

ORIGINAL

¿Mejora la liberación posterior ampliada a múltiples niveles la corrección de la curva en la escoliosis idiopática del adolescente?

J. Pizones, A. Mardomingo*, E. Izquierdo, F. Sánchez-Mariscal, L. Zúñiga y P. Álvarez

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

Recibido el 1 de abril de 2009; aceptado el 2 de noviembre de 2009

PALABRAS CLAVE

Columna vertebral;
Escoliosis idiopática del adolescente;
Liberación posterior;
Instrumentación híbrida

Resumen

Objetivo: Comparar los resultados de la corrección por vía posterior con una construcción híbrida mediante el empleo de una liberación posterior clásica y la liberación posterior ampliada (LPA).

Material y métodos: Efectuamos un estudio de cohortes retrospectivo con 46 pacientes diagnosticados de escoliosis idiopática del adolescente (EIA). Se realizó una corrección por vía posterior mediante el empleo de una instrumentación híbrida. En el primer grupo se realizó una liberación posterior estándar (LPE) y en el segundo se realizó una LPA, y se resecaron todos los ligamentos posteriores y se realizó una facetectomía amplia bilateral. Se compararon los resultados de las mediciones en telerradiografías anteroposteriores y laterales preoperatorias, postoperatorias y a los 2 años. Se valoraron los resultados clínicos mediante el cuestionario SRS 22.

Resultados: No hubo diferencias en cuanto al sexo, edad, tipo de curva, niveles instrumentados, tiempo quirúrgico o Cobb preoperatorio (LPE: $60^\circ \pm 10^\circ$; LPA: $59^\circ \pm 8^\circ$) de la curva principal. En el grupo de LPA la corrección obtenida fue significativamente mayor en el postoperatorio ($p < 0,001$) y a los 2 años ($p < 0,05$). La corrección de la curva proximal y lumbar resultó similar en ambos grupos y no se encontraron diferencias significativas. Las complicaciones menores fueron similares en ambos grupos y no existieron complicaciones graves.

Conclusión: La LPA a múltiples niveles mejora la corrección de la curva principal en el plano coronal en los pacientes con EIA, sin aumento de la incidencia de complicaciones, además de aumentar la superficie de artrodesis y facilitar la introducción del alambrado.

© 2009 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: alexmardo@gmail.com (A. Mardomingo).

KEYWORDS

Spine;
Adolescent idiopathic
scoliosis;
Posterior release;
Hybrid
instrumentation

Can multiple-level posterior release improve curve correction in adolescent idiopathic scoliosis?

Abstract

Purpose: To compare the results of posterior correction using hybrid instrumentation and classical posterior release with those obtained with an extended posterior release.

Material and methods: We carried out a retrospective cohort study of 46 patients diagnosed with adolescent idiopathic scoliosis (AIS). A posterior correction was carried out using hybrid instrumentation. In the first group, a standard posterior release (SPR) was performed, whereas in the second an extended release (EPR) was carried out, resecting all posterior ligaments and performing an extended bilateral facetectomy. The results of the measurements were compared using pre-op, post-op and 2-year-follow-up anteroposterior and lateral teleradiographs. Clinical results were evaluated using the SRS 22 questionnaire.

Results: There were no differences as regards gender, age, curve type, instrumented levels, OR time or pre-op Cobb's angle (SPR: $60^{\circ} \pm 10^{\circ}$; EPR: $59^{\circ} \pm 8^{\circ}$) of the principal curve. In the extended release group the correction obtained was significantly greater at post-op ($p < 0.001$) and at 2 years ($p < 0.05$). Correction of the proximal and lumbar curve was similar in both groups, with no significant differences. Minor complications were similar in both groups, with no serious complications.

Conclusion: Multiple-level posterior release improves correction of the principal curve on the coronal plane in patients with AIS, without an increase in the complications rate. The procedure also extends the arthrodesed area and facilitates introduction of the wires.

© 2009 SECOT. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Durante los últimos años se han popularizado las instrumentaciones con tornillos transpediculares para la corrección de la escoliosis debido a su mayor capacidad correctora¹ y una mejor sujeción vertebral en comparación con las instrumentaciones que emplean ganchos. A pesar de esto, algunos autores defienden el uso de instrumentaciones híbridas (ganchos proximales, alambres sublaminares y tornillos transpediculares distales) como una herramienta efectiva en el tratamiento de la deformidad, incluso en curvas superiores a 100° ².

En la última década hemos empleado instrumentaciones híbridas con alambres sublaminares para trasladar el ápex de la curva hacia una barra premoldeada en el plano sagital³. Con el tiempo hemos extendido la liberación posterior, sobre todo en las curvas más rígidas^{4,5}, y se ha realizado una resección completa de las apófisis espinosas, los ligamentos supraespinoso, interespinoso y el ligamento amarillo; además de efectuar una facetectomía bilateral ampliada. No hemos encontrado en la literatura médica estudios en los que se comparen la liberación posterior estándar (LPE) con una liberación posterior ampliada (LPA) para la corrección de la escoliosis. Algunos autores mencionan liberaciones amplias por vía posterior para flexibilizar las curvas⁵⁻⁸, sin analizar el efecto que este gesto puede suponer para la corrección de la deformidad.

El objetivo de nuestra revisión es conocer y comparar los resultados obtenidos en la corrección quirúrgica por vía posterior de la escoliosis idiopática del adolescente (EIA) mediante la utilización de una instrumentación híbrida en pacientes con y sin una LPA.

Pacientes y métodos

Efectuamos un estudio de cohortes retrospectivo para conocer la influencia del abordaje en pacientes con EIA, a los que se les realizó una corrección por vía posterior y una artrodesis con instrumentación híbrida (Isola[®], DePuy Spine, Raynham, Massachusetts, EE. UU.) con ganchos proximales, alambres sublaminares y tornillos transpediculares distales y barras de acero de 6,35 mm. El mismo cirujano (EI) operó a todos los pacientes.

Los grupos de estudio se designaron según la extensión de la liberación posterior. El primer grupo consistía en 25 pacientes consecutivos intervenidos mediante LPE, entre 1997 y 2002. El segundo grupo incluyó otros 21 pacientes operados consecutivamente, tratados entre 2004 y 2006, mediante LPA. Los pacientes operados entre estas 2 épocas no se incluyeron porque la LPA no había quedado estandarizada. La LPA de los elementos posteriores se comenzó a utilizar para flexibilizar el ápex de las curvas más rígidas y conseguir mejores correcciones.

Los pacientes de ambos grupos tenían edades y niveles de fusión similares y una distribución del tipo de curva muy semejante. Ninguno de los parámetros principales, excepto la media de seguimiento, superior en el grupo de LPE demostró diferencias significativas entre ambos grupos (tabla 1).

Técnica quirúrgica

En todos los pacientes del estudio se llevó a cabo una artrodesis instrumentada mediante abordaje posterior único, se empleó injerto óseo autógeno local. En el primer

Tabla 1 Datos demográficos y tipos de curva

	LPE	LPA
Edad de la cirugía (años)	15±2	15±5
Sexo, n (%)		
Hombres	3 (12)	2 (9,5)
Mujeres	22 (88)	19 (90,5)
Clasificación de Lenke, n (%)		
Tipo 1	17 (68)	10 (47,6)
Tipo 2	2 (8)	5 (23,8)
Tipo 3	3 (12)	3 (14,3)
Tipo 4	1 (4)	0 (0)
Tipo 5	1 (4)	3 (14,3)
Tipo 6	1 (4)	0 (0)
Modificador lumbar		
A	10	12
B	7	3
C	8	6
Modificador sagital		
N	21	15
+	2	1
-	2	5
Seguimiento medio (meses)	99±32	31±11

LPA: liberación posterior ampliada; LPE: liberación posterior estándar, N: neutro.

grupo (LPE) se realizó una LPE con un abordaje posterior por la línea media, disección subcutánea y exposición subperiosteal de láminas, apófisis espinosas y transversas. Para la decorticación se resecaron las apófisis espinosas por su base, las facetas inferiores de las vértebras superiores y el cartilago expuesto de las facetas superiores de las vértebras inferiores. Para introducir los alambres sublaminares se escindieron los ligamentos supraespinosos e interespinosos y se abrió el ligamento amarillo en la línea media.

En el grupo en el que se realizó una LPA se añadieron a estos gestos quirúrgicos una resección completa de los ligamentos supraespinosos, interespinosos en cada nivel, así como una resección completa del ligamento amarillo, que comenzó en la línea media y llegó lateralmente hasta las facetas articulares. También se realizó una facetectomía ampliada que incluía toda la faceta inferior de la vértebra superior y gran parte de la faceta superior de la vértebra inferior, hasta la apertura del foramen. Esta LPA se realizó en cada nivel de la curva principal.

Para determinar los niveles de fusión se evaluaron las radiografías en bipedestación y las pruebas de flexibilidad vertebral (*bending test*). El anclaje proximal se realizó mediante una garra con ganchos, transverso facetarios y el anclaje distal se realizó con tornillos transpediculares. Los alambres se introdujeron según la técnica clásica y se realizó una traslación progresiva de la curva hacia una barra premoldeada en el plano sagital en el lado de la concavidad de la curva principal.

Todos los pacientes se evaluaron preoperatoriamente, durante el postoperatorio inmediato, al mes de la interven-

ción y, al menos, 2 años tras la cirugía. El análisis de la imagen se realizó con telerradiografías en proyecciones anteroposterior y lateral en bipedestación. Se determinó el ángulo de Cobb de la curva torácica proximal, curva torácica principal y de la curva toracolumbar o lumbar. Para la clasificación de la EIA se empleó la clasificación de Lenke. La cifosis torácica se midió entre el platillo superior de T5 y el inferior de T12 y la lordosis lumbar se midió entre el platillo superior de L1 y el de S1. Para determinar la flexibilidad de la curva preoperatoriamente se midió la corrección de ésta en las pruebas de flexibilidad vertebral (*bending test*).

Se recogieron las complicaciones y los resultados clínicos se evaluaron mediante el cuestionario SRS 22. El análisis estadístico se llevó a cabo con el *software* SPSS (versión 11.5, SAS Institute Inc, Cary, Carolina del Norte, EE. UU.) La distribución de las variables se dió con la media y la desviación estándar. La comparación entre las variables se realizó mediante el test de la t de Student, el test exacto de Fisher y el test de la χ^2 con un nivel de significación del 5% ($p < 0,05$.)

Resultados

No hubo diferencias significativas respecto al número de vértebras artrodesadas entre ambos grupos. El tiempo quirúrgico fue comparable en ambos grupos. La sangre transfundida en el perioperatorio resultó menor en el grupo de LPA, fue de $4,3 \pm 2$ concentrados de hematies en el primer grupo y de $2,7 \pm 2$ en el grupo de LPA, y resultó estadísticamente significativa (tabla 2). No hubo ningún episodio de muerte, infección, lesión espinal o radicular en ninguno de los grupos.

No encontramos diferencias significativas en el ángulo de Cobb preoperatorio de la curva principal en ambos grupos. El primer grupo presentó una mayor flexibilidad de la curva principal (40,8%) comparado con el grupo de la LPA (29,2%) ($p = 0,01$). Se obtuvo una corrección del 57% en el primer grupo (LPE) y del 68,6% en el segundo grupo (LPA) ($p < 0,001$). La corrección postoperatoria a los 2 años resultó significativamente superior en el segundo grupo ($p = 0,015$) (tabla 3). El ángulo de Cobb de la curva torácica proximal y de la curva lumbar secundaria resultó comparable en ambos grupos, antes y después de la cirugía. El desequilibrio coronal resultó significativamente superior en el segundo grupo y no existieron diferencias significativas en el postoperatorio inmediato y a los 2 años.

La cifosis torácica de la T5–T12, en el plano sagital, resultó similar en ambos grupos en el preoperatorio ($21,9 \pm 11,1^\circ$ en el grupo LPE y $18,4 \pm 11^\circ$ en el grupo LPA) ($p = 0,35$). No hubo diferencia significativa en el postoperatorio inmediato y se presentó una cifosis de $22,19 \pm 10,1^\circ$ en el primer grupo y de $18 \pm 6,7^\circ$ en el segundo grupo ($p = 0,09$). Se obtuvo un grado (positivo) de corrección en el primer grupo y de $-0,4^\circ$ en el segundo grupo ($p = 0,91$). A los 2 años postoperatorios la cifosis del primer grupo era de $23,6 \pm 8,8^\circ$ y de $17,6 \pm 6,1^\circ$ en el segundo grupo ($p = 0,01$). La corrección final fue de $1,6^\circ$ en el grupo LPE y de $-0,8^\circ$ en el grupo LPA ($p = 0,43$).

La lordosis de la L1–S1 preoperatoria fue similar en ambos grupos y no se encontraron diferencias significativas respecto a la corrección en el postoperatorio ni a los 2 años.

Tabla 2 Niveles de fusión, tiempo quirúrgico y sangre transfundida

	LPE	LPA	Valor de p
Número de vértebras artrodesadas	11,4±1,8	10,8±2,7	0,28
Tiempo quirúrgico (horas)	4±1	4±1	0,11

LPA: liberación posterior ampliada; LPE: liberación posterior estándar.

Tabla 3 Resultados comparativos coronales

	LPE (X±DE)	LPA (X±DE)	Valor de p
Ángulo de Cobb principal			
Preoperatorio	60,3±10,1°	59,3±8°	0,71
Flexibilidad	35° (40,8%)	42° (29,2%)	0,015*
Corrección postoperatoria (% de corrección)	26,2±8,4° (57%)	18,1±6,2° (68,6%)	0,001*
Corrección postoperatoria (2 años) (% de corrección)	29,4±10° (51,6%)	22,3±8,5° (61,8%)	0,015*
Cobb proximal			
Preoperatorio	27,4±11,3°	30,9±12,4°	0,47
Postoperatorio inmediato (% de corrección)	17±8,6° (35,7%)	17,8±6,2° (44,5%)	0,17
Postoperatorio (2 años) (% de corrección)	16,2±7,1° (36,4%)	17,8±6° (44,8%)	0,24
Cobb de curva lumbar			
Preoperatorio	35,2±15°	34,0±9°	0,79
Postoperatorio inmediato (% de corrección)	15,6±8,9° (58,2%)	14,1±8,3° (59,1%)	0,90
Postoperatorio (2 años) (% de corrección)	17,7±7,4° (47,4%)	16±11° (55,4%)	0,42
Equilibrio			
Preoperatorio	12±9 mm	20±13 mm	0,015*
Postoperatorio inmediato	7±7 mm	9±8 mm	0,23
Postoperatorio (2 años)	4±5 mm	5±7 mm	0,47

LPA: liberación posterior ampliada; LPE: liberación posterior estándar.
*Estadísticamente significativo.

Tabla 4 Resultados del cuestionario SRS-22

	Dolor	Autoimagen	Función	Salud mental	Satisfacción	Total
LPE	4,2	3,7	4,3	4,0	4,6	4,1
LPA	3,7	3,5	4,1	3,7	3,9	3,8
Valor de p	0,2	0,5	0,5	0,4	0,01*	0,1

LPA: liberación posterior ampliada; LPE: liberación posterior estándar.
*Estadísticamente significativo.

El resultado del cuestionario SRS 22 a los 2 años de la cirugía (tabla 4) fue equiparable en ambos grupos, salvo para la satisfacción, y fue mejor el resultado en el grupo de LPE.

Discusión

Existe una tendencia a realizar la corrección de la deformidad vertebral, incluso en las curvas más graves, mediante un abordaje posterior único⁹⁻¹¹ o con instrumentaciones híbridas^{2,12}, evitando la morbilidad del

abordaje anterior¹³. A pesar de los resultados publicados sobre la efectividad en la corrección de la técnica de todo tornillos^{10,14,15}, empleamos generalmente un sistema híbrido basado en la traslación³. Este sistema es tan eficaz y seguro como otros sistemas¹⁶ e intenta evitar la tendencia del sistema «todo tornillos» a disminuir la cifosis torácica¹⁷⁻¹⁹. Existe poca evidencia de que las instrumentaciones de «todo tornillos» sean superiores para corregir y mantener la corrección, pues existen estudios que obtienen resultados de corrección similares entre ambas instrumentaciones, con semejantes pérdidas de corrección y niveles de fusión parecidos. Además, estos resultados no se han correlacionado

con el aumento de satisfacción o mejora de la calidad de vida²⁰⁻²³.

Fuimos cada vez más radicales en la liberación posterior, pues con las LPA apreciamos un aumento de la flexibilidad de las zonas más rígidas de la deformidad y del poder de corrección. Shufflebarger et al⁴ fueron los primeros en emplear la LPA para corregir curvas lumbares en pacientes

con escoliosis del adolescente, al resear todos los elementos posteriores. Con esta técnica la corrección lumbar mejoró del 64 al 76%, e incluso llegó al 80% al utilizar todo tornillos⁵. Pero, a su vez, mostraba un incremento de la lordosis de 12° por acortamiento de los elementos posteriores. Lehman et al²⁴ expusieron que la facetectomía amplia no sólo mejoraba la visualización de los puntos anatómicos

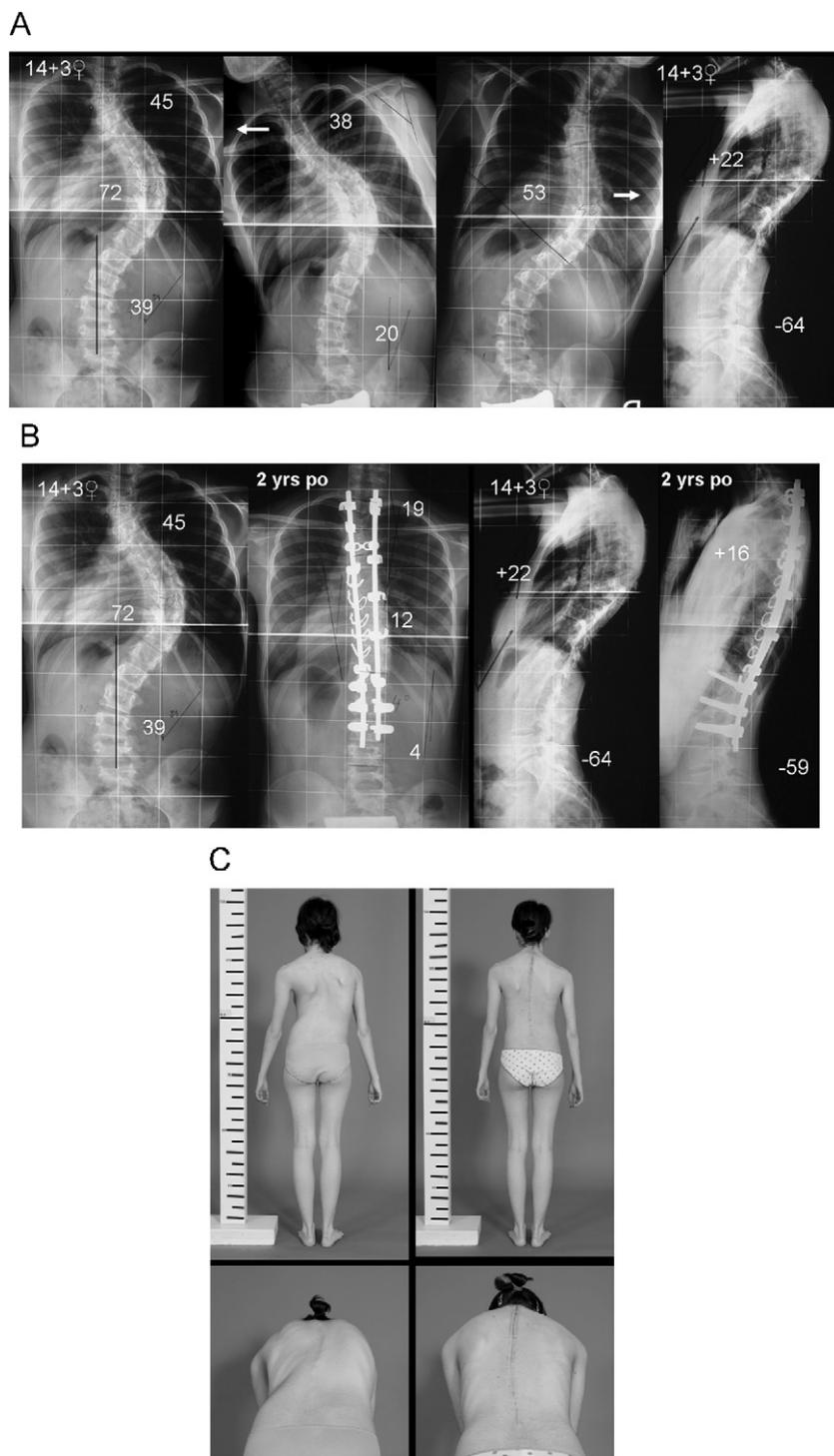


Figura 1 A) Proyección frontal preoperatoria, *bending test*, y proyección lateral de un caso con una curva Lenke 2AN con sólo un 26% de flexibilidad. B) Postoperatorio del mismo caso tras la liberación posterior ampliada y artrodesis de T2–L3. Las radiografías postoperatorias demuestran un 83% de corrección. C) Imágenes clínicas preoperatorias y postoperatorias.

para la implantación de los tornillos torácicos, sino que además proporcionaba injerto óseo y una superficie de artrodesis mayor. Hamzaoglu et al⁶, por su parte, obtuvieron buenas correcciones en escoliosis graves tratadas con un halo de tracción femoral cuando añadían una facetectomía bilateral y la resección de los ligamentos supraespinosos e interespinosos y del ligamento amarillo. Herrera Soto et al⁷ enfatizaron en la necesidad de realizar facetectomías más intensivas para mejorar las correcciones y promover la artrodesis mediante el empleo de instrumentaciones con alambres transespinosos; mientras que Mehlman et al⁸ obtuvieron correcciones del 71% en curvas graves con amplias facetectomías cuando utilizaban un halo de tracción femoral. Aunque estos autores mencionan la LPA en el tratamiento de curvas rígidas, no la describen como tal y no estudian su comportamiento comparativo en la corrección de la escoliosis.

En nuestra técnica realizamos una resección completa de los 3 ligamentos, supraespinoso, interespinoso y ligamento amarillo. A su vez, realizamos una facetectomía bilateral ampliada con resección de la faceta articular inferior de la vértebra superior y de gran parte de la faceta superior de la vértebra inferior, para lo que se abrió el foramen. Esta liberación se realiza en cada nivel de la curva estructurada (torácica o lumbar). Al emplear esta liberación junto con una instrumentación híbrida, hemos obtenido correcciones del 68,6% de la curva principal con una pérdida de corrección del 6,8% a los 2 años, y resulta una corrección mucho mayor (superior al 10%) que la obtenida con una LPE. Estos resultados son todavía más significativos si tenemos en cuenta que los pacientes en los que se realizó una LPA tenían curvas más rígidas (29%) en comparación con los de la LPE (40,8%). Esta diferencia parece lógica ya que es en las curvas más rígidas en las que es necesario realizar una liberación más amplia para flexibilizar la curva y optimizar la corrección. La LPA a múltiples niveles nos ha ayudado a flexibilizar la curva y ha permitido una traslación máxima de la curva hacia la barra (fig. 1). A su vez, hemos obtenido una buena corrección de la curva torácica proximal sin cambios con el seguimiento (44,5%) y de la curva lumbar secundaria (59,1%) con un buen equilibrio coronal final.

Las correcciones publicadas con la instrumentación Isola[®] varían entre el 63–69%^{16,23–26}. Lehman et al¹⁰ publicaron una corrección del 72,1% de la curva torácica principal mediante el uso de tornillos transpediculares, con una pérdida de corrección del 4%, una corrección del 49,8% de la curva torácica proximal con una pérdida de corrección del 0,2% y un desequilibrio coronal de 6,7 mm.

Ninguno de los pacientes tratados en nuestro estudio tuvo lesiones neurológicas al pasar los alambres sublaminares, aunque esta complicación está descrita^{27,28}. Es posible que la exposición amplia de los elementos posteriores con la resección completa del ligamento amarillo facilite la maniobra de introducción del alambre. Además, crea vías de drenaje que pueden evitar hematomas compresivos duros.

La LPA no requirió mayor tiempo quirúrgico comparado con la exposición estándar, aunque puede guardar relación con la mayor experiencia del cirujano principal. La hemorragia quirúrgica tampoco fue mayor, aunque este dato es simplemente anecdótico, pues en este período de tiempo se

utilizaron medicamentos antifibrinolíticos durante el acto operatorio.

Uno de nuestros objetivos era conocer si la LPA produce una disminución de la cifosis torácica. Shufflebarger et al⁴ observaron que al tratar las curvas lumbares se incrementaba la lordosis por el efecto de acortamiento posterior secundario a la amplia liberación. De hecho, la osteotomía de Ponte, que es en todo similar a la que nosotros realizamos, está indicada en la corrección de la cifosis de Scheuermann²⁹. Nuestros resultados mostraron que la cifosis cambia de manera muy leve en el postoperatorio inmediato y ligeramente (0,8°) a los 2 años de seguimiento. Aún con estos resultados, ninguno de nuestros pacientes mostró una modificación sagital negativa tras la cirugía. Los valores de cifosis postoperatorios se concentran alrededor de los rangos normales de cifosis, con una disminución en los valores más altos y aumento en los más bajos. Este efecto puede deberse a la técnica de instrumentación empleada, ya que la barra se moldea al reproducir la curva sagital fisiológica a la que se traslada la deformidad mediante los alambres sublaminares. Varios estudios han mostrado una disminución de la cifosis postoperatoria tras la instrumentación, así como aplanamiento de la curva torácica, con alambres segmentarios intraespinosos^{7,21} y con instrumentaciones “todo tornillos” transpediculares^{1,10,17–19,21}, mientras que en el contorno sagital se ha mantenido con las construcciones híbridas^{1,21}.

El beneficio obtenido en la corrección de los planos sagital y coronal de los pacientes con EIA cuando realizamos una LPA no se reflejó en los resultados del cuestionario SRS 22. Esto ya se había observado con otras instrumentaciones (alambres sublaminares, ganchos, instrumentaciones híbridas, CD Horizon[®] y tornillos transpediculares^{10,20}). Estudios posteriores no han confirmado que exista relación entre las variables radiológicas y las variables clínicas³⁰. Por tanto, nos queda la duda de si perseguir una cantidad adicional de corrección es realmente importante para los pacientes y si esto es necesario para conseguir su satisfacción³¹.

La realización de una LPA a varios niveles en la corrección de la EIA es un gesto quirúrgico seguro y efectivo para la corrección por traslación de la curva y para su equilibrio. Mejora la corrección coronal de la curva comparado con la LPE, y se obtiene un buen equilibrio coronal y una cifosis torácica fisiológica. Empleada junto a una instrumentación híbrida con alambres sublaminares demuestra ser comparable a otras instrumentaciones. Además, proporciona una cantidad adicional de injerto autólogo, permite el drenaje de hematomas duros y facilita la introducción de los alambres sublaminares.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Kim YJ, Lenke LG, Kim J, Bridwell KH, Cho SK, Cheh G, et al. Comparative analysis of pedicle screw versus hybrid instrumen-

- tation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2006;31:291–8.
2. Watanabe K, Lenke LG, Bridwell KH, Kim YJ, Watanabe K, Kim YW, et al. Comparison of radiographic outcomes for the treatment of scoliotic curves greater than 100 degrees. *Spine*. 2008;33:1084–92.
 3. Asher MA, Strippgen WE, Hening CF. Isola spinal implant system: Principles, design, and applications. En: An HS, Cotler JM, editores. *Spinal Instrumentation*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1992. p. 325–51.
 4. Shufflebarger HL, Clark CE. Effect of wide posterior release on correction in adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop Part B*. 1998;7:117–23.
 5. Shufflebarger HL, Geck MJ, Clark CE. The posterior approach for lumbar and thoracolumbar adolescent idiopathic scoliosis: Posterior shortening and pedicle screws. *Spine*. 2004;29:269–76.
 6. Hamzaoglu A, Ozturk C, Aydogan M, Tezer M, Aksu N, Bruno MB. Posterior only pedicle screw instrumentation with intraoperative halo-femoral traction in the surgical treatment of severe scoliosis. *Spine*. 2008;33:979–83.
 7. Herrera-Soto JA, Lewis R, Nosir HR, Crawford AH. The use of multiple anchors for the treatment of idiopathic scoliosis. *Spine*. 2007;32:517–22.
 8. Mehlman CT, Al-Sayyad MJ, Crawford AH. Effectiveness of spinal release and halo-femoral traction in the management of severe spinal deformity. *J Pediatr Orthop*. 2004;24:667–73.
 9. Luhmann SJ, Lenke LG, Kim YJ, Bridwell KH, Schootman M. Thoracic adolescent idiopathic scoliosis curves between 70° and 100°: Is anterior release necessary? *Spine*. 2005;30:2061–7.
 10. Lehman RA, Lenke LG, Keeler KA. Operative treatment of adolescent idiopathic scoliosis with posterior pedicle screw-only construct. *Spine*. 2008;33:1598–604.
 11. Dobbs MB, Lenke LG, Kim YJ. Anterior/posterior spinal instrumentation versus posterior instrumentation alone for the treatment of adolescent idiopathic scoliotic curves more than 90°. *Spine*. 2006;31:2386–91.
 12. Burton DC, Sama AA, Asher MA, Burke SW, Boachie-Adjei O, Huang RC, et al. The treatment of large (>70°) thoracic idiopathic scoliosis curves with posterior instrumentation and arthrodesis: When is anterior release indicated?. *Spine*. 2005;30:1979–84.
 13. Arlet V. Anterior thoracoscopic spine release in deformity surgery: A metaanalysis and review. *Eur Spine J*. 2000;9:517–23.
 14. Vallespir GP, Flores JB, Trigueros IS, Sierra EH, Fernández PD, Olaverri JC, et al. Vertebral coplanar alignment: A standardized technique for three dimensional correction in scoliosis surgery: Technical description and preliminary results in Lenke type 1 curves. *Spine*. 2008;33:1588–97.
 15. Suk SI, Lee SM, Chung ER, Kim JH, Kim SS. Selective thoracic fusion with segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic scoliosis: More than 5-year follow-up. *Spine*. 2005;30:1602–9.
 16. Asher M, Lai SM, Burton D, Manna B, Cooper A. Safety and efficacy of Isola instrumentation and arthrodesis for adolescent idiopathic scoliosis: Two to 12-year follow-up. *Spine*. 2004;29:2013–23.
 17. Kim YJ, Lenke LG, Cho SK, Bridwell KH, Sides B, Blanke K. Comparative analysis of pedicle screw versus hook instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2004;29:2040–8.
 18. Kuklo TR, Potter BK, Polly Jr DW, Lenke LG. Monoaxial versus multiaxial thoracic pedicle screws in the correction of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2005;30:2113–20.
 19. Potter BK, Kuklo TR, Lenke LG. Radiographic outcomes of anterior spinal fusion versus posterior spinal fusion with thoracic pedicle screws for treatment of Lenke type 1 adolescent idiopathic scoliosis curves. *Spine*. 2005;30:1859–66.
 20. Mulpuri K, Perdios A, Reilly CW. Evidence-based medicine analysis of all pedicle screw constructs in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2007;32:S109–14.
 21. Vora V, Crawford A, Babekhir N, Boachie-Adjei O, Lenke L, Peskin M, et al. A pedicle screw construct gives an enhanced posterior correction of adolescent idiopathic scoliosis when compared with other constructs. Myth or reality. *Spine*. 2007;32:1869–74.
 22. Storer SK, Vitale MG, Hyman JE, Lee FY, Choe JC, Roye Jr DP. Correction of adolescent idiopathic scoliosis using thoracic pedicle screw fixation versus hook constructs. *J Pediatr Orthop*. 2005;25:415–9.
 23. Cheng I, Kim Y, Gupta MC, Bridwell KH, Hurford RK, Lenke LG, et al. Apical sublaminar wires versus pedicle screws. Which provides better results for surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis? *Spine*. 2005;30:2104–12.
 24. Lehman RA, Lenke LG, Keeler KA, Lehman RA, Lenke LG, Keeler KA, et al. Computed tomography evaluation of pedicle screws placed in the pediatric deformed spine over an 8-year period. *Spine*. 2007;32:2679–84.
 25. Wood KB, Schendel MJ, Dekutoski MB, Boachie-Adjei O, Heithoff KH. Thoracic volume changes in scoliosis surgery. *Spine*. 1996;21:718–23.
 26. Goshi K, Boachie-Adjei O, Moore C, Nishiyama M. Thoracic scoliosis fusion in adolescent and adult idiopathic scoliosis using posterior translational corrective techniques (Isola): Is maximum correction of the thoracic curve detrimental to the unfused lumbar curve? *Spine J*. 2004;4:192–201.
 27. Wilber RG, Thompson GH, Shaffer JW, Brown RH, Nash Jr CL. Postoperative neurological deficits in segmental spinal instrumentation: A study using spinal cord monitoring. *J Bone Joint Surg (Am)*. 1984;66-A:1178–87.
 28. Lieponis JV, Bunch WH, Lonser RE. Spinal cord injury during segmental sublaminar spinal instrumentation. An animal study. *Orthop Trans*. 1984;8:173.
 29. Geck MJ, Macagno A, Ponte A. The Ponte Procedure. Posterior only treatment of Scheuermann's kyphosis using segmental posterior shortening and pedicle screw instrumentation. *J Spinal Disord Terch*. 2007;20:586–93.
 30. Wilson PL, Newton PO, Wenger DR, Hafer T, Merola A, Lenke L, et al. A multicenter study analyzing the relationship of a standardized radiographic scoring system of adolescent idiopathic scoliosis and the Scoliosis Research Society outcomes instrument. *Spine*. 2002;27:2036–40.
 31. Winter RB, Lonstein JE, Denis F. How much correction is enough? *Spine*. 2007;32:2641–3.