

Cifosis de unión proximal en curvas Lenke 5C

Comparación entre cirugía anterior y cirugía posterior

GASTÓN ELJURE, ALEJANDRA FRANCHERI WILSON, MARIANO NOEL, EDUARDO GALARETTO,
RODRIGO REMONDINO, CARLOS TELLO y ERNESTO BERSUSKY

*Hospital Nacional de Pediatría "Prof. Dr. Juan P. Garrahan",
Ciudad Autónoma de Buenos Aires*

RESUMEN

Introducción: El balance sagital es crítico para los resultados a largo plazo en el manejo quirúrgico de la escoliosis idiopática del adolescente. La cifosis de unión se podría definir como un hallazgo radiológico en la transición de la columna fusionada y la columna móvil en pacientes asintomáticos. El objetivo de este trabajo fue comparar la cifosis de unión proximal posoperatoria en curvas Lenke 5C con dos técnicas quirúrgicas distintas: la instrumentación anterior y la instrumentación posterior.

Materiales y Métodos: Estudio retrospectivo, controlado no aleatorizado, de 37 pacientes con escoliosis idiopática del adolescente, curvas Lenke 5C con fusión corta, de vértebra límite a vértebra límite. Grupo 1: 18 pacientes con artrodesis anterior instrumentada y Grupo 2: 19 pacientes con artrodesis posterior instrumentada. Los parámetros sagitales radiológicos medidos fueron: 1) línea de plomada de C7, 2) cifosis de unión, 3) cifosis torácica, 4) lordosis lumbar, con un seguimiento mínimo de 2 años.

Resultados: Grupo 1: aumento de la cifosis de unión entre el preoperatorio y el seguimiento a los 2 años de 6,27° ($p = 0,0002$). La incidencia de cifosis de unión patológica fue del 17%. Grupo 2: aumento de la cifosis de unión entre el preoperatorio y el seguimiento de 4,63° ($p = 0,0004$). La incidencia de cifosis de unión patológica fue del 16%.

Conclusión: No hubo diferencias significativas entre ambos grupos en la incidencia de cifosis de unión patológica.

PALABRAS CLAVE: Escoliosis idiopática del adolescente, Lenke 5C. Abordaje anterior. Abordaje posterior. Cifosis de unión proximal.

PROXIMAL JUNCTIONAL KYPHOSIS IN LENKE C5 CURVES. A COMPARISON BETWEEN ANTERIOR AND POSTERIOR SURGERY

ABSTRACT

Background: Sagittal balance is critical for long-term results in the surgical handling of adolescent idiopathic scoliosis. Proximal junctional kyphosis could be defined as a radiographic findings in the fused and mobile spine transition in asymptomatic patients.

Objective: To compare post-surgical proximal junctional kyphosis in Lenke C5 curves with two different surgical techniques: anterior and posterior instrumentation.

Methods: Retrospective, controlled, non-randomized study of 37 patients with Lenke C5 adolescent idiopathic scoliosis, with short fusion from end-vertebra to end-vertebra. Group 1: 18 patients with anterior instrumented arthrodesis, and Group 2: 19 patients with posterior instrumented arthrodesis. The radiographic sagittal parameters measured were: 1) plumbline from the C7, 2) junctional kyphosis, 3) thoracic kyphosis, and 4) lumbar lordosis; with a minimum follow-up of two years.

Results: Group 1: increase of junctional kyphosis between the preoperative period and a two-year follow-up, 6.27° ($p = 0.0002$). The incidence of pathologic junctional kyphosis was 17%. Group 2: increase of junctional kyphosis between the preoperative period and the follow-up, 4.63° ($p = 0.0004$). The incidence of pathologic junctional kyphosis was 16%.

Conclusion: There were no significant differences between groups in the incidence of pathologic junctional kyphosis.

KEY WORDS: Adolescent idiopathic scoliosis, Lenke 5C. Anterior approach. Posterior approach. Proximal junctional kyphosis

Recibido el 24-5-2013. Aceptado luego de la evaluación el 10-6-2013.

Correspondencia:

Dr. GASTÓN ELJURE
gastoneljure@hotmail.com

Introducción

El balance sagital es crítico para los resultados a largo plazo en el manejo quirúrgico de la escoliosis idiopática del adolescente, por lo que es tan prioritario lograr un armonioso balance en este plano, como lo es la corrección coronal de la curva.^{1,2} Actualmente, la cifosis de unión se podría definir como un hallazgo radiológico en la transición de la columna fusionada y la columna móvil en pacientes asintomáticos.³ Pese a que se reconoce la importancia del balance sagital en el pronóstico a largo plazo de la fusión espinal, no hay trabajos que valoren objetivamente, para un único patrón de curva, los cambios posoperatorios en este plano. El objetivo del trabajo es comparar la cifosis de unión proximal posoperatoria en curvas Lenke 5C con dos técnicas quirúrgicas distintas, la instrumentación anterior y la instrumentación posterior, utilizando los mismos niveles de fusión (de vértebra límite a vértebra límite).

Materiales y Métodos

Estudio retrospectivo, controlado, no aleatorizado, que incluyó a 40 pacientes. Los criterios de inclusión fueron escoliosis idiopática del adolescente, patrón de curva: curvas toracolumbares o lumbares (Lenke 5C), valor angular de la curva en el plano coronal inferior o igual a 60°, pacientes esqueléticamente maduros: Risser 4-5, fusión espinal corta: de vértebra límite a vértebra límite (de Cobb a Cobb).

Los pacientes fueron divididos en dos grupos: Grupo 1: 20 pacientes sometidos a artrodesis anterior instrumentada (AAI) y Grupo 2: 20 pacientes sometidos a artrodesis posterior instrumentada (API).

Todas las intervenciones fueron realizadas por el mismo equipo quirúrgico y en una misma institución, en un período de 10 años (2000-2010), con un seguimiento mínimo de 2 años. La elección del abordaje fue consecuencia de la aceptación y utilización de nuevas técnicas quirúrgicas a lo largo del tiempo, como lo es el empleo de tornillos pediculares multisegmentarios, ya que, de 2000 a 2006, se efectuaron las 20 cirugías del grupo 1; mientras que, de 2006 a 2010, las 20 cirugías del grupo 2.

Los criterios de exclusión fueron pacientes con fusiones realizadas más allá de las vértebras límites (Cobb + 1), curvas Lenke 5 con un valor angular superior a 60° en el plano coronal, pacientes con construcciones posteriores híbridas o solo realizadas con ganchos y tampoco se incluyó a pacientes con doble abordaje.

Se definió cifosis de unión proximal al ángulo de Cobb medido entre el borde inferior del cuerpo de la vértebra proximal instrumentada y el borde superior del cuerpo de 2 niveles por encima, como lo describen Glattes y cols.³ La cifosis de unión proximal patológica se define a través de dos criterios que deben estar presentes al final del seguimiento, como se describe en el estudio mencionado:

1) ángulo de unión igual o superior a 10°

2) ángulo de unión, al menos, 10° mayor que el medido en el preoperatorio.

Es necesaria la presencia de ambos criterios para que haya una cifosis de unión patológica.⁴

Los parámetros sagitales radiológicos medidos en los 2 grupos fueron los siguientes: 1) línea de plomada de C7, 2) cifosis de unión proximal, 3) cifosis torácica (ángulo de Cobb medido entre T5 y T12), 4) lordosis lumbar (ángulo de Cobb medido entre L1 y S1). Además, se analizó el valor angular de la curva en el plano coronal, en el preoperatorio, el posoperatorio inmediato y el porcentaje de corrección; el número de vértebras instrumentadas, y los niveles de fusión proximal y distal para ambos grupos.

Las mediciones radiológicas se llevaron a cabo en espinogramas tomados antes de la cirugía (anteroposterior, lateral e inclinación lateral), en el posoperatorio (con 2 meses de posoperatorio) y al final del seguimiento (mínimo de 2 años).

Técnica quirúrgica

La instrumentación anterior se practicó a través de una toracolumbofrenotomía, liberación intersomática, colocación de injerto autólogo, y el empleo de una barra, con maniobras de palanqueo y compresión desde la convexidad de la curva. La instrumentación posterior se realizó utilizando sólo tornillos pediculares en todos los niveles, con corrección de la curva mediante maniobras de compresión-distracción y grifado de barras.

El análisis estadístico se llevó a cabo con la prueba de suma de rangos de Wilcoxon.

Resultados

Se analizó a 37 de los 40 pacientes, 3 fueron excluidos, porque sufrieron complicaciones. Todos eran de sexo femenino y con menarca promedio de 1,8 años para el grupo 1 y 2,2 años para el grupo 2. La edad fue similar en ambos grupos (grupo 1: 15 ± 1,4 años y grupo 2: 15 ± 1,1 años; $p = 0,07$) (Tabla 1). El valor angular promedio de la curva en el plano coronal para el grupo 1 (AAI) fue de 49,6°, la curva de mayor valor fue de 60° y la de menor valor, de 36°, con un porcentaje de corrección posoperatorio promedio del 77,4%; mientras que, para el grupo 2 (API), fue de 53,4°, la curva de mayor valor fue de 60° y la de menor valor, de 41°, con un porcentaje de corrección posoperatorio promedio del 81,1%.

En el grupo 1, los niveles de fusión hallados más comunes fueron, a nivel proximal, T10 (50%) y, a nivel distal, L3 (77,7%) y, en el grupo 2, a nivel proximal, T10 y T11 (47,3% y 47,3%, respectivamente) y, a nivel distal, L3 (89,4%). El promedio de niveles fusionados fue de 5,44 en el grupo 1 y 5,68 en el grupo 2 ($p = 0,39$).

En el grupo 1, la cifosis de unión promedio preoperatoria fue de 3,66° (de -5° a 9°); en el posoperatorio inmediato (dentro de los primeros 2 meses), fue de 6,38° (de -2° a 14°) y, en el seguimiento (promedio 2,9 años), de 9,93° (de 4° a 19°); por lo tanto, hubo un aumento de la cifosis de unión entre el preoperatorio y el posoperatorio inmediato de 2,72° ($p = 0,003$), y entre el preoperatorio y el final del seguimiento de 6,27° ($p = 0,0002$) (Tabla 2). La

(Fig. 1), en 3 de 18 pacientes: Caso 3 (cifosis de unión preoperatoria 1°, posoperatoria 4° y en el seguimiento 18°), Caso 7 (cifosis de unión preoperatoria 7°, posoperatoria 4° y en el seguimiento 19°) y Caso 17 (cifosis de unión preoperatoria 5°, posoperatoria 9° y en el seguimiento 17°) (Tabla 3).

En el grupo 2, la cifosis de unión promedio preoperatoria fue de 9,73° (de 2° a 18°); en el posoperatorio inmediato, fue de 10,3° (de 2° a 18°) y, en el seguimiento (promedio 2,4 años), de 14,36° (de 2° a 28°); por lo tanto, hubo un aumento de la cifosis de unión entre el preoperatorio y el posoperatorio inmediato de 0,57° (p = 0,31), y entre el preoperatorio y el final del seguimiento, de 4,63° (p = 0,0004). La incidencia de cifosis de unión patológica fue del 16% (Fig. 2), en 3 de 19 pacientes: Caso 3 (cifosis de unión preoperatoria 11°, posoperatoria 12° y en el seguimiento 24°), Caso 4 (cifosis de unión preoperatoria 14°, posoperatoria 16° y en el seguimiento 28°) y Caso 14 (cifosis de unión preoperatoria 10°, posoperatoria 13° y en el seguimiento 22°) (Fig. 3).

En el grupo 1, la cifosis torácica promedio preoperatoria fue de 21,05° (de 1° a 30°), no hubo casos de hipercifosis preoperatoria; en el posoperatorio inmediato, fue de 22,16° (de 8° a 35°) y, en el seguimiento, de 28,71° (de 18° a 44°); por lo tanto, hubo un aumento de la cifosis torácica entre el preoperatorio y el posoperatorio inmediato de 1,11° (p = 0,39) y, entre el preoperatorio y el final del seguimiento, de 7,66° (p = 0,003) (Tabla 2).

En el grupo 2, la cifosis torácica promedio preoperatoria fue de 26,9° (de 15° a 50°); en este grupo de 19 pacientes, hubo un único caso de hipercifosis torácica preoperatoria, el Caso 3: 50°; en el posoperatorio inmediato, fue de 28,58° (de 20° a 40°) y, en el seguimiento, de 35° (de 21° a 51°); por lo tanto, hubo un aumento de la cifosis torácica entre el preoperatorio y el posoperatorio inmediato de 1,68° (p = 0,19) y entre el preoperatorio y el final del seguimiento de 8,10° (p = 0,0007) (Fig. 4).

Línea de plomada de C7: En ambos grupos, hubo un desplazamiento positivo de la línea de plomada de C7, que fue, en promedio, de +7 mm (de -9 mm a -2 mm al

Tabla 1. Población del estudio

		Grupo 1 (AAI)						Grupo 2 (API)							
Edad	Nivel	Cifosis de unión			Cifosis torácica			Edad	Nivel	Cifosis de unión			Cifosis torácica		
		Preop.	Posop.	Final	Preop.	Posop.	Final			Preop.	Posop.	Final	Preop.	Posop.	Final
13	T12-L4	6°	7°	9°	30°	26°	26°	15	T10-L4	8°	12°	14°	16°	21°	26°
17	T10-L2	2°	4°	8°	28°	24°	41°	16	T11-L3	2°	2°	2°	19°	26°	27°
17	T12-L3	1°	4°	18°	4°	11°	26°	14	T10-L3	11°	12°	24°	50°	34°	44°
14	T11-L3	9°	10°	10°	26°	26°	27°	17	T11-L3	14°	16°	28°	34°	34°	44°
15	T11-L3	4°	9°	4°	13°	18°	18°	15	T10-L3	18°	18°	19°	30°	35°	46°
14	T11-L4	0°	6°	7°	29°	19°	30°	16	T11-L4	7°	11°	14°	35°	27°	39°
13	T10-L3	7°	4°	19°	30°	26°	43°	15	T9-L3	10°	5°	8°	21°	24°	24°
14	T10-L3	-5°	-2°	6°	1°	8°	23°	16	T11-L3	9°	6°	13°	20°	33°	34°
18	T11-L3	7°	14°	15°	29°	33°	40°	18	T10-L3	5°	12°	12°	24°	30°	33°
15	T10-L3	6°	8°	10°	28°	34°	37°	17	T10-L3	7°	8°	11°	22°	30°	38°
15	T11-L3	-3°	4°	4°	11°	19°	20°	17	T10-L3	11°	4°	13°	26°	20°	33°
15	T10-L3	6°	3°	7°	25°	14°	21°	16	T11-L3	8°	11°	8°	26°	27°	30°
14	T10-L3	2°	6°	9°	28°	24°	24°	15	T11-L3	18°	18°	20°	40°	40°	51°
14	T11-L3	6°	10°	10°	26°	27°	27°	18	T11-L3	10°	13°	22°	38°	22°	32°
17	T10-L3	0°	4°	5°	26°	16°	27°	15	T11-L3	8°	5°	12°	18°	31°	32°
15	T11-L3	9°	11°	10°	11°	22°	26°	17	T10-L3	9°	10°	13°	24°	32°	40°
16	T10-L3	5°	9°	17°	22°	35°	44°	14	T10-L3	7°	11°	13°	15°	20°	25°
15	T10-L3	4°	4°	11°	12°	17°	17°	15	T10-L3	13°	13°	15°	35°	36°	46°
								16	T11-L3	10°	9°	12°	18°	21°	21°

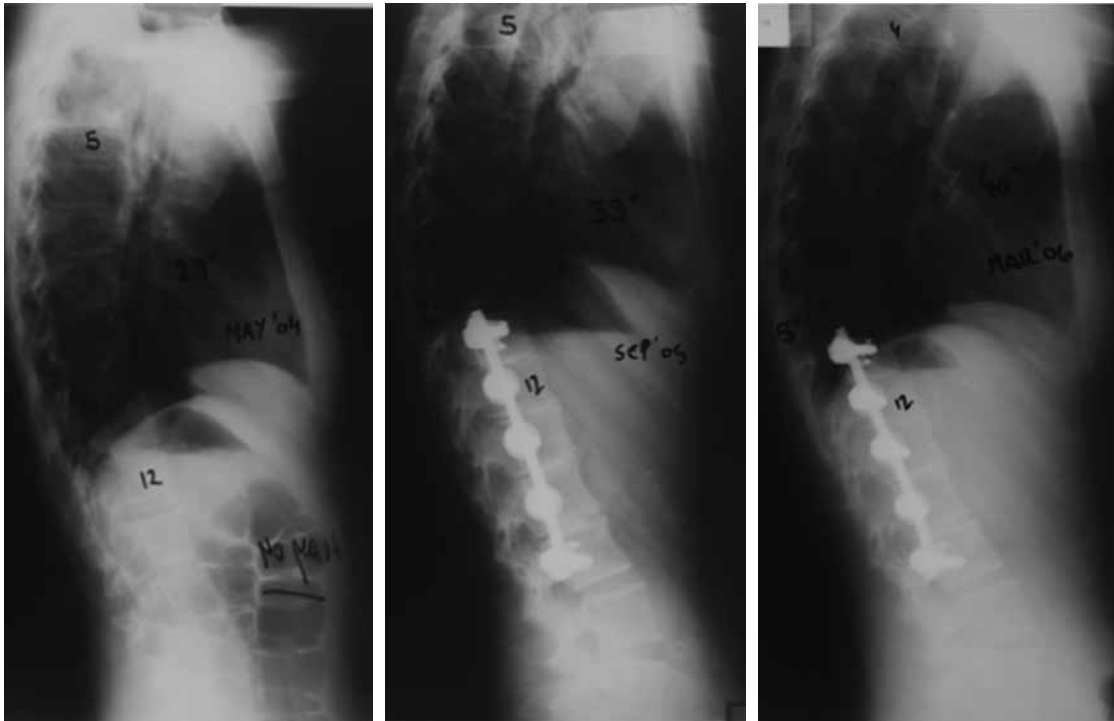


Figura 1. Paciente del Grupo 1 que desarrolló una cifosis de unión proximal al final del seguimiento.

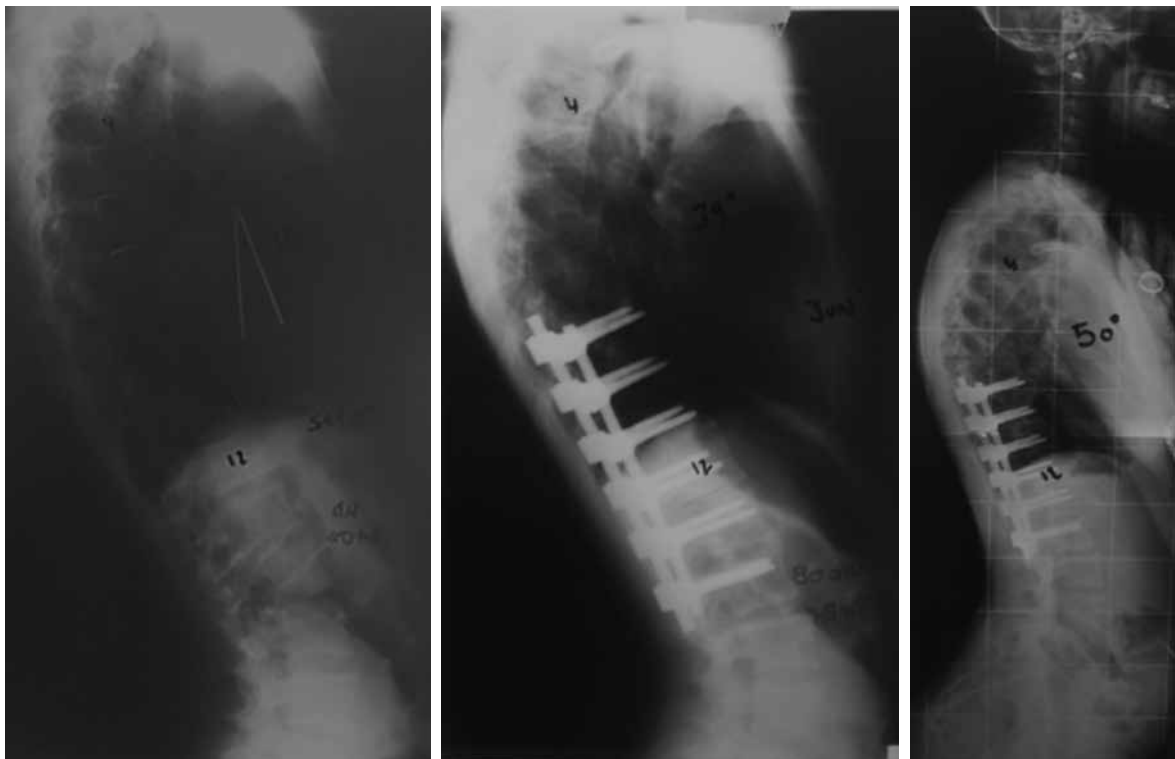


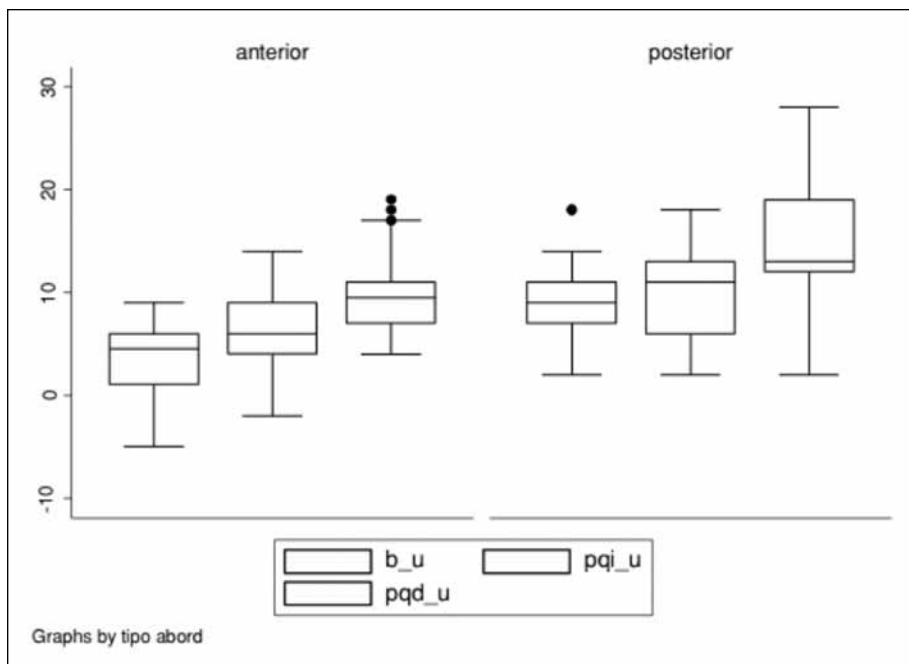
Figura 2. Paciente del Grupo 2 que desarrolló una cifosis de unión proximal al final de seguimiento.

final del seguimiento) en el grupo 1, y de +17 mm (de -21 mm a -4 mm al final del seguimiento), en el grupo 2.

Lordosis lumbar: En ambos grupos, aumentó la lordosis lumbar; en el grupo 1, el valor promedio preoperatorio

fue de 54° y de 59° al final del seguimiento, con un incremento promedio de 5°; mientras que, en el grupo 2, el valor promedio preoperatorio fue de 56° y de 62° al final del seguimiento, con un aumento promedio de 6°.

Figura 3. Valores de cifosis de unión.



b_u = valores basales (prequirúrgicos), pqi_u = posquirúrgicos inmediatos, pqd_u = posquirúrgicos mediatos o diferidos.

Tabla 2. Cifosis de unión y cifosis torácica: cambios en el valor angular posoperatorio

	AAI X diferencias (IC 95%)	API X diferencias (IC 95%)
Cifosis de unión Preop.-Posop. inmediato	2,72° (1,29-4,14) p = 0,003	0,57° (de -1,06 a 2,21) p = 0,31
Cifosis de unión Preop.-Final del seguimiento	6,27° (4-8,54) p = 0,0002	4,63° (2,48-6,77) p = 0,0004
Cifosis torácicas Preop.-Posop. inmediato	1,11° (de -2,54 a 4,76) p = 0,39	1,68° (de -2,25 a 5,62) p = 0,19
Cifosis torácicas Preop.-Final del seguimiento	7,66° (3,2-12) p = 0,003	8,10° (4,9-11,25) p = 0,0007

Complicaciones: Grupo 1: durante el seguimiento, en 2 pacientes, se constató pérdida de corrección de la curva con rotura de barra secundaria a pseudoartrosis. Grupo 2: un paciente presentó un “desbalance” coronal tardío (*adding-on*), que requirió una nueva intervención con extensión distal de la artrodesis. Estos tres pacientes quedaron excluidos del estudio.

Ninguno de los 6 pacientes que desarrollaron cifosis de unión proximal patológica posoperatoria refirió molestias clínicas durante el seguimiento, ni requirió una cirugía de revisión por este hallazgo.

Discusión

El principal objetivo de la corrección quirúrgica de la escoliosis en el plano sagital consiste en alcanzar valores normales de cifosis torácica y lordosis lumbar, llevando al paciente a un armonioso balance sagital con valor levemente negativo o, al menos, en balance neutro.⁵ A pesar del número reducido de pacientes en nuestro estudio, podemos decir que, para curvas lumbares o toracolumbares, ya sea con el abordaje anterior o el posterior, hemos alcanzado este objetivo, pues los resultados clínico

y radiológico al final del seguimiento son prácticamente iguales con uno u otro abordaje. Para curvas lumbares o toracolumbares existe la posibilidad de instrumentarlas y corregirlas a través de un abordaje anterior o uno posterior, con similares resultados. Defensores del abordaje anterior postulan que se alcanza una mayor corrección de la curva con menores niveles de fusión, dejando más niveles lumbares móviles, y se evita la lesión de la musculatura extensora de la columna.^{6,7}

Por otra parte, defensores del abordaje posterior sostienen que la instrumentación segmentaria con tornillos pediculares ha demostrado ser segura y eficaz para la corrección quirúrgica, tanto en el plano coronal como en el sagital, para curvas lumbares o toracolumbares inferiores a 60°, las instrumentaciones son cortas, con mínima pérdida de corrección al compararla con la vía anterior;⁸ además, se evita la significativa tasa de pseudoartrosis a la que se asocia la artrodesis anterior; con menor número de complicaciones, menor tiempo de sangrado y hospitalización posoperatoria.

En cuanto al plano sagital, hubo un aumento significativo de la cifosis de unión proximal y la cifosis torácica, tanto en el posoperatorio inmediato como al final del

Tabla 3. Incidencia de cifosis de unión patológica e hipercifosis torácica

	AAI	API	p
Hipercifosis	3 (17%)	5 (26%)	0,47
Cifosis de unión	3 (17%)	3 (16%)	0,94

seguimiento. Este aumento de la cifosis de unión fue de 6,27° en el grupo 1 y de 4,63° en el grupo 2; por lo tanto, no cumple con los criterios de Glattes³ de cifosis de unión patológica.

En nuestro estudio, la incidencia de cifosis de unión proximal patológica fue del 17% para el grupo 1 (3 casos) y 16% para el grupo 2 (3 casos) (p = 0,94). Al comparar nuestros resultados con trabajos similares ya publicados, observamos que la incidencia de cifosis de unión patológica fue menor en nuestra serie, no así en el trabajo de Rhee y cols.⁵ en el que la instrumentación posterior se asoció al desarrollo de cifosis de unión proximal posoperatoria con una incidencia del 35%, similar al reporte previo de Lee y cols.;⁹ la incidencia para nuestro grupo 2 (API) fue

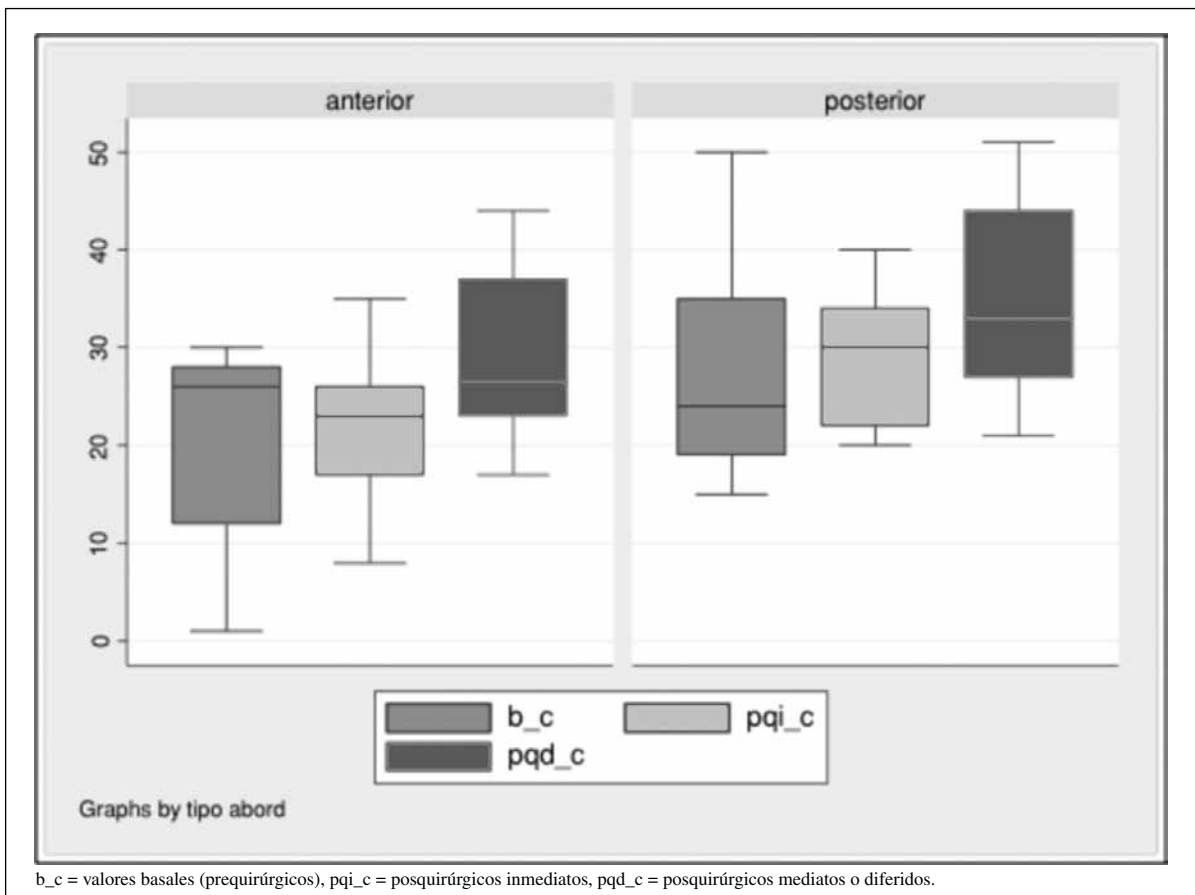


Figura 4. Valores de cifosis torácica.

del 16%. Hacemos la salvedad de que, en los resultados de los informes revisados, se analiza la cifosis de unión para todos los tipos de curvas, lumbares y toracolumbares como curvas torácicas puras y dobles curvas, y creemos que la mayor incidencia se debe al efecto lordotizante de la instrumentación posterior en la columna torácica, como lo publican Hilibrand y cols.¹⁰

En el trabajo de Kim y cols.,⁴ se analiza la cifosis de unión proximal en 193 pacientes con diagnóstico de escoliosis idiopática del adolescente. Estos autores publican una incidencia del 26% con la instrumentación posterior, asociada a factores de riesgo, como la toracoplastia, las construcciones híbridas terminadas con ganchos proximales y la hipercifosis torácica preoperatoria; en ese trabajo, solo el 6% de los pacientes tenía una curva Lenke tipo 5, mientras que el 54% de los pacientes tenía una curva Lenke tipo 1, es decir que, en este reporte, al igual que en los anteriores, la mayor incidencia de cifosis de unión proximal se debe a la inclusión de instrumentaciones torácicas. La lordosis lumbar se mantuvo e incluso mejoró, tanto con la instrumentación anterior como con la instrumentación posterior de las curvas lumbares o toracolumbares. Este efecto lordotizante puede explicarse en el abordaje anterior como consecuencia del uso de cajas (que no utilizamos) o de injerto óseo autólogo estructural a nivel intersomático, mientras que, en el abordaje posterior, es consecuencia de la posición del paciente en decúbito prono en la mesa de cirugía, sumado a la maniobra de compresión desde la convexidad de la curva lumbar al colocar la primera barra.⁵ El resultado de este leve aumento de la lordosis lumbar, que fue prácticamente igual con ambos abordajes, se acompañó de un aumento moderado de la cifosis torácica en el final del seguimiento, y creemos que esto se debe a un mecanismo de compensación de la columna torácica no instrumentada para mantener un balance sagital armonioso. Sin embargo, en valor absoluto, la cifosis torácica resultante en todos los pacientes fue mayor que el aumento de la lordosis lumbar, lo que explica el desplazamiento positivo de la línea de plomada de C7 al final del seguimiento en todos los pacientes incluidos en este trabajo. A pesar de este desplazamiento positivo, la línea de plomada de C7 que tenía un valor

negativo en el preoperatorio, se mantuvo en un valor negativo al final del seguimiento, no hubo diferencias significativas en este parámetro al comparar los abordajes anterior y posterior.

Por otro lado, al consultar con la bibliografía podemos decir que la línea de plomada de C7 es un parámetro que, independientemente del desarrollo de una cifosis de unión o una hipercifosis torácica, no genera grandes desplazamientos, sin cambios significativos a pesar del abordaje que se quiera realizar, tanto para curvas lumbares o toracolumbares como para curvas torácicas puras.⁵ Un criterio de inclusión que diferencia nuestro trabajo es la elección de los niveles de fusión, ya que se evalúa la cifosis de unión proximal luego de realizar una fusión corta, de vértebra límite a vértebra límite (de Cobb a Cobb), tanto en la vía anterior como en la vía posterior; con la idea de identificar objetivamente cuál de los dos abordajes es más cifotizante. Sólo en uno de los 37 casos, el nivel de fusión proximal fue T9, en el resto fue T10 o T11. Este paciente pertenece al grupo 2 y no desarrolló una cifosis de unión posoperatoria.

Las debilidades de este estudio son: el número reducido de pacientes, la elección secuencial del abordaje quirúrgico y la falta de cuestionarios de calidad de vida. A pesar de esto la homogeneidad de los grupos comparados es lo que diferencia a este trabajo de los demás hallados en la bibliografía, ya que el número de pacientes en cada grupo, la edad, el tiempo de menarca, el patrón de curva, el valor angular de la curva,^{5,11} los niveles de fusión, el número de vértebras fusionadas y el porcentaje de corrección de la curva son similares, sin diferencias significativas entre un grupo y otro, lo que le otorga objetividad a los resultados encontrados en el plano sagital.

Conclusión

A partir de este estudio podemos decir que no hay diferencias significativas en cuanto a la incidencia de cifosis de unión proximal e hipercifosis torácica, al comparar la cirugía anterior y la cirugía posterior para la corrección quirúrgica de escoliosis de tipo Lenke 5C.

Bibliografía

1. **Booth KC, Bridwell KH, Lenke LG, Baldus CR, Blanke KM.** Complications and predictive factors for the successful treatment of flatback deformity (fixed sagittal imbalance). *Spine* 1999;24:1712-20.
2. **Lagrone MO, Bradford DS, Moe JH, Lonstein JE, Winter RB, Ogilvie JW.** Treatment of symptomatic flatback after spinal fusion. *J Bone Joint Surg Am* 1988;70:569-80.
3. **Glattes RC, Bridwell KH, Lenke LG, Kim YJ, Rinella A, Edwards C.** Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity following long instrumented posterior spinal fusion: incidence, outcomes and risk factors analysis. *Spine* 2005;30:1643-9.
4. **Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Kim J, Cho SK.** Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following segmental posterior spinal instrumentation and fusion: minimum 5-year follow-up. *Spine* 2005;30:2045-50.

5. **Rhee JM, Bridwell KH, Won D, Lenke LG, Chotigavanichaya C, Hanson DS.** Sagittal plane analysis of adolescent idiopathic scoliosis: the effect of anterior versus posterior instrumentation. *Spine* 2002;27:2350-6.
6. **Betz RR, Harms J, Clements DH III, Lenke LG, Lowe TG, Shufflebarger HL, et al.** Comparison of anterior and posterior instrumentation for correction of adolescent thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 1999;24:225-39.
7. **Betz RR, Shufflebarger H.** Anterior versus posterior instrumentation for the correction of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 2001;26:1095-100.
8. **Halm H, Niemeyer T, Link T, Liljenqvist U.** Segmental pedicle screw instrumentation in idiopathic thoracolumbar and lumbar scoliosis. *Eur Spine J* 2000;9:191-7.
9. **Lee GA, Betz RR, Clements DH III, Huss GK.** Proximal kyphosis after posterior spinal fusion in patients with idiopathic scoliosis. *Spine* 1999;24:795-9.
10. **Hilibrand AS, Tannenbaum DA, Graziano GP, Loder RT, Hensinger RN.** The sagittal alignment of the cervical spine in adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop* 1995;15:627-32.
11. **Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kim J, Cho SK, Cheh G.** Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis after 3 different types of posterior segmental spinal instrumentation and fusions: incidence and risk factor analysis of 410 cases. *Spine* 2007;32:2731-38.