

Nuevas perspectivas en el tratamiento quirúrgico de las enfermedades graves de la caja torácica que cursan con afectación respiratoria

A. Molina^a, M. Ramírez^a, O. García-Casas^a, Ll. Puig^a, E. Cáceres-Palou^a, J. Gea^b y J. Bago^c

^aServicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología (COT). Hospital de la Esperanza. IMAS. Barcelona.

^bServicio de Neumología. Hospital del Mar. IMAS. Barcelona.

^cServicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología (COT). Hospital Vall d'Hebron. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. España.

Introducción

La escoliosis se define como una deformidad lateral de la columna, con rotación de las vértebras. Es decir, se trata de una deformidad tridimensional. La escoliosis implicará deformidad del tórax si se produce en esa región (fig. 1).

La escoliosis se divide en idiopática y secundaria, con independencia de su localización en el raquis. Actualmente se reconoce que, con toda probabilidad, la escoliosis idiopática es de origen multifactorial. Sus causas más frecuentes son las anomalías en la maduración del sistema nervioso central o anomalías familiares de componente genético^{1,2}.

La prevalencia de la escoliosis idiopática en la población en edad de riesgo (individuos entre 10 y 16 años) es aproximadamente de un 2-3%. A medida que aumenta la magnitud de la curva, disminuye la tasa de incidencia. Se estima que la proporción de pacientes que precisan tratamiento quirúrgico no supera el 0,1%³.

La decisión de cómo tratar a los pacientes con una deformidad del raquis debe basarse en el conocimiento de la historia natural del proceso. Cualquiera de las decisiones que se tomen tiene como objetivo modificar la historia natural de la deformidad. Los principales factores que influyen en la decisión terapéutica son el tipo y magnitud de la curva, edad, maduración ósea y sexo. De todos ellos, la edad y magnitud de la curva en el momento del diagnóstico son los factores más importantes^{4,5}. La importancia del factor edad se relaciona sobre todo con el concepto de elasticidad³. De ésta depende la posibilidad de reducción del valor angular de la curva y la respuesta muscular del paciente.

Correspondencia: Dr. A. Molina Ros.
Servicio de COT. IMAS.
Hospital de la Esperanza.
Sant Josep de la Muntanya, 12. 08024 Barcelona. España.
Correo electrónico: 20017@imas.imim.es

Recibido: 30-4-2003; aceptado para su publicación: 13-5-2003.

Función respiratoria y deformidad

Cabe señalar que la función respiratoria se afecta fundamentalmente en las escoliosis torácicas. El desarrollo del parénquima pulmonar termina a los 8 años de edad. Si el inicio de la deformidad es antes o durante ese período podemos asistir a una disminución de la capacidad respiratoria y capacidad vascular pulmonar⁶.

Se ha encontrado una relación directa entre alteración de las pruebas funcionales respiratorias y magnitud de la curva torácica. El tipo de alteración observado habitualmente es el restrictivo. Éste comporta un volumen pulmonar pequeño, mayor trabajo respiratorio, alto coste energético, hipoxemia, acidosis respiratoria por hipoventilación, inadecuada respuesta ventilatoria al estímulo hipóxico, hipertensión arterial pulmonar, limitación

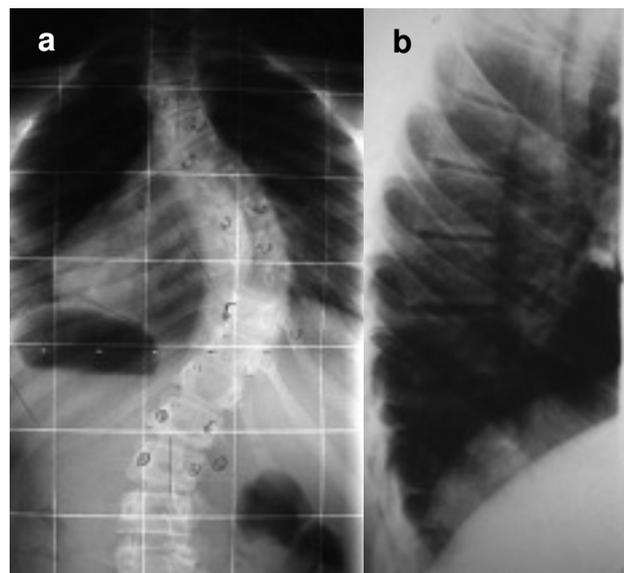


Fig. 1. Radiografía toracoabdominal que muestra una escoliosis en proyección posteroanterior (a) y en proyección lateral (b).

del desarrollo del parénquima pulmonar, así como anómala relación entre función pulmonar y mecánica muscular respiratoria.

Los individuos con una deformidad de estas características tienen una reducción de la capacidad vital (CV) y, en menor medida, del volumen espiratorio forzado en el primer segundo, a pesar de que pueden estar asintomáticos. El incremento de problemas pulmonares preoperatorios y postoperatorios también se ha mencionado en múltiples artículos.

Se ha observado que las alteraciones importantes de la función pulmonar se encuentran cuando las curvas de deformidad tienen un ángulo de Cobb superior a 70-80°. En estos casos, la función del diafragma está alterada, por lo que la función respiratoria depende en mayor grado de los músculos accesorios. Dado que la actividad de éstos disminuye durante la noche, pueden aparecer hipoxemia y, consecuentemente, poliglobulia. Otros factores a tener presentes son la localización y el número de vértebras torácicas afectadas⁷. A largo plazo, únicamente los pacientes con curvas superiores a 100°, y asociados a otros factores, suelen desarrollar insuficiencia respiratoria crónica y *cor pulmonale*. Para algunos autores, cuando la CV se encuentra por debajo del 40% del valor de referencia existe un riesgo importante de compromiso pulmonar⁸. Cuando la deformidad no supera los 50° pero se asocia a una hipocifosis (pérdida de la cifosis torácica fisiológica), el pronóstico empeora. Lo mismo sucede si se asocia hábito tabáquico. Una escoliosis de una magnitud media (40-60°), sin alteración de la cifosis fisiológica, tiene baja posibilidad de ocasionar problemas respiratorios graves. En escoliosis torácicas moderadas (< 35°) se puede mejorar la función pulmonar mediante ejercicio. A pesar de todo lo mencionado, la mortalidad global de los individuos con escoliosis torácica idiopática es comparable a la de la población general.

Sin embargo, existe poca información sobre la situación de los pacientes con escoliosis juvenil, intervenidos o no, cuando ya son adultos⁶. Estos individuos suelen presentar ciertas limitaciones para desarrollar algunas actividades físicas intensas, como levantar o llevar objetos pesados.

Tratamiento

El tratamiento, ortopédico (mediante corsés) y quirúrgico, se realiza para disminuir el valor de la curvatura del raquis, con el objetivo de obtener una mejoría estética e impedir el probable deterioro de la función respiratoria. El resultado del tratamiento se basa en la elasticidad que tiene el raquis. Por este motivo, el momento de la indicación es fundamental. Como posteriormente se verá, la evolución de la función respiratoria está relacionada directamente con la edad del paciente (sea éste adolescente, que podríamos considerar "más elástico", o adulto, más "rígido")³.

El tratamiento ortopédico mediante ortesis rígida ha demostrado su eficacia en curvas con valores de hasta 40° y en individuos con deformidades elásticas. Sin embargo, se producen algunas recidivas. Cuando se plantea este tratamiento, deben responderse tres cuestiones fun-

damentales: ¿qué deformidad se desea tratar?, ¿por qué debe tratarse?, y ¿puede tratarse con éxito de forma conservadora?

El tratamiento ortopédico se aplica a individuos adolescentes, que habitualmente tienen una notable capacidad de adaptación. Aunque la aplicación continuada de estas ortesis produce dificultad en la expansión torácica, estudios a largo plazo parecen demostrar que no existe un deterioro persistente de la función respiratoria⁹.

La intervención quirúrgica, por su parte, tiene como objetivo disminuir la deformidad tridimensional que tienen las vértebras, mediante la manipulación de éstas durante la intervención, a fin de obtener una artrodesis estable que evite la progresión de la deformidad⁴. Se indica tanto en deformidades superiores a 60°, sintomáticas (dolor en el adulto, alteración estética en el joven o adolescente), como en las desviaciones superiores a los 40° en individuos en período de crecimiento, ya que se ha demostrado la progresión de la curva a pesar del tratamiento ortopédico. Finalmente, también se indica si existe una deformidad inaceptable para el paciente^{4,5}. No existe evidencia de que la indicación quirúrgica pueda realizarse únicamente basándose en el deterioro de la función pulmonar.

Las deformidades localizadas en la región torácica pueden corregirse accediendo a la columna por la parte anterior (toracotomía, toracoscopia), por la posterior o mediante una maniobra quirúrgica combinada. Todas ellas consisten en obtener la reducción de la deformidad teniendo como base la elasticidad del raquis. Por este motivo, la vía de abordaje de la columna, además de consideraciones técnicas, dependerá del tipo de curva, elasticidad y número de vértebras que deban fusionarse. Cuando la deformidad estética es muy evidente por la presencia de un *gibus* (joroba), puede realizarse además una toracoplastia con objetivos estéticos, con resección parcial de las costillas en la zona más prominente. Esta técnica se asocia principalmente a las actuaciones ortopédicas por vía posterior. Los objetivos de la cirugía de corrección de las curvas torácicas son: corregir la deformidad (preservando el balance sagital de la columna), conservar o mejorar la función pulmonar, ejercer una influencia positiva sobre la columna lumbar, conseguir la mínima morbilidad y dolor en el paciente, y maximizar el retorno a la completa funcionalidad.

Sin embargo, el efecto de la corrección quirúrgica sobre la función pulmonar de los pacientes con escoliosis idiopática no está del todo claro. Aunque varios estudios han demostrado que este tipo de corrección quirúrgica mejora algunas variables de función pulmonar¹⁰, otros autores no han observado dicha mejoría¹¹ o incluso han descrito un deterioro funcional¹². Esta controversia podría deberse a que muchos de los estudios realizados han analizado a una población muy heterogénea, tanto por lo que se refiere a la edad, sexo, tipo e intensidad de la curva como a la etiología de la escoliosis. Además, las técnicas empleadas en la corrección quirúrgica difieren, así como también los criterios utilizados para evaluar la función respiratoria.

El estudio realizado por Rizzi et al⁷, en 35 pacientes adultos intervenidos de cirugía raquídea durante el pe-

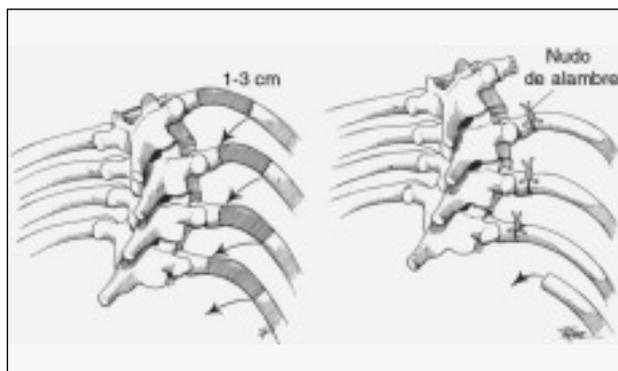


Fig. 2. Esquema de toracoplastia.

río 1978-1994, mostró resultados divergentes. Así, encontraron que 7 pacientes fallecieron durante el primer año, mientras que los restantes mejoraban sensiblemente su función respiratoria y calidad de vida (seguimiento de 72 meses). Los autores concluyeron que los resultados obtenidos después de intervenciones raquídeas pueden ser desde “extremadamente buenos” (alto porcentaje de mejoría) hasta “extremadamente insatisfactorios” (alta mortalidad).

Técnica quirúrgica

Durante la última década el planteamiento quirúrgico de las deformidades torácicas ha sufrido una importante modificación en cuanto a indicaciones y manejo de los pacientes, tanto en el período preoperatorio como en el intraoperatorio y postoperatorio⁴. Actualmente se persigue la detención de la deformidad y mantener o incluso aumentar la capacidad respiratoria de estos pacientes.

Como ya se ha mencionado, las técnicas quirúrgicas pueden realizarse por vía posterior o por vía anterior, esta última, mediante una toracotomía (habitualmente con sección diafragmática) o una toracoplastia. Además se pueden conjugar ambas vías de abordaje. Es lo que se denomina “doble abordaje” e incluye: *a*) la vía anterior torácica, con el fin de realizar una discectomía y colocar injertos en el espacio que ocupaba inicialmente el disco intervertebral, y *b*) la vía posterior, realizando una fijación del raquis y la colocación del injerto si se precisa. Esta técnica, en algunos medios especializados, recibe el nombre de “artrodesis circunferencial”.

Toracoplastia

Consiste en realizar una resección parcial de las costillas de la convexidad de la curva (figs. 2 y 3). Tiene como objetivo fundamental obtener una mejoría estética. Ha sido también asociada a instrumentaciones por vía posterior. Cuando se utiliza esta técnica como complemento de la fijación vertebral, se produce un elevado número de complicaciones perioperatorias y postoperatorias (tipo neumotórax), con alteración de la mecánica respiratoria durante los dos primeros meses (disminución del volumen pulmonar de entre el 12 y el 16%). Algunos autores atribuyen parte de esta disminución al dolor postoperatorio¹³. Sin embargo, a los dos años de la intervención la función respiratoria vuelve al estado preoperatorio.

Acceso posterior

Se decide cuando la elasticidad que tiene el raquis permite modificar la deformidad desde ese abordaje. La principal característica es que esta vía no altera ninguna estructura muscular que actúe directamente sobre la mecánica ventilatoria. Los primeros implantes utilizados eran las barras de Harrington^{6,8,9,14}, que no permitían obtener una cifosis fisiológica en la región torácica, lo que daba lugar a un trastorno estético (dorso plano) y probablemente funcional. Para algunos autores esta técnica produce un aumento discreto de la CV y volúmenes pulmonares estáticos, aunque no suelen alcanzar la normalidad. Sin embargo, otros autores han observado una pequeña disminución de la CV, que se ha atribuido a la aparición de hipocifosis. No obstante, cabe señalar que un porcentaje muy alto de pacientes fueron también sometidos a inmovilización prolongada con corsé, lo que pudo influir en los resultados.

Los implantes utilizados actualmente por esta misma vía han sufrido una evolución muy significativa (implantes de tercera generación). Estos cambios se han introducido con el objetivo de producir una reposición lo más próxima a la normalidad anatómica en la caja torácica, mediante una maniobra de distracción-rotación. Con esta técnica, aplicada a deformidades torácicas elásticas, se han obtenido correcciones de la deformidad en los planos coronal y frontal, en la deformidad de la parrilla costal y en la asimetría de la caja torácica (cifosis fisiológica en el plano lateral, normoeje en el plano frontal y desrotación en el plano coronal) (fig. 4).

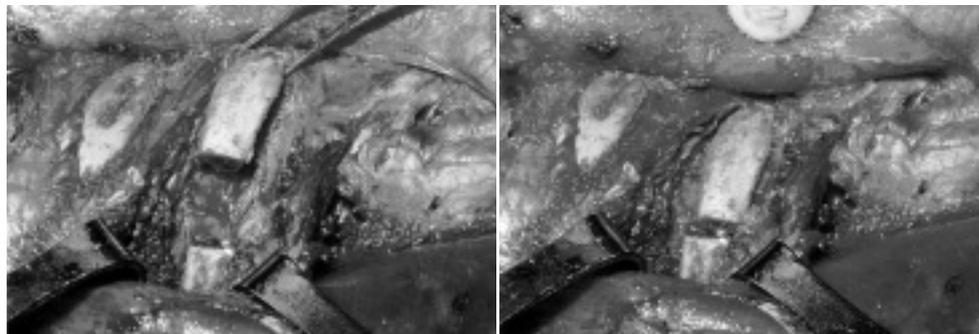


Fig. 3. Toracoplastia, imagen quirúrgica.

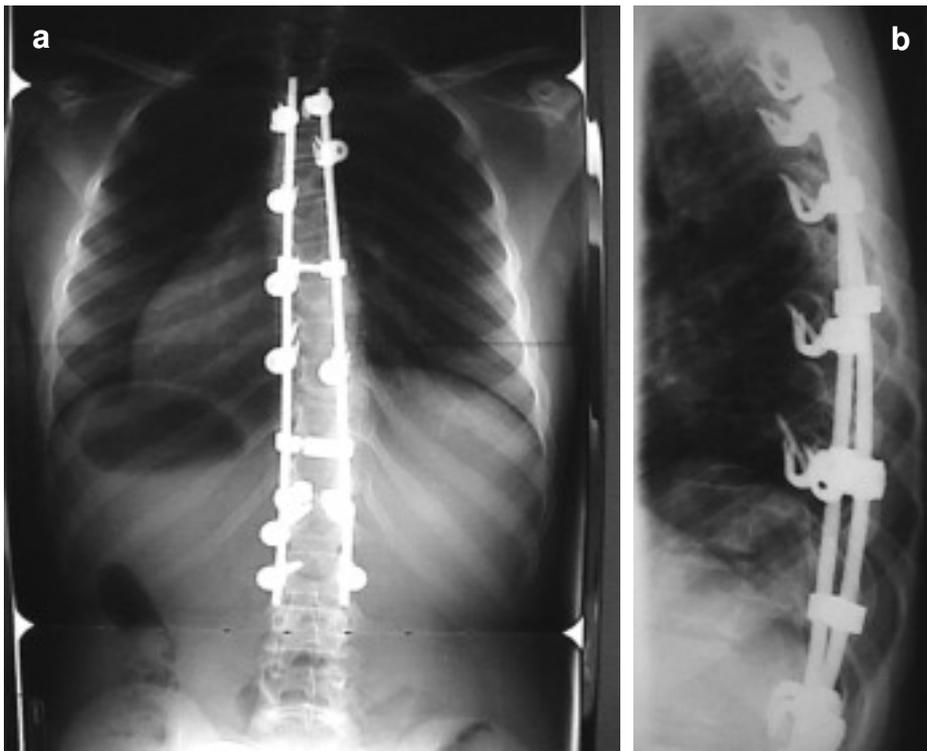


Fig. 4. Radiografía de una escoliosis torácica ya intervenida, en proyección anteroposterior (a) y en proyección lateral (b).

En los pacientes adolescentes tratados mediante esta vía de abordaje e implante de tercera generación se ha observado una mejoría de la CV y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo. Para algunos autores esta mejoría es persistente, mientras que para otros desaparece al año¹².

Abordaje anterior: toracotomía

Se plantea esta técnica como alternativa a la vía posterior¹⁵, con el objetivo de obtener una mayor reducción de la curvatura del raquis, incluir el menor número de vértebras en la fijación y prevenir la pseudoartrosis. Sin embargo, esta vía de abordaje produce una alteración significativa en elementos que participan directamente de la mecánica ventilatoria, como son los músculos dorsal ancho, diafragma e intercostales. Además, es difícil corregir la pérdida de la cifosis torácica. La principal limitación de la vía anterior es que el pulmón del lado por el que se accede a la columna puede colapsarse con probabilidades de expansión posterior. Las complicaciones más frecuentes de este tipo de intervenciones son las atelectasias y la disminución de los volúmenes pulmonares. En general, los pacientes presentan una disminución de la función pulmonar durante los tres primeros meses del período postoperatorio, que se recupera a los dos años

Un estudio retrospectivo llevado a cabo por Grossfeld et al¹⁶ en 599 niños intervenidos entre 1967 y 1991 mostró que existía una serie de factores de riesgo para las intervenciones raquídeas: empleo de una toracotomía, edad superior a 14 años, ser varón, presentar una curva cifótica, tener un ángulo de Cobb superior a

100° y una CV inferior al 40% del valor de referencia. Los más importantes para la aparición de complicaciones postoperatorias “mayores” eran la edad y la angulación marcada. Sin embargo, en el estudio realizado por Rawlins et al¹⁷ en 32 pacientes de edades comprendidas entre 7 y 17 años, se observó que la toracotomía como acceso al raquis puede llegar a buen término incluso cuando el paciente posee una CV inferior al 40% del valor de referencia, siempre y cuando la interdisciplinariedad médica sea efectiva (supervisión de neumólogos e internistas).

Abordaje anterior: toracosopia

En los últimos años los “miniabordajes” se están colocando en primera línea de la cirugía raquídea, por lo que se tratarán con más detalle en la presente revisión. La toracosopia (fig. 5) se ha introducido como nuevo abordaje terapéutico en la patología raquídea. La endoscopia se introdujo en la cirugía espinal en 1993 y se planteó como alternativa a la “cirugía abierta”. En un principio se indicó fundamentalmente en pacientes con riesgo elevado para la toracotomía, ya que es menos traumática para la pared torácica¹⁸. Sin embargo, el tiempo ha demostrado que, para obtener el máximo beneficio con la toracosopia, la deformidad torácica debe ser elástica y con un valor angular superior a 75°. Esta técnica no debe realizarse en pacientes en que se deba colapsar un pulmón para realizar la técnica quirúrgica, exista insuficiencia respiratoria grave, se requieran presiones positivas elevadas para mantener una adecuada ventilación o existan adherencias pleurales. Durante los últimos 7 años la toracosopia se ha utilizado en la ciru-

gía de la deformidad vertebral para realizar liberaciones anteriores de columna (con el objetivo de aumentar la flexibilidad), artrodesis anteriores, epifisiodesis (para prevenir el fenómeno del dorso plano o *crankshaft*) y resecciones discales. También se ha empleado la toracoscopia en el tratamiento de algunos tumores primarios, de metástasis vertebrales y de fracturas y hernias discales.

Para el paciente la toracoscopia resulta más atractiva al ser una técnica menos invasiva, con menor dolor y que hace prever una menor morbilidad. Sin embargo, para el cirujano vertebral estas ventajas no son tan evidentes. La técnica del miniabordaje precisa mayor tiempo de aprendizaje, a menudo la ayuda de un cirujano torácico o abdominal, y consume en general más tiempo quirúrgico. Por otra parte, a su favor está el interés creciente en acortar las estancias y disminuir los costes hospitalarios.

Arlet¹⁹ publicó un metaanálisis de 151 estudios que pretendían responder a las controversias existentes frente a las indicaciones de la toracoscopia en las deformidades vertebrales. Sin embargo, de los artículos seleccionados únicamente 57 eran relativamente válidos (21 sobre fusiones espinales, 11 centrados en liberaciones raquídeas y los restantes basados en complicaciones de la toracoscopia), y de éstos, sólo 9 se consideraron óptimos (tabla I)²⁰⁻²⁸. La mayoría de los casos eran pacientes pediátricos, en los que la columna es mucho más flexible que en el adulto. Es interesante hacer notar además que los casos publicados tenían una media de 65° de deformidad, aunque comúnmente se acepta que el abordaje anterior sólo está indicado en pacientes que superen los 75°, y con una prueba radiológica de lateralidad (*bending*) menor de 50°. Sin embargo, este abordaje podría justificarse para evitar la aparición del dorso plano, realizando una epifisiodesis con objeto de eliminar el crecimiento y/o para practicar una discectomía a fin de dar flexibilidad a la columna. Desde un punto de vista de análisis de la técnica, todos los trabajos utilizaban la vía de aproximación sobre el lado convexo, con el paciente en decúbito lateral, y colapso selectivo del pulmón homolateral (como se realiza en la toracotomía abierta). La curva de aprendizaje de la técnica fue muy prolongada, ya que incluye el entrenamiento en la fase de abordaje y en la realización de la propia discectomía.

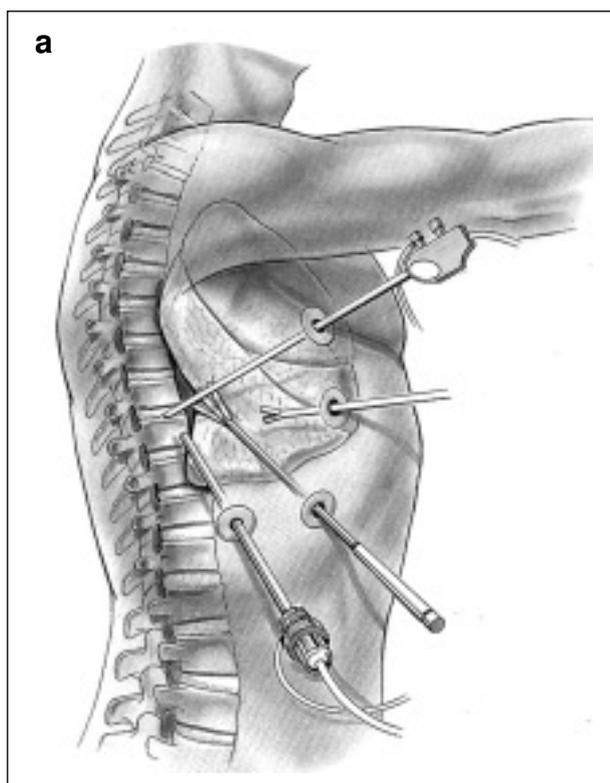


Fig. 5. Esquema de toracoscopia (a) e imagen quirúrgica de una toracoscopia (b).

TABLA I
Metaanálisis de Arlet¹⁹ sobre el uso de la toracoscopia en la corrección quirúrgica del raquis

Autores	Diseño	Seguimiento (meses)	N.º de pacientes (edad)	EAI	CS	NM	ED	EC	Misc.
Holcomb et al ²⁰	Retrospectivo	(?)	8 (14)	3	1	1	0	2	1
Huang et al ²¹	(?)	(?)	14 (?)	(?)	1	(?)	(?)	(?)	(?)
Kokoska et al ²²	Retrospectivo	(?)	5 (13)	1	1	0	3	0	0
McAfee et al ²³	Prospectivo	(?)	24 (19)	(?)	4	(?)	(?)	(?)	(?)
Newton et al ²⁴	Prospectivo	12	65 (14)	13	9	35	(?)	4	4
Papin et al ²⁵	Retrospectivo	14	8 (12)	4	0	1	2	0	1
Regan et al ²⁶	(?)	Corto	4 (48)	4	2	2	0	0	0
Rothenberg et al ²⁷	(?)	Corto	20 (13)	(?)	(?)	(?)	1	4	(?)
Waisman y Saute ²⁸	Retrospectivo	32	3 (16)	2	0	0	0		
Total			151	> 25	> 18	> 37	> 6	> 11	> 6

EAI: escoliosis adolescente idiopática; CS: cifosis de Scheuermann; NM: origen neuromuscular; ED: escoliosis displásica; EC: escoliosis congénita; misc.: miscelánea.

Un problema adicional es que resulta difícil evaluar la cantidad de disco intervertebral extirpado. La duración media de las intervenciones fue de 2,5 h y no guardó relación con el tipo de deformidad. Cuando se realizó un "tiempo posterior", la duración de la cirugía fue mucho mayor (10 h). Respecto de los resultados, la corrección de la deformidad osciló entre el 56 y el 63%. El coste de la toracoscopia fue un 30% superior al de la toracotomía abierta¹⁴, si se valora la curva de aprendizaje, utilaje y amortización, horas de quirófano y necesidad de tener disponibilidad inmediata para convertir la intervención en toracotomía abierta. El tiempo medio de ingreso en el hospital fue de 9 días. Las complicaciones se presentaron en el 20% de los pacientes (6% de complicaciones mayores), aunque no modificaron la evolución final. Sí se observó un aumento en la duración de la ventilación asistida, más evidente en pacientes con problemas neuromusculares.

Un estudio comparativo, realizado por Newton y Wenger²⁹, entre la toracotomía y la toracoscopia en pacientes pediátricos y adolescentes con deformidades vertebrales permitió observar que los beneficios de una con respecto a la otra no eran significativos, e incluso los pacientes que fueron sometidos a toracoscopia precisaron un drenaje pleural durante más tiempo.

De todo lo expuesto se deduce que las intervenciones en el raquí torácico realizadas por toracoscopia tienen unas limitaciones importantes, relacionadas con la infraestructura necesaria para su realización y la relación entre tiempo de aprendizaje y rentabilidad. Esto hace que deban racionalizarse de un modo muy estricto las indicaciones y los centros donde se realice este tipo de cirugía.

Indicaciones para la toracoscopia en deformidades escolióticas. La toracoscopia puede ser efectiva en pacientes pediátricos, pero sus resultados en la corrección de la deformidad son similares a los de las técnicas abiertas. Cuando la deformidad es grave o la flexibilidad de la curva es menor (adultos), empeoran los resultados.

Indicaciones de la toracoscopia en deformidades cifóticas. Se acepta que tan sólo deben reducirse quirúrgicamente las deformidades que superen los 75° de cifosis. Actualmente, y con los sistemas de fijación existentes, se puede efectuar una reducción de la deformidad mediante facetectomía (resección de las articulaciones posteriores), no teniendo que realizar un abordaje anterior de la columna. La técnica quirúrgica es más fácil en pacientes cifóticos al tener una "mayor" cavidad torácica.

Conclusión

La magnitud de la curva torácica determina la afectación de la función respiratoria, pudiendo aparecer una alteración ventilatoria de tipo restrictivo. La presencia de una pérdida de la cifosis fisiológica influye también de forma negativa en la función pulmonar. Así, en deformidades escolióticas de igual magnitud, aquellas en que el valor de la cifosis es menor tienen más posibili-

dades de presentar alteración en la función respiratoria. El hábito tabáquico también empeora el impacto funcional (un no fumador sólo presentará alteraciones funcionales con deformidades entre los 100 y los 120°).

La deformidad escoliótica puede resolverse por vía anterior (toracoscopia o toracotomía), posterior o combinadas. Además se puede añadir a cada una de ellas la posibilidad de realizar una toracoplastia para mejorar la estética del paciente. La aplicación de cada una de las técnicas se realizará según las indicaciones ya expuestas en la revisión.

Aunque la toracoplastia despertó inicialmente expectativas en la cirugía de la deformidad raquídea torácica, presenta importantes limitaciones (indicaciones precisas, curva de aprendizaje prolongada y resultados moderadamente positivos).

BIBLIOGRAFÍA

1. Machida M. Cause of idiopathic scoliosis. *Spine* 1999;24:2576-83.
2. Winter R. Classification and terminology. En: Lippincot-Ravent, editor. *Textbook of scoliosis and other spinal deformities*. Philadelphia: W.B. Saunders Co., 1995; p. 39-43.
3. Upadhyay SS, Mullaji AB, Luk KD, Leong JC. Relation of spinal and thoracic cage deformities and their flexibilities with altered pulmonary functions in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 1995;20:2415-20.
4. Bunell W. The natural history of idiopathic scoliosis. *Clin Orthop* 1988;229:20-5.
5. Duval-Beaupere G, Lamireau T. Scoliosis of less than 30 degrees. Properties of the evolutivity (risk of progression). *Spine* 1985;10:421-4.
6. Pehrsson K, Danielsson A, Nachemson A. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis: a 25 year follow up after surgery or start of brace treatment. *Thorax* 2001;56:388-93.
7. Rizzi PE, Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Perra JH. Adult spinal deformity and respiratory failure. Surgical results in 35 patients. *Spine* 1997;22:2517-30.
8. Vedantam R, Lenke LG, Bridwell KH, Linville DL, Blanke K. A prospective evaluation of pulmonary function in patients with adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical approach for spinal arthrodesis. *Spine* 2000;25:82-90.
9. Pehrsson K, Bake B, Larsson S, Nachemson A. Lung function in adults with idiopathic scoliosis: a 20 year follow-up. *Thorax* 1991;46:474-8.
10. Borowitz D, Armstrong D, Cerny F. Relief of central airways obstruction following spinal release in patient with idiopathic scoliosis. *Pediatr Pulmonol* 2001;31:86-8.
11. Estenne M, Derom E, De Troyer A. Neck and abdominal muscle activity in patients with severe thoracic scoliosis. *Am J Resp Crit Care Med* 1998;158:452-7.
12. Vedantam R, Lenke LG, Bridwell KH, Haas J, Linville DA, Blanke KM, Weston JM. A propose evaluation of pulmonary function in patients with adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical approach used for spinal arthrodesis. *Spine* 2000;25:82-90.
13. Lenke LG, Bridwell KH, Blanke K, Baldus C. Analysis of pulmonary function and chest cage dimension changes after thoracoplasty in idiopathic scoliosis. *Spine* 1995;20:1343-50.
14. Ordiales JJ, Fernández JC, López L, Colubi J. Estudio de la función ventilatoria pre y pos cirugía de la escoliosis torácica por el método de Harrington. *Rev Clin Esp* 1998;198:356-9.
15. Freixinet J, Hussein M, Mhaidli H, Rodríguez Suárez P, Robaina F, Rodríguez de Castro F. Abordaje transtorácico en raquis. *Arch Bronconeumol* 1998;34:492-5.
16. Grossfeld S, Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Leonard A, Johnson L. Complications of anterior spinal surgery in children. *J Pediatr Orthop* 1997;17:89-95.

17. Rawlins BA, Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Kubic PT, Wheeler WB, et al. Reconstructive spine surgery in pediatric patients with major loss in vital capacity. *J Pediatr Orthop* 1996;16:284-92.
18. Burgos J, Rapariz JM, González-Herranz P. Anterior endoscopic approach to the thoracolumbar spine. *Spine* 1998;23:2427-31.
19. Arlet V. Anterior thoracoscopic spine release in deformity surgery: a meta-analysis and review. *Eur Espine J* 2000;9(Suppl 1):17-23.
20. Holcomb GW III, Mencion GA, Green NE. Video-assisted thoracoscopic discectomy and fusion. *J Pediatr Surg* 1997;32:1120-2.
21. Huang TJ, Hsu RW, Sum CW, Liu HP. Complications in thoracoscopic spinal surgery: a study of 90 consecutive patients. *Surg Endosc* 1999;13:346-50.
22. Kokoska ER, Gabriel KR, Silen ML. Minimally invasive anterior spinal exposure and release in children with scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1998;2:255-8.
23. McAfee PC, Regan JR, Zdeblick T, Zuckerman J, Picetti GD III, Heim S, et al. The incidence of complications in endoscopic anterior thoracolumbar spinal reconstructive surgery. A prospective multicenter study comprising the first 100 consecutive cases. *Spine* 1995; 20:1624-32.
24. Newton PO, Wenger DR, Mubarak SJ, Meyer RS. Anterior release and fusion in pediatric spinal deformity. A comparison of early outcome and cost of thoracoscopic and open thoracotomy approaches. *Spine* 1997;22:1398-406.
25. Papin P, Arlet V, Marchesi D, Laberge JM, Aebi M. Treatment of scoliosis in the adolescent by anterior release and vertebral arthrodesis under thoracoscopy. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1998;84:231-8.
26. Regan JJ, Mack MJ, Picetti GD III. A technical report on video-assisted thoracoscopy in thoracic spinal surgery. Preliminary description. *Spine* 1995;20:831-7.
27. Rothenberg S, Erickson M, Eilert R, Fitzpatrick J, Chang F, Glancy G, et al. Thoracoscopic anterior spinal procedures in children. *J Pediatr Surg* 1998;33:1168-70.
28. Waisman M, Saute M. Thoracoscopic spine release before posterior instrumentation in scoliosis. *Clin Orthop* 1997;336:130-6.
29. Newton PO, Wenger DR. Anterior release and fusion in pediatric spinal deformity. A comparison of early outcome and cost of thoracoscopic and open thoracotomy approaches. *Spine* 1997;22: 1398-406.