

Papel de la costoplastia en la cirugía de la escoliosis

J.L. González López, O. Riquelme García, F.J. Soletto Martín, A. Villa García, J. Vázquez Estévez

Servicio de Cirugía Pediátrica. Sección de Ortopedia Infantil. Departamento de Pediatría y Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Gregorio Marañón. Madrid.

RESUMEN: La giba costal es una prominencia de las costillas apicales del lado convexo de la escoliosis torácica y obedece a la deformidad torsional que ocurre en la escoliosis. Origina una gran deformidad cosmética que, aunque mejora con la corrección de la escoliosis, recidiva al cabo del tiempo por la elasticidad costal, por ello, en casos de deformidad importante se debe asociar una costoplastia para su mejoría definitiva. Se analizan 10 casos intervenidos de escoliosis idiopática con 75,5° de media y giba costal de 22,1° en los que se practicó resección de costillas apicales sin estabilización en el mismo acto quirúrgico; la corrección de la curva fue a 34,6° (55%) y de la giba a 8,1° (64%); no hubo complicaciones importantes y el postoperatorio fue normal. El seguimiento medio fue 21,9 meses apreciándose solamente en 1 caso un leve deterioro de la giba, aunque en todos los casos las costillas se rehicieron. En conclusión, la costoplastia rompe el anillo vértebro-bicosto-esternal, por lo que es efectiva para la mejoría de la giba costal sin añadir morbilidad a la corrección de la escoliosis.

PALABRAS CLAVE: Giba costal; Escoliosis; Costoplastia.

COSTOPLASTY IN SCOLIOSIS SURGERY

ABSTRACT: The rib hump is a protrusion of the apical ribs of the convex side of the thoracic scoliosis and it is due to the torsional deformity that appears in scoliosis. It originates a great cosmetic deformity that although improves with the correction of the scoliosis, it appears again by the costal elasticity. For this reason, in cases of important deformity it is necessary to associate a costoplasty for its definitive improvement. 10 cases of Idiopathic Scoliosis with 75.5° of average and rib hump of 22.1° were analysed. A resection of apical ribs without stabilization in the same surgical act were done; the correction of the curve was 34.6° (55%) and of the hump 8.1° (64%); there were no important complications and the postoperative evolution was normal. The average follow up was 21.9 months, only in 1 case a slight deterioration of the hump was detected, although in all the cases the ribs recovered. In conclusion, costoplasty breaks the vertebro-bicosto-esternal ring. For that reason it is effective

Correspondencia: José Luis González López, Sección de Ortopedia Infantil, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Doctor Esquerdo 46, 28009 Madrid

Email: jgonzalezlo.hgugm@salud.madrid.org

Recibido: Agosto 2005

Aceptado: Octubre 2005

for the improvement of the costal hump without adding morbidity to the correction of the scoliosis.

KEY WORDS: Rib hump; Scoliosis; Costoplasty.

INTRODUCCIÓN

La giba costal (GC) es una deformidad secundaria a la deformidad escoliótica y se produce por el desplazamiento lateral y rotacional que sufre el tronco con el desarrollo de la escoliosis, puesto que supone una elongación y horizontalización de las costillas de la concavidad y un acortamiento y verticalización de las de la convexidad, lo que origina una prominencia de las costillas convexas; la etiología de la GC no está clara, pues no existe una relación clara entre el grado de deformidad, rotación vertebral y tamaño de la GC⁽¹⁾; esta deformación del tronco supone una de las mayores preocupaciones del paciente, ya que provoca graves alteraciones cosméticas y, ocasionalmente, funcionales. Con la corrección quirúrgica instrumentada, se consigue una mejoría cuantificada entre el 42-47%⁽²⁾, aunque en un porcentaje alto de casos recidiva al cabo del tiempo⁽³⁾, por lo que se ha postulado que para obtener una corrección efectiva y duradera de la giba, es necesario quebrar la elasticidad costal rompiendo el anillo vértebro-bicosto-esternal mediante costoplastia⁽⁴⁾. Existen pocas publicaciones del efecto del tratamiento sobre la deformidad costal⁽⁵⁾, por lo que el objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento de la GC tras corrección quirúrgica instrumentada de la escoliosis y costoplastia de la convexidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizan 10 casos intervenidos entre Diciembre de 2000 y Febrero de 2004, 8 escoliosis idiopáticas del adolescente y 2 escoliosis idiopática infantil progresiva (1 maligna); la edad

media de los pacientes fue de 13,1 años (10-16 años) y el seguimiento medio 21,9 meses (12-38 meses). Ocho curvas eran tipo Lenke I y 2 tipo III, presentando un valor angular medio según Cobb de 75,5° (55-105°) en la curva torácica; la GC media medida con escoliómetro era de 22,1° (15°-45°). La costoplastia se efectuó subperióticamente, previa infiltración con anestésico local del nervio intercostal, en todos los casos; en 6 enfermos por vía posterior utilizando el mismo abordaje de la corrección de la escoliosis; en 4 casos, en que se hizo doble abordaje, la resección costal se hizo en el abordaje anterior; en 1 paciente se asoció osteotomía de costillas cóncavas en el segundo abordaje. En 6 pacientes se resecaron 4 costillas y en los 4 restantes, 5 costillas, extirpando unos 7 cms de la zona apical, dejando un resto de aproximadamente 1 cm en la unión transversocostal; no se estabilizaron las costillas y el hueso extirpado se utilizó como injerto para la artrodesis.

RESULTADOS

La corrección de la curva escoliótica fue a 34,6° (20°-48°) lo que representa un 55% de corrección, y la GC mejoró a 8,1° (4°-20°) proporcionalmente un 64%; no se observó inestabilidad costal en ningún caso. Como complicaciones hay que reseñar 1 neumotórax y 1 hemotórax que se resolvieron con tubo de drenaje torácico. La estancia postoperatoria media fue de 7 días, similar a los casos en que no se practicó costoplastia; no ha habido problemas respiratorios reseñables en el seguimiento a corto y medio plazo. En todos los casos, las costillas se rehicieron de nuevo observándose un leve deterioro en la paciente de 10 años.

DISCUSIÓN

La escoliosis se caracteriza por una deformidad tridimensional de la columna, en la que las vértebras apicales se trasladan lateralmente, rotan hacia posterior en la convexidad y se desplazan hacia anterior en la columna torácica, con lo que las costillas convexas rotan hacia atrás, aumentando su angulación a nivel posterior, disminuyendo su diámetro coronal y, por consiguiente, el volumen torácico; asimismo, existe una diferencia de longitud, siendo las costillas cóncavas más largas que las convexas⁽⁶⁾, ello provoca una deformidad del tronco por la que en la flexión anterior corporal (test de Adams), se observa una prominencia de las costillas de la convexidad con relación a la concavidad que es conocida como GC (Fig. 1), y que es patognomónico en el diagnóstico de la escoliosis. La etiología exacta no está clara, ya que no hay una relación directa entre el grado de escoliosis según medición de Cobb, rotación vertebral y tamaño de la GC^(1,7), existiendo a veces una gran deformidad con curvas poco significativas⁽⁸⁾. Su localización tampoco es uniforme,



Figura 1. Giba costal en una paciente de 9 años con escoliosis idiopática juvenil.

así Erkula y cols.⁽⁷⁾, en un análisis de la deformidad costal efectuada mediante TC y reconstrucciones tridimensionales en 11 pacientes, encontraron que la mayor prominencia costal se localizaba a nivel de la vértebra apical solamente en 1 caso, estando en el resto a uno, dos e incluso tres niveles por debajo del ápex. Así pues, la GC no presenta un patrón de deformidad uniforme, aunque sí parece deberse al movimiento torsional y rotacional de la escoliosis, en el cual el anillo formado por la vértebra, sus dos costillas y el esternón se traslada en bloque, siendo las costillas las más deformadas por su elasticidad; el hecho de que la mayor deformidad pueda estar a un nivel más inferior que el ápex podría ser debido a una mayor longitud de las costillas distales, pero no existe ninguna explicación satisfactoria para la existencia de grandes GC sin curvas significativas.

La cuantificación de la deformidad puede hacerse por diferentes métodos: medición simple en centímetros de la diferencia de prominencia costal, pantografía espinal⁽⁹⁾, dispositivos de análisis del contorno^(1,10), etc., aunque parece que la utilización del escoliómetro que permite cuantificar en grados la prominencia costal es el más sencillo y práctico para el diagnóstico y seguimiento evolutivo de la GC⁽¹¹⁾, pero en ningún caso puede ser utilizado para el seguimiento de la escoliosis.

En la corrección quirúrgica de la escoliosis, con los sistemas clásicos tipo Harrington, se comprobó que la efectividad sobre la corrección de la GC era nula⁽¹²⁾, e incluso que aumentaba con el paso del tiempo⁽¹³⁾, si se añadía un dispositivo de compresión disminuía considerablemente la defor-

midad atribuyéndose dicha mejoría a cambios localizados en la articulación costovertebral⁽¹⁴⁾, aunque no documentaba la evolución a largo plazo de estos pacientes. Con las modernas instrumentaciones, la corrección se efectúa mediante traslación, derrotación y moldeo *in situ*, consiguiéndose teóricamente una corrección tridimensional de la escoliosis, aunque lo que en realidad ocurre es una fuerza medializadora de los implantes sobre la columna que actúa sobre las costillas produciendo una deformidad plástica que hace disminuir la asimetría de los hemitórax; sin embargo, la recidiva de la GC es una constante⁽³⁾, por lo que posiblemente la reproducción de la deformidad es debida a la propia elasticidad de las costillas que recuperan su posición inicial al cabo del tiempo^(4, 15), así, para que la corrección sea permanente se debe plantear la rotura del anillo vértebro-esterno-bicostal en algún punto, lo que se consigue mediante costoplastia; Geissele y cols.⁽¹⁶⁾ en una serie comparativa, encontraron que la mejoría de la GC con toracoplastia se cuantificaba en un 71%, siendo de solamente el 17% en el grupo control, confirmando así los postulados anteriores.

Aunque la costoplastia no plantea una mayor pérdida sanguínea, tiempo operatorio y más hospitalización, existe la posibilidad de complicaciones como neumotórax, hemotórax y derrame pleural que, aún no siendo importantes, exigirán drenaje, haciendo el postoperatorio más incómodo; también en un 15-24% existe la posibilidad de hipoestesia y neuralgia^(16,17), por lo que no en toda corrección de escoliosis debe asociarse una costoplastia de forma sistemática. Así, las indicaciones se sientan en orden al aspecto clínico del paciente: al efectuar el test de Adams, una GC mayor de 3 cm⁽¹⁶⁾, una prominencia mayor de 15° medida con escoliómetro, una curva mayor de 60° con flexibilidad menor del 20% y giba mayor de 10°, o bien corrección intraoperatoria de la curva menor del 50%⁽¹⁸⁾; otra indicación excepcional es la limitación funcional o dolor por pinzamiento de la escápula y la GC⁽⁵⁾. Las contraindicaciones son excepcionales, relacionadas directamente con el estado de salud del paciente; así, debe ser evitada en pacientes con una capacidad vital menor del 30%, por los problemas que puedan derivarse de la restricción respiratoria postanestésica⁽¹⁹⁾; también se ha contraindicado en pacientes inmaduros, con un estadio de Tanner menor de 2, ya que el riesgo de fenómeno de «cigüeña» sin artrodesis anterior puede hacer recidivar la GC⁽²⁰⁾, pero en nuestra casuística se incluye una enferma afecta de escoliosis idiopática infantil, cuyo estadio de Tanner era I, en la que se efectuó artrodesis anterior y posterior y costoplastia cuya recidiva fue mínima (3°).

La resección de la giba costal se ha usado clásicamente como procedimiento cosmético, pero cuando no se asociaba a corrección de la curva, fracasaba, ya que las vértebras apicales permanecían en su lugar y el tórax no se trasladaba⁽²¹⁾. También se utilizó como paso previo a la corrección con instrumentación de Harrington⁽²²⁾, observándose unos márgenes de seguridad buenos pese a la restricción pulmo-

nar postoperatoria que conllevaba. Se ha discutido cuál es el mejor momento para efectuar la costoplastia, comprobándose que proporciona una mejor corrección cuando se practica en el mismo tiempo quirúrgico que la cirugía de la escoliosis⁽¹⁷⁾, no aumentando el tiempo quirúrgico⁽¹⁶⁾, con la ventaja añadida de proporcionar una buena fuente de injerto^(16, 23); en todos nuestros casos la costoplastia se hizo en el mismo tiempo quirúrgico que la corrección de la escoliosis, comprobándose los postulados anteriores. En cuanto a la técnica a utilizar, existen diversas variantes, aunque en primer lugar debe valorarse la topografía de la deformidad: sus límites cefálicos y caudales y la extensión lateral, utilizando para ello el test de Adams: esta exploración permitirá delimitar la zona de GC a resear; en casos de deformidades complejas, puede ser precisa una TC con reconstrucción tridimensional^(5,7), en la que la zona apical de las costillas deformadas se manifiesta claramente, e incluso indica la necesidad de exéresis de apófisis transversas en grados de rotación vertebral extrema. Tal y como se expuso más arriba, el momento ideal es en el mismo tiempo de la corrección de la escoliosis y aprovechando la misma incisión, con exposición subperióstica de cada costilla a resear; la cantidad de hueso a extirpar depende de la deformidad, así Steele propone una media de 12 cm⁽²³⁾, otros autores proponen la exéresis de las apófisis transversas y 2-3 cm de costillas laterales^(24,25), aunque en algún caso también ha sido influenciada por la cantidad de injerto necesario para la artrodesis⁽¹⁹⁾; en nuestra casuística, se extirpó una media de 7 cm de la vértebra apical (Fig. 2), con una corrección bastante satisfactoria. Algunos autores sostienen que dejar los bordes de resección libres puede provocar un tórax flotante o un mayor dolor postoperatorio, por lo que propugnan la aproximación, sutura u osteosíntesis de los fragmentos residuales^(5, 26), pero en nuestra experiencia, no ha habido una morbilidad asociada a dejarlos libres (incluso en un paciente en que con diferencia de 7 días se hizo costoplastia y osteotomía de costillas cóncavas) y, por otra parte, no se estrecha el volumen del hemitórax.

Se ha propugnado la osteotomía de las costillas cóncavas aduciendo que facilita aún más la corrección de la curva y que proporciona un mejor aspecto estético, ya que levanta la parrilla costal cóncava y acorta los segmentos más largos^(27,28); esta aproximación puede ser interesante en los términos de corrección de la curva, pero no en la mejoría de la GC, pues como se ha expuesto más arriba, existe una recidiva en el plazo de 1-2 años^(3, 13) debido a la propia naturaleza elástica de las costillas que tienden a recuperar la situación inicial, sobre todo en el caso de las convexas, en que las fuerzas de tracción son mayores; en un caso, se practicó una osteotomía de las costillas cóncavas en el segundo abordaje, 7 días después la costoplastia anterior (Fig. 3), ya que existía una clara deformidad en incurvación anterior en las costillas apicales, sin morbilidad añadida. Por otra parte, la costectomía cóncava es actualmente tema de investigación por la posibilidad de tratamiento preventivo de la evolución de las escoliosis graves⁽²⁹⁾.

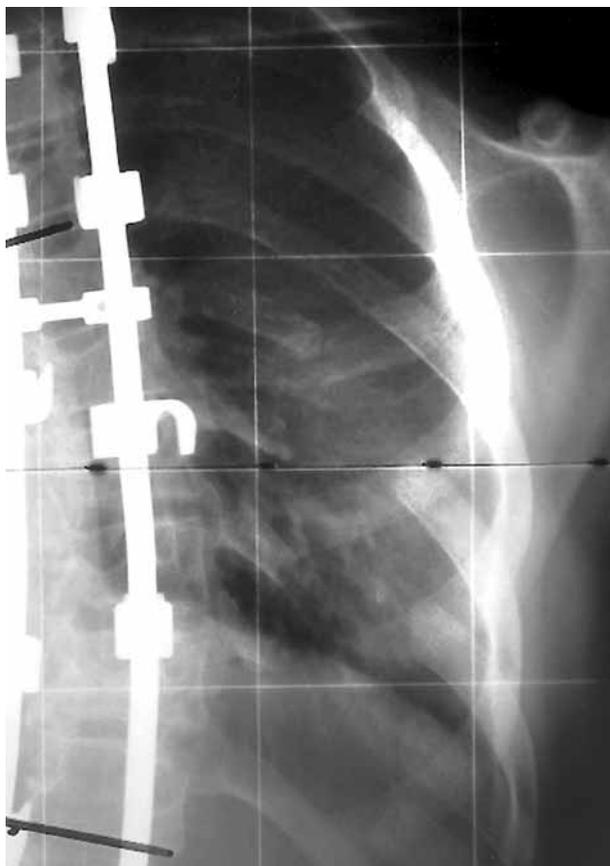


Figura 2. Imagen radiológica que muestra el espacio creado entre los fragmentos costales.

La repercusión respiratoria secundaria a la costoplastia no es desdeñable; así, en la serie de Lenke, a los 3 meses de la cirugía existe una disminución del 16% de la función pulmonar⁽¹⁹⁾; otros autores lo han corroborado con diferentes porcentajes que pueden llegar al 30% de restricción respiratoria con respecto a las pruebas preoperatorias^(22,23,27), aunque ello no suponga una mayor hospitalización y morbilidad como comprobaron Geissele y cols.⁽¹⁶⁾ y confirma nuestra serie, habiéndose reportado una recuperación de la función total en el 90% de pacientes en el plazo de 1 año⁽²³⁾ y de la totalidad en 2 años⁽¹⁹⁾. No obstante, para evitar esto, algunos autores propugnan la costoplastia mediante toracoscopia videoasistida en el mismo tiempo o previo a la cirugía correctora de escoliosis, con lo que se consigue una menor exposición quirúrgica con la consiguiente mejor recuperación del paciente⁽³⁰⁾, lo que *a priori* resulta muy atractivo, sin embargo el abordaje posterior solamente implica una mayor disección muscular, y raramente puede abrirse el tórax con brechas pleurales, por lo que impresiona de no ser precisa en caso de abordaje posterior; en nuestra serie, 4 toracoplastias se hicieron por vía anterior aprovechando el abordaje torácico para liberación y artrodesis anterior de la columna siguiendo la técnica descrita por Shufflebarger y cols.⁽³¹⁾, pero en la actuali-

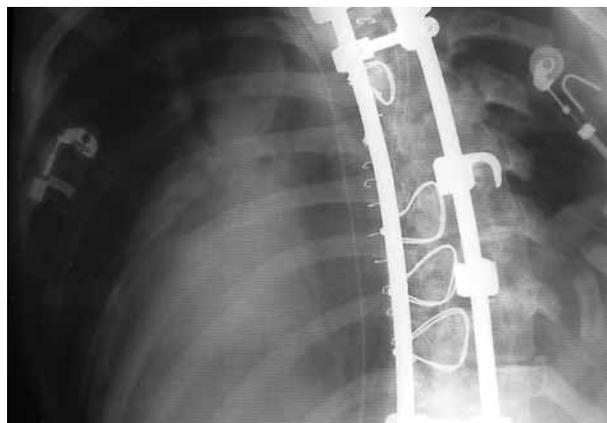


Figura 3. Radiografía de tórax que muestra costoplastia convexa y osteotomía costal cóncava.



Figura 4. A) Imagen preoperatoria de un paciente de 15 años con giba costal al que se le practicó costoplastia. B) Al cabo de 1 año se mantiene corrección.

dad consideramos que este procedimiento se puede hacer con mucha menor morbilidad mediante procedimientos toracoscópicos. En cualquier caso, la pérdida temporal de capacidad vital que se produce, contraindica este procedimiento en pacientes con una función pulmonar menor del 30%⁽¹⁹⁾.

La costoplastia proporciona una corrección importante de la GC^(17,19), aunque solamente Geissele y cols. la cuantifican, mediante medición por escoliómetro⁽¹⁶⁾, similar a la obtenida en nuestra serie (64%). La mejoría cosmética suele ser muy importante, así, en las grandes series, se describe un gran porcentaje de pacientes contentos con el tratamiento que oscila entre un 93%⁽¹⁶⁾ y 97%⁽²³⁾, siendo los casos de insatisfacción debidos a una resección insuficiente o inadecuada en cuanto a niveles intervenidos y cantidad de costilla reseçada. La corrección suele mantenerse en el tiempo, con alguna pequeña pérdida achacable a la regeneración de las costillas escindidas, que con mucha frecuencia adquieren forma de S itálica, ya que el fragmento lateral tiende a migrar distalmente con respecto al medial, por lo que se ha descrito descenderlas 1 o 2 niveles y suturar la parte más lateral de la costilla más cefálica con la porción medial de un nivel o dos caudales⁽⁵⁾; en todos nuestros casos se rehicieron las costillas con una leve deformidad en S itálica, que no produjo recidiva de la GC (Fig. 4).

En conclusión, la costoplastia es un procedimiento que proporciona una gran mejoría estética al paciente cuando existe una GC mayor de 3 cm. o 15°, y que, practicado en el mismo acto que la corrección de la escoliosis, ayuda a mejorar ésta con una morbilidad asumible, teniendo como única contraindicación una mala función respiratoria.

BIBLIOGRAFÍA

- Thulborne T, Gillespie R. The rib hump in idiopathic scoliosis. measurement, analysis and response to treatment. *J Bone Joint Surg Br* 1976;**58**(1):64-71.
- Hosman AJF, Slot GH, Van Limbeek J, y cols. Rib hump correction and rotation of the lumbar spine after selective thoracic fusion. *Euro Spine J* 1996;**5**:394-399.
- Wemyss-Holden SA, Burwell RG, Jacobs KJ, Polak FJ, McNeill SA, Webb JK, Moulton A. Predicting the deformation of the rib-cage around the fused spine after Cottrel-Dubousset instrumentation for idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1992;**74B**(Supl 1):94-99.
- Diez Ulloa MA, Sánchez Pérez-Grueso F, Fernández-Baíllo, Gallego de la Sacristana N. La giba costal en la escoliosis idiopática. *Rev Ortop Traumatol* 2001;**2**:99-105.
- McLellan J, Grevitt M, Webb J. Thoracoplasty. En: Weinstein SL (ed). *Pediatric Spine Surgery*. Editado por. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2001;283-291.
- Stokes IAF, Dansereau J, Moreland MS. Rib cage asymmetry in idiopathic scoliosis. *J Orthop Res* 1989;**7**:599-606.
- Erkula G, Sponseller PD, Kiter AE. Rib deformity in scoliosis. *Euro Spine J* 2003;**21**(3):281-287.
- Theologis TN, Jefferson RJ, Simpson AHRW, y cols. Quantifying the cosmetic defect of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 1993;**18**(7):909-912.
- Wilner S. Spinal pantograph. a non-invasive anthropometric device for describing postures and asymmetries of the trunk. *J Pediatr Ortho* 1983;**3**(2):245-249.
- Pun WK, Luk KDK, Lee W. A simple method to estimate the rib hump in scoliosis. *Spine* 1987;**12**(4):342-345.
- Bunnell WP. An objective criterion for scoliosis screening. *J Bone Joint Surg* 1984;**66A**:1381-1387.
- Aaro S, Dahlborn M. The effect of Harrington instrumentation on the longitudinal axis rotation of the apical vertebra and on the spinal and rib cage deformity in idiopathic scoliosis studied by computer tomography. *Spine* 1982;**7**(5):456-462.
- Weatherley CR, Draycott V, O'Brien JF, Benson DR, Gopalakrishnan KC, Evans JH, y cols. The rib deformity in adolescent idiopathic scoliosis. A prospective study to evaluate changes after Harrington distraction and posterior fusion. *J Bone Joint Surg Br* 1987;**69**(2):179-182.
- Gaines RW, McKinley LM, Leatherman KD. Effect of the Harrington compression system on the correction of the rib hump in spinal instrumentation for idiopathic scoliosis. *Spine* 1981;**6**(5): 489-493.
- Pratt RK, Webb JK, Burwell RG, Cole AA. Changes in surface and radiographic deformity after Universal Spine System for right thoracic adolescent idiopathic scoliosis: is rib-hump reassertion a mechanical problem of the thoracic cage rather than an effect of relative anterior overgrowth? *Spine* 2001;**26**(16):1778-1787.
- Geissele AE, Ogilvie JW, Cohen M, Bradford DS. Thoracoplasty for the treatment of rib prominence in thoracic scoliosis. *Spine* 1994;**19**(14):1636-1642.
- Barret DS, McLean JGB, Bettany J, Ransford AO, Edgar MA. Costoplasty in adolescent idiopathic scoliosis. Objective results in 55 patients. *J Bone J Surg* 1993;**75B**:881-885.
- Harvey CJ jr, Betz RR, Clements DH, Huss GK, Clancy M. Are there indications for partial rib resection in patients with adolescent idiopathic scoliosis treated with Cottrel-Dubousset instrumentation? *Spine* 1993;**18**(12):1593-1598.
- 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**(12):1343-1350.
- Winter RB. Surgical correction of rigid thoracic lordoscoliosis. *J Spinal Disord* 1992;**5**:108-110.
- James JIP. Toracoplastia. En: James JIP (Ed). *Escoliosis*. Edit. JIMS, Barcelona 1979;362-364.
- Owen R, Turner A, Bamforth JS, Taylor JF, Jones RS. Costectomy as the first stage of surgery for scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1986;**68Br**(1):91-95.
- Steel HH. Rib resection and spine fusion in correction of convex deformity in scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1993;**65A**:920-925.
- Briard JL, Chopin D, Cauchoix J. Surgical correction of rib deformity in scoliosis. *Orthop Trans* 1980;**4**:25-29.
- Laughlin TT. Rib hump resection in scoliosis surgery. *Orthop Trans* 1980;**4**:24-25.
- Manning CW, Prime FJ, Zorab PA. Partial costectomy as a cosmetic operation in scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1973;**55Br**:521-527.
- Mann DC, Nash CL Jr., Wilham MR, Brown RH. Evaluation of the role of concave rib osteotomies in the correction of thoracic scoliosis. *Spine* 1989;**14**(5):491-495.
- Ventura N, Conill J, Ey A. Valoración radiológica del tratamiento quirúrgico de las escoliosis en el niño y adolescente mediante fusión

- posterior instrumentada y osteotomía de las costillas de la concavidad. Presentado en el XVIII Congreso del GEER. Lanzarote 5-6 Junio 2004.
29. Grealou L, Aubin CE, Labelle H. Rib cage surgery for treatment of scoliosis. a biomechanical study of correction mechanisms. *J Orthop Res* 2002;**20**(5):1121-1128.
 30. Mehlman CT, Crawford AH, Wolf RK. Video-assisted thoracoscopic surgery. Endoscopic thoracoplasty technique. *Spine* 1997;**22**(18):2178-2182.
 31. Shufflebarger HL, Smiley K, Roth HJ. Internal thoracoplasty, a new procedure. *Spine* 1994;**19**:840-842.