

# RESULTADOS POSTOPERATORIOS INMEDIATOS Y A LARGO PLAZO DE UN ABORDAJE MINI-INVASIVO PARA LA CORRECCIÓN DE ESCOLIOSIS IDIOPÁTICA DEL ADOLESCENTE

RESULTADOS PÓS-OPERATÓRIOS IMEDIATOS E A LONGO PRAZO DE ABORDAGEM MINI-INVASIVA PARA CORREÇÃO DE ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE

IMMEDIATE POSTOPERATIVE AND LONG-TERM RESULTS OF A MINIMALLY INVASIVE APPROACH FOR THE CORRECTION OF ADOLESCENT IDIOPATHIC SCOLIOSIS

HELENA GÓMEZ<sup>1</sup>, JESÚS BURGOS<sup>1</sup>, EDUARDO HEVIA<sup>2</sup>, JOSÉ IGNACIO MARUENDA<sup>3</sup>, CARLOS BARRIOS<sup>4</sup>, IGNACIO SANPERA<sup>5</sup>

## RESUMEN

**Objetivo:** Analizar los resultados de una nueva técnica quirúrgica mínimamente invasiva (MIS, por el inglés “minimally invasive surgery”) por vía posterior aislada para la corrección quirúrgica de la escoliosis idiopática del adolescente (EIA). **Métodos:** Se comparan dos grupos de pacientes con EIA tipo 1A de Lenke, similares en cuanto a edad, género, ángulo de Cobb, ápex de la curva, rotación vertebral, cifosis torácica, niveles de fusión, tipo de instrumentación y seguimiento. El Grupo 1 fue tratado con la técnica mínimamente invasiva que describiremos y el Grupo 2, de forma convencional. Se analizaron el tiempo quirúrgico, la pérdida sanguínea intraoperatoria, los requerimientos analgésicos en el postoperatorio inmediato, la estancia hospitalaria, la tasa de mal posición de los tornillos, la pérdida de corrección, la tasa de pseudoartrosis y la movilización de implantes. **Resultados:** En el Grupo 1 (MIS) la cirugía disminuyó significativamente el sangrado y presentó menor número de casos de tornillos mal posicionados en la concavidad que el grupo tratado de forma convencional; sin embargo la cirugía tuvo mayor duración. Ambos grupos tuvieron requerimientos analgésicos similares y la estancia hospitalaria no presentó diferencias. A largo plazo en ninguno de los dos grupos se encontraron casos de no-uniión, pérdidas de corrección, ni movilización de los implantes. **Conclusiones:** La técnica MIS demostró prolongación del tiempo quirúrgico y menores pérdidas hemáticas, sin disminuir los requerimientos analgésicos ni la estancia hospitalaria. La corrección inicial de la escoliosis por la convexidad disminuyó la incidencia de tornillos mal posicionados en la concavidad, no dio lugar a pérdidas de corrección, movilización de implantes y no-uniión.

**Descriptores:** Escoliosis/cirugía; Adolescente; Columna vertebral; Tornillos óseos; Procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos.

## RESUMO

**Objetivo:** Analisar os resultados de uma nova técnica cirúrgica minimamente invasiva (MIS, de minimally invasive surgery) em abordagem posterior isolada para a correção cirúrgica de escoliose idiopática do adolescente (EIA). **Métodos:** Foram comparados dois grupos de pacientes com EIA Lenke tipo 1A, semelhantes quanto a idade, sexo, ângulo de Cobb, ápice da curva, rotação vertebral, cifose torácica, níveis de fusão, tipo de instrumentação e acompanhamento. Os pacientes do Grupo 1 foram tratados com a técnica minimamente invasiva que será descrita e o Grupo 2, da maneira convencional. Foi analisado tempo de cirurgia, sangramento intraoperatório, necessidade de analgésicos no pós-operatório imediato, estadia hospitalar, taxa de mau posicionamento do parafuso, perda da correção, taxa de pseudoartrose e mobilidade dos implantes. **Resultados:** No Grupo 1 (MIS), a cirurgia diminuiu significativamente o sangramento e houve menor incidência de parafusos mau posicionados no orifício do que no grupo de tratamento convencional, porém o tempo de cirurgia foi maior. Ambos os grupos tiveram necessidade de analgésicos semelhante e o tempo de internação não apresentou diferenças. A longo prazo, em nenhum dos dois grupos houve casos de não-união, perdas de correção nem mobilidade dos implantes. **Conclusões:** A técnica MIS mostrou tempo operatório prolongado e menos perda de sangue, sem reduzir a necessidade de analgésicos nem o tempo de permanência no hospital. A correção inicial da escoliose pela convexidade diminuiu a incidência de parafusos mau posicionados no orifício, não houve perda de correção, mobilidade dos implantes e não-união.

**Descritores:** Escoliose/cirurgia; Adolescente; Coluna vertebral, Parafusos ósseos; Procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos.

## ABSTRACT

**Objective:** To analyze the results obtained with a new surgical technique for minimally invasive (MIS) isolated posterior approach to the surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis (AIS). **Methods:** We compared two similar groups of patients with AIS of Lenke type 1A. The groups were similar in age, sex, Cobb angle, apex of the curve, vertebral rotation, thoracic kyphosis, fusion levels, type of instrumentation and follow-up. Group 1 was treated with a mini-invasive technique and Group 2 by the conventional method. We analyzed surgery time, intraoperative blood loss, analgesic requirements in the period immediately after surgery, hospitalization times, rate of screw malposition, loss of correction, rate of pseudoarthrosis, and implant mobilization. **Results:** In Group 1 (MIS) the surgery significantly decreased bleeding and there was a lower incidence of malpositioned screws in the recess than in the conventionally-treated group, however the surgery lasted

1. Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Ramón y Cajal, Madrid, España.

2. Hospital Central Fraternidad-Muprespa, Madrid, España.

3. Servicio de Traumatología y Ortopedia, Hospital Clínico de Valencia, España.

4. Cirugía Ortopédica Universidad Católica de Valencia, España.

5. Jefe de Servicio de Ortopedia y Traumatología Infantil. Hospital Universitario Son Espases, Palma de Mallorca, España.

Trabajo realizado en el Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid, España.

Correspondencia: Jesús Burgos Flores. Carretera de Colmenar Viejo, Km 9,100, 28034 Madrid, España. jburgosflores@hotmail.com

longer. Both groups had similar analgesic requirements, and hospitalization times did not differ significantly. In the long-term, neither group showed any cases of non-union, correction losses, or mobilization of the implants. Conclusions: The MIS technique demonstrated longer surgery time and less blood loss, but did not reduce the analgesic requirements or hospitalization times. Initial correction of scoliosis by convexity decreased the incidence of malpositioned screws in the concavity. There was no losses resulting in correction, mobilization of the implants, or non-union.

**Keywords:** Scoliosis/surgery; Adolescent; Spine; Bone screws; Surgical procedures, minimally invasive surgery.

## INTRODUCCIÓN

Los abordajes posteriores convencionales de la escoliosis idiopática del adolescente requieren una amplia exposición y disección muscular, que se asocia a pérdida de sangre, complicaciones de las heridas, dolor postoperatorio significativo con importantes requerimientos analgésicos y tiempos de recuperación prolongados.<sup>1-5</sup>

Los abordajes quirúrgicos mini-invasivos están siendo cada vez más empleados en distintas patologías del raquis con el objetivo de disminuir la morbilidad de los abordajes más amplios.<sup>6-11</sup> Estas técnicas mini-invasivas para el tratamiento de escoliosis por vía posterior se han presentado con menos frecuencia, y en el caso de pacientes con EIA su aplicación es más exigente al tratarse de mayor número de niveles instrumentados, y la presencia de rotación vertebral significativa dificulta la colocación de implantes por técnicas mini-invasivas.<sup>12</sup> Además existe el problema de obtener una fusión adecuada, la dificultad de pasar la barra y de realizar maniobras de corrección por pequeños abordajes. Existen muy pocas publicaciones en la literatura sobre el uso de MIS en deformidades y algunas se refieren a escoliosis del adulto y lumbares.<sup>13</sup>

Los abordajes mini-invasivos para el tratamiento quirúrgico de la escoliosis por vía posterior que se han descrito se realizan mediante pequeños abordajes bajo control radiológico en cada nivel. Estos abordajes aportarían una menor agresión quirúrgica y posiblemente disminuirían el sangrado quirúrgico, los requerimientos analgésicos, las complicaciones y podrían acortar el periodo de ingreso hospitalario.

En este estudio presentamos una nueva técnica quirúrgica para el tratamiento mini-invasivo de la escoliosis idiopática del adolescente por vía posterior utilizando tornillos pediculares en todos los niveles. Se exponen los resultados a corto y largo plazo comparando este grupo de pacientes con otro de características similares tratado mediante un abordaje convencional.

## MÉTODOS

Es un estudio clínico prospectivo randomizado comparando dos grupos homogéneos de 10 pacientes cada uno con EIA tipo 1A de Lenke, con curvas de características similares. Un grupo fue tratado con la técnica mini-invasiva que presentamos (grupo 1) y el otro de forma convencional (grupo 2), todos ellos con monitorización neurofisiológica y control radioscópico intraoperatorios. (Tabla 1)

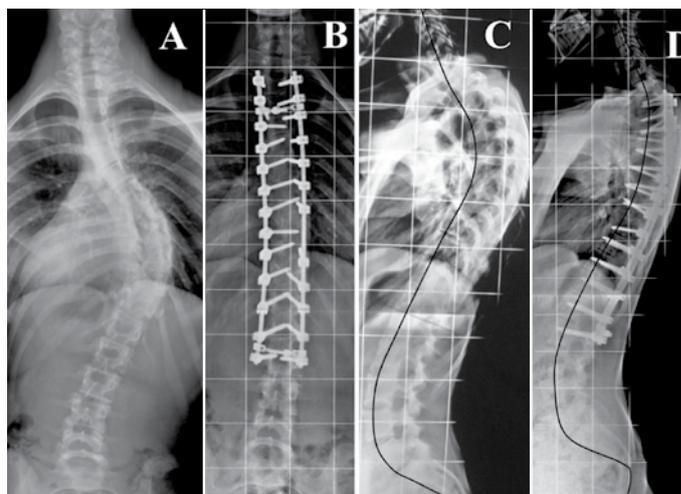
Diez pacientes (grupo 1) con EIA tipo 1A de Lenke (Figura 1), con edad media de 14.3 años (R: 12.1-16,8), con valor angular medio de 60° (R: 53°-71°), todos los casos con el ápex situado entre T8 y T10, rotación vertebral tenía un valor medio de 18° Perdriolle (R: 7-23) y la cifosis torácica media T5-T12 de +25° (R: 11-40). Este grupo fue tratado quirúrgicamente por vía posterior realizando un abordaje mini-invasivo según la técnica que describiremos a continuación. La fusión proximal en siete de los pacientes alcanzó T2 y en tres T3, y distalmente L1 en seis y L2 en los cuatro restantes.

Técnica quirúrgica del abordaje mini-invasivo de la escoliosis (Fue desarrollada en cinco cadáveres frescos por cuatro de los autores: JIM, JB, EH, CB):

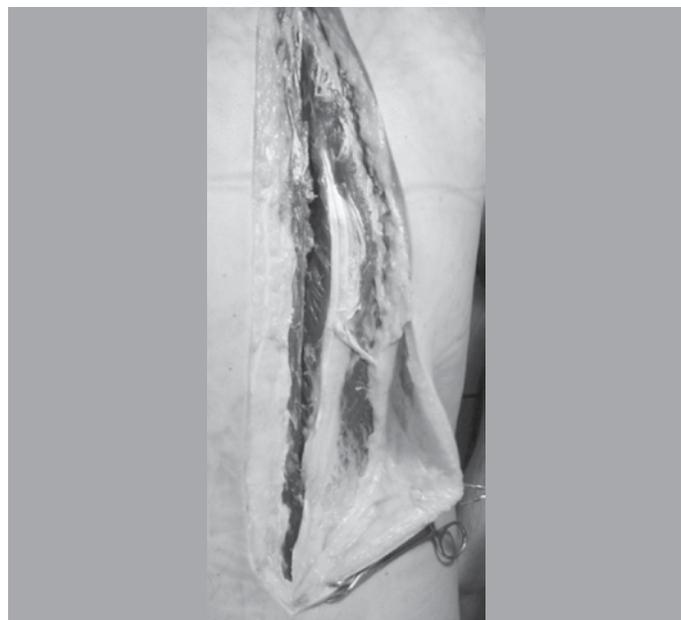
**Tabla 1.** Características prequirúrgicas de los pacientes.

	Edad	Cobb	Ápex	Cifosis T5-T12	Perdriolle
Grupo 1	14.3 (12.1-16)	60° (53-71°)	T8-T10	+25° (11-40°)	18° (7-23°)
Grupo 2	15.3 (11-17.4)	56° (45-66°)	T8-T10	+20° (10-36°)	16° (12-32°)

Bajo anestesia general, con el paciente colocado en decúbito prono, practicamos una incisión cutánea longitudinal posterior en la línea media que incluye todos los niveles seleccionados, disecando el subcutáneo de la fascia hasta unos dos centímetros de la línea media. Se realiza apertura de la fascia toraco-lumbar (Figura 2) de caudal a cefálico, comenzando a nivel lumbar mediante un abordaje de Wiltse llegando a nivel torácico a un centímetro de la línea media desinsertando toda la musculatura superficial del dorso (dorsal ancho, trapecio, los serratos posterosuperior e inferior) que se inserta en la lámina posterior de la fascia toraco-lumbar, accediendo a la musculatura profunda (espinoso y longísimo del tórax).



**Figura 1.** Niña de 13 años de edad, premenárquica diagnosticada de escoliosis idiopática del adolescente 1AN de Lenke, que fue tratada por vía posterior con técnica mini-invasiva. (1A y 1B): Tele-radiografías antero-posteriores preoperatoria y postoperatoria final tras 27 meses de seguimiento. (1C y 1D): Tele-radiografías laterales preoperatoria y final.



**Figura 2.** Apertura longitudinal de la fascia.

Para alcanzar los elementos vertebrales posteriores en la región lumbar se realiza un abordaje de Wiltse- a tres centímetros de línea media se realiza apertura longitudinal de la fibras del longísimo del tórax (Figura 3) hasta llegar a palpar las articulares lumbares-, y en la columna torácica se accede a través del espacio intermuscular entre el espinoso y el longuísimo del tórax hasta palpar las transversas. En la zona torácica alta el acceso es idéntico, con la salvedad que, es necesario desinsertar previamente el músculo esplenio del cuello de la línea media.

Una vez bien identificadas, primero por palpación, las articulares en la zona lumbar y las apófisis transversas en la porción torácica, se exponen las articulares, las apófisis transversas y las pars interarticularis mediante desperiostización y cruentación. Esta exposición representa un centímetro cuadrado aproximadamente. La exposición torácica se realiza de transversa inferior a superior, siendo este gesto lo que más sangrado produce. Se desinserta lo suficiente para realizar la artrotomía y ver el punto de entrada del tornillo pedicular (parte superior de transversa y media lateral de la articular) con la técnica de manos libres. Con la artrotomía también se flexibiliza la columna y se favorece la artrodesis a cada nivel.

En este momento, por mayor facilidad técnica y menor riesgo lesional medular y vascular se realiza primero la colocación de los tornillos de la convexidad, donde los pedículos son más anchos, mas verticalizados y con la médula y grandes vasos más alejados), colocando los tornillos con la técnica de manos libres y corrigiéndose la escoliosis utilizando el sistema Coplanar® (Figura 4) en la convexidad.<sup>14</sup>

A continuación se colocan los tornillos de la concavidad, también con la técnica de manos libres, y la barra de la concavidad (Figura 5) y se emplean maniobras adicionales de corrección con grifas si es necesario. Finalmente se retira el Coplanar® (Medtronic) de la convexidad y se coloca la segunda barra definitiva en la convexidad. Se aporta injerto esponjoso local junto a injerto oseo de Putty (Bone Grafting Accell Connexus®) en las articulares y en el resto del área expuesta y se realiza el cierre quirúrgico por planos.

A otros diez pacientes (grupo 2) con EIA también tipo 1A de Lenke, de 15.3 años de edad media (R:11,0-17.4), con valor angular de 56° (R: 45-66), todos con ápex situado entre T8 y T10, con un valor medio de rotación vertebral de 16° Perdriolle (R: 12-32) y cifosis torácica media entre T5-T12 de +20° (R: 10-36), se les realizó una corrección quirúrgica de la escoliosis utilizando un abordaje convencional y tornillos pediculares con la técnica de manos libres,

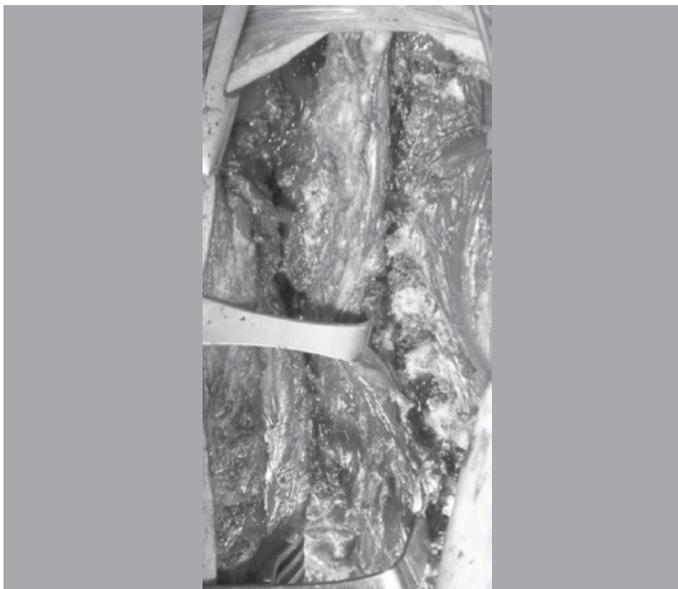


Figura 3. Apertura del longísimo del tórax.



Figura 4. Corrección mediante el sistema Coplanar®.

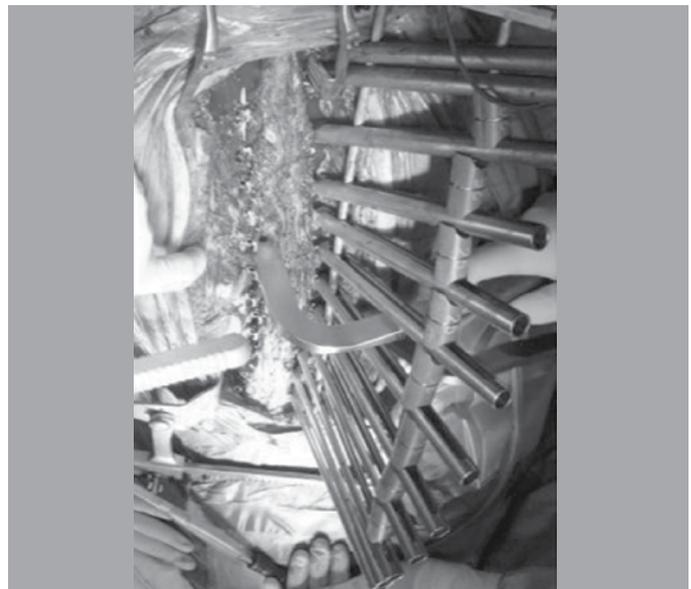


Figura 5. Colocación de barra.

fusionando proximalmente en seis de los pacientes hasta T2 y en cuatro a T3, y distalmente hasta L1 en siete y hasta L2 en los tres restantes. En este grupo también se utilizó la técnica Coplanar® pero una vez colocados todos los tornillos, tanto de la convexidad como de la concavidad.

Se compararon en ambos grupos las pérdidas hemáticas, los tiempos quirúrgicos, los requerimientos analgésicos los primeros tres días postoperatorios, las complicaciones postoperatorias, la situación de los tornillos de la concavidad mediante TAC postoperatorios, la corrección postoperatoria, los fallos de los implantes, el número de no-uniones y las pérdidas de corrección.

## RESULTADOS

El tiempo quirúrgico medio de las diez EIA del grupo 1 (MIS) fue de 6.1 horas (R: 5.1-7.9), siendo en el grupo 2 (convencional) de 3.4 horas (R: 2.9-4.7). Las pérdidas hemáticas intraoperatorias del grupo 1 fueron de 270 cc (R: 220-600) y en el grupo 2 de 720 cc (R: 450-1160). Los requerimientos analgésicos (perfusión continua de tramadol y enantyum) fueron ligeramente superiores en el grupo 1. Se

investigó en el postoperatorio la posición de los tornillos pediculares mediante TAC,<sup>15-20</sup> siguiendo los criterios de malposición de Kim et al.<sup>21</sup> De los 101 tornillos de la concavidad del grupo 1 (todos implantados por el mismo cirujano experto), se encontraron seis tornillos fuera de los límites del pedículo (6%), dos mediales y cuatro externos, todos mínimamente fuera del pedículo y todos ellos dentro del cuerpo vertebral. De los 89 tornillos pediculares de la concavidad del grupo 2, once no estaban contenidos completamente en el pedículo (12.3%), tres mediales y ocho externos, y todos ellos estaban contenidos en el cuerpo vertebral. De los tornillos de la convexidad (implantados por cirujanos menos experimentados) se encontraron malposicionados el 12,6% de los tornillos del grupo 1 y el 21,6% de los tornillos en el grupo 2, pero todos ellos incluidos en el cuerpo vertebral. La estancia hospitalaria media no mostró diferencias significativas: 7,6 días (R:6-10) de valor medio en el grupo 1, y 7,1 días (6-11) de valor medio en el grupo 2. (Tabla 2) No se registraron complicaciones intra ni postoperatorias en ninguno de los dos grupos.

Tras un seguimiento medio de 39 meses (R: 29-41) en el grupo 1 y de 35 meses (R: 26-39) en el grupo 2, los valores de corrección final de la escoliosis fueron del 81% (R:73-89) y 80% (R:68-96) respectivamente. (Figura 1) La cifosis torácica T5-T12 final tuvo un valor medio de 17° (R: 16-26) en el grupo 1 y 22° (R: 15-24) en el grupo 2. No se encontraron pérdidas de corrección significativas (8% en el grupo 1 y 11% en el grupo 2), no existieron fallos de implantes, ni casos de no-uniión en ninguno de los dos grupos al final del seguimiento.

**Tabla 2.** Resultados postoperatorios.

	Tiempo medio	Sangrado	Estancia media	Mal posición tornillos concavidad	Mal posición tornillos convexidad
Grupo 1	6.1 horas (5,1-7.9)	270 cc (220-600)	7,6 días (6-10)	6% (6/101)	12,6 %
Grupo 2	3,4 horas (2,9-4,7)	720 cc (450-1160)	7,1 días (6-11)	12.3% (11/89)	21,6 %

## DISCUSIÓN

El término "mini-invasiva" que utilizamos en este estudio podría ser cuestionado, y quizás sería más correcto usar el de "menos-invasiva". Pero el uso de "mini-invasiva" lo encontramos adecuado basándonos en dos aspectos: primero que la exposición vertebral ósea y el despegamiento muscular son mínimos, marcadamente inferiores a la técnica convencional, y en segundo lugar que nuestra estrategia inicial era estudiar los resultados de una técnica mini-invasiva realizada con un abordaje cutáneo longitudinal medial convencional amplio, con objeto de bajar los tiempos quirúrgicos de exposición iniciales que serían seguramente más largos haciéndola por pequeñas incisiones cutáneas. En un segundo tiempo, tras constatar la bondad de la técnica quirúrgica mini-invasiva con un abordaje cutáneo convencional, se aplicaría la misma técnica utilizando tres abordajes cutáneos centrales longitudinales de menor tamaño, con la misma técnica mini-invasiva de exposición vertebral. De esta manera la técnica que presentamos sólo tiene un abordaje cutáneo similar al convencional, pero mini-invasivo en el resto de las estructuras anatómicas implicadas y este aspecto justifica el uso de este término.<sup>22</sup>

Con la técnica quirúrgica que proponemos, corrigiendo inicialmente la escoliosis en el lado convexo para facilitar la colocación de los más difíciles tornillos de la concavidad al ponerlos con la curva corregida, el porcentaje de tornillos malposicionados en la concavidad fue menor que en la convexidad, a pesar de ser los pedículos de la concavidad de menor tamaño y la rotación vertebral escoliótica dificulta la que además presentan mayor riesgo de lesión medular y vascular. A partir de estos datos podría proponerse la corrección inicial de la escoliosis en la convexidad antes de colocar los tornillos

de la concavidad que son más difíciles y de mayor riesgo. Esta técnica sería aún más recomendable en las curvas más severas y con mayor rotación, donde aumenta la dificultad de colocación de los tornillos de la concavidad.

Sin embargo, los datos anteriores de mejor situación de los tornillos pediculares de la concavidad respecto a los de la convexidad podrían estar sesgados porque el cirujano conocía de antemano que sería estudiada la situación de los tornillos con TAC en el postoperatorio de los pacientes que se hizo la técnica MIS; mientras esta situación no se planteó en los casos de abordaje convencional, porque estos pacientes se eligieron al azar de un grupo de cirugías donde se realizó el estudio con TAC postoperatorio para analizar valores neurofisiológicos de monitorización de tornillos.

En cuanto al registro de datos intraoperatorios comparativos de los dos grupos, nuestros resultados se asemejan a los publicados en la literatura con técnicas percutáneas.<sup>23-38</sup>

En nuestra serie la técnica mini-invasiva tan sólo disminuyó el sangrado quirúrgico, pero a expensas de un tiempo quirúrgico mucho mayor (casi el doble de los tratados con técnica convencional), aunque parcialmente podría estar justificado por la curva de aprendizaje de esta técnica, ya que el tiempo quirúrgico disminuyó mínimamente en los últimos casos. De esta forma, no creemos que el mayor tiempo quirúrgico de los abordajes mini-invasivos deba atribuirse a la curva de aprendizaje, sino a la más lenta exposición y a la laboriosidad de la técnica que requiere una exposición más cuidadosa y elaborada para la colocación de los tornillos.

Recientemente ha sido publicado un estudio que propone un abordaje híbrido para el tratamiento de EIA, un lado mini-invasivo y el otro abierto de forma convencional. Realizan un miniabordaje lateral para el acceso retroperitoneal, y por esta vía hacen discotomía e interposición de cajas rellenas de injerto, y un segundo abordaje posterior en el mismo acto quirúrgico, mediante incisión longitudinal posterior para los niveles torácicos y mini-incisiones lumbares para la inserción de tornillos pediculares y osteotomías, obteniendo resultados clínicos y radiográficos aceptables. Sin embargo, sus autores recomiendan un estudio comparativo más amplio para poder extraer conclusiones firmes.<sup>39</sup>

Otro aspecto a considerar respecto a la técnica mini-invasiva que proponemos es que la artrodesis que se consigue en estos casos posiblemente será menos rígida y con mayor elasticidad al ser menor el área artrodesada, y este hecho podría disminuir las complicaciones relacionadas con la degeneración de los discos adyacentes en estos pacientes con una larga expectativa vital.

Un punto débil de este estudio es el bajo número de pacientes en los que se ha utilizado la técnica mini-invasiva. Pero en el momento del diseño de este estudio una de las dudas que nos planteó es si la mucha menor área de artrodesis respecto a la técnica convencional podría dar lugar a pseudoartrosis en un número significativo de casos, por esta razón se eligió un número reducido de pacientes. En este sentido uno de los hallazgos significativos de este estudio que pueden ser utilizados en el futuro, es la ausencia de casos de pseudoartrosis a pesar de la limitada superficie de artrodesis utilizada, y este aspecto de sus buenos resultados a largo plazo y sin complicaciones apoya el desarrollo de técnicas mini-invasivas para el tratamiento quirúrgico de la escoliosis.

En la situación actual, con instrumentaciones no específicas para técnicas mini-invasivas de corrección de EIA no podemos recomendar esta técnica mini-invasiva basados sólo en un menor sangrado quirúrgico, ya que se asocia a un aumento marcado del tiempo quirúrgico. Además, no se obtiene beneficio en la necesidad de analgesia ni en la estancia hospitalaria. No dudamos que en un futuro próximo el desarrollo de instrumentales específicos para la corrección de escoliosis con mini-abordaje acortaría el tiempo quirúrgico de forma significativa, mejorando aún más los resultados de sangrados intraoperatorios y en esta situación la técnica que proponemos o sus modificaciones podrían justificar su utilización.

## CONCLUSIONES

La corrección quirúrgica de la EIA con la técnica mini-invasiva respecto a la técnica convencional disminuyó el sangrado operatorio y aumentó el tiempo quirúrgico. No modificó los requerimientos analgésicos postoperatorios, ni la estancia media hospitalaria. La corrección inicial de la escoliosis por la convexidad por la vía mini-invasiva disminuyó la incidencia de tornillos mal-posicionados en la concavidad respecto al grupo control. La técnica mini-invasiva que presentamos no dió lugar a pérdidas de corrección, movilización de los implantes y no presentó ningún caso de no-uni6n tras un seguimiento m6nimo de 39 meses. Esta situaci6n fue similar al del grupo tratado de forma convencional.

En la actualidad, con instrumentaciones no espec6ficas para el

tratamiento mini-invasivo de la escoliosis no consideramos justificado continuar utilizando esta t6cnica mini-invasiva, porque aunque disminuy6 las p6rdidas hem6ticas intraoperatorias increment6 significativamente el tiempo quirúrgico sin obtener ning6n beneficio en la necesidad de analgesia ni en la estancia hospitalaria.

No obstante sus buenos resultados t6cnicos, la buena consolidaci6n y la ausencia de complicaciones a largo plazo mantienen la puerta abierta a la espera del desarrollo de t6cnicas mini-invasivas para el tratamiento quirúrgico de la escoliosis.

Todos los autores declaran que no hay ning6n potencial conflicto de intereses con referencia a este art6culo.

## REFERENCIAS

- Dhall SS, Wang MY, Mummaneni PV. Clinical and radiographic comparison of mini-open transforaminal lumbar interbody fusion with open transforaminal lumbar interbody fusion in 42 patients with long-term follow-up. *J Neurosurg Spine*. 2008;9(6):560-5.
- Shunwu F, Xing Z, Fengdong Z, Xiangqian F. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar diseases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(17):1615-20.
- Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, Li CQ, Zheng WJ, Liu J. Comparison of one-level minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative and isthmic spondylolisthesis grades 1 and 2. *Eur Spine J*. 2010;19(10):1780-4.
- Park P, Foley KT. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with reduction of spondylolisthesis: technique and outcomes after a minimum of 2 years' follow-up. *Neurosurg Focus*. 2008;25(2):E16.
- Isaacs RE, Podichetty VK, Santiago P, Sandhu FA, Spears J, Kelly K, et al. Minimally invasive microendoscopy-assisted transforaminal lumbar interbody fusion with instrumentation. *J Neurosurg Spine*. 2003;3(2):98-105.
- Fuentes S, Metellus P, Fondop J, Pech-Gourg G, Dufour H, Grisoli F. Percutaneous pedicle screw fixation and kyphoplasty for management of thoracolumbar burst fractures. *Neurochirurgie*. 2007;53(4):272-6.
- Scheufler KM, Dohmen H, Voughiokas VI. Percutaneous transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar instability. *Neurosurgery*. 2007;60(4 Suppl 2):203-12.
- Schwender JD, Holly LT, Rouben DP, Foley KT. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF): technical feasibility and initial results. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18:S1-6.
- Wang MY, Anderson DG, Poelstra KA, Ludwig SC. Minimally invasive posterior fixation. *Neurosurgery*. 2008;63(Suppl 3):197-203.
- Pelegri C, Benchikh EI, Fegoun A, Winter M, Brassart N, Bronsard N, et al. Percutaneous osteosynthesis of lumbar and thoracolumbar spine fractures without neurological deficit: surgical technique and preliminary results. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2008;94(5):456-63.
- Blondel B, Fuentes S, Tropiano P, Roche P, Metellus P, Dufour H. Systems for long-segment percutaneous spinal fixation: technical feasibility for various indications. *Acta Neurochir (Wien)*. 2011;153(5):985-91.
- Sarwahi V, Wollowick AL, Sugarman EP, Horn JJ, Gambassi M, Amaral TD. Minimally invasive scoliosis surgery: an innovative technique in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2011;6:16.
- Anand N, Baron EM, Thaiyananthan G, Khalsa K, Goldstein TB. Minimally invasive multi-level percutaneous correction and fusion for adult lumbar degenerative scoliosis: a technique and feasibility study. *J Spinal Disord Tech*. 2008;21(7):459-67.
- Vallespir GP, Flores JB, Trigueros IS, Sierra EH, Fern6ndez 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 (Phila Pa 1976)*. 2008;33(14):1588-97.
- Liljenqvist UR, Halm HF, Link TM. Pedicle screw instrumentation of the thoracic spine in idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(19):2239-45.
- Suk SI, Lee CK, Kim WJ, Chung YJ, Park YB. Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20(12):1399-405.
- Suk SI, Kim WJ, Lee SM, Kim JH, Chung ER. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(18):2049-57.
- Belmont PJ Jr, Klemme WR, Dhawan A, Polly DW Jr. In vivo accuracy of thoracic pedicle screws. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(21):2340-6.
- Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Cho YS, Riew KD. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(3):333-42.
- Halm H, Niemeier T, Link T, Liljenqvist U. Segmental pedicle screw instrumentation in idiopathic thoracolumbar and lumbar scoliosis. *Eur Spine J*. 2000;9(3):191-7.
- Kim YJ, Lenke LG, Cheh G, Riew KD. Evaluation of pedicle screw placement in the deformed spine using intraoperative plain radiographs: a comparison with computerized tomography. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(18):2084-8.
- Amer F, Samdani MD, Jahangir Asghar MD. Case report: Minimally Invasive Approach in the Treatment of Adolescent Deformity. *Pediatric Spine Surgeons*. 2009. Disponivel em: <http://www.spineedu.com/LinkClick.aspx?fileticket=g7XxtlkleJ4%3D&tabid=80>.
- Wimmer C. Percutaneous fusion technique on the thoracolumbar spine with the Expedium LIS. *Oper Orthop Traumatol*. 2008;20(6):511-24.
- Assaker R. Minimal access spinal technologies: state-of-the-art, indications, and techniques. *Joint Bone Spine*. 2004;71(6):459-69.
- Wimmer C. Minimal invasive spine fusion in lumbar spine. In: *Degenerative Lumbar Spine Meeting*. Valencia, March 11-12, 2004. p. 34.
- Wimmer C. Ein neues minimal invasives System an der Wirbels6ule. *Jatros* 2005;4:6-9.
- Wimmer C. Less invasive spine fusion: a comparison study. In: *International 24th Course of Percutaneous Endoscopic Spinal Surgery and Complementary Minimal Invasive Techniques*. Zurich, January 26-27, 2006. p. 26.
- Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H. Changes in serum creatine phosphokinase MM isoenzyme after lumbar spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(9):1018-23.
- Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. A histologic and enzymatic analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(8):941-4.
- Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. Part 1: Histologic and histochemical analyses in rats. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994;19(22):2590-7.
- Styf JR, Will6n J. The effects of external compression by three different retractors on pressure in the erector spine muscles during and after posterior lumbar spine surgery in humans. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(3):354-8.
- Sihvonen T, Herno A, P6lj6rvi L, Airaksinen O, Partanen J, Tapaninaho A. Local denervation atrophy of paraspinal muscles in postoperative failed back syndrome. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18(5):575-81.
- Kim DY, Lee SH, Chung SK, Lee HY. Comparison of multifidus muscle atrophy and trunk extension muscle strength: percutaneous versus open pedicle screw fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(1):123-9.
- Weber BR, Grob D, Dvor6k J, M6ntener M. Posterior surgical approach to the lumbar spine and its effect on the multifidus muscle. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(15):1765-72.
- Dhall SS, Wang MY, Mummaneni PV. Clinical and radiographic comparison of mini-open transforaminal lumbar interbody fusion with open transforaminal lumbar interbody fusion in 42 patients with long-term follow-up. *J Neurosurg Spine*. 2008;9:560-5.
- Foley KT, Lefkowitz MA. Advances in minimally invasive spine surgery. *Clin Neurosurg*. 2002;49:499-517.
- Park P, Upadhyaya C, Garton HJ, Foley KT. The impact of minimally invasive spine surgery on perioperative complications in overweight or obese patients. *Neurosurgery*. 2008;62(3):693-9.
- Korovessis P, Hadjipavlou A, Repantis T. Minimal invasive short posterior instrumentation plus balloon kyphoplasty with calcium phosphate for burst and severe compression lumbar fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(6):658-67.
- Park P, La Marca F. Combined "hybrid" open and minimally invasive surgical correction of adult thoracolumbar scoliosis: a retrospective cohort study. *Neurosurgery*. 2013;72(2):151-8.