

# Deficiencia femoral congénita tipo 1: alargamiento con método de Ilizarov

Dr. Luis Enrique Cruz\*, Dr. Enrique Cabezas\*\*

\* Ortopedista y traumatólogo. Departamento de Ortopedia, Clínica Farallones de Cali. Fundación Clínica Infantil Club Noel, Cali, Colombia.

\*\* Ortopedista y traumatólogo. Departamento de Ortopedia, Fundación Clínica Infantil Club Noel, Cali, Colombia.

Correspondencia:

Dr. Luis Enrique Cruz

Calle 9C No. 50-25, Cali, Colombia.

Tel. (572) 4878098, Cel. 3155288945

lenriquecruz@yahoo.com

Fecha de recepción: noviembre 2 de 2009

Fecha de aprobación: abril 27 de 2010

## Resumen

**Introducción:** la deficiencia femoral proximal congénita es un conjunto de deformidades presentes al nacimiento, de carácter no progresivo, que involucra el desarrollo del fémur, la cadera y la rodilla. La causa del desorden es desconocida y no tiene ligado un patrón de herencia genética.

**Materiales y métodos:** se diseñó un estudio descriptivo, retrospectivo, tipo serie de casos. Se incluyeron los pacientes con deficiencia femoral congénita tipo 1 según la clasificación de Paley que fueron tratados con fijación externa y alargamiento óseo con el método Ilizarov entre enero de 2000 y diciembre de 2008. Se evaluaron las siguientes variables de desenlace: longitud del alargamiento, discrepancia después del último alargamiento, índice de alargamiento, número de tiempos quirúrgicos, complicaciones y resultado funcional.

**Resultados:** se incluyeron en el estudio 9 pacientes. Se les corrigieron las deformidades de la cadera antes del alargamiento para un total de 5 procedimientos en los 9 pacientes. El índice de alargamiento expresado en meses por centímetro de elongación hasta su maduración completa fue de 1,18 (rango de 0,8-2,0). El tiempo promedio de uso del fijador fue de 6,6 meses (rango de 4,8-10). Se encontraron las siguientes complicaciones: infección superficial del trayecto de los pines (todos los casos), consolidación prematura del callo de alargamiento (1 caso), fractura de los tornillos de fijación (3 casos), luxación de la patela (1 caso) y rigidez de la rodilla (1 caso). Los resultados funcionales de las rodillas de 3 pacientes fueron pobres.

**Discusión:** el tratamiento por alargamiento del fémur corto congénito es difícil y con frecuencia se encuentran complicaciones graves como luxación de las articulaciones adyacentes, regeneración ósea lenta, fracturas del segmento elongado y rigidez articular.

**Palabras clave:** diferencia congénita de longitud de las piernas, anomalías del fémur, técnica de Ilizarov, alargamiento óseo.

[*Rev Col Or Tra* 2010; 24(2): 91-7]

## Abstract

**Introduction:** The congenital femoral deficiency is a set of deformities present at birth, of not progressive character, which involves the development of the femur, the hip and the knee. The cause of the disorder is unknown, and it is not linked to a pattern of inheritance.

**Materials and methods:** We designed a descriptive case series study. Patients with congenital femoral deficiency type 1 according to the classification of Paley were included. They were treated with external fixation and bone lengthening with the Ilizarov method between January 2000 and December 2008. The following outcome variables were evaluated: lengthening, limb length discrepancy after the last elongation, lengthening index, number of surgical times, complications, and functional outcome.

**Results:** Nine patients with diagnosis of femoral congenital deficiency type 1 were included in the study. The patients' deformities of the hip were corrected before elongation (5 procedures in 9 patients). Elongation rate in months per inch of elongation to full maturity was 1.18 (range of 0.8-2.0). The average time of fixator use was 6.6 months (range of 4.8-10). The following complications were found: superficial pin tract infection (all the cases), premature consolidation of the lengthening callus (1 case), fracture of fixation screws (3 cases), patellar luxation (1 case), and stiffness of the knee (1 case). The functional results of the knees from 3 patients were low.

**Discussion:** The treatment for elongation of the short congenital femur is difficult and there are often serious complications as luxation of the adjacent joints, bony slow regeneration, fractures of the lengthening segment and stiffness of the joint.

**Keywords:** Leg length inequality congenital, femur abnormalities, Ilizarov technique, bone lengthening.

[*Rev Col Or Tra* 2010; 24(2): 91-7]

## Introducción

La deficiencia femoral proximal congénita es un conjunto de deformidades presentes al nacimiento, de carácter no progresivo y de presentación variada, que involucra el desarrollo del fémur, la cadera y la rodilla, alterando su congruencia, estabilidad y forma. Generalmente se asocia a coxa vara, osificación retardada de la cadera, retroversión, abombamiento anterolateral del fémur, torsión externa, hipoplasia del cóndilo femoral externo, valgo distal del fémur, insuficiencia del ligamento cruzado anterior y deformidad en flexión de la rodilla debido a contractura de los músculos isquiotibiales. En el 45% de los pacientes puede encontrarse hemiemelia fibular ipsilateral con tibia corta, deformidad en equino varo o ausencia de rayos en el pie (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8). La causa del desorden es desconocida y no tiene ligado un patrón de herencia genética. La asociación de la hipoplasia del fémur con fascias atípicas está ligada a herencia autosómica dominante (9, 10).

La clasificación de Aitken (11) y la de Paley (1) son las más usadas. Esta última clasificación denomina tipo 1 a aquellos pacientes con fémur radiológicamente completo, es decir, sin evidencia de pseudoartrosis y con cadera y rodilla funcionales. Esta categoría se subclasifica en tipo 1A, con osificación normal del fémur proximal, y 1B, con osificación retardada del fémur proximal.

El tipo 1 corresponde a un espectro de deformidades más asequible a la reconstrucción. Se debe verificar el grado de displasia acetabular asociado, la deformidad en la alineación del fémur proximal y la estabilidad y función de la rodilla antes de iniciar el tratamiento con alargamiento óseo. La función de la rodilla después del alargamiento es uno de los factores más importantes en la evaluación del resultado del tratamiento (1, 12, 13, 14, 15).

El propósito del presente artículo es describir la experiencia en el tratamiento de la deficiencia femoral proximal congénita tipo 1 con alargamiento óseo usando el método de Ilizarov.

## Materiales y métodos

Se realizó un estudio descriptivo, retrospectivo, tipo serie de casos, entre enero de 2000 y diciembre de 2008. Se incluyeron pacientes con deficiencia femoral congénita proximal e inmadurez esquelética que fueron sometidos a alargamiento óseo con tutor de Ilizarov y que cumplieron con el tratamiento y al menos con un año de observación después de finalizado su último alargamiento óseo. Se analizaron variables como edad, género, lado afectado, clasificación de Paley, hallazgos al examen físico relacionados con la patología, cirugías previas, arcos de movilidad de la rodilla al ingreso al estudio y

discrepancia de longitud calculada a la edad adulta. Todos los pacientes fueron tratados por los autores y provienen de su consulta. Se excluyeron los pacientes con deficiencia femoral congénita tipo 2, 3 y 4.

El tiempo de seguimiento fue de mínimo 12 meses posteriores al último alargamiento, momento en el que se evaluó el resultado clínico funcional representado por la movilidad de cadera y rodilla.

### Técnica quirúrgica

Cada uno de los pacientes fue estudiado clínica y radiológicamente. Se priorizaron las correcciones de las deformidades concomitantes: luxación de cadera, displasia acetabular, coxa vara y retardo de osificación de la cadera afectada y contralateral.

Una vez concluida esta fase inicial se procedió al alargamiento óseo propiamente dicho. La primera parte de la cirugía de alargamiento consistió en la liberación de los tejidos blandos contraídos. El tendón del recto femoral, los aductores, el sartorio y la fascia lata se seccionaron proximalmente de manera profiláctica. En todos los casos se utilizó el método de Ilizarov. La construcción del aparato evolucionó con el tiempo y de manera individual se ajustó a los requerimientos de cada paciente. Siguiendo las recomendaciones de Catagni (16), se prefirió un aparato distal corto en el fémur con fijación más estable, utilizando clavos de schanz, y menor número de alambres. La fijación se extendió a la pierna realizando artrodiastasis profiláctica de la rodilla; además, la fijación en la pierna fue utilizada para un segundo nivel de osteotomía y alargamiento. La osteotomía femoral fue distal y en ella se corrigieron las deformidades en valgo y rotacionales. La osteotomía en la tibia fue proximal o distal. Las osteotomías fueron realizadas con broca y osteótomos finos. El tiempo de latencia escogido fue de 7 días y se inició el alargamiento a una velocidad de 1 mm/día en ambos focos. Cada una de las osteotomías se ajustó según el control radiológico cada 2 semanas inicialmente. En cada uno de los procedimientos se elongó en exceso, más allá de la discrepancia inicial, previendo la recurrencia de la discrepancia temprana. Una vez concluida la fase de distracción se permitió la movilidad activa de la rodilla protegida por bisagras. El apoyo protegido por muletas se permitió desde el inicio.

## Resultados

Se incluyeron en el estudio 9 pacientes con diagnóstico de deficiencia femoral congénita tipo 1 que fueron tratados de manera quirúrgica con alargamiento óseo y seguimiento posterior mínimo de un año. Las deficiencias fueron clasificadas

según las características descritas por Paley en tipo 1A y 1B. Solo se encontró un caso bilateral. Los pacientes tuvieron una edad promedio de 8 años (rango de 4-16 años) y la mayoría fueron hombres (66%). La discrepancia media de la longitud esperada al final del crecimiento fue de 8,3 cm (rango de 5-15,3 cm). El promedio de alargamiento por tiempo quirúrgico fue 7,16 cm (rango de 4-11 cm). Solo a un paciente se le realizaron dos alargamientos.

A los pacientes se les corrigieron las deformidades de la cadera antes del alargamiento para un total de 5 procedimientos en los 9 pacientes: 2 pacientes con coxa vara fueron tratados con osteotomías valguizantes más fijación estable para el manejo del retardo de la osificación, 1 cadera con luxación congénita requirió reducción abierta más osteotomía pélvica tipo Salter y 1 cadera displásica fue corregida con osteotomía periacetabular (tabla 1).

Una vez concluida la fase previa de corrección de las deformidades de fémur y cadera proximal asociadas se inició el tratamiento de alargamiento.

El índice de alargamiento expresado en meses por centímetro de elongación hasta su maduración completa fue de 1,18 (rango de 0,8-2,0) (17). El tiempo promedio de uso del fijador fue de 6,6 meses (rango de 4,8-10).

Se encontraron las siguientes complicaciones: infección superficial del trayecto de los pines (todos los casos) que respondió al manejo antibiótico oral; consolidación prematura del callo de alargamiento que requirió osteoclasia (1 caso); fractura de tornillos de fijación (3 casos); luxación de la patela (1 caso); rigidez de la rodilla (2 casos, uno de los cuales necesitó cuadricepsplastia); subluxación de la cadera durante el alargamiento (1 caso) que requirió reducción cerrada, tenotomías de cadera y fijación pélvica por extensión proximal del fijador. No se encontró rigidez de cadera. No se presentaron fracturas posteriores al retiro del fijador.

Se valoró la movilidad de la rodilla al final del seguimiento en todos los pacientes (AMAS de rodilla final) observándose una disminución en 3 pacientes (tabla 2). Los resultados funcionales de las rodillas de 3 pacientes fueron pobres. Se

Tabla 1. Descripción de los pacientes.

Paciente	Sexo*	Edad (años)	Lado afectado†	Clasificación	Hallazgos al examen físico	Cirugías previas	AMAS rodilla inicial ‡ (grados)	Discrepancia final (cm)
RC	Masc.	16	Der.	1B	Rodilla inestable	Osteotomía valguizante Corrección de pseudoartrosis del cuello	Ext. 0 Flex. 80	14,5
DPO	Masc.	5	Izq.	1A	Rodilla inestable Tibia corta		Ext. 0 Flex. normal	6,5
DD	Fem.	7	Izq.	1A	Rodilla inestable Tibia corta		Ext. 0 Flex. normal	6,3
MCB	Fem.	5	Der.	1B	Rodilla inestable Tibia corta Coxa valga Índice acetab.: 32°	Osteotomía de Salter	Ext. 0 Flex. normal	5,8
JVO	Masc.	6	Bilat.	1B	Luxación congénita de la cadera (LCC) bilateral Rodilla inestable  Coxa vara bilateral	Reducción abierta de LCC Pemberton bilateral  Osteotomía valguizante Desrotatoria izquierda	Ext. 0 Flex. 140	15,3
LM	Fem.	13	Der.	1A	Rodilla y patela inestables Tibia corta		Ext. 0 Flex. normal	5,3
HO	Masc.	7	Der.	1A	Rodilla inestable Tibia corta		Ext. 0 Flex. normal	5
PC	Masc.	11	Der.	1A	Rodilla y patela inestables		Ext. 0 Flex. 120	6,6
JFD	Masc.	15	Der.	1A	Tibia corta		Ext. 0 Flex. normal	9,4

\* Fem.: femenino; Masc.: masculino † Der.: derecho; Izq.: izquierdo; Bilat.: bilateral ‡ Ext.: extensión; Flex.: flexión

observó rigidez en 1 paciente. Como hallazgo quirúrgico de la corrección de una luxación de patela y de una cuadricepsplastia (figuras 1 y 2), se encontró artrosis de rodilla

moderada en 2 casos (18). No se observó disminución radiológica del espacio articular en los casos restantes (tabla 2) (figuras 3 y 4).

Tabla 2. Resultados.

Paciente	Alargamiento (cm)	Discrepancia final (cm)	Índice de alargamiento (meses/cm)	AMAS rodilla final* (grados)	Complicaciones
RC	Primer tiempo: -11 Segundo tiempo: -4	2	1,1 1,7	Ext. normal Flex. 35	Recurrencia Deformidad en varo Rigidez de la rodilla
DPO	Fémur: 4 Tibia: 2	0,5	0,8	Ext. normal Flex. normal	
DD	Fémur: 3,8 Tibia: 2	Fémur: 1 Tibia: -1,85	1,3	Ext. normal Flex. normal Laxitud	
MCB	Fémur: 4,5 Tibia: 2	Fémur: 0 Tibia: -1	1	Ext. normal Flex. -20	Consolidación prematura Fractura de Schanz
JVO	Fémur: 6 Tibia: 5	-1	1	Ext. normal Flex. 130	Subluxación de la cadera
LM	5,3	0,2	1,2	Ext. normal Flex. -30	Fractura de Schanz
HO	Fémur: 4 Tibia: 2	-1	0,8	Ext. normal Flex. normal	
PC	7	-1	2	Ext. normal Flex. 40	Luxación lateral de la patela
JFD	Fémur: 6 Tibia: 3	0	1,8	Ext. normal Flex. -40	Fractura de Schanz

\* Ext.: extensión; Flex.: flexión

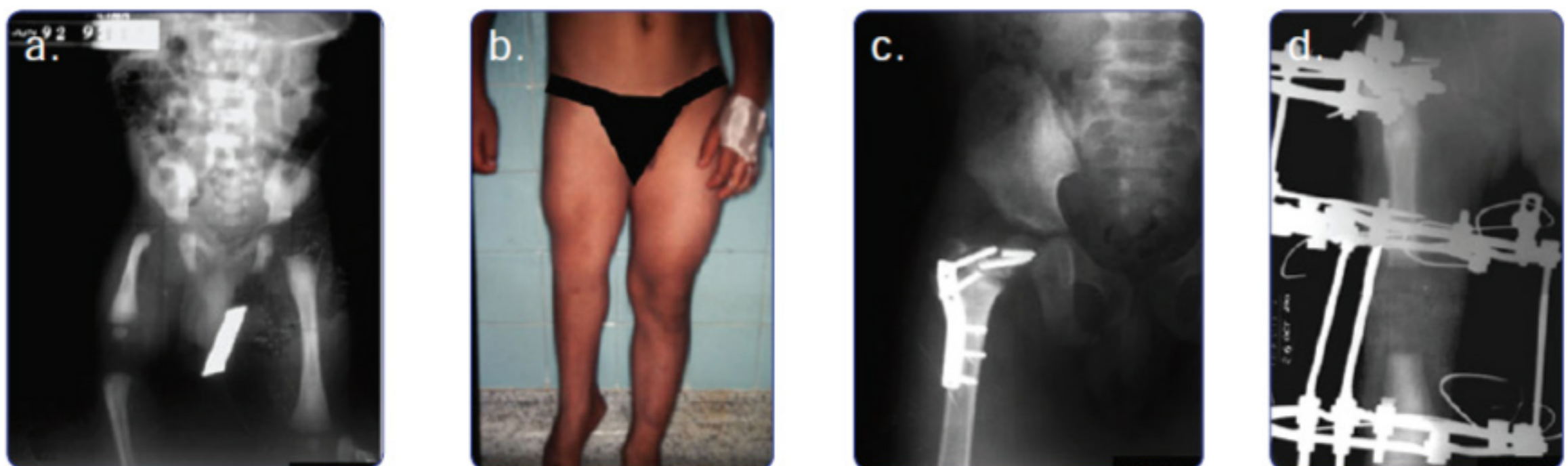


Figura 1. Paciente RC, primer tiempo quirúrgico. a) Radiografía de pelvis que muestra el fémur al nacimiento. b) Aspecto prequirúrgico a los 8 años de edad. c) Osteosíntesis fallida y pseudoartrosis persistente del cuello a los 8 años. d) Alargamiento femoral progresivo de 11 cm más osteotomía valgizante del cuello femoral y resolución de la pseudoartrosis.

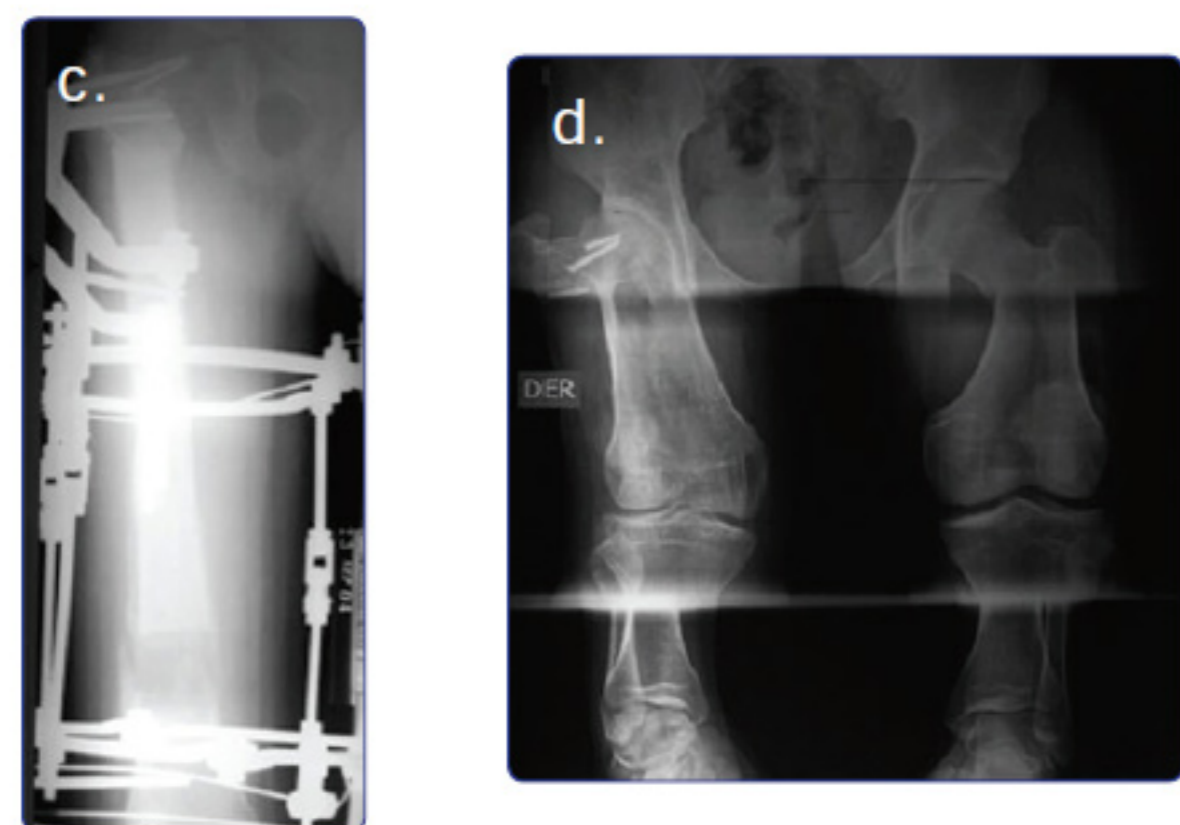
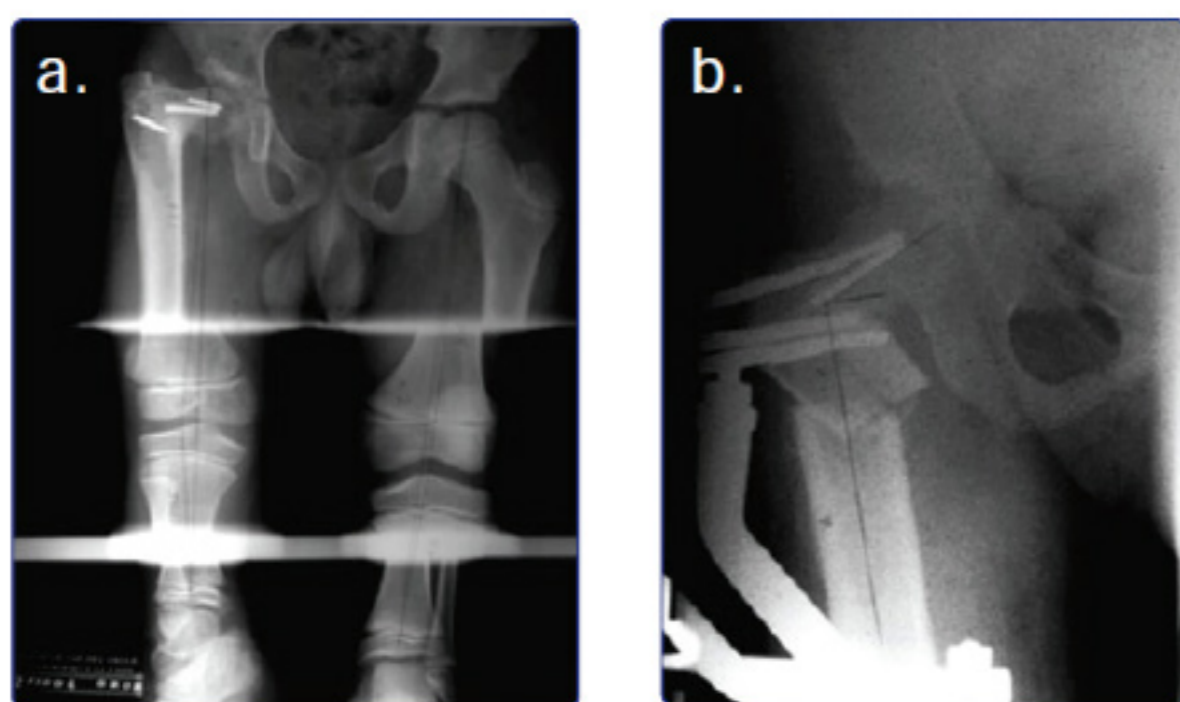


Figura 2. Paciente RC, segundo tiempo quirúrgico. a) Radiografía test de Farill que muestra coxa vara recidivante y discrepancia de 4 cm. b) Osteotomía valguizante con fijador. c) Alargamiento femoral y osteotomía valguizante con tutor de Ilizarov. d) Discrepancia final de 2 cm. e) Movilidad posterior a cuadricepsplastia.

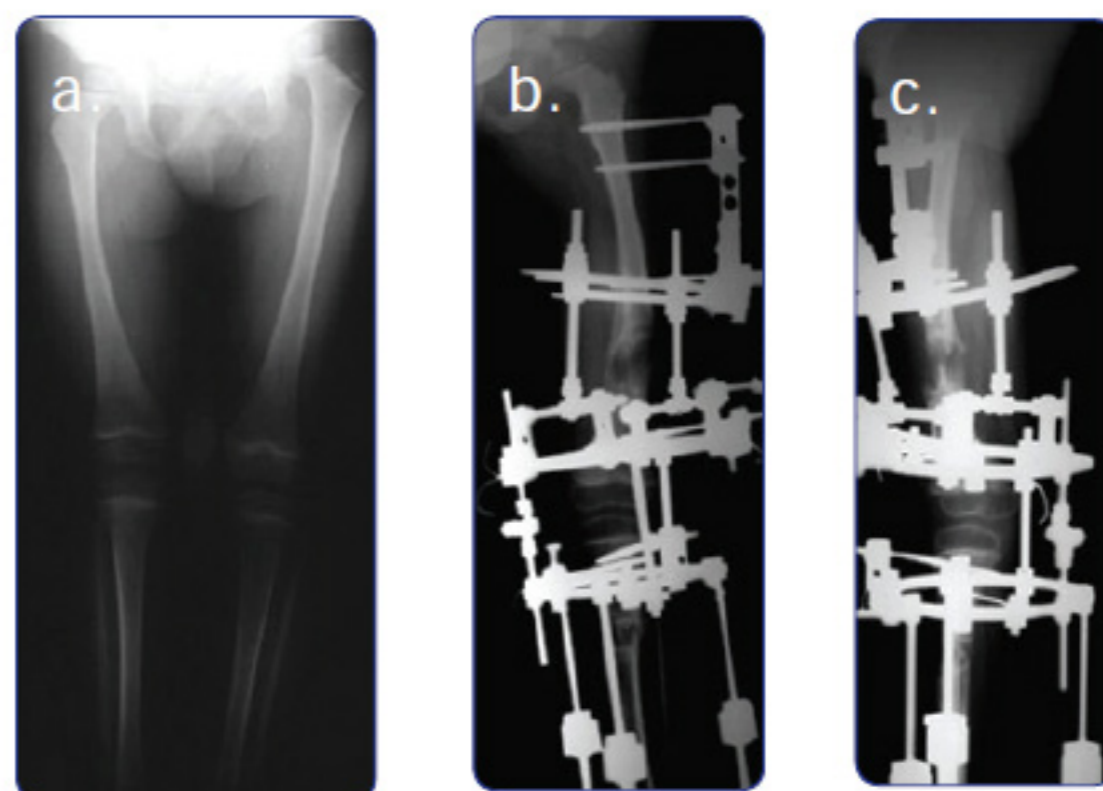


Figura 3. Paciente DD de 7 años con fémur corto congénito tipo 1A. a) Radiografía panorámica inicial con discrepancia de 6,3 cm. b y c) Radiografías AP y lateral durante el alargamiento femoral y tibial.

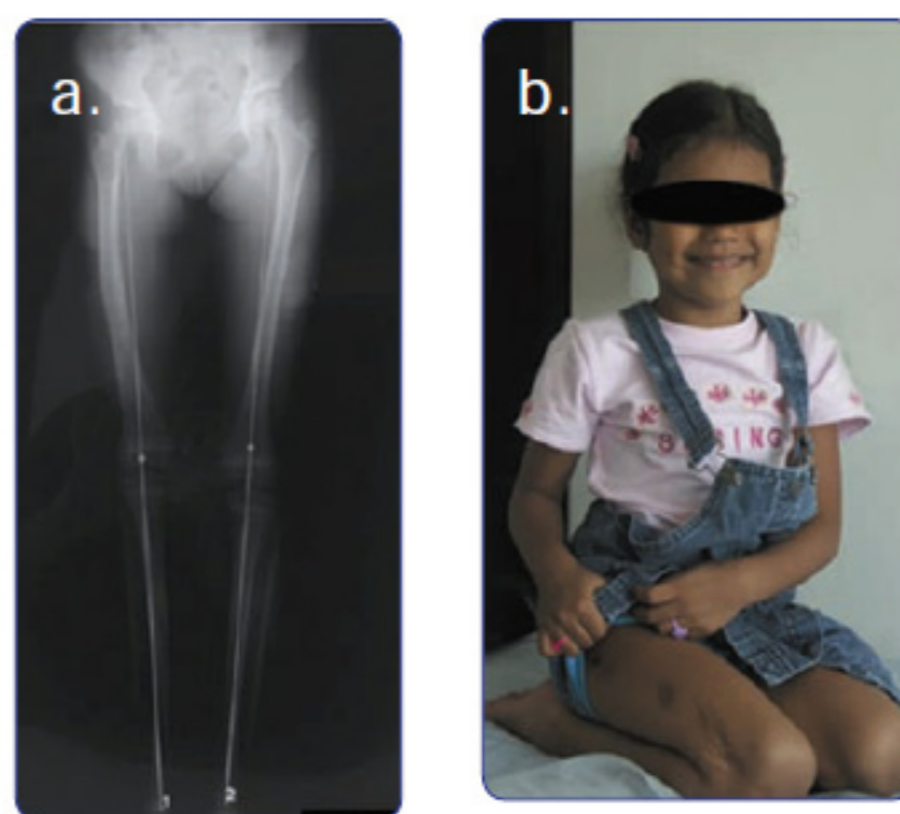


Figura 4. Paciente DD. a) Radiografía AP posquirúrgica con sobreelongación de 0,5 cm. b) Aspecto funcional.

## Discusión

El tratamiento por alargamiento del fémur corto congénito es difícil y con frecuencia se encuentran complicaciones graves como luxación de las articulaciones adyacentes, regeneración ósea lenta, fracturas del segmento elongado y rigidez articular. Un cuidadoso seguimiento clínico y radiológico es absolutamente necesario para poder anticiparlas (13).

No se encontró un número importante de series similares publicadas de alargamiento en pacientes pediátricos con

deficiencia femoral congénita usando el método de Ilizarov. Aston comparte la idea de proteger activamente la rodilla, pero no utiliza la artrodiastasis de manera rutinaria. Las series publicadas por Stanitski (19) y Danziger (20), todas con menos de diez pacientes, combinan subgrupos de deformidad y no describen sus complicaciones en todos los casos. Grill y Dungal (21) reportan el uso de varias técnicas en diferentes tipos de deficiencia femoral y describen sus complicaciones.

En la literatura se discute sobre el nivel ideal para realizar la osteotomía de alargamiento del fémur; esta discusión se extiende, además, al nivel adecuado para la corrección concomitante de la rotación externa y el valgo distal. Para Aston (13), la osteotomía distal genera complicaciones en la rodilla, por lo que su porción preferida para la osteotomía de alargamiento y corrección de la retroversión femoral es la proximal; su técnica incluye procedimientos adicionales como fisiodesis temporal para corregir la deformidad del fémur distal y la utilización de clavo endomedular debido a las frecuentes fracturas de los segmentos regenerados. Adicionalmente, en la técnica con monolateral se prefiere la diáfisis proximal para los alargamientos y en la técnica con tutor de Ilizarov se prefiere la metáfisis distal.

Las deficiencias del presente reporte —estudio tipo serie de casos y escaso tamaño de la muestra— no permiten extender nuestra experiencia a recomendación para el manejo de esta patología; sin embargo, se discutirán a continuación los aspectos más relevantes de la técnica quirúrgica empleada.

El manejo de los tejidos blandos constituye una parte integral del alargamiento óseo: las tenotomías de los músculos periarticulares y la corrección de las contracturas ayudan a evitar complicaciones posteriores (1, 22).

Durante el alargamiento óseo, la persistencia de coxa vara más deformidad diafisaria generalmente en varo produce un desequilibrio mecánico de la cadera, especialmente en los aductores, facilitando la luxación de la misma. Este efecto podría estar potenciado por el grado de displasia presente (1, 15). Luego, es claro que alcanzar un ángulo centro-borde mayor a 20 grados y un índice acetabular y un ángulo cervico-diafisario normales permite iniciar una fase de alargamiento de manera segura para la cadera.

En nuestra experiencia encontramos que la utilización del fémur distal para realizar el alargamiento permite de manera práctica corregir la deformidad rotacional y el valgo, pero además se ajusta a la construcción del aparato Ilizarov y su ubicación en el muslo distal.

Se asume que una de las causas de la luxación de la rodilla durante el alargamiento es la insuficiencia del ligamento cruzado anterior, ya presente como componente de la deformidad (14). Adicional a la liberación de los tejidos blandos como manejo previo al alargamiento, la protección de la rodilla con artrodiastasis evitaría una sobrecarga mecánica sobre la misma. Para algunos autores, el efecto benéfico podría incluso extenderse al cartílago articular (23, 24, 25). Se pudieron observar pobres resultados funcionales en los dos primeros pacientes de la serie, cuando la rodilla no era tomada por la fijación de manera rutinaria. Los rangos de movilidad mejoraron de manera ostensible al establecer de manera rutinaria la extensión del fijador a la tibia, además de la artrodiastasis y una hidroterapia posterior al retiro del fijador.

La razón más importante por la cual se realizó un alargamiento adicional en las tibias de nuestros pacientes fue el hallazgo frecuente de acortamiento de las mismas (6, 8).

Las recomendaciones en cuanto a la longitud del alargamiento en la literatura son: limitar a 6 cm el alargamiento total del fémur o no sobrepasar el 20% de la longitud de la extremidad, lo cual disminuye el número de complicaciones para algunos autores (12, 13, 26, 27). La utilización de dos focos de alargamiento en diferentes segmentos acorta el tiempo de osteogénesis y disminuye la longitud para cada segmento, pero no reduce necesariamente el número de complicaciones, especialmente las relacionadas con la distracción de los tejidos blandos (23, 28, 29).

En cada uno de los casos se intentó sobreelongar la extremidad previendo la recidiva del acortamiento con el crecimiento. Al momento de la revisión, la discrepancia en contra del alargamiento se había presentado de manera mínima, lo cual sugiere que el alargamiento en la mayoría de los casos no altera de manera importante la velocidad de crecimiento de la extremidad elongada (30, 31). En algunos de nuestros casos se abre la posibilidad de una epifisiodesis del fémur contralateral como procedimiento menos complejo para finalizar el tratamiento.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en el manejo de la deficiencia femoral congénita mejoran conforme se adquiere experiencia. Se obtienen mejores resultados si la alineación de la extremidad y la corrección de las deformidades de la cadera se priorizan al alargamiento mismo. Se sugiere proteger la rodilla con artrodiastasis durante el alargamiento.

## Referencias bibliográficas

1. Paley D. Lengthening reconstruction surgery for congenital femoral deficiency. *The child with a limb deficiency*. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1998. p. 113-32.
2. Pappas A. Congenital abnormalities of the femur and related lower extremity malformations: classification and treatment. *J Pediatr Orthop* 1983; 3: 45.
3. Stanitski DF. Femoral deficiency rotational deformity in congenital hypoplasia of the femur. *J Pediatr Orthop* 1997; 17(4): 525-7.
4. Fixsen JA, Lloyd-Roberts GC. The natural history and early treatment of proximal femoral dysplasia. *J Bone Joint Surg Br* 1974; 56: 86-95.
5. Kalamchi A, Cowell HR, Kim KI. Congenital deficiency of the femur. *J Pediatr Orthop* 1985; 5(2): 129-34.
6. Koman L. Proximal femoral focal deficiency: a 50 year experience. *Dev Med Child Neurol* 1982; 24: 344.
7. Johansson E. Missing cruciate ligament in congenital short femur. *J Bone Joint Surg Am* 1983; 65: 1109.
8. Herring J. Tachdjian's pediatric orthopaedics. 4<sup>a</sup> ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2008. p. 2001.
9. Hamanishi C. Congenital short femur. Clinical, genetic and epidemiological comparison of the naturally occurring condition with that caused by thalidomide. *J Bone Joint Surg Br* 1980; 62: 307-20.
10. Jones K. Femoral hipoplasia – unusual facies syndrome. *Smitt's recognizable patterns of human malformation*. Philadelphia: WB Saunders; 1988. p. 268.
11. Aitken G. Proximal femoral focal deficiency: a congenital anomaly. *A symposium on proximal femoral focal deficiency*. Washington DC: National Academy of Sciences; 1969. p. 1.
12. Gillespie R. Classification and management of congenital abnormalities of the femur. *J Bone Joint Surg Br* 1983; 65(5): 557-68.
13. Aston WJ, Calder PR, Baker D, Hartley J, Hill RA. Lengthening of the congenital short femur using the Ilizarov technique. *J Bone Joint Surg Br* 2009; 91(7): 962-7.
14. Sanpera I Jr, Fixsen JA, Sparks LT, Hill RA. Knee in congenital short femur. *J Pediatr Orthop Br* 1995; 4: 159-63.
15. Bowen J, Kumar SJ, Orellana CA, Andreacchio A, Cardona JI. Factors leading to hip subluxation and dislocation in femoral lengthening of unilateral congenital short femur. *J Pediatr Orthop* 2001; 21(3): 354-9.
16. Catagni M, Malzev V, Kirienko A. *Advances in Ilizarov apparatus assembly. Fracture treatment, pseudoarthroses, lengthening and deformity correction*. Milano: Il quadrantino; 1998.
17. Paley D, Bhave A, Herzenberg JE, Bowen JR. Multiplier method for predicting limb-length discrepancy. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82: 1432-46.
18. Hosalkar HS, Jones S, Chowdhury M, Hartley J, Hill RA. Quadricepsplasty for knee stiffness after femoral lengthening in congenital short femur. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85: 261-4.
19. Stanitski DF, Bullard M, Armstrong P, Stanitski CL. Results of femoral lengthening using the Ilizarov technique. *J Pediatr Orthop* 1995; 15: 224-31.
20. Danziger MB, Kumar A, De Weese J. Fractures after femoral lengthening using the Ilizarov method. *J Pediatr Orthop* 1995; 15: 220-3.
21. Grill F, Dungal P. Lengthening for congenital short femur: results of different methods. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73: 439-47.
22. Glorion C. Femoral lengthening using the callotasis method: study of the complication in a series of 70 cases in children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 1996; 16: 161.
23. Stanitski DF. The effect of limb lengthening on articular cartilage: an experimental study. *Clin Orthop Relat Res* 1994: 68-72.
24. Stanitski DF. The effect of limb lengthening on knee articular cartilage: the role of apparatus extension across the joint. *J Pediatr Orthop* 1996; 16: 151.
25. Eldridge JC, Bell DF. Problems with substantial limb lengthening. *Orthop Clin North Am* 1991; 22: 625-31.
26. DeBastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L, Trivella G. Limb lengthening by callus distraction (callotasis). *J Pediatr Orthop* 1987; 7: 129-34.
27. Karger C, Guille JT, Bowen JR. Lengthening of congenital lower limb deficiencies. *Clin Orthop Relat Res* 1993; 291: 236-45.
28. Saleh M. Bifocal limb lengthening: a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 1993; 2: 42.
29. Simpsom A. The forces which develop in the tissues during leg lengthening: a clinical study. *J Bone Joint Surg Br* 1996; 78: 979.
30. Pouliquen J. La reprise de croissance après allongement progressif du membre inférieur chez l'enfant. *Chir pediatr* 1978; 19: 179-83.
31. Hope P. Bone growth following lengthening for congenital shortening of the lower limb. *J Pediatr Orthop* 1994; 14: 339-42.