

Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología

www.elsevier.es/rot



ORIGINAL

Tratamiento de la escoliosis juvenil: aumentar el tiempo entre alargamientos con la técnica de barras de crecimiento no debe comprometer necesariamente el crecimiento torácico



J. Pizones^{a,*}, T. Rodríguez-López^b, L. Zúñiga^a, F. Sánchez-Mariscal^a,
P. Álvarez-González^a y E. Izquierdo^a

^a Unidad de Columna, Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Universitario de Getafe, Madrid, España

^b TR Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Universitario de Marqués de Valdecilla, Santander, España

Recibido el 16 de febrero de 2014; aceptado el 26 de marzo de 2014

Disponible en Internet el 22 de mayo de 2014

PALABRAS CLAVE

Barras de crecimiento;
Escoliosis juvenil;
Crecimiento longitudinal torácico;
Técnicas de no fusión;
Cirugía de escoliosis

Resumen

Objetivo: Evaluar el crecimiento longitudinal del tórax y el control de la deformidad en una serie de pacientes con escoliosis juvenil tratados con barras de crecimiento aumentando los intervalos de tiempo entre alargamientos más de seis meses.

Material y métodos: Estudio retrospectivo de ocho pacientes midiendo las siguientes variables: el ángulo de Cobb, la traslación vertebral apical, el balance coronal, la longitud torácica T1-L1, la cifosis torácica T5-T12, el ángulo de cifosis de unión proximal (CUP) y la lordosis lumbar. Se registraron las complicaciones.

Resultados: Se evaluaron cinco escoliosis idiopáticas y tres casos de sindrómica (media de edad $9,4 \pm 1,5$ años). Se realizó una cirugía inicial y un promedio de dos retensados por paciente. El tiempo medio entre retensados fue de 15,7 meses. La corrección coronal final de la curva principal fue del 58%. La longitud torácica (T1-L1) preoperatoria fue de 20,8 cm, postoperatoria de 24,4 cm, y final de 26 cm. Al final del seguimiento el crecimiento medio del tórax fue de 5,2 cm. La cifosis preoperatoria (T5-T12) fue $33,5^\circ$, y final $32,1^\circ$. El cambio en el ángulo CUP fue de $2,5^\circ$ en el seguimiento final. La mayoría de las complicaciones estuvieron relacionadas con la instrumentación. Se encontraron dos infecciones superficiales de la herida.

Conclusión: En pacientes con escoliosis juvenil en formas «menos graves» tratados mediante barras de crecimiento, es posible espaciar los alargamientos más de un año y con ello disminuir el número de cirugías y al mismo tiempo controlar la deformidad y permitir el crecimiento longitudinal torácico.

© 2014 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: javierpizones@gmail.com (J. Pizones).

KEYWORDS

Growing rods;
Juvenile scoliosis;
Longitudinal thoracic
growth;
Non-fusion
techniques;
Scoliosis surgery

Treatment of juvenile scoliosis: Increasing the lengthening interval with the growing rod technique should not necessarily compromise thoracic growth

Abstract

Objective: Serial lengthening with growing rods is recommended every six months for the treatment of early onset scoliosis. The objective of this study was to evaluate the longitudinal growth of the thorax and control of the deformity in a series of patients with juvenile scoliosis when time intervals were increased between lengthenings.

Material and methods: Retrospective study of eight patients. The following variables were measured: the Cobb angle, the apical vertebral translation, the coronal balance, thoracic T1-L1 length, thoracic T5-T12 kyphosis, the proximal junctional kyphosis (PJK) angle, and the lumbar lordosis. Complications were recorded.

Results: Five idiopathic and three syndromic scoliosis cases (mean age 9.4 ± 1.5 years) were evaluated. The initial surgery was followed by with an average of two distractions per patient. The mean time between distractions was 15.7 months. The final coronal main curve correction was 58%. Apical translation and coronal balance were improved and maintained after the surgeries. The thoracic (T1-L1) preoperative length was 20.8 cm, the postoperative length was 24.4 cm, and the final length was 26 cm. At the end of follow-up, the average growth of the thorax was 5.2 cm. The preoperative (T5-T12) kyphosis was 33.5° , and final 32.1° . The change in the PJK angle was 2.5° at the end of follow-up. Most complications were related to instrumentation. Two superficial wound infections were encountered.

Conclusion: For less severe juvenile scoliosis patients treated with growing rods, spacing out lengthenings over more than a year can decrease the number of surgeries, while still controlling the deformity and allowing longitudinal thoracic growth.

© 2014 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

El objetivo en el manejo de la deformidad espinal en pacientes inmaduros, es retrasar la fusión final tanto como sea posible¹. Para controlar la escoliosis de aparición precoz en estos pacientes, se han propuesto varias técnicas de preservación de crecimiento². Estos métodos varían desde los yesos y ortesis hasta las técnicas quirúrgicas sin fusión, que permiten la corrección de la deformidad, preservando el crecimiento vertebral y de la caja torácica, y la maduración pulmonar, que tiene lugar principalmente durante los primeros ocho años de vida³.

Las barras de crecimiento son una de las opciones de tratamiento⁴. Con sólidos anclajes proximales y distales, se permite el alargamiento mediante cirugías consecutivas que aplican distracción a través de los conectores que unen las barras. Se requieren alargamientos frecuentes para evitar la fusión articular secundaria a la inmovilización que produce la instrumentación y para permitir el crecimiento de la columna⁵. El intervalo más comúnmente recomendado entre distracciones es de 6 meses⁶⁻⁸. Sin embargo, esta técnica obliga a los pacientes a someterse a intervenciones quirúrgicas repetidas que conducen a posibles complicaciones, como infecciones de repetición, dehiscencia de la herida, cicatrices inaceptables y consecuencias psicológicas negativas^{9,10}.

Este método está siendo aplicado en el tratamiento de la escoliosis de aparición precoz, y sus resultados ya han sido publicados en pacientes de entre 4-6 años^{4,8,11,12}, edad donde el crecimiento se encuentra en una fase acelerada³.

Sin embargo, existe escasa literatura sobre pacientes inmaduros «mayores», con edades comprendidas entre los 5 y los 10 años, período considerado como escoliosis juvenil. Aunque en esta fase hay una desaceleración en el crecimiento torácico³, los pacientes con una curvatura importante de la columna todavía pueden beneficiarse de las técnicas de no fusión para ayudar en las últimas etapas del crecimiento torácico y del desarrollo pulmonar.

En el presente estudio, se analizó el uso de las barras de crecimiento en pacientes con escoliosis juvenil para el control de la deformidad preservando el crecimiento espinal. La hipótesis del trabajo se basa en que, debido a una menor velocidad de crecimiento de la columna y la caja torácica, y del desarrollo pulmonar en esta fase, estos pacientes podrían beneficiarse de espaciar la frecuencia de las distracciones. Este hecho podría reducir la tasa de las complicaciones potenciales publicadas sin repercutir de manera importante en el crecimiento torácico. El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento longitudinal del tórax y el control de la deformidad en una serie de pacientes con escoliosis juvenil tratados mediante barras de crecimiento si se aumentan los intervalos de tiempo entre alargamientos.

Material y métodos

Se revisaron de manera retrospectiva las historias clínicas de los niños con escoliosis juvenil tratados de manera consecutiva mediante barras de crecimiento por un mismo cirujano en un único hospital. Los pacientes incluidos en el estudio

fueron pacientes con escoliosis en edad juvenil (pacientes inmaduros «mayores» entre 5 y 10 años de edad, pero aún con un signo de Risser 0 y el cartílago trirradiado abierto), tratados mediante barras de crecimiento, con elongaciones seriadas espaciadas más de seis meses y seguidos durante al menos 2 años. Se excluyeron los pacientes que fueron sometidos a otras técnicas de no fusión, los tratados con barras de crecimiento con menos de 2 alargamientos o con frecuencia de alargamientos menor de seis meses de diferencia, o los sometidos a revisiones quirúrgicas (cirugías no primarias). Todos los padres firmaron el consentimiento informado y estaban al tanto del estudio clínico, que siguió a la declaración de principios de Helsinki.

Todos los pacientes fueron tratados por abordaje único posterior y la técnica de barras de crecimiento descrito por Akbarnia et al.⁴. El alargamiento de la instrumentación no se realizó cada seis meses como se recomienda, en un intento de evitar las complicaciones derivadas de cirugías repetidas. La decisión de cuándo distraer la instrumentación dependía exclusivamente de progresión de la curva, la descompensación coronal o sagital, o la evidencia clínica de empeoramiento de la deformidad durante el seguimiento clínico.

Se analizaron las radiografías frontal y sagital antes de la cirugía inicial, antes y después de cada alargamiento, y al final del seguimiento. Se midieron las siguientes variables: el ángulo de Cobb coronal de la curva principal; la traslación vertebral apical (como la distancia en centímetros desde la línea vertical central sacra hasta el ápice de la curva principal); el equilibrio coronal; la longitud T1-T12 torácica (utilizada para calcular el crecimiento de la columna torácica durante el curso del tratamiento); la cifosis torácica-T5-T12; el ángulo de cifosis de la unión proximal (CUP), y la lordosis lumbar. Se registraron todas las complicaciones.

La estadística descriptiva se presenta utilizando el programa SPSS (versión 11.5, SAS Institute Inc, Cary, NC, EE. UU.). Se muestran las medias junto a las desviaciones estándar o los rangos.

Resultados

Ocho pacientes cumplieron los criterios de inclusión. La edad media de la primera cirugía fue de $9,4 \pm 1,5$ años (rango de 6,5 a 11 años). Todos tenían Risser 0 y cartílago trirradiado abierto antes de la cirugía inicial. Cuatro varones y cuatro mujeres. Cinco pacientes tenían escoliosis idiopática (62,5%), y tres tenían escoliosis sindrómica (37,5%): un síndrome de Klippel-Trenaunay, un síndrome de Sotos, y una miopatía nemalínica. Cinco pacientes presentaron una única curva torácica y tres tenían doble curva principal. Seis pacientes presentaron curvas torácicas derechas, y dos pacientes tenían una curva principal torácica izquierda.

Todos los pacientes fueron tratados por abordaje único posterior y la técnica de barras de crecimiento descrito por Akbarnia et al.⁴. Dos pacientes fueron tratados con barras unilaterales, y el resto con las barras de crecimiento bilateral. La media de niveles instrumentados fue de $12,4 \pm 3,1$. El tiempo medio entre distracciones fue de 15,7 meses (rango 7-36), con un promedio de dos retensados por paciente. El tiempo medio transcurrido entre la cirugía inicial y el

primer alargamiento fue de $17,4 \pm 10,1$ meses y el tiempo medio desde el primer al segundo alargamiento fue de $14 \pm 4,6$ meses. Se realizaron un total de cuatro fusiones definitivas. El período medio de seguimiento fue de 78 meses (rango 30-180).

La media del ángulo de Cobb coronal de la curva principal preoperatoria, postoperatoria y al final del seguimiento fue $56,5^\circ \pm 8,1^\circ$; $24,7^\circ \pm 12,7^\circ$ y $23,7^\circ \pm 12,8^\circ$, respectivamente. La corrección final media fue del 58%. En promedio, se perdieron $16,8^\circ$ antes de la primera elongación y $11,5^\circ$ antes de la segunda elongación. La traslación apical media preoperatoria fue de $4,8 \pm 2,8$ cm y final de $1,9 \pm 0,5$ cm. El equilibrio coronal medio preoperatorio fue de $1,8 \pm 2,2$ cm, y final fue $1 \pm 1,2$ cm.

La longitud torácica (T1-T12) media preoperatoria, postoperatoria, y al final de seguimiento fueron $20,8 \pm 4,6$ cm, $24,4 \pm 4,0$ cm y 26 ± 4 cm, respectivamente. La cirugía inicial elonga la longitud torácica $3,5 \pm 1,6$ cm, el primer alargamiento $3 \pm 2,1$ cm y el segundo alargamiento $2,6 \pm 1,1$ cm, perdiendo un promedio de 1,5 cm entre los alargamientos. Al final del seguimiento, el crecimiento promedio del tórax fue de 5,2 cm.

La cifosis (T5-T12) media preoperatoria, postoperatoria y final fue $33,5^\circ \pm 15^\circ$, $23,4^\circ \pm 11,8^\circ$ y $32,1^\circ \pm 14,6^\circ$, respectivamente. Se corrigió una media de 10° en la primera cirugía; $5,3^\circ$ en la segunda cirugía; y 4° en la tercera cirugía. Corrigiendo un promedio de $6,4^\circ$ con cada alargamiento, perdiendo un promedio de 5° entre alargamientos.

La CUP media inicial fue de $7,7^\circ \pm 8,8^\circ$, y la media final fue de $10,1^\circ \pm 7,9^\circ$. El cambio en el ángulo CUP fue de $2,5^\circ$ al final de seguimiento.

La lordosis lumbar preoperatoria fue $47,5^\circ \pm 7,4^\circ$, final de $44,7^\circ \pm 10,3^\circ$.

Los resultados se muestran en la [tabla 1](#).

Se produjeron varias complicaciones relacionadas con la instrumentación. En los dos pacientes tratados con barras unilaterales, las barras se rompieron y fueron reemplazadas por barras bilaterales. Un paciente sufrió un desanclaje de ganchos proximales necesitando la extensión a un nivel proximal. Un paciente presentó un adding-on distal ([fig. 1](#)), precisando bajar hasta el nivel distal neutro con la fusión definitiva. Solo dos pacientes tuvieron una infección superficial de la herida y fueron tratados con éxito con antibióticos y tratamiento conservador. No hubo infección profunda de la herida, ni dehiscencias, o casos con cicatriz inaceptable.

Discusión

Tanto el desarrollo pulmonar como el crecimiento de la columna y la caja torácica se produce fundamentalmente en los primeros 8 años de vida, así la deformidad torácica puede afectar a la maduración pulmonar y a la formación de la caja torácica^{3,13}. La escoliosis de aparición precoz ha demostrado inhibir el desarrollo del tejido pulmonar y alveolar, lo que puede conducir al síndrome de insuficiencia torácica¹⁴. La fusión espinal precoz en estos pacientes disminuye la altura de la columna torácica, que se correlaciona con la disminución de la capacidad vital forzada¹.

El crecimiento es una sucesión de fases de aceleración y desaceleración que comprende tres periodos. En un niño sano, el crecimiento de la columna longitudi-

Tabla 1 Resultados quirúrgicos

	Preoperatorio	Postoperatorio	Final de seguimiento
Ángulo de Cobb	56,5° ± 8,1	24,7° ± 12,7	23,7° ± 12,8
Traslación apical vertebral	4,8 ± 2,8 cm	2,1 ± 1,2 cm	1,9 ± 0,5 cm
Balance coronal	1,8 ± 2,2 cm	0,8 ± 0,92 cm	1 ± 1,2 cm
Longitud T1-T12	20,8 ± 4,6 cm	24,4 ± 4,0 cm	26 ± 4 cm
Cifosis T5-T12	33,5° ± 15	23,4° ± 11,8	32,1° ± 14,6
Cifosis de unión proximal	7,7° ± 8,8	9,1° ± 8,5	10,1° ± 7,9
Lordosis lumbar	47,5° ± 7,4	40,4° ± 15,4	44,7° ± 10,3

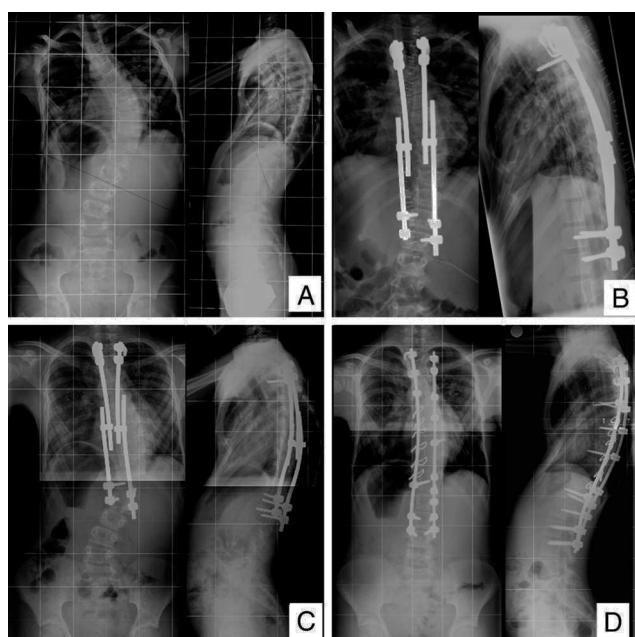


Figura 1 A) Niño de 9,8 años de edad con escoliosis idiopática y pectus excavatum con restricción pulmonar grave. Presentaba una escoliosis torácica derecha progresiva de 64°, una longitud T1-L1 de 19 cm, e inmadurez esquelética. B) Se sometió a barras de crecimiento bilateral con un 53% de corrección coronal inicial. Primera elongación tras 14 meses, el segundo alargamiento después de 8 meses. C) La radiografía de control antes de la fusión definitiva, muestra la progresión de la curva y un fenómeno de adding-on distal. D) Dos años después de la fusión posterior definitiva con corrección coronal final de 75%, una longitud final T1-L1 de 25 cm, y adding-on resuelto.

nal tiene una alta tasa de velocidad durante los primeros 5 años, haciendo crecer la distancia T1-S1 un promedio de 2 cm/año. Entre los 5 y 10 años, fase de reposo, hay una progresión lenta en el crecimiento longitudinal, estimado en 1 cm/año, esto luego aumenta a 1,8 cm/año durante el estirón de la adolescencia³. Una distancia T1-T12 menor de 18 cm en la madurez se asocia con una función respiratoria más pobre (menos del 45% del valor de predicción)^{1,10}. Por lo tanto, el objetivo del tratamiento de la escoliosis de aparición precoz es controlar la deformidad de la columna mientras se permite el crecimiento torácico, mejorando el volumen tanto de la caja torácica como del pulmón, al menos hasta que se alcanza la madurez pulmonar.

Una manera de estabilizar y controlar estas deformidades es mediante la técnica de las barras de crecimiento⁴. Con un anclaje sólido proximal y distal, se permite el crecimiento longitudinal mediante alargamientos seriados al distraer las barras a través de conectores en tándem. Con esta técnica de no-fusión, los alargamientos consecutivos permiten el crecimiento vertebral hasta que se alcanza la madurez esquelética y se hace posible la fusión definitiva. Se han publicado buenos resultados con esta técnica en pacientes muy inmaduros con escoliosis de inicio precoz, y edades comprendidas entre los 4-6 años^{4,8,11,12}, cuando el crecimiento está en la fase de aceleración. A esta edad el segmento T1-T12 crece normalmente 1,3 cm/año³. Sin embargo, esta cirugía somete a los pacientes a intervenciones repetidas, lo que puede llevar a potenciales y frecuentes complicaciones, como infecciones de la herida, dehiscencia de la misma, cicatrices inaceptables o consecuencias psicológicas negativas^{9,10}. El objetivo del cirujano es llegar a un equilibrio entre la fusión espinal inducida por la inmovilización secundaria a la instrumentación y las posibles complicaciones que pueden causar las cirugías repetidas. El riesgo de complicaciones de las barras de crecimiento aumenta en un 24% por cada procedimiento quirúrgico adicional realizado en estos pacientes¹⁵.

En pacientes con escoliosis de inicio precoz tratados con barras de crecimiento se ha descrito un crecimiento anual de aproximadamente 1,0 a 1,7 cm. La cirugía inicial alcanza la mayor distracción 5 cm de media T1-S1 o 2,5 cm T1-T12, y la mayor corrección coronal (51-58%)^{4,5,8,11,12}. Para ello se recomiendan alargamientos frecuentes⁵, siendo 6 meses el intervalo más comúnmente recomendado entre elongaciones^{6,8}. Sin embargo, parece que la eficacia de alargamientos repetidos disminuye con el tiempo debido a un proceso de rigidez o de «autofusión» de la columna vertebral originado por la inmovilización prolongada que crea el dispositivo implantado⁸. Esto explica por qué algunos autores recomiendan retrasar la cirugía inicial si la deformidad y el tratamiento conservador lo permite, y reducir el número de alargamientos una vez que las mejoras comienzan a disminuir^{12,15}.

Para pacientes con escoliosis juvenil (5 a 10 años de edad), hay una desaceleración en el crecimiento T1-T12 torácico hasta 0,7 cm/año³. A los 5 años, el volumen torácico es sólo el 30% de su tamaño definitivo y el tronco es el 66% de su altura final³. Es sabido que se necesita una altura de la columna torácica de 18-22 cm o más para evitar la insuficiencia respiratoria grave¹. Así pues, los pacientes que presentan una curva importante en esta fase quiescente juvenil todavía necesitan ser tratados, y también podrían

beneficiarse de las técnicas de no-fusión, que ayuden en las últimas etapas de crecimiento y desarrollo pulmonar y torácico antes de que surja el estirón de la adolescencia. Estos pacientes inmaduros «mayores» son difíciles de tratar con yesos, y la fusión posterior definitiva puede resultar en un tronco corto, un cierto grado de insuficiencia respiratoria¹ o un fenómeno cigüeñal¹⁶. No hay mucho descrito sobre el manejo de la escoliosis juvenil en pacientes inmaduros¹⁷.

El presente estudio analiza la técnica de barras de crecimiento en los pacientes con escoliosis juvenil. La cirugía inicial se retrasó lógicamente en comparación con las publicaciones de escoliosis de aparición precoz (cuya media de edad es de 5 años^{4,8,11,12}); la edad media de nuestros pacientes fue de 9,4 (6,5 a 11) años, pero aún eran esqueléticamente inmaduros (Risser 0 y cartílago trirradiado abierto). La corrección inicial fue de 57% y esto se mantuvo pero no mejoró con los alargamientos adicionales. Este hecho también está descrito en pacientes más jóvenes^{4,8,11,12}. La longitud media preoperatoria T1-T12 fue de 20 cm, rango de longitud torácica «amenazante» según describió Karol¹, y la cirugía inicial alcanzó una media de 3,5 cm de incremento. Los alargamientos también se hicieron necesarios en nuestros pacientes «mayores», ya que todos los parámetros empeoraron progresivamente durante el seguimiento y necesitaron ser restaurados con cirugías adicionales. Sin embargo, no seguimos estrictamente la «regla de 6 meses» entre alargamientos, con la intención de evitar posibles complicaciones. La frecuencia de los alargamientos dependía exclusivamente de los siguientes criterios clínicos: progresión de la curva, descompensación coronal o sagital o deformidad con empeoramiento clínicamente evidente detectado durante cada revisión clínica de 6 meses. El tiempo medio entre distracciones resultó ser de 15,7 meses (rango 7-36). El tiempo medio hasta el primer retensado fue 17,4 meses, y el tiempo medio hasta el segundo retensado fue de 14 meses. Hubo una media de solo dos retensados necesarios por paciente, probablemente porque estos pacientes se encontraban en la fase de crecimiento quiescente. Aún con esta baja tasa de alargamiento, todavía conseguimos alargar el tórax de una media de 5,2 cm (aproximadamente 1,07 cm/año, similar a la tasa de crecimiento de niños sanos), alcanzando una longitud final de 26 cm (superando con creces el límite «amenazante» propuesto por Karol¹). Se ha descrito un riesgo de cifosis de unión proximal y cifosis progresiva con las distracciones adicionales en distintas técnicas de no-fusión en pacientes de escoliosis de inicio precoz^{10,12,15}. Nuestro estudio mostró una cifosis preoperatoria mantenida al final del seguimiento y un discreto cambio en el ángulo de CUP 2,5°. Tal vez la baja tasa de alargamientos favoreció este resultado. Las complicaciones debidas a la instrumentación fueron similares a las publicadas en el tratamiento de la escoliosis de inicio precoz^{9,15}; pero solo se encontraron dos infecciones superficiales de la herida que fueron tratadas con éxito de forma conservadora. No se encontraron infecciones profundas de la herida, dehiscencia de la herida, o cicatrización inaceptable.

Este estudio tiene varias limitaciones. En primer lugar, hemos examinado solo ocho casos y con diferentes diagnósticos, lo que no permite generalizar los resultados. Sin embargo, la literatura no muestra largas series de pacientes homogéneos debido a la baja incidencia de la escoliosis

juvenil. En segundo lugar, el carácter retrospectivo de este estudio carece de una asignación prospectiva aleatoria de los sujetos y no permite la comparación de los resultados clínicos de pacientes sometidos a otros métodos de tratamiento. Existen obvias dificultades para reunir datos prospectivos de pacientes que necesitan tratamiento y seguimiento durante tan largo período de tiempo. En tercer lugar, no contamos con una cohorte control comparativa con alargamientos regulares cada seis meses, sin embargo hemos tratado de comparar nuestros resultados con lo que se publica en las series de escoliosis de inicio precoz, pues nada hay publicado sobre series de escoliosis juvenil. Y en cuarto lugar se trata de pacientes con escoliosis juvenil «menos grave» con magnitudes de Cobb de $56,5^\circ \pm 8,1^\circ$ de media. Con esas limitaciones nuestros resultados deben ser rigurosamente evaluados en una muestra de población amplia con grupos de comparación prospectiva controlada.

Conclusión

Es posible que en los pacientes con escoliosis juvenil en formas «menos graves» tratados mediante barras de crecimiento, espaciar los alargamientos más de un año pueda disminuir el número de cirugías y al mismo tiempo controlar la deformidad y permitir el crecimiento longitudinal torácico.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes y que todos los pacientes incluidos en el estudio han recibido información suficiente y han dado su consentimiento informado por escrito para participar en dicho estudio.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia IV.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Karol L. Early definitive spinal fusion in young children: what we have learned. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469:1323-9.

2. Tis JE, Karlin LI, Akbarnia BA, Blakemore LC, Thompson GH, McCarthy RE, et al. Early onset scoliosis: modern treatment and results. *J Pediatr Orthop.* 2012;32:647–57.
3. Dimeglio A, Canavese F. The growing spine: how spinal deformities influence normal spine and thoracic cage growth. *Eur Spine J.* 2012;21:64–70.
4. Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O, Thompson AG, Asher MA. Dual growing rod technique for the treatment of progressive early-onset scoliosis: a multicenter study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30 17 Suppl:S46–57.
5. Akbarnia BA, Breakwell LM, Marks DS, McCarthy RE, Thompson AG, Canale SK, et al. Dual growing rod technique followed for three to eleven years until final fusion: the effect of frequency of lengthening. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008;33:984–90.
6. Yang JS, McElroy MJ, Akbarnia BA, Salari P, Oliveira D, Thompson GH, et al. Growing rods for spinal deformity: characterizing consensus and variation in current use. *J Pediatr Orthop.* 2010;30:264–70.
7. Hui H, Luo ZJ, Yan M, Ye ZX, Tao HR, Wang HQ. Non-fusion and growing instrumentation in the correction of congenital spinal deformity associated with split spinal cord malformation: an early follow-up outcome. *Eur Spine J.* 2013;22:1317–25.
8. Sankar WN, Skaggs DL, Yazici M, Johnston 2nd CE, Shah SA, Javidan P, et al. Lengthening of dual growing rods and the law of diminishing returns. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36:806–9.
9. Akbarnia BA, Emans JB. Complications of growth-sparing surgery in early onset scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35:2193–204.
10. Johnston C. Preoperative medical and surgical planning for early onset scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35: 2239–44.
11. Thompson GH, Akbarnia BA, Kostial P, Poe-Kochert C, Armstrong DG, Roh J, et al. Comparison of single and dual growing rod techniques followed through definitive surgery: a preliminary study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30:2039–44.
12. Sánchez Márquez JM, Sánchez Pérez-Gruoso FJ, Fernández-Baíllo N, García Fernández A. Growing rods in early-onset scoliosis. Do they really help to control the deformity and spinal and thoracic growth? *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2013;57:178–85.
13. Dimeglio A. Growth of the spine before age 5 years. *J Pediatr Orthop.* 1993;1:102–7.
14. Campbell Jr RM, Hell-Vocke AK. Growth of the thoracic spine in congenital scoliosis after expansion thoracoplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85-A:409–20.
15. Bess S, Akbarnia BA, Thompson GH, Sponseller PD, Shah SA, El Sebaie H, et al. Complications of growing-rod treatment for early-onset scoliosis: analysis of one hundred and forty patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:2533–43.
16. Dubousset J, Herring JA, Shufflebarger H. The crankshaft phenomenon. *J Pediatr Orthop.* 1989;9:541–50.
17. Pfandlsteiner T, Wallnoefer P, Wimmer C. Growth modulation in operative treatment of juvenile scoliosis by USS paediatric. *Oper Orthop Traumatol.* 2010;22:149–63.