

# Evaluación radiológica en epifisiodesis de la tibia proximal del conejo: comparación de 6 técnicas y dispositivos de fisiodesis de morfologías variables

Dr. Luis Guillermo Buitrago Buitrago\*, Dr. Armando Amador Gutiérrez\*

\* Departamento de Ortopedia y Traumatología, Universidad Nacional de Colombia.

Correspondencia:  
Cra. 67 No. 10A-28 Piso 3, Bogotá, Colombia.  
luisg75md@hotmail.com

Fecha de recepción: octubre 16 de 2007

Fecha de aprobación: abril 25 de 2008

## Resumen

El propósito de este estudio fue comparar 6 técnicas y dispositivos de epifisiodesis en la tibia proximal del conejo utilizando el ángulo línea articular diáfisis (ALDA) como medida radiológica objetiva de los resultados. Como hallazgos significativos se encontró la aparición de deformidades con el uso de clavos roscados a la fisis y una mejor tolerancia de las grapas a las fuerzas de presión generadas en la fisis en comparación con dispositivos como la placa de Stevens y el tornillo tipo Metaizeau.

**Palabras clave:** epifisiodesis, tibia, conejos, ALDA.

## Abstract

The purpose of this study was to compare six techniques and devices of epiphysiodesis in the proximal tibia of rabbits, using the angle line articular diaphysis (ALDA) as an objective radiological measurement of the results. As significant findings, we found the appearance of deformities with the use of thread nails to the fisis, and the best tolerance of the stapling clamps to the forces of pressure generated in the fisis compared to devices like the Stevens's plate and the Metaizeau screw.

**Key words:** Epiphysiodesis, tibia, rabbits, ALDA.

## Introducción

Las técnicas actuales de epifisiodesis para las deformidades angulares de los miembros en pacientes con inmadurez esquelética son variadas y los dispositivos de fisiodesis existentes para realizarlas no han sido evaluados en su totalidad y no han sido comparados entre sí en cuanto a su magnitud de corrección en el tiempo (fase I) y su correlación con la lesión fisiaria (fase II).

Desde 1933, cuando Phemister describió su técnica para el cierre fisiario, ésta se sigue aplicando con éxito, con algunas modificaciones, en el tratamiento de deformidades tanto congénitas como adquiridas en pacientes con inmadurez esquelética (1).

En varios tratados de cirugía ortopédica pediátrica, se considera como una indicación de manejo quirúrgico en acortamientos, una diferencia de 2 a 5 cm en la longitud de las extremidades (2, 3). No es el propósito de esta revisión convertirse en un tratado sobre la fisis, pero es claro que los mecanismos biológicos, químicos y físicos relacionados con la mecanotransducción en dicho tejido son complejos y aún no han sido dilucidados (4).

El crecimiento normal de una fisis sana se opone a las fuerzas de gravedad y de apoyo en forma equilibrada y simétrica, resultando en extremidades rectas de igual longitud. Diversas

enfermedades congénitas, de desarrollo o adquiridas pueden interferir con este proceso, produciendo acortamiento o anulación de las extremidades afectadas (5).

Las fisis adyacentes a la rodilla (fémur distal y tibia proximal) son las de crecimiento más rápido, contribuyendo más a la longitud de la extremidad. Esto hace que sean el punto ideal para el ensayo en los modelos de deformidades (6, 7).

Las fuerzas que actúan sobre la rodilla (flexión, extensión, torsión y cizallamiento) se ven intensificadas por la longitud de los huesos y la fuerza de los músculos que cruzan la rodilla. Esto puede contribuir a la tensión sobre los ligamentos y/o a una perturbación del crecimiento que puede empeorar trastornos preexistentes e inherentes a la fisis más cercana (8, 9). Antes que nada, la evaluación juiciosa de las deformidades de los miembros debe ser la norma del clínico. Para la predicción del crecimiento se han tenido aproximaciones con diversos métodos: Shapiro (10), Anderson (11), Menelaus (12), Moseley (13), Paley (14) y Bowen (15).

Existen tablas multiplicadoras y ecuaciones relacionadas que se explican de manera extensa, pero a la fecha es un hecho que ninguna de ellas ha sido conclusiva y determinante como único método fiable de cálculo en deformidades esqueléticas, entre otras, por las variaciones personales, poblacionales y en las mismas técnicas quirúrgicas (16, 17, 18).

Entre las opciones de tratamiento quirúrgico se encuentra la detención permanente del crecimiento fisiario que puede llevarse a cabo por medio de perforación abierta o percutánea con brocado y curetaje, y que no requiere la colocación o extracción de material de osteosíntesis, pero es permanente e irreversible. Este procedimiento es difícil de hacer en el tiempo óptimo y puede resultar en una corrección excesiva o subcorrección de la deformidad, lo que requeriría una cirugía secundaria (19).

Otro método, preferido por algunos autores, implica la inserción de una o más grapas alrededor de la placa de crecimiento. Desde su descripción por Blount (20) se estudió cómo éstas restringen la expansión de la placa de crecimiento, variando el ángulo de desarrollo resultante. Una vez corregida la alineación del miembro al restaurar el eje mecánico, pueden extraerse las grapas y el crecimiento se reanuda. Este método es, dependiendo de la edad, un método reversible.

Existen controversias respecto a las indicaciones y los resultados de este procedimiento: las grapas pueden doblarse,

romperse o migrar debido a las grandes fuerzas generadas por la placa de crecimiento por dicha restricción (21). Adicionalmente, se puede producir "crecimiento de rebote" al extraer las grapas, lo cual conlleva a incertidumbres, gastos con cirugías extras y comorbilidad. Existen estudios que abordan las consecuencias histológicas y biomecánicas de la restricción de la expansión de la fisis y la creencia generalmente aceptada es que los cambios irreversibles, que ponen en peligro el cierre fisiario prematuro y permanente, pueden ocurrir si se dejan las grapas durante más de dos años (22).

Esto ha llevado a dejar el uso de grapas sobre la fisis para adolescentes cuyas fisis están cerca del cierre natural (se estima que la madurez esquelética se alcanza a los 14 años para las mujeres y a los 16 para los hombres). Lamentablemente, los métodos actuales de estimación de la madurez esquelética tienen una imprecisión de cerca de un año y las tablas de valores normales para genu valgo y genu varo, que se encuentran en algunas publicaciones, no están homologadas en su totalidad (23).

Una revisión de la literatura revela en casi todos los informes de ciencias básicas sobre los efectos biológicos de las grapas que éstas inhiben la fisis entera para retardar el alargamiento óseo. La epifisiodesis como procedimiento para corrección de deformidades angulares está respaldada como una técnica con una probabilidad de respuesta biológica más benigna del cartílago de crecimiento (24, 25, 26).

Stevens desarrolló la técnica de la placa en ocho que ha empleado con éxito en los últimos 20 años en la compresión hemifisiaria para corregir las deformidades angulares en niños de entre 2 y 18 años, sin cierre fisiario prematuro o permanente. Parece que la corrección del eje mecánico (restablecimiento del centro de gravedad) ahorra a la fisis y al hueso adyacente el estrés patológico y mejora su potencial de crecimiento a largo plazo (27).

Blount (1949), de Milwaukee, diseñó las grapas óseas con el propósito expreso de frenar el crecimiento longitudinal (28). Su aplicación para la corrección angular fue posterior. Su rigidez intrínseca puede suponer un peligro para la fisis, que debe soportar las fuerzas estáticas para crecer y expandirse. Esto explica el doblado de algunas grapas y puede ser responsable del fenómeno de crecimiento de rebote tras la extracción de éstas (7).

Hoy en día, son más de 14 las técnicas de fisiodesis descritas, junto con modificaciones simples a las técnicas originalmente desarrolladas por autores como Bowen, Canale y Green.

No se dispone de evidencia en la literatura acerca de comparaciones entre diversos dispositivos de fisiodesis con diámetros variables y dos o más técnicas de epifisiodesis, en cuanto a la magnitud de la corrección de la deformidad a nivel radiológico y el grado de lesión fisiaria a nivel histológico. Por lo tanto, es válido preguntarse si existen diferencias que ameriten tenerse en cuenta según la edad o la necesidad de corrección, en un tipo u otro de estos dispositivos en la práctica clínica. El propósito de este estudio es establecer las diferencias de magnitud en las deformidades angulares generadas en miembros inferiores tras la fisiodesis con 6 técnicas y dispositivos diferentes en un modelo experimental con conejos.

## Materiales y Métodos

Se trata de un estudio experimental, ensayo clínico aleatorizado controlado.

Los criterios de inclusión fueron conejos Nueva Zelanda, de entre 7 y 9 semanas de edad, con un peso entre 1000 y 1500 gramos, sin deformidades congénitas o adquiridas en los miembros y que fueron evaluados como sanos por un veterinario.

Se incluyeron en el estudio 20 conejos que fueron distribuidos de manera aleatoria en 7 grupos (6 grupos de 3 conejos y un grupo de 2) según las diferentes técnicas de epifisiodesis y se asignó aleatoriamente la tibia que iba a ser intervenida. Se consideraron como controles los miembros inferiores contralaterales no intervenidos.

Los grupos fueron intervenidos con las siguientes técnicas: epifisiodesis con técnica de Blount (grupo I), técnica de Metaizeau modificada (grupo II), principio de la placa en 8 de Steven (grupo III), técnica de Canale con broca y cureta (grupo IV), técnica modificada de Phemister (grupo V), colocación de clavo liso y roscado de 1,0 y 1,5 mm con técnica de Metaizeau modificada (grupo VI), e incisión bajo anestesia sin intervención en el grupo de 2 conejos (grupo VII o grupo control). A cada uno de los tres conejos de los grupos I, III y VI se le realizó la fisiodesis con dispositivos de 0,5 mm mayores (progresivos) en diámetro absoluto.

Las intervenciones se realizaron bajo anestesia disociativa con clorhidrato de ketamina a razón de 20 mg/Kg IM, con medidas básicas de asepsia con yodados, previo rasurado de la pata y con administración de antibiótico profiláctico (cefazolina a razón de 25 mg/Kg). Se tomaron rayos X prequirúrgicos y seis semanas después de la intervención para evaluar la longitud tibial y el ALDA.

Con respecto a las particularidades de la placa de crecimiento en el conejo, se consultó la publicación de Seinsheimer (29) en la que se especifican las particularidades de las dimensiones de las estructuras óseas de acuerdo a las edades de la especie Nueva Zelanda, necesarias para los cálculos del tamaño del material de osteosíntesis. Además, en otros textos de medicina veterinaria y zootecnia en torno al tema (30) se profundiza sobre las proporciones de crecimiento óseo a expensas de la tibia y el fémur en la especie, los cuidados a los especímenes, así como la facilidad técnica anatómica al escoger la tibia y no el fémur para el modelo experimental, y la literatura sobre medicación y dosis respectivas de anestésico y antibiótico para los animales en estudio.

Este estudio se realizó dentro de las normas éticas que tienen su principio en autoridades competentes de protección animal nacionales y locales, aprobadas por el DAMA, en especial las normas de la Sociedad Colombiana Protectora de Animales y ajustadas a los principios internacionales en investigación clínica con animales vigentes a la fecha, así como todas las medidas de higiene, asepsia y antisepsia, analgesia, antibióticos y cuidados que requiere el grupo de animales en estudio.

Los resultados se analizaron con la *t* de student de dos colas utilizando el software estadístico statmate 2 y el instat 3 con graph pad 5.0.

## Resultados y discusión

Se realizaron anestias disociativas en 20 conejos Nueva Zelanda, de los cuales dos fallecieron durante la inducción anestésica o en el transoperatorio y 3 más fallecieron en el posoperatorio tardío: dos por hipotermia y uno por infección gastrointestinal severa.

Técnicamente, resultó muy difícil realizar la técnica convencional de Phemister en tibias tan pequeñas, por lo que se requirió modificarla. Igualmente, se encontraron limitantes técnicas para el paso de tornillos y clavos con la técnica descrita por Metaizeau por no disponer de ayuda fluoroscópica.

Se compararon las longitudes tibiales pre y posquirúrgicas de los miembros intervenidos tanto con los controles (miembros contralaterales) como con los demás grupos encontrándose como hallazgos claves y estadísticamente significativos las diferencias en la generación de deformidades angulares (varo) de la tibia.

Las técnicas que en su orden generaron mayor deformidad en varo (ALDA mayor a 5 grados) fueron la técnica de Canale con broca y cureta, la técnica Blount con grapas (figura 1 y fi-

gura 2), la técnica de placa de Steven, la técnica de Phemister y, curiosamente, la colocación de clavos roscados de 1 y 1,5 mm de diámetro que llevaron a deformidades similares a la técnica de Metaizeau con tornillo. Por último, la colocación de clavos lisos de 1 y 1,5 mm prácticamente no alteró el ALDA (figura 3) ni generó deformidad en la tibia. Como inferencia ya precisada en otros estudios similares, el papel del periostio intacto en estas técnicas puede ser clave en estos hallazgos.



Figura 1. Epifisiodesis con placa en 8 de Steven.



Figura 2. Epifisiodesis con grapas.

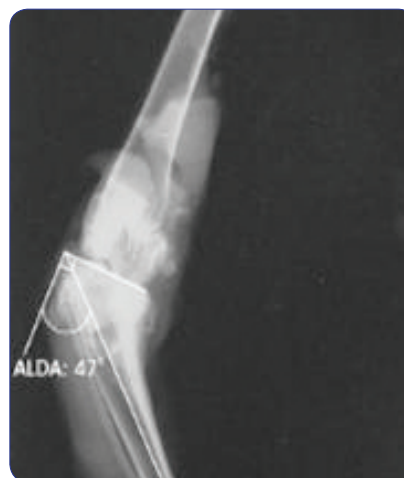


Figura 3. Ángulo línea articular diáfisis (ALDA).

Asimismo, la deformidad guardó relación directa con el diámetro ascendente del dispositivo de fisiodesis en el caso de las grapas, los tornillos y el brocado-curetaje, hallazgo que se pretende correlacionar en la segunda fase con la histología en cuanto a la celularidad y el grado de lesión fisiaria. Las longitudes tibiales no se vieron afectadas de manera estadísticamente significativa analizando en conjunto todas las técnicas; sin embargo, las técnicas de Phemister y Canale estudiadas de manera aislada generaron mayor acortamiento que las demás.

Como observación interesante, se encontró que las fuerzas generadas por las fisis tibiales fueron bien toleradas por las grapas, pero no por la placa de Steven que en un caso presentó desalojo de la misma en los tornillos de fijación proximal. Aunque no se descartan posibles errores en la técnica quirúrgica o en la longitud de los tornillos, el procedimiento fue el mismo para todos los casos y en manos del mismo cirujano (figura 4 y figura 5).

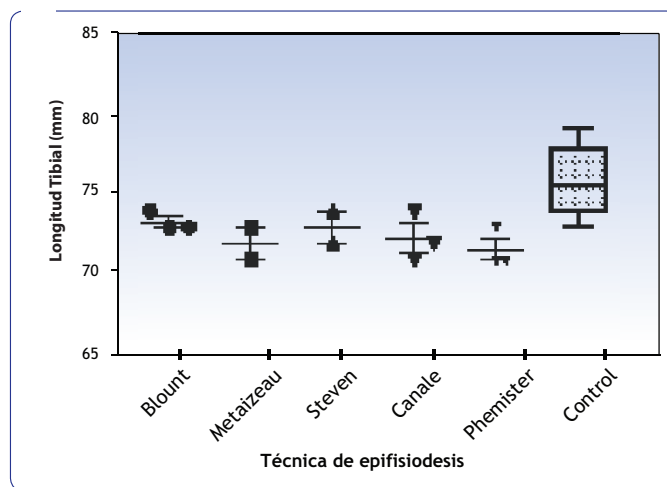


Figura 4. Longitud tibial posquirúrgica.

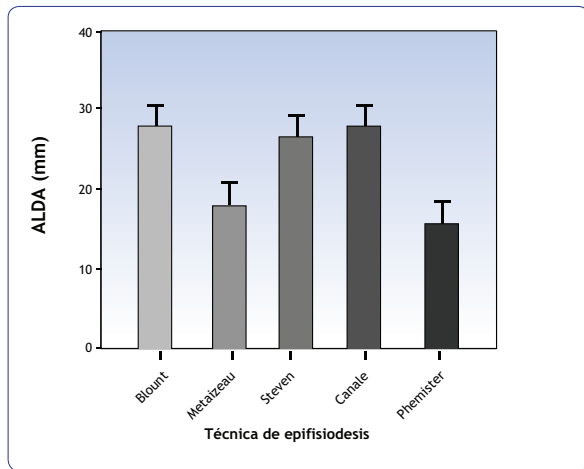


Figura 5. ALDA posquirúrgico.

Cabe destacar que el modelo presenta algunos inconvenientes que hay que precisar y deben ser tenidos en cuenta para próximos estudios. Entre ellos se encuentran la evaluación en una edad única para todos los conejos en estudio, luego “extrapolable” a un posible estadio del desarrollo del esqueleto inmaduro infantil, y la dificultad del control de la fisis tibial en los tres planos para la fisiodesis, a pesar de acceder fácilmente a su visualización, que puede ser un factor de error, dada la no utilización de ayuda fluoroscópica en este estudio. Como se señaló previamente, en la segunda fase del estudio se buscará correlacionar histopatológicamente todos estos hallazgos.

## Referencias bibliográficas

- Phemister DB. Operative arrestment of longitudinal growth of bones in the treatment of deformities. *J Bone Joint Surg* 1933; 15: 1.
- Tachdjian MO. Ortopedia pediátrica. 2 ed. New York: McGraw Hill; 1994.
- Stephens D, Herrick W. Epiphysiodesis for limb length inequality. *Clin Orthop* 1978; 136: 41-48.
- Jouve JL, Guillaume JM, Frayssinet P, Launay F, Viehweger E, Paniel M, Bollini G. Growth plate behavior after desepiphysiodesis. Experimental study in rabbits. *J Pediatr Orthop* 2003; 23(6): 774-9.
- Arkin AM, Katz JF. The effects of pressure on epiphyseal growth. The mechanism of plasticity growing bone. *J Bone Joint Surg Am* 1956; 38(5): 1056-76.
- Rivas R, Shapiro F. Structural stages in the development of the long bones and epiphyses. *J Bone Joint Surg* 2002; 84A: 85-100.
- Safran MR, Eckardt JJ, Kabo JM, Oppenheim WL. Continued growth of the proximal part of the tibia after prosthetic reconstruction of the skeletally immature knee. Estimation of the minimum growth force In vivo in humans. *J Bone Joint Surg Am* 1992; 74(8): 1172-9.
- Burstein AH. Biomechanics of the knee joint. En: Insall JN, editor. *Surgery of the knee*. 2 ed. New York: Churchill Livingstone; 1993. p. 91-99.
- Cooke TDV, Pichona D, Siu D, Scudmore RA, Bryant JT. Surgical implications of varus deformity of the knee with obliquity of joint surfaces. *J Bone Joint Surg Br* 1989; 71(4): 560-565.
- Shapiro F. Developmental patterns in the lower extremity length discrepancies. *J Bone Joint Surg Am* 1982; 64(5): 639-51.
- Anderson M, Green WT, Messner MB. Growth and prediction of growth in the lower extremities. *J Bone Joint Surg Am* 1963; 45-A: 1-14.
- Menelaus MB. Correction of leg length discrepancy by epiphysial arrest. *J Bone Joint Surg* 1966; 48(2): 336-9.
- Moseley CF. A straight-line graph for leg length discrepancies. *J Bone Joint Surg Am* 1977; 59(2): 174-9.
- Paley D, Bhava A, Herzenberg JE, Bowen JR. Multiplier method of predicting limb length discrepancy. *J Bone Joint Surg* 2000; 82: 1432-1446.
- Bowen JR, Leahey JL, Zhang ZH, MacEwen GD. Partial epiphysiodesis at the knee to correct angular deformity. *Clin Orthop* 1985; (198): 184-90.
- Little DG, Nigo L, Aiona MD. Deficiencies of current methods for the timing of epiphysiodesis. *J Pediatr Orthop* 1996; 16: 173-179.
- Paley D, Testworthn K. Mechanical axis deviation of the lower limbs: preoperative planing of multiapical frontal plane angular and boeing deformities of the femur and tibia. *Clin Orthop* 1992; 280: 65-71.
- Atar D, Lehman WB, Grant AD, Strongwater A. Percutaneous epiphysiodesis. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73(1): 173.
- Canale ST, Russell TA, Holcomb RL. Percutaneous epiphysiodesis. Experimental study and preliminary clinical results. *J Pediatr Orthop* 1986; 6(2): 150-6.
- Blount WP, Clarke GR. Control of bone growth by epiphysal stapling. *J Bone Joint Surg Am* 1949; 31A(3): 464-478.
- Pistevos G, Duckworth T. The correction of genu valgum by epiphysal stapling. *J Bone Joint Surg Br* 1977; 59(1): 72-6.
- Zuege RC, Kempken TG, Blount WP. Epiphysal stapling for angular deformities at the knee. *J Bone Joint Surg* 1979; 61: 996-1002.
- Heath D, Staheli L. Normal limits of knee angle in children: genu varum and genu valgum. *J Pediatr Orthop* 1993; 13: 259-262.
- Aykut US, Yazici M, Kandemir U, Gedikoglu G, Aksoy MC, Cil A, Surat A. The effect of temporary hemiepiphysal stapling on the growth plate. *J Pediatr Orthop* 2001; 25(3): 336-341.
- Mielke C, Stevens P. Hemiepiphysal stapling for knee deformities in children younger than ten. *J Pediatr Orthop* 1996; 16: 423-429.
- Fraser RK, Dickens DR, Cole WG. Medial physal stapling for primary and secondary genu valgum in late childhood and adolescence. *J Bone Joint Surg Br* 1995; 77: 733-735.
- Bylski-Austrow DI, Wall EJ, Rupert MP, Roy DR, Crawford AH. Growth plate forces in the adolescent human knee: a radiographic and mechanical study of epiphysal staples. *J Pediatr Orthop* 2001; 21(6): 817-823.
- Blount WP. A mature look at epiphysal stapling. *Clin Orthop* 1971; 77: 158-163.
- Seinsheimer F 3rd, Sledge C. Parameters of longitudinal growth rate in rabbit epiphysal growth plates. *J Bone Joint Surg Am* 1981; 63(4): 627-630.
- Leonart F. Patología e higiene. Tratado de cunicultura. Real Escuela Oficial y Superior de Avicultura. Barcelona: Editores siglo veintiuno; 1980. p. 104-387.