

Elongación de miembros inferiores con fijador externo tipo Monotriax. Reporte de 50 casos

Tte. Cor. M.C. Guillermo **García-Pinto**,* Dr. David **Segura-Espinosa**,** Dr. Jesús Alfonso **Uscanga-Sánchez**,*** Tte. Cor. M.C. Armando **Morfín-Padilla******

Hospital Central Militar. Ciudad de México.

RESUMEN

Introducción. La diferencia significativa en la longitud de las extremidades inferiores es un problema ortopédico común que puede ser causado por muy diversas situaciones. En el pasado, la causa más común la producía la poliomielitis, la cual se ha erradicado. Actualmente, el acortamiento de las extremidades depende de anomalías congénitas, o la detención o estimulación del crecimiento de la fisis por traumatismo, enfermedad inflamatoria o infección.

Objetivo. Valorar la etiología y resultados de la elongación mediante callotaxis con un fijador monotubular tipo Monotriax.

Material y métodos. Se realizó un estudio retrospectivo, observacional y descriptivo, en las modalidades de serie de casos y estudio de registros médicos.

Resultados. Cincuenta pacientes con 51 elongaciones en el periodo de enero de 1999 a octubre de 2006, con un total de 48 elongaciones femorales (96%) y tres elongaciones tibiales (4%).

Las causas de acortamiento fueron muy variadas, predominantemente las adquiridas sobre las congénitas. La edad de los pacientes varió desde los ocho a los 35 años con una media de 16.37; la distancia total elongada en los pacientes varió desde 2.5 hasta 10 centímetros con una media de 4.6; lográndose la longitud planeada en 84% de los casos. El número total de complicaciones en estos 50 pacientes fue de 69 con un promedio de 1.3 complicaciones por cada paciente.

Conclusiones. Todas las variables estudiadas están acordes con estudios efectuados a nivel nacional e internacional.

Palabras clave: alargamiento óseo, placas de crecimiento, fijador externo monolateral.

Introducción

La diferencia en la longitud de las extremidades inferiores (anisomielia) es un problema pediátrico común, y la

Lower extremities lengthening with the Monotriax fixator

SUMMARY

Introduction. Leg length discrepancy is a common orthopedic problem, which could be produced by multiple etiologies. Poliomyelitis was most common cause of the longitude difference in the past; currently are the congenital anomalies or trauma, infection and inflammatory disease, on physis.

Objective. This study was made for looking the etiology and result and the elongation with the monotubular fixation (Monotriax).

Material and method. Is a retrospective, observational, descriptive, study based in cases and medical records.

Results. We have 50 patients with elongation from January 1999 to October 2006, 48 femoral elongations (96%) and three tibial elongations (4%).

The causes of the shortest were multiple. The age of the patients was from the 6 to 35 years old. Average was the 14.7 years. We achieve our goal in the 80% of the cases. We have 69 complications; this is a 1.3 complication for each patient.

Conclusions. Our results are according with world literature.

Key words: Bone lengthening, growth plate, monolateral external fixator.

prevalencia es alta en la población en general, pudiendo llegar hasta 70%;^{1,2} esta diferencia, cuando es importante, puede conducir a cambios degenerativos en las articulaciones de extremidades inferiores y columna lumbar,³⁻⁷ por

* Jefe del Departamento de Ortopedia del Hospital Central Militar. ** Médico de base Ortopedia y Traumatología HGZ-57 IMSS. *** Jefe del Departamento Ortopedia Pediátrica del Hospital del Niño Dr. Rodolfo Nieto Padrón, Villahermosa, Tabasco. **** Ortopedista del Hospital Militar Regional de Ensenada, Baja California.

Correspondencia:

Dr. Guillermo García-Pinto

Depto. de Ortopedia. Hospital Central Militar, Blvd. Manuel Ávila Camacho Esq. Ejército Nacional, Lomas de Sotelo. C.P. 11200, México, D.F.

Recibido: Septiembre 8, 2008.

Aceptado: Octubre 30, 2008.

lo que debe de tratarse. Como regla general, en un adolescente y adulto, la diferencia de longitud menor a un centímetro no es tratada porque el cuerpo humano es capaz de compensarlo mediante la basculación pélvica; la diferencia entre uno y dos centímetros es tratada mediante una evaluación en el zapato; y la mayoría de los autores recomiendan que la diferencia entre tres y 15 centímetros debe ser tratada con elongación ósea, una diferencia mayor a 15 cm se trata con amputación y aplicación de una ortesis. El diagnóstico se hace en forma clínica y se comprueba con una radiometría y en caso de sospechas angulares, con una telerradiografía como lo recomiendan Sabharwal y Terry,^{8,9} inclusive Leitzes¹⁰ demostró que este estudio es superior para medir la longitud de las extremidades inferiores, a la tomografía y a la resonancia magnética, el principal objetivo de igualar las extremidades por medio de cirugía es mejorar la calidad de vida, al mejorar la función, la marcha, la apariencia y la disminución de dolor o las molestias físicas que ocasiona dicha desigualdad.¹¹

En el pasado, la causa más común de la diferencia en la longitud de las extremidades era la poliomielitis, por fortuna esta enfermedad se ha erradicado por el amplio empleo de vacunación profiláctica. En el mundo actual, el acortamiento notable de las extremidades depende de anomalías congénitas, del desarrollo o la detención o estimulación del cartílago de crecimiento de los huesos largos; como ejemplo de detención tenemos, por una fractura, infección o tumoración que lesione directamente a la fisis; como ejemplos de estimulación tenemos procesos inflamatorios adyacentes a la fisis (como ocurre en la artritis reumatoide de la rodilla o la osteomielitis metafisiaria) que intensificará el riesgo sanguíneo a la lámina de crecimiento y estimulará este último, mismo hecho lo podemos observar cuando la consolidación de una fractura o la osteotomía de un hueso largo pueden producir hiperemia del cartílago de crecimiento. Entre las anomalías congénitas, tendremos un gran número de ejemplos como los son: fémur corto congénito, coxa vara, displasia fibrosa, encondromatosis, neurofibromatosis, etcétera.

El alargamiento óseo mediante la osteogénesis es una práctica contemporánea basada en los principios de Ilizarov,¹² y es una herramienta poderosa en ortopedia pediátrica para corregir alteraciones en la diferencia de longitud de las extremidades, estatura corta, deformidades axiales o una combinación de los factores anteriores.

Pero sabemos que esta técnica "... a pesar de ser realizada por un experto, es un trabajo difícil para el paciente, sus padres y aun el médico..."¹³ El principio básico del doctor Ilizarov se basa en el conocimiento biológico del hueso; observó que cuando un hueso sufre una fractura, la respuesta normal es la formación celular y de matriz ósea, fenómeno que los médicos conocemos como callo óseo. Dicho doctor tomó ese principio biológico y produjo una fractura artificial, mediante un corte en el hueso llamado osteotomía, preservando la circulación ósea y sujetando a dicho tejido a un estímulo de elongación, el hueso neoformado presentaba las

mismas características biológicas. Dicha elongación la obtuvo mediante un aparato metálico externo a través de clavos unidos a los extremos óseos adyacentes a la corticotomía y siempre y cuando la elongación del hueso no superara el milímetro diario, y el inicio de la distracción se iniciara cuando radiológicamente se observara un callo incipiente. El aparato que sirve para dichas elongaciones se conoce como fijador externo; Ilizarov promovió los circulares y desde los años 80 De Bastiani^{14,15} introduce los fijadores monolaterales, haciendo un sistema más sencillo y cómodo para el paciente, siendo más ligero, menos estorboso, usa tornillos cónicos que reducen la lesión de partes blandas. Para nuestra población escogimos un aparato tipo monoplanar, llamado Monotubo tipo Triax, que es muy similar al de De Bastiani, manteniendo las ventajas de este último. Es de hacer notar que esas elongaciones óseas, como todo procedimiento quirúrgico, no están exentas de complicaciones; la clasificación de dichas complicaciones actualmente usada¹⁶⁻²⁰ es la que está relacionada con:

1. Inherentes al fijador.
2. Alteraciones en el hueso formado.
3. Complicaciones en las articulaciones adyacentes.
4. Contracturas musculares.
5. Lesiones neurovasculares.
6. Alteraciones psicológicas.

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer los resultados y conclusiones de los pacientes operados por medio de la elongación ósea para tratar de corregir la diferencia de longitud de miembros inferiores en la población pediátrica.

Material y métodos

Se obtuvieron 57 pacientes pediátricos con 58 osteogénesis por distracción en el periodo de enero de 1999 a mayo de 2006 en el Hospital Central Militar. Se han continuado efectuado elongaciones, pero los clavos de Shanz ahora son recubiertos de hidroxiapatita, por lo que se excluyeron del estudio. Se revisaron los expedientes clínicos y radiológicos en forma retrospectiva. Se eliminaron siete pacientes por haberse perdido su seguimiento o tener incompletos los expedientes. Por lo que quedaron 50 pacientes con 51 elongaciones. Cuarenta y ocho elongaciones femorales (96%) y tres elongaciones tibiales (4%). En este apartado cabe hacer la observación que algunos pacientes presentaron padecimientos mixtos, con varias patologías; sin embargo, se tomó como la productora del acortamiento la enfermedad que se presentó a edad más temprana (*Figura 1*).

Se usó el método de Mosley^{4,21} para pronosticar el comportamiento de las discrepancias de ambos miembros inferiores. Se practicaron 51 cortes a nivel metafisiario mediante perforaciones múltiples y completadas con osteotomo delgado tratando de respetar al máximo la circulación endomedular y se seccionó con osteoclasia, cuando la corticoto-

mía se efectuaba en la tibia, siempre se acompañó de corticotomía del peroné, nunca se usó sierra eléctrica. Se usó el fijador tipo Monoplanar Monotriax Hisa Ortopedia que se colocó en la parte lateral de fémur o anterolateral de la tibia, dependiendo del paciente. Este alargador dinámico axial es un aparato hecho de aluminio, que permite dos tipos de dinamización, compresión y resorte ajustable; este último mecanismo permite ajustar la cantidad de compresión en el sitio del alargamiento. Estos tutores están divididos cromáticamente (azul, rojo y amarillo), usando el tutor de acuerdo con el peso del paciente y al hueso que se pretende alargar. Se usaron clavos de Schanz como medio de sujeción entre el tumor y el hueso del paciente, tres a la parte proximal a la osteotomía y otros tres distalmente. Como promedio, el alargamiento se inició a la semana de la osteotomía en niños menores de 10 años y a los 10 días en los adolescentes; iniciando con una elongación de 1 mm diario, la velocidad de elongación se fue ajustando a la eficiencia en la formación ósea (controlada con una radiografía a los 15 días de iniciada la elongación), a la fuerza de tensión de los tejidos blandos²² y a la tolerancia del paciente; este control radiológico se lleva a cabo porque una distracción muy rápida se acompaña de retardo en la consolidación²³ (Figura 2). En caso de existir alguna angulación previa a la elongación, se efectuaban osteotomías en cuña de un solo tiempo para corregir la deformidad. Se estimuló al paciente a cargar peso en forma temprana y movilizar sus articulaciones adyacentes para prevenir rigideces. El fijador se retiró cuando se encontraba la corticalización completa del segmento elongado.

El índice de alargamiento se calcula con el número de días con el fijador externo por centímetro de longitud de hueso neoformado, índice propuesto por De Bastiani.¹¹ El porcentaje de alargamiento se calculó dividiendo la cantidad de hueso neoformado, entre la longitud del hueso prealargado y multiplicado por 100%. Estudiamos la frecuencia de complicaciones, así como la necesidad de otros procedimientos quirúrgicos adicionales.

Resultados

La edad de los pacientes varió desde los ocho a los 15 años con una media de 13.37; con la siguiente distribución de frecuencias: de cinco a 10 años, cinco pacientes; de 11 a 15 años, 45 pacientes. El seguimiento fue de uno a cinco años, con un promedio de 2 y medio. La etiología del acortamiento fue congénita en 12 pacientes y adquirida en 48 (Cuadro 1).

El ritmo de distracción promedio fue de 1.1 mm por día, con valores que oscilaron entre 0.7 a 1.2 mm por día, haciendo notar que entre más corta edad, la velocidad de elongación es mayor.

La distancia total elongada en los pacientes varió desde 2.5 hasta 10 centímetros con una media de 4.1, con la siguiente distribución de frecuencias: 2.5 cm 12 pacientes, 3 cm 12, 3.5 cm seis pacientes, 4 cm cinco pacientes, 4.5 cm cinco pacientes, 6 cm cuatro pacientes, 7 cm cuatro pacien-

tes, 8 cm dos pacientes y 10 cm un paciente; llegándose a lograr la longitud planeada en 84% de los casos. Con un índice de alargamiento de 49 ± 14.0 días/cm elongado (rango de 14 a 80). El porcentaje de alargamiento fue de 6 ± 4, con un rango de 2.5 a 10.5.

El número total de complicaciones en estos 50 pacientes fue de 66 con un promedio de 1.3 complicaciones por cada paciente, que se reportan en el cuadro 2.

Discusión

Desde que se empezaron a usar los fijadores externos se ha establecido que el éxito o falla en el alargamiento de una extremidad está dado por la cantidad y calidad del segmento elongado y porque las complicaciones que sean de poca cantidad y que son de esperarse, tanto durante o después de



Figura 1. Paciente con secuelas de artritis séptica de cadera izquierda.

Cuadro 1. Etiología de los acortamientos óseos.

Congénita	
Displasia del desarrollo de la cadera	3
Artrogriposis	2
Hemihipertrofia corporal	2
Fémur congénito corto	2
Encondromatosis múltiple	2
Deficiencia femoral proximal de fémur	
Adquirida	
Artritis reumatoide juvenil	3
Artritis séptica de cadera	4
Artritis séptica de rodilla	3
Osteomielitis femoral	5
Secuelas de fracturas femorales	10
Secuelas de fracturas tibiales	3
Necrosis avascular de la cabeza femoral	3
Deslizamiento de la cabeza femoral	4
Raquitismo resistente vitamina D	2
Osteoma osteoide	1

Cuadro 2. Complicaciones en el procedimiento de elongación ósea.

Lesiones neurovasculares	
Hipertensión arterial	1
Lesión de nervios periféricos	0
Relacionadas al fijador	
Aflojamiento del elongador	4
Infección de partes blandas	16
Osteólisis	12
Inherentes al hueso formado	
Pseudoartrosis	2
Angulación del segmento alargado	3
Fractura del segmento alargado	3
Cierre prematuro de la osteotomía	1
Corticotomía insuficiente	2
Contracturas musculares	20
Articulaciones adyacentes (pérdida arco de movimiento)	2
Alteraciones psicológicas	0

dicho proceso.¹⁷ Aunque otros autores promueven que el índice de corticalización o maduración es el parámetro más confiable.^{11,24-27}

Se observa que el monotubo Triax es confiable. Se presentó un aflojamiento del mismo en 8%, porcentaje que cae dentro del promedio de los reportado, pues otros autores han tenido cifras desde 3 a 30%,²⁸⁻³⁰ aunque este aflojamiento va de acuerdo con el tipo de elongador usado y al porcentaje del hueso alargado, porque cuando se elonga menos de 25% del hueso, se obtienen porcentajes bajos, pero cuando se trata de alargar más de 40% de la longitud del hueso, se presenta esta complicación de este tipo hasta en una tercera parte de los pacientes.³⁰ Esta eventualidad se corrige en la Consulta Externa, sólo cambiando la rótula que une al monotubo con los clavos de Schanz.

Hablando sobre otra parte del sistema, que son los clavos de Schanz, podemos observar que a la hora del retirar el fijador existía una osteólisis –un aflojamiento entre el hueso y el clavo– en una cuarta parte de nuestros pacientes y que fue evaluada con la clasificación radiológica de McAndrew,³¹ que también está dentro del promedio, porque autores como René Ochoa²⁶ tienen un porcentaje bajo (6%), mientras que Caja³² encontró tal problema en 95%, por lo que este mismo autor recomienda que para disminuir en una forma significativa tal problema deberán usarse clavos recubiertos de hidroxiapatita, recomendación que evaluaremos en un futuro, pues aunque se gane en adherencia ósea y estabilidad del sistema, se incrementa el costo de manera importante. La infección en los tejidos blandos alrededor de los clavos (celulitis) es la complicación más frecuente en todos los estudios, en nuestra casuística, lo observamos en 16 pacientes, lo que representa 32%, aunque el porcentaje encontrado en la literatura es muy disímulo, pues algunos autores reportan un porcentaje bajo como Galleen que reporta 4.5%³³ y Stephens 60%,³⁴ dicho problema requiere el uso de antibióticos por vía oral y en casos en donde se sospeche que la infección es más profunda el antibiótico será por vía intravenosa. No tuvimos ningún paciente con osteomielitis.

La pseudoartrosis –la falta de unión en la corticotomía efectuada– en fémur la vimos en dos pacientes, lo que significa 4%, el cual es un buen dato porque otros autores^{6,19,28,34,35} han reportado porcentajes alrededor de 10%. Esta complicación puede disminuirse y aun acortar el tiempo del uso del fijador al agregar cultivo expandido de células de médula ósea y plasma enriquecido en plaquetas, colocados directamente en la zona elongada como lo practica Kitoh³⁶ o con el uso de bifosfonatos, los cuales reducen el catabolismo óseo.³⁷

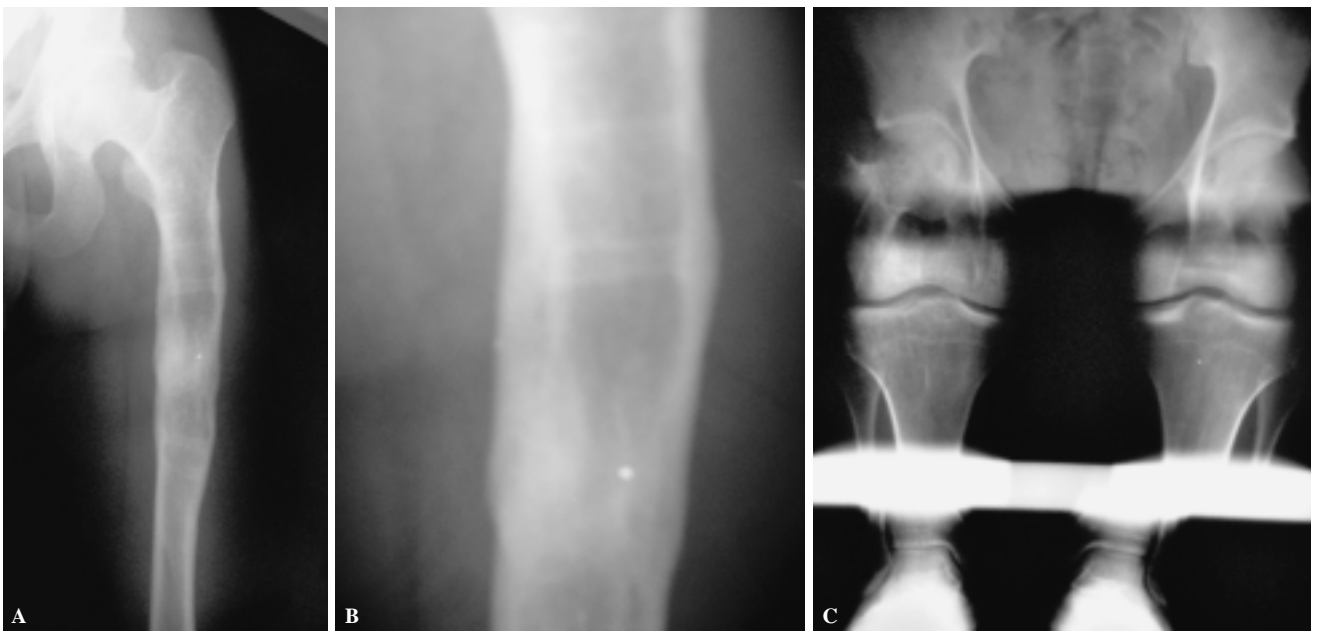
**Figura 2.** (A, B, C) Resultado radiológico final.



Figura 3. Paciente con secuelas de artritis séptica de cadera izquierda. Vista de las extremidades.

La angulación del segmento formado la observamos en tres pacientes, que representa 6%, cifra que está de acuerdo con autores como Ochoa,²⁶ Márquez²⁶ y Antoci;³⁰ aunque otros autores tiene porcentajes que oscilan entre 8 a 33%.^{6,7,28,38} Sólo un paciente ameritó la colocación de un clavo centromedular para corregir dicha angulación (*Figuras 1 y 3*).

En cuanto a la fractura del segmento elongado tenemos tres pacientes que representan 6%, porcentaje que va de acuerdo con la literatura nacional, pues Márquez reporta sólo 1.5% y Harb⁴⁴ reporta 9%. Dichas fracturas también se corrigieron, en un paciente la fractura se corrigió con un yeso pervimonopodálico y en dos pacientes ameritaron clavos centromedulares.

El cierre prematuro de la osteotomía es cuando el hueso fractura forma un callo tan fuerte que impide la elongación, en dicha complicación tuvimos un solo paciente, lo que significa 2%, porcentaje similar al reportado por otros autores.^{19,30}

En cuanto la corticotomía insuficiente, es decir, el corte al hueso que permitirá la elongación, tuvimos dos pacientes, que son 4% de los casos, resultado ligeramente alto comparado con Ochoa y Antochi.^{19,30}

Afortunadamente en ninguno de nuestros pacientes tuvieron lesiones nerviosas. Y varios autores han descrito que esta complicación se presenta desde 3 a 14% de los casos y

que varía desde lesiones transitorias como neuropraxia, hasta la ausencia total de la función.^{1,6,28,39}

La prevalencia de hipertensión arterial en nuestro estudio fue de 2%, compatible con otros estudios, como el de Ochoa,³⁷ pero también, este problema se observa con más frecuencia entre más largos sea el segmento de alargar.³⁰ La hipertensión fue transitoria y bajó a cifras normales cuando se disminuyó la velocidad de elongación.

Otra de las complicaciones son las contracturas musculares, que en nuestro estudio se encontraron en 20 pacientes, lo que significa 40% de los casos; también este porcentaje está de acuerdo con la literatura mundial,^{40,41} el cual reporta 47%, hay autores²⁹ que las tuvieron en poca cantidad como 5% y otros lo encontraron en todos sus pacientes.⁷ Este porcentaje disminuye en forma considerable en el caso de los acondroplásicos, ya que encontramos alrededor de 8%, por la laxitud de sus tejidos blandos⁴² o también pudiera estar en relación con la capacidad distinta de la sarcomerogénesis,⁴³ pues los padecimientos congénitos desarrollan más contracturas que los traumáticos. Aunque otros autores⁴⁰⁻⁴² y nosotros no usamos el método de Vilarrubias,^{35,44} que aconseja efectuar tenotomías percutáneas si uno proyecta alargar más de 15% de la longitud total de hueso a operar. Hay que hacer notar que las contracturas musculares son transitorias, y desaparecen varios meses después ya sea espontáneamente o con fisioterapia.

La rodilla perdió aproximadamente 20 grados de flexión en dos de nuestros pacientes, en uno de ellos en forma permanente y el otro se recuperó con fisioterapia (*Figura 4*). Estos hallazgos son muy similares a los encontrados por otros autores^{19,28,30} aunque otros autores reportan porcentajes tan altos como 36%.³⁹

Conclusiones

Es evidente que hay discrepancias en los porcentajes reportados en la literatura mundial con respecto a cada una de las complicaciones aisladas para el procedimiento de elongación de miembros inferiores con fijador externo tipo Monotriax, lo que es comprensible si tomamos en cuenta el hecho de que los universos estudiados por cada uno de los centros hospitalarios alrededor del mundo difieren en muchas de las características de estas poblaciones como son la edad en la que se practican las elongaciones, las causas primarias del acortamiento que son la indicación para el procedimiento, lo que condiciona diferencias en las características del hueso por alargar, y las condiciones socioeconómicas del paciente y el acceso que pueden tener al medio hospitalario durante el periodo postoperatorio de elongación, sólo por citar algunos factores.

Es necesario llegar al entendimiento de que este procedimiento tiene una morbilidad alta, y aceptar, como se reporta universalmente, que incluso cuando todo va bien el paciente debe estar preparado para un periodo largo de incapacidad, para dejar temporalmente muchas de las actividades de la vida diaria, evitar las actividades físicas vigorosas e in-



Figura 4. (A, B) Resultado clínico final.

cluso para afrontar la posibilidad de alteraciones de tipo psicológico, por lo que es importante también el apoyo de los padres.

Se hace hincapié en que el reporte del índice de complicaciones es similar al reportado en la literatura mundial. Pero que al final la satisfacción del paciente al observar sus extremidades simétricas sobrepasa todas las dificultades.

Referencias

1. Subotnick S. Limb length discrepancies of the lower extremity (the short leg syndrome). *J Orthop Sports Phys Ther* 1981; 3: 11-5.
2. Woerman A, Binder-MacLeod SA. Leg length discrepancy assessment: accuracy and precision in five clinical methods of evaluation. *J Orthop Sports Phys Ther* 1984; 5: 230-8.
3. Shapiro F. *Pediatric Orthopedic Deformities. Basic Science, Diagnosis, and Treatment.* San Diego: AAOS Academic Press; 2001.
4. Moseley CF. Leg length discrepancy. In: Morris RT, Weinstein SL (eds.). *Lowell and Winter's Pediatric Orthopaedics.* Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins; 2001, p. 1106-45.
5. Paley D. *Principles of deformity of correction.* Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2002.
6. Iñárritu CA, Díaz RA, Zapata R, Franco CR. Elongaciones óseas. Informe de 14 casos. *Rev Mex Ortop Traumatol* 1989; 3(4): 94-7.
7. Sierra MO. Tratamiento de las discrepancias de miembros inferiores por secuelas de poliomielitis, mediante fijadores externos. *Rev Mex Ortop Traumatol* 1992; 6(2): 47-50.
8. Sabharwal S, Zhao C, McKeon J, Melaghari T, Blacksin M, Wencor C. Reliability analysis for radiographic measurement of limb length discrepancy: Full-length standigns anteroposterior radiograph versus scanogram. *J Pediatric Orthopedic* 2007; 27(1): 46-50.
9. Terry MA, Winell JJ, Green DW, Schneider R, Peterson M, Marx RG, Widmann RF. Measurement variance in limb length discrepancy: clinical and radiographic assessment of interobserver and intraobserver variability. *J Pediatric Orthopedic* 2005; 25(2): 197-201.
10. Leitzes A, Potter HG, Amaral T, Marx RG, Lyman S, Widmann RF. Reliability and accuracy of MRI scanogram in the evaluation of limb length discrepancy. *J Pediatric Orthopedic* 2005; 25(6): 747-9.
11. Vitale MA, Choe JC, Sisko A, Hyman J, Lee FY, Roye DPJr, Vitale MG. The effect of limb length discrepancy of health-related quality of life: is the '2 cm rule' appropriate? *J Pediatric Orthopedic B* 2006; 15(1): 1-5.
12. Ilizarov GA. Operative elongation of the leg with simultaneous correction of the deformities. *Orthop Traumatol Protez* 1969; 30: 32-7.
13. Stanitski D. Limb lengthening for stature: a second opinion. *J Pediatric Orthopedic* 2005; 25(3): 409-10.
14. De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L. Dynamic axial fixation. A rational alternative for the external fixation of fractures. *International Orthopedics (SICOT)* 1986; 10: 95-9.
15. De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L, Trivella G. Limb lengthening by callus distraction (callotaxis). *J Pediatric Orthop* 1987; 7: 129-34.
16. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop* 1990; 250: 81-104.
17. Eldridge JC, Bell DF. Problems with substantial limb lengthening. *Orthop Clin North Am* 1991; 22: 625-31.
18. Saleh M, Scott BW. Pitfalls and complications in leg lengthening: the Sheffield experience. *Sem Orthop* 1992; 7: 207-22.
19. Aquerreta JD, Forriol F, Canadel J. Complications of bone lengthening. *Int Orthop* 1994; 18: 299-303.
20. Dahl MT, Gilli B, Berg T. Complications of limb lengthening. A learning curve. *Clin Orthop* 1994; 301: 10-18.
21. Moseley Colin. Is it safe to use chronological age in leg length discrepancy? *J Pediatric Orthopedic* 2005; 25(3): 408-9.
22. Wang Hai-Aiang, Li Ming-quan, Wu Zi-xiang, Zhao Li. The deep fascia in response to leg lengthening with particular reference to the tension-stress principle. *J Pediatric Orthop* 2007; 27(1): 41-5.
23. Walker JL, Battibugli S. Bone regeneration in limb lengthening. *Current Opinion Orthop* 2006; 17(6): 521-5.
24. Abbot LC. The operative lengthening of the tibia and fibula. *J Bone Joing Surg* 1927; 9: 128-52.
25. Aldegheri R, Renzu-Brivio L, Agonstini S. The callotaxis method of limb lengthening. *Clin Orthop* 1989; 128-36.
26. Ochoa R, Casis N. Alargamientos con el aparato de Debastiani en pacientes con secuelas poliomielíticas. *Rev Mex Ortop Traum* 1994; 8(6): 316-25.
27. Price CT, Cole JD. Limb lengthening by callotaxis for children and adolescents. *Clin Orthop* 1990; 250: 105-11.
28. Cassus-Zacarias N, Lora-Martínez M, Escandón PJ. Experiencia del Hospital Shriners para niños lisiados. Unidad de México, en alargamientos óseos de extremidades inferiores con el método Wagner. *Rev Mex Ortop Traum* 1992; 6(1): 10-15.
29. Márquez-Náfate JL, Madnaveitia-Velázquez JA, Hernández-Salcedo H, Alvarado-Soriano JC. Análisis de 120 casos de alargamiento óseo en diferentes segmentos, trabajo institucional. *Rev Mex Orto Trauma* 2002; 16(2): 62-9.
30. Antoci V, Ono CM, Antoc V, Jr Raney. Bone lengthening in children. How to predict the complications rate and complexity? *J Pediatric Orthop* 2006; 6(5): 634-40.
31. McAndrew AR, Saleh M, Ringby A, Donnan L. The radiographic classifications of the bone-screw interface in paediatric tibial lengthening. *J Pediatric Orthop* 2007; 16(5): 305-11.

32. Caja VL, Pizá G, Navarro A. Hidroxiapatite coating of external fixation pins to decrease axial deformity during tibial lengthening for short stature. *J Bone Joint Surg* 2003; 85-A(8): 1527-31.
33. Gallien R. Femoral and tibial lengthening by the Wagner method. *J Pediatric Orthop B* 2006; 15(3): 202-9.
34. Stephens DC. Femoral and tibial lengthening. *J Pediatr Orthop* 1983; 3: 424-30.
35. Vilarrubias JM, Ginebreda I, Jimeno E. Lengthening of the lower limbs and correction of lumbar hyperlordosis in achondroplasia. *Clin Orthop* 1990; 143-9.
36. Kitoh H, Kitakoji T, Tsuchiya H, Katoh M, Ishiguro N. Distraction osteogenesis of the lower extremities in patients with acondroplasia/hypochondroplasia treated with transplantation of culture-expanded bone marrow and platelet-rich plasma. *J Pediatric Orthop* 2007; 27(6): 629-634.
37. Kiely P, Ward K, Bellemore CM, Briody J, Cowell CT, Little DG. Bisphosphonate rescue in distraction osteogenesis. A case series. *J Pediatric Orthop* 2007; 27(4): 467-71.
38. Harb-Peña EJ. La elongación ósea, un premio a la paciencia. *Rev Mex Ortop Traum* 1988; 12(3): 234-9.
39. Ochoa-Cázares R, Cassis-Zacarias N, Galván-Lizárraga R, Harfush-Nasser A. Tratamiento de discrepancias en miembros inferiores con el método de Ilizarov. *Rev Mex Orto Trauma* 1992; 6(1): 14-17.
40. Stanitski DF, Bullard M, Armstrong P, Stanitski CL. Results of femoral lengthening using the Ilizarov technique. *J Pediatr Orthop* 1995; 15: 224-31.
41. Barker KL, Shortt NL, Simpson HR. Predicting the loss of knee flexion during limb lengthening using inherent muscle length. *J Pediatr Orthop B* 2006; 15(6): 404-7.
42. Herzenberg JE, Scheufele LL, Paley D, Bechtel R, Tepper S. Knee range of motion in isolated femoral lengthening. *Clin Orthop Relat Res* 1994; 301: 49-54.
43. Boakes JL, Foran J, Ward SR, Lieber RL. Muscle adaptation by serial sarcomere addition 1 year after femoral lengthening. *Clin Orthop Relat Res* 2007; 456: 250-3.
44. Vilarrubias JM, Ginebreda I, Fernandez Fairen M. 500 cases of lower limb lengthening using a personal technique in achondroplasia. *Acta Orthop Belg* 1988; 54: 384-90.

