. Además, existe la zona de Ranvier, rodeando la fisis, que confiere el crecimiento transversal del segmento. Toda esta estructura presenta un sostén perifisiario compuesto por pericondrio, el anillo de Lacroix a nivel fisiario y periostio a nivel metafisiario⁴.

El crecimiento longitudinal de los huesos largos es producto de la actividad de todas las zonas de la fisis, especialmente de la zona hipertrófica. El porcentaje de longitud total de cada segmento óseo aportado por la fisis es variable. Aproximadamente un 30% de la longitud del fémur está dada por la fisis

proximal de éste, mientras que un 70% será por la actividad de la fisis distal. A nivel de la tibia, un 60% estará dado por la actividad de la fisis proximal, mientras que un 40% por la fisis distal⁴.

Este potencial de crecimiento es el resultado de la capacidad de expresión fenotípica que se pueda lograr mediante la activación de un eje endocrino a nivel local y sistémico.

El eje local consiste en una compleja interacción, parcialmente conocida, que involucra la ruta de señalización de *Indian Hedgehog* (IHH: *Indian Hedgehog Homologue Protein*) como el principal regulador de la actividad de crecimiento⁵. Los condrocitos serían activados por el péptido relacionado a la hormona paratiroidea (PTHrP), producido a nivel perifisiario y pericondral en los extremos de los huesos largos, produciendo su proliferación. Mientras se mantiene esta proliferación, las señales IHH se mantienen inhibidas. Una vez que estos condrocitos pre-hipertróficos se alejan de la zona de proliferación, comienza la producción de IHH, señalizando la hipertrofia celular y, posteriormente, de la activación de osteoblastos y osificación. Por señales aún no definidas, IHH estimularía la producción de PTHrP en los extremos óseos, regulándose de esta forma el eje local. Otras rutas de señalización reguladoras son la de los factores de crecimiento de fibroblastos (FGF) y la de la proteína morfogénica ósea (BMP). La primera disminuye la proliferación de condrocitos e inhibe la producción de IHH, limitando la altura columnar. La segunda aumenta la altura columnar mediante el estímulo de expresión de IHH y, por lo tanto, de proliferación de condrocitos. Estas dos vías se consideran por lo tanto antagonistas.

El eje sistémico está constituido por la actividad reguladora de las hormonas tiroideas, las que estimulan la hormona del crecimiento, encargada de la activación celular a nivel de la zona germinal, y de IGF-1 (*Insulin Growth Factor like-1*), encargado de estimular la proliferación celular.

Posterior a este crecimiento longitudinal, el tejido óseo cambia su estructura interna y externa en respuesta a las fuerzas mecánicas que actúan sobre él, lo que se conoce como la "Ley de Wolff". Para el hueso inmaduro, el crecimiento óseo longitudinal es inhibido por cargas compresivas sostenidas y acelerado por las cargas fisiológicas o la tracción. Esto se conoce como Ley de Delpech-Hueter-Volkmann⁶.

En base a este potencial de crecimiento se han desarrollado diferentes métodos de crecimiento guiado. Sin embargo, los cambios histológicos evidenciados en forma experimental tras su aplicación son dispares, incluyendo desorganización completa de la fisis y formación de puentes óseos, lo que nos demuestra el complejo proceso biológico y de señalización aún por estudiar⁷.

TÉCNICAS QUIRÚRGICAS

La opción de inhibir el crecimiento a nivel fisiario de huesos largos fue introducida en 1933 por Phemister⁸, quien reseco un bloque óseo que incluía metáfisis, fisis y epifisis, para luego rotarlo y reinsertarlo, generando una barra de tejido óseo, lo que producía un bloqueo del crecimiento a nivel de la fisis. Los inconvenientes eran el tiempo de recuperación postoperatoria prolongado y el carácter de inhibición permanente que produce. La técnica fue modificada en 1984 por Bowen⁹, mediante la realización de un curetaje percutáneo perifisiario, lo que disminuyó la invasión quirúrgica, pero persiste siendo un proceso definitivo, por lo que es utilizado de preferencia en los últimos meses de crecimiento del segmento que se busca intervenir.

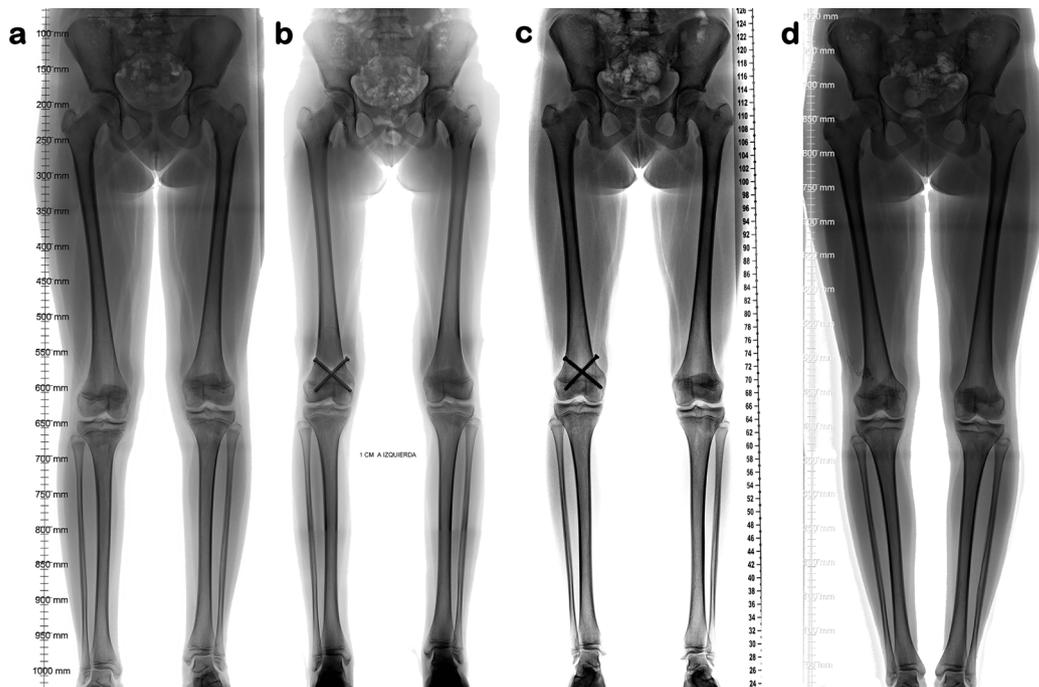
En 1949, Blount¹⁰ propuso la fisiodesis reversible mediante el engrapado perifisiario, lo que es aplicable tanto para la corrección angular, como para la inhibición del crecimiento longitudinal. Entre sus problemas se describen la necesidad de un abordaje amplio de la zona operatoria y la falla del material de fijación, con extrusión o rotura de grapas. También se reporta un “rebote” del crecimiento restringido, el que se presenta en niños con mayor crecimiento remanente, por lo que se recomienda una sobre-corrección breve cuando se utiliza en dichos casos. Finalmente, se ha definido el riesgo de lograr una fisiodesis definitiva tras un período de fijación fisiaria mayor a dos años como un riesgo de esta técnica¹¹.

En 1998, Métaizeau¹² describe el uso de tornillos transfiisarios como método de fijación de un segmento de la fisis, bloqueando su desarrollo longitudinal, lo que mejoró aún más los tiempos de rehabilitación postoperatoria al ser una técnica quirúrgica menos invasiva y sin compromiso de la cápsula articular. El uso de tornillos canulados, disminuyendo el riesgo de perforaciones transfiisarias inadecuadas, ha sido fundamental en su difusión (Figura 1). Sin embargo, el material de osteosíntesis cruza a través del cartílago de crecimiento y produce una compresión directa de éste, lo que puede generar una fisiodesis irreversible, por lo que sigue siendo de elección en un rango preciso de edad, cercano al término del crecimiento fisiario.

El término “crecimiento guiado” fue descrito por primera vez por Stevens¹, al utilizar una placa con dos tornillos alrededor de la fisis (Figura 2), buscando superar los problemas de las grapas. Basándose en el principio de banda de tensión, gradualmente se transforma la fuerza distractora del crecimiento fisiario en compresión a dicho nivel, alterando la fisiología fisiaria y el crecimiento. De esta forma, a través de un método menos invasivo y sin compromiso directo de la fisis, se lograba una corrección gradual, con un efecto reversible.

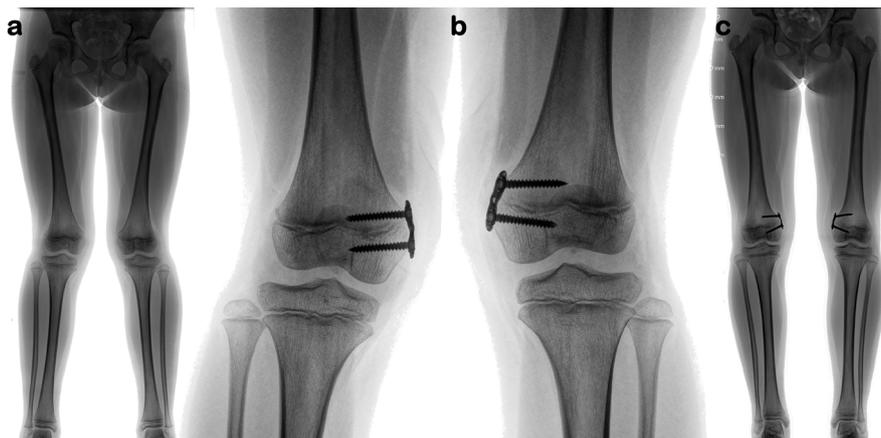
Mediante el uso de placa y tornillos como una banda de tensión aplicado en una hemiepifisiodesis, el punto de fulcro se ubica fuera de la fisis, en comparación con el engrapado, donde el punto

Figura 1. Estudio radiológico de niña de 12 años de edad con diferencia de longitud de extremidades inferiores



(a) Muestra diferencia de 2 centímetros. Se realiza fisiodesis con tornillos transfiisarios percutáneos (b). Control a los 9 meses demuestra corrección de la diferencia de longitud (c). Dado potencial de crecimiento remanente se procede a retiro de tornillos. Control radiológico un año tras retiro de tornillos confirma crecimiento simétrico, sin diferencia de longitud (d).

Figura 2. Estudio radiológico de niña de 8 años de edad con genu valgo idiopático



Estudio radiológico de niña de 8 años de edad con genu valgo idiopático (a). Se realiza hemifisiodesis en fémur distal con placa en banda de tensión (b). Eje corregido a los 15 meses postoperado (c).

de apoyo está ubicado en la barra transversal de la grapa¹⁶. Esto logra una corrección angular más rápida, evitando una fijación prolongada y los riesgos de fisiodesis definitiva. Estas ventajas han llevado a que esta técnica se ha transformado en una opción de tratamiento médico de uso frecuente en la práctica clínica. Sus desventajas incluyen los costos asociados a los implantes médicos y la necesidad de una segunda cirugía para el retiro de estos.

En el año 2019, Martínez¹³ describe el uso de una técnica quirúrgica de banda de tensión con sutura extra-perióstica para la corrección de genu valgo patológico, con resultados comparables al uso de placa con tornillos. Esto sería una técnica de menor costo, basado en los mismos principios de la banda de tensión con placa y tornillos.

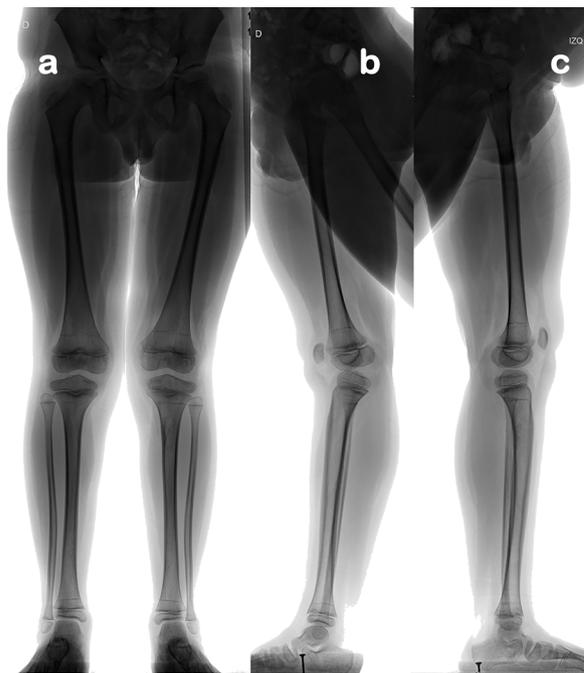
EVALUACIÓN

Las deformidades angulares adquiridas en las extremidades inferiores pueden presentarse en el plano coronal, sagital o axial, o una combinación de estos. Aquellas deformidades severas que causen dolor, problemas estéticos o funcionales requerirán habitualmente de manejo quirúrgico¹⁴.

Para el análisis clínico de las alteraciones del plano coronal se puede medir la distancia intercondilar (en casos de genu varo) o intermaleolar (en casos de genu valgo), siendo los valores normales de 0-5 cm y de 0-7 cm, respectivamente. En aquellos pacientes que superen estas mediciones, relacionándolo con la edad, se debe buscar una causa patológica: deformidad progresiva, unilateral, asimétrica, antecedentes familiares de displasia esquelética, baja estatura, antecedente de trauma o infección ósea. Estas situaciones requieren de una evaluación completa para determinar la necesidad de tratamiento médico¹⁵.

El diagnóstico clínico se debe complementar con un estudio imagenológico estandarizado (Figura 3). De esta forma se puede realizar un análisis adecuado de los ejes de las extremidades inferiores en ambos planos, los mecanismos de compensación presentes¹⁶ y establecer el eje mecánico frontal y sagital de las extremidades inferiores.

Figura 3. Estudio radiológico estandarizado para evaluación de ejes de extremidades inferiores



Telerradiografía anteroposterior en carga, con pelvis nivelada y rótulas al frente (a), telerradiografías laterales en carga monopodal derecha (b) e izquierda (c), con extensión máxima.

Una vez diagnosticada una deformidad de carácter patológico, se debe establecer su ápice. Para el plano coronal, el cálculo de la desviación del eje mecánico nos entrega una idea del tipo y magnitud de la deformidad; mientras que la medición de los ángulos articulares óseos nos permite establecer el segmento óseo afectado¹⁷. Para el plano sagital, se debe agregar el análisis de la línea cortical anterior en fémur y tibia, con el fin de diagnosticar deformidades establecidas en flexión o extensión extra-óseo^{18,19}.

En aquellos pacientes que presentan cierre o ausencia del cartílago de crecimiento, ya se ha completado el proceso de crecimiento longitudinal del segmento óseo, por lo que el crecimiento guiado no será una opción terapéutica válida. Esto también se aplica en deformidades secundarias a una función fisiaria alterada, como una barra fisiaria, donde el crecimiento fisiario bloqueado es la causa de deformidad y no podrá corregirse a través de crecimiento guiado. En estos casos se debe considerar otras opciones terapéuticas, siendo habitual la corrección mediante osteotomía del segmento, con mayor morbilidad e invasión quirúrgica.

CRECIMIENTO GUIADO EN DIFERENCIA DE LONGITUD DE EXTREMIDADES INFERIORES

La presencia de una diferencia de longitud entre las extremidades inferiores puede ser de etiología variada, desde congénita a adquirida, y puede ser estática o progresiva.

Las opciones de tratamiento para el manejo de la anisomelia incluyen: alargamiento óseo por callo distracción del segmento corto, acortamiento agudo del segmento largo, inhibición del crecimiento de dicho segmento más largo. Estos métodos pueden usarse combinados cuando la diferencia de longitud estimada al término de crecimiento sea significativa²⁰. En general, cuando la diferencia de longitud calculada al término del crecimiento sea mayor a 4 cm, se recomienda un alargamiento óseo, cuando la diferencia sea entre 1,5-4 cm se sugiere una fisiodesis, y cuando es menor a 1,5 cm puede no requerir mayor tratamiento. Para esta decisión deben tenerse en cuenta múltiples factores, incluyendo la estatura final del paciente, la etiología, los recursos disponibles y las expectativas del paciente y sus padres.

La técnica de fisiodesis escogida dependerá de las características del paciente y el crecimiento remanente. La predicción de longitud final de la extremidad se basa en la edad esquelética. Los métodos que la evalúan pueden estimar el momento óptimo de la intervención quirúrgica. El atlas de Greulich y Pyle y los cuadros de Green-Anderson han sido sustituidos por herramientas como el gráfico de línea recta de Moseley y, más recientemente, el gráfico Diméglio y el método del multipli-

cador de Paley²⁰. Macarov²¹ determinó que el método del Multiplicador es el menos preciso en predicción, y que la modificación de Rotterdam del gráfico de línea recta, los métodos Anderson-Green y White-Menelaus produjeron predicciones clínicamente relevantes y comparables del efecto de fisiodesis y de la longitud de ambas extremidades.

Los procedimientos de fisiodesis irreversibles son ideales para aquellos pacientes cercanos al cierre fisiario, donde la diferencia de longitud tendrá poca variación y el cálculo de diferencia al término de crecimiento es más exacto. Dentro de las técnicas más usadas se encuentran el curetaje periférico fisiario⁹ o el fresado percutáneo fisiario²². Ambas técnicas tienen excelentes resultados estéticos, pero requieren un tiempo de protección de la zona traumatizada. La utilización de tornillos transfisiarios percutáneos¹² es otra opción, descrita como reversible, pero que por invadir la fisis se prefiere para su uso cercano al término del crecimiento.

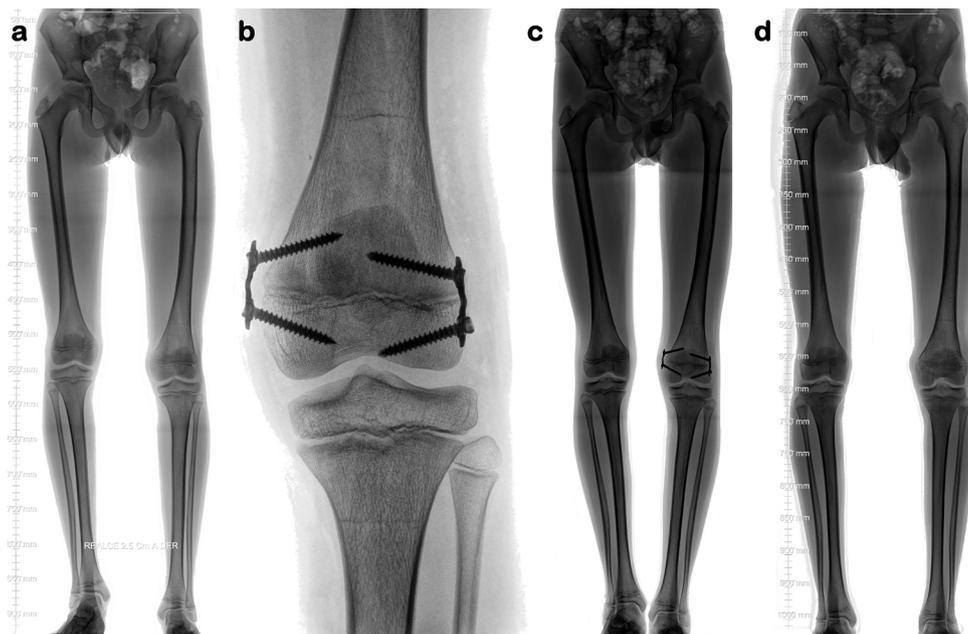
El uso de placas en placas de banda de tensión tiene la ventaja de ser predeciblemente reversible en tanto quede crecimiento remanente (Figura 4), a diferencia de los procedimientos irreversibles que pueden producir corrección excesiva de realizarse precozmente, o insuficiente de usarse en forma tardía²⁰. Estudios comparativos entre los procedimientos percutáneos con las placas tipo banda de tensión han demostrado que ambos métodos son efectivos para la corrección de diferencias de longitud de extremidades. Sin embargo, la fisiodesis percutánea presentaría un mayor poder corrector, con menos complicaciones y menos necesidad de procedimientos quirúrgicos adicionales^{23, 24}. Por esto se recomienda considerar un tiempo de latencia de un año al escoger una placa en banda de tensión para la corrección de diferencias de longitud²⁵.

CRECIMIENTO GUIADO EN DEFORMIDADES DE LA CADERA

Se encuentran numerosos reportes del uso de crecimiento guiado para corregir deformidades en el plano coronal de la cadera con éxito.

En el caso de una coxa valga, se puede realizar una fisiodesis parcial mediante la inserción de un tornillo canulado con entrada bajo el trocánter mayor en dirección al cuadrante inferomedial de la epífisis de la cabeza femoral. Esto ha demostrado ser eficaz para controlar la subluxación progresiva de cadera en niños con parálisis cerebral, disminuyendo la necesidad de una cirugía reconstructiva mayor²⁶. En aquellos con subluxación severa y una deficiencia acetabular, un crecimiento guiado combinado con un procedimiento acetabular podría mejorar los resultados²⁷.

Figura 4. Estudio radiológico de niño de 13 años de edad



Estudio radiológico de niño de 13 años de edad, con diferencia de longitud de extremidades inferiores (a) que muestra una diferencia de 2,5 centímetros. Se realiza fisiodésis con placas en banda de tensión (b). Control radiológico a los 6 meses muestra diferencia de longitud de 1 centímetro (c). A los 23 meses se logra corrección completa, y se procede a retiro de placas y tornillos (d).

En el caso de enfrentar a una coxa vara de un paciente de temprana edad, se ha descrito el uso de placas en banda de tensión en el fémur proximal lateral, mediante la instalación de una placa con un tornillo en la epífisis del trocánter mayor y un tornillo bajo su fisis²⁸.

CRECIMIENTO GUIADO EN DEFORMIDADES DE LA RODILLA EN PLANO CORONAL

La deformidad angular de las extremidades inferiores en plano coronal es una de las principales causas de osteoartritis (OA) de rodilla². Una desviación del eje mecánico en varo aumenta la carga en el compartimento medial, mientras que una deformidad en valgo desplaza la carga hacia el compartimento lateral de la rodilla, relacionándose esa sobrecarga con el riesgo a desarrollar OA²⁹. Las causas más frecuentes de deformidad del plano coronal son idiopáticas, enfermedad de Blount y una variedad de displasias esqueléticas²⁸.

La corrección de estas alteraciones se puede lograr mediante hemifisiodésis, la que puede ser temporal o definitiva (Figura 5). La corrección se consigue bloqueando o reduciendo el crecimiento fisiario en uno de los lados del anillo cartilaginoso. La corrección insuficiente o excesiva es un problema común. Por esta razón, la planificación preoperatoria cuidadosa y el seguimiento adecuado son imprescindibles para lograr una corrección de la deformidad en forma precisa y con una morbilidad mínima.

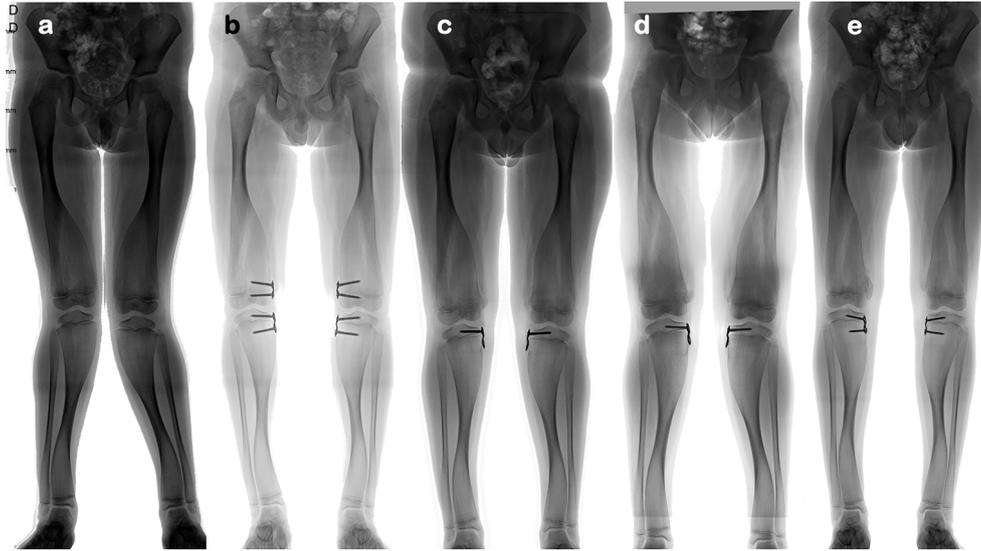
Ballal³⁰ describió una tasa de corrección promedio de 0,7° y 0,5° por mes en fémur y tibia respectivamente, utilizando un sistema de banda de tensión con placa y tornillos. Cuando se realizó crecimiento guiado en ambos huesos al mismo tiempo, la tasa de corrección fue de 1,5° por mes. La corrección fue más rápida en niños menores de 10 años. Aslani³¹ reportó el uso de placas de reconstrucción de 3,5 mm con tornillos corticales, logrando una corrección completa en el 86% de los casos, disminuyendo los costos. Martínez¹³ describió el uso de un sistema de banda de tensión con dos tornillos y un asa de sutura en reemplazo de la placa metálica, logrando la corrección efectiva de genu valgo patológico, sin diferencias con el grupo de comparación que uso placa y tornillos, con un costo asociado menor.

Los pacientes con un índice de masa corporal alto, deformidad severa y menos de nueve años tienen mayores probabilidades de falla de implante. Los resultados más predecibles ocurren en pacientes de etiología idiopática. En tanto que los pacientes con enfermedad de Blount tienen tasa de rotura de tornillos mayor²⁸.

CRECIMIENTO GUIADO EN DEFORMIDADES ALREDEDOR DE LA RODILLA EN PLANO SAGITAL

La deformidad fija en flexión de rodilla es una alteración frecuente en niños con enfermedades neuromusculares, artrogriposis y parálisis cerebral³². Los pacientes desarrollan contracturas musculares y deformidades óseas, con la consecuente

Figura 5. Estudio radiológico de niño de 6 años con genu valgo patológico secundario a displasia esquelética Enfermedad de Pyle



(a). Es intervenido mediante técnica de crecimiento guiado con placa en banda de tensión. Se logra corrección de eje a los 8 meses post-operado (b). Por tratarse de displasia esquelética con alto riesgo de recidiva se decide sobre-corrección y retiro parcial de osteosíntesis a los 12 meses de tratamiento (c). 9 meses tras retiro parcial se observa recidiva de deformidad en valgo (d), por lo que se lleva a cabo nuevo procedimiento de crecimiento guiado, logrando corrección tras 12 meses (e).

disminución de resistencia y gonalgia, alterando significativamente la cinemática de marcha, disminuyendo la eficiencia en la deambulación³³.

Los procedimientos quirúrgicos habituales incluyen osteotomías de extensión femoral distal, una artrodiastasis con fijador externo y liberación de tejidos blandos. Estos procedimientos presentan una alta tasa de complicaciones. En 2001, Kramer y Stevens³⁴ describieron la hemifisiodesis femoral distal anterior temporal mediante el uso de grapas o placas en banda de tensión, siendo una opción menos invasiva, con menor riesgo de complicaciones, y sin necesidad de inmovilización postoperatoria. Stiel³⁵ reporta una mejoría de la deformidad en flexión fija de la rodilla desde 21° a 8°, con una tasa de corrección de 0,44° por mes, con un seguimiento promedio de 15 años. Se recomienda una ligera sobre-corrección (aproximadamente 5°) en pacientes con un potencial de crecimiento sustancial en el momento de la extracción del implante para evitar la recidiva²⁸.

Las desventajas de usar hemifisiodesis con placa son la necesidad de una artrotomía parapatelar medial y lateral para su inserción, y su prominencia bajo la piel, lo que limita la tolerancia. Siempre es necesario considerar el crecimiento remanente para evitar corrección insuficiente³⁶.

CRECIMIENTO GUIADO EN DEFORMIDADES DEL TOBILLO

Una alteración de eje con un tobillo en valgo se encuentra en asociación con a trastornos neuromusculares, displasias

esqueléticas, postraumático, infeccioso, entre otros³⁷. Esta deformidad es generalmente progresiva, provocando una alineación dinámica alterada, con una carga anormal en las articulaciones de la extremidad inferior, provocando dolor y artrosis temprana del tobillo³⁸.

El crecimiento guiado con hemifisiodesis temporal con un tornillo maleolar medial corrige de forma rápida la deformidad (Figura 6). Sus problemas son la prominencia sintomática de la osteosíntesis, y las dificultades que conlleva su extracción. Por estos motivos, la hemifisiodesis con placa en banda de tensión se ha recomendado recientemente como una alternativa³⁹.

COMPLICACIONES

El crecimiento guiado es un método quirúrgico con escasos problemas y mínimas complicaciones. Se ha informado hemartrosis y derrame articular en 2-6% de los casos, lo que se resuelve espontáneamente dentro de tres semanas⁴⁰. Se reporta infección en menos del 6% de los casos, sin diferencias para los distintos métodos, correspondiendo a infecciones superficiales de manejo con antibióticos orales⁴¹. Aunque la incidencia de migración y extrusión de grapas es alta, las que requieren reinsertación oscilan entre 2%-8%⁴². La sub-corrección se puede minimizar con un seguimiento minucioso. El arresto fisiario es poco común dada la inserción extraperióstica de los dispositivos de hemifisiodesis más usados, los cuales en general son temporales y con seguimiento estricto al momento de extracción del implante⁴¹.

Figura 6. Estudio radiológico de niño de 11 años con valgo severo de tobillo



(a) Corregido mediante crecimiento guiado con tornillo canulado percutáneo como método de hemifisiodesis (b) a los 8 meses post-operado.

CONCLUSIÓN

El crecimiento guiado es una opción quirúrgica de uso creciente para la corrección de las deformidades angulares de extremidades inferiores en pacientes esqueléticamente inmaduros, limitando la necesidad de procedimientos mayores.

Este procedimiento es posible de realizar en cualquier plano o extremidad. Dada su alta incidencia, su uso más frecuente es en deformidades del plano coronal alrededor de la rodilla, pero se ha demostrado su utilidad en otros segmentos.

La epifisiodesis permanente se puede realizar en pacientes dentro de los dos años previos a alcanzar la madurez esquelética o término del crecimiento longitudinal del segmento a tratar, considerando la epifisiodesis temporal para los pacientes con más de dos años de crecimiento remanente.

En casos leves a moderados, las tasas de éxito llegan incluso al 100% en algunas series, en tanto, pacientes con enfermedad de Blount, obesidad, edad esquelética avanzada o deformidades severas, tienen menos posibilidades de lograr una corrección completa.

Independiente de la técnica quirúrgica, el proceso de crecimiento es relativamente impredecible, por lo que hace necesario una adecuada planificación preoperatoria, educación a los padres o cuidadores, y un seguimiento estricto para así minimizar las complicaciones o problemas, y permitir una corrección de la deformidad con una morbilidad mínima.

Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés en relación a este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Stevens PM. Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate. *J Pediatr Orthop.* 2007 Apr-May;27(3):253-9. doi: 10.1097/BPO.0b013e31803433a1.
2. Sharma L, Song J, Felson DT, Cahue S, Shamiyeh E, Dunlop DD. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA.* 2001 Jul 11;286(2):188-95. doi: 10.1001/jama.286.2.188.
3. Hefti F, Hasler C. Chapter 4.2.: Axes and Lengths. In Hefti F, ed. *Pediatric Orthopedic in Practice.* Berlín Heidelberg: Springer; 2007:547-556. Doi: 10.1007/978-3-540-69964-4
4. Peterson HA. Chapter 2: Anatomy and growth. In Peterson HA, ed. *Epiphyseal Growth Plate Fractures.* Berlin Heidelberg: Springer; 2007:7-19. Doi: 10.1007/978-3-540-33802-4
5. Kronenberg HM. Developmental regulation of the growth plate. *Nature.*

- 2003 May 15;423(6937):332-6. doi: 10.1038/nature01657.
6. Gottlieb M, Shigetomi-Medina JM, Rahbek O, Møller-Madsen B. Guided growth: mechanism and reversibility of modulation. *J Child Orthop*. 2016 Dec;10(6):471-477. doi: 10.1007/s11832-016-0778-9.
 7. Ross TK, Zions LE. Comparison of different methods used to inhibit physal growth in a rabbit model. *Clin Orthop Relat Res*. 1997 Jul;340:236-43. doi: 10.1097/00003086-199707000-00031.
 8. Pheister DB. Operative arrestment of longitudinal growth of bones in the treatment of deformities. *J Bone Joint Surg Am*. 1933;15(1):1-15.
 9. Bowen JR, Johnson WJ. Percutaneous epiphysiodesis. *Clin Orthop Relat Res*. 1984;(190):170-173.
 10. Blount WP, Clarke GR. Control of bone growth by epiphyseal stapling; a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am*. 1949;31A(3):464-478.
 11. Blount WP. A mature look at epiphyseal stapling. *Clin Orthop Relat Res*. 1971;77:158-163.
 12. Métaizeau JP, Wong-Chung J, Bertrand H, Pasquier P. Percutaneous epiphysiodesis using transphyseal screws (PETS). *J Pediatr Orthop*. 1998;18(3):363-369.
 13. Martínez G, Gündel A, Ruiz P, Cañete I, Hodgson F. Distal femoral hemiepiphysiodesis with screws and suture versus 8-plate for the treatment of genu valgum in children. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019 Jun;105(4):751-755. doi: 10.1016/j.otsr.2019.02.019.
 14. Kumar S, Sonanis SV. Growth modulation for coronal deformity correction by using Eight Plates-Systematic review. *J Orthop*. 2018 Feb 2;15(1):168-172. doi: 10.1016/j.jor.2018.01.022.
 15. Yeo A, James K, Ramachandran M. Normal lower limb variants in children. *BMJ*. 2015 Jul 7;350:h3394. doi: 10.1136/bmj.h3394.
 16. Standard SC. Chapter 1: Normal Limb Alignment. In: Standard SC, Herzenberg JE, Conway JD, Lamm BM, Siddiqui NA. *The Art of Limb Alignment, 3rd Edition*. Baltimore: International Center for Limb Lengthening; 2014:1-15.
 17. Paley D. Chapter 4: Frontal Plane Mechanic and Anatomic Axis Planning. In: Paley D. *Principles of deformity correction*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 2003:61-97.
 18. Paley D. Chapter 6: Sagittal Plane Deformities. In: Paley D. *Principles of deformity correction*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 2003:155-174.
 19. Gupta P, Gupta V, Patil B, Verma V. Angular deformities of lower limb in children: Correction for whom, when and how? *J Clin Orthop Trauma*. 2020 Mar-Apr;11(2):196-201. doi: 10.1016/j.jcot.2020.01.008.
 20. Stevens PM. The role of guided growth as it relates to limb lengthening. *J Child Orthop*. 2016 Dec;10(6):479-486. doi: 10.1007/s11832-016-0779-8.
 21. Makarov MR, Jackson TJ, Smith CM, Jo CH, Birch JG. Timing of Epiphysiodesis to Correct Leg-Length Discrepancy: A Comparison of Prediction Methods. *J Bone Joint Surg Am*. 2018 Jul 18;100(14):1217-1222. doi: 10.2106/JBJS.17.01380.
 22. Canale ST, Russell TA, Holcomb RL. Percutaneous epiphysiodesis: experimental study and preliminary clinical results. *J Pediatr Orthop*. 1986 Mar-Apr;6(2):150-6.
 23. Bayhan IA, Karatas AF, Rogers KJ, Bowen JR, Thacker MM. Comparing Percutaneous Physal Epiphysiodesis and Eight-Plate Epiphysiodesis for the Treatment of Limb Length Discrepancy. *J Pediatr Orthop*. 2017 Jul/Aug;37(5):323-327. doi: 10.1097/BPO.0000000000000647
 24. Borbas P, Agten CA, Rosskopf AB, Hingsammer A, Eid K, Ramseier LE. Guided growth with tension band plate or definitive epiphysiodesis for treatment of limb length discrepancy? *J Orthop Surg Res*. 2019 Apr 11;14(1):99. doi: 10.1186/s13018-019-1139-4.
 25. Stevens PM. Invalid Comparison Between Methods of Epiphysiodesis. *J Pediatr Orthop*. 2018 Jan;38(1):e29-e30. doi: 10.1097/BPO.0000000000001020
 26. Portinaro N, Turati M, Cometto M, Bigoni M, Davids JR, Panou A. Guided Growth of the Proximal Femur for the Management of Hip Dysplasia in Children With Cerebral Palsy. *J Pediatr Orthop*. 2019 Sep;39(8):e622-e628. doi: 10.1097/BPO.0000000000001069
 27. Hsieh HC, Wang TM, Kuo KN, Huang SC, Wu KW. Guided Growth Improves Coxa Valga and Hip Subluxation in Children with Cerebral Palsy. *Clin Orthop Relat Res*. 2019 Nov;477(11):2568-2576. doi: 10.1097/CORR.0000000000000903
 28. Shabtai L, Herzenberg JE. Limits of Growth Modulation Using Tension Band Plates in the Lower Extremities. *J Am Acad Orthop Surg*. 2016 Oct;24(10):691-701. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00234
 29. Holder J, Feja Z, van Drongelen S, Adolf S, Böhm H, Meurer A, et al. Effect of guided growth intervention on static leg alignment and dynamic knee contact forces during gait. *Gait Posture*. 2020 May;78:80-88. doi: 10.1016/j.gaitpost.2020.03.012
 30. Ballal MS, Bruce CE, Nayagam S. Correcting genu varum and genu valgum in children by guided growth: temporary hemiepiphysiodesis using tension band plates. *J Bone Joint Surg Br*. 2010 Feb;92(2):273-6. doi: 10.1302/0301-620X.92B2.22937
 31. Aslani H, Panjavy B, Bashy RH, Tabrizi A, Nazari B. The efficacy and complications of 2-hole 3.5 mm reconstruction plates and 4 mm noncanulated cancellous screws for temporary hemiepiphysiodesis around the knee. *J Pediatr Orthop*. 2014 Jun;34(4):462-6. doi: 10.1097/BPO.0000000000000115
 32. Klatt J, Stevens PM. Guided growth for fixed knee flexion deformity. *J Pediatr Orthop*. 2008 Sep;28(6):626-31. doi: 10.1097/BPO.0b013e318183d573
 33. Macwilliams BA, Harjinder B, Stevens PM. Guided growth for correction of knee flexion deformity: a series of four cases. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2011 Aug;6(2):83-90. doi: 10.1007/s11751-011-0110-7
 34. Kramer A, Stevens PM. Anterior femoral stapling. *J Pediatr Orthop*. 2001;21(6):804-807.
 35. Stiel N, Babin K, Vettorazzi E, Breyer S, Ebert N, Rupprecht M, Stuecker R, Spiro AS. Anterior distal femoral hemiepiphysiodesis can reduce fixed flexion deformity of the knee: a retrospective study of 83 knees. *Acta Orthop*. 2018 Oct;89(5):555-559. doi: 10.1080/17453674.2018.1485418
 36. Al-Aubaidi Z, Lundgaard B, Pedersen NW. Anterior distal femoral hemiepiphysiodesis in the treatment of fixed knee flexion contracture in neuromuscular patients. *J Child Orthop*. 2012 Aug;6(4):313-8. doi: 10.1007/s11832-012-0415-1
 37. Lesiak AC, Esposito PW. Progressive valgus angulation of the ankle secondary to loss of fibular congruity treated with medial tibial hemiepiphysiodesis and fibular reconstruction. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2014 Jun;43(6):280-3.
 38. Noonan KJ, Feinberg JR, Levenda A, Snead J, Wurtz LD. Natural history of multiple hereditary osteochondromatosis of the lower extremity and ankle. *J Pediatr Orthop*. 2002 Jan-Feb;22(1):120-4.
 39. Driscoll MD, Linton J, Sullivan E, Scott A. Medial malleolar screw versus tension-band plate hemiepiphysiodesis for ankle valgus in the skeletally immature. *J Pediatr Orthop*. 2014 Jun;34(4):441-6. doi: 10.1097/BPO.0000000000000116
 40. Inan M, Chan G, Littleton AG, Kubiak P, Bowen JR. Efficacy and safety of percutaneous epiphysiodesis. *J Pediatr Orthop*. 2008 Sep;28(6):648-51. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181832475
 41. Saran N, Rathjen KE. Guided growth for the correction of pediatric lower limb angular deformity. *J Am Acad Orthop Surg*. 2010 Sep;18(9):528-36. doi: 10.5435/00124635-201009000-00004
 42. Schroerlucke S, Bertrand S, Clapp J, Bundy J, Gregg FO. Failure of Orthofix eight-Plate for the treatment of Blount disease. *J Pediatr Orthop*. 2009 Jan-Feb;29(1):57-60. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181919b55