



CIRUGÍA y CIRUJANOS

Órgano de difusión científica de la Academia Mexicana de Cirugía
Fundada en 1933

www.amc.org.mx www.elsevier.es/circir



CASO CLÍNICO

Osteosíntesis de reja costal. Revisión de la bibliografía y reporte de casos



Andrés Jiménez-Quijano^{a,*}, Juan Carlos Varón-Cotés^b,
Luis Gerardo García-Herreros-Hellal^a, Beatriz Espinosa-Moya^c,
Oscar Rivero-Rapalino^d y Michelle Salazar-Marulanda^c

^a Cirugía de Tórax, Hospital Universitario Fundación Santa Fe, Bogotá, Colombia

^b Cirugía de Tórax, Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia

^c Facultad de Medicina, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia

^d Departamento de Radiología, Hospital Universitario Fundación Santa Fe, Bogotá, Colombia

Recibido el 19 de mayo de 2014; aceptado el 10 de julio de 2014

Disponible en Internet el 25 de junio de 2015

PALABRAS CLAVE

Fracturas costales;
Reducción abierta;
Osteosíntesis

Resumen

Antecedentes: Las fracturas de la pared torácica, comprenden fracturas costales y del esternón. Tradicionalmente se manejan de manera expectante, debido a la anatomía de la reja costal, que permite que la mayoría permanezcan estables y formen callos óseos que unan los segmentos fracturados. A pesar de este manejo, algunos pacientes cursan con dolor crónico o inestabilidad de la pared, por lo que requieren algún tipo de fijación. El presente artículo hace una revisión del tema respecto a una serie de 4 casos.

Casos clínicos: El *primer caso* es un hombre de 61 años con trauma cerrado de tórax, con gran deformidad de la pared torácica, asociada a enfisema subcutáneo y neumotórax. El *segundo caso* es un hombre de 51 años con trauma cerrado de tórax, con manejo inicial en otra institución; pero en quien a pesar de esto persiste el dolor, y la sensación de disnea. El *tercer caso* es un hombre de 30 años quien sufre accidente de tránsito, con dolor, y crepitación de la reja costal, y con imágenes diagnósticas que muestran fracturas costales múltiples. El *último caso* es un hombre de 62 años que presenta caída por escaleras, con trauma cerrado de tórax con dolor de alta intensidad, y disnea; en quien se evidencia movimiento paradójico del tórax izquierdo e hipoventilación basal ipsilateral.

Conclusiones: La fijación de fracturas costales, ofrece en pacientes seleccionados una buena alternativa para disminuir la morbilidad asociada, y permitir al paciente su pronto retorno a su vida laboral.

© 2015 Academia Mexicana de Cirugía A.C. Publicado por Masson Doyma México S.A. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia: Calle 119 No. 7 - 75, Bogotá, Colombia. Tel.: +571 6030303.

Correo electrónico: jajimenezq@gmail.com (A. Jiménez-Quijano).

KEYWORDS

Rib fractures;
Fracture fixation;
Osteosynthesis

Rib cage osteosynthesis. Literature review and case reports**Abstract**

Background: Fractures of the chest wall include sternum and rib fractures. Traditionally they are managed conservatively due to the anatomy of the rib cage that allows most of them to remain stable and to form a callus that unites the fractured segments. In spite of this management, some patients present with chronic pain or instability of the wall which makes them require some type of fixation. The present article performs a literature review based on 4 cases. **Clinical cases:** The *first case* was a 61 year-old man with blunt chest trauma, with a great deformity of the chest wall associated with subcutaneous emphysema, and pneumothorax. The *second case* was a 51 year-old man with blunt chest trauma, initially managed at another institution, who despite treatment, had persistent pain and dyspnoea. The *third case* was a 30 year-old man that suffered a motor vehicle accident, with resulting pain and crepitation of the rib cage and with diagnostic images showing multiple rib fractures. The *last case* is a 62 year-old man that fell down the stairs, with blunt chest trauma with high intensity pain, dyspnoea and basal ipsilateral hypoventilation.

Conclusion: Rib fracture fixation offers a good alternative in selected patients to decrease associated morbidity, leading to a patient's fast return to his or her working life.

© 2015 Academia Mexicana de Cirugía A.C. Published by Masson Doyma México S.A. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Antecedentes

El primer reporte de reducción abierta de fracturas data del siglo 1 d.C. realizado por Soranus, de acuerdo a Hurt¹, posteriormente, Paré describió un método para el manejo de las fracturas costales, en el cual había el intento de reducción cerrada, y posteriormente una reducción abierta si el primer intento fallaba²; tal procedimiento entró en desuso por ser poco efectivo. En la segunda guerra mundial, se optó por resecar fragmentos costales insertos dentro del pulmón³ y hoy en día, se practica cada vez más la reducción abierta y fijación externa de fracturas costales⁴ y esternales en casos seleccionados, incluso mediante abordajes mínimamente invasivos⁵.

Se ha descrito para el manejo de fracturas esternales inicialmente la tracción externa^{6,7}, posteriormente se utilizó la fijación con alambre e hilo ruso interno en 1956⁸. A continuación, se utilizó la presión positiva con ventilación mecánica, técnica que aún se sigue utilizando, por obtener mejor manejo y evitar la falla respiratoria común en fracturas complejas⁹.

Casos clínicos**Caso 1**

Paciente masculino de 61 años con antecedente de trauma cerrado de tórax al ser arrollado por un toro, trasladado al servicio de urgencias en donde entró en falla respiratoria por lo cual es intubado, requiriendo ventilación mecánica. En la valoración inicial se identificó gran deformidad de la pared torácica anterior izquierda con tórax inestable asociada a enfisema subcutáneo. En la radiografía de tórax se documentó neumotórax izquierdo, por lo que se realiza

una toracostomía cerrada izquierda, y es trasladado a la unidad de cuidados intensivos; en este servicio se solicitó una tomografía axial computada de tórax que evidenció múltiples fracturas costales izquierdas desplazadas y neumotórax (fig. 1). Con estos hallazgos se pidió interconsulta a cirugía de tórax, quienes consideraron que el paciente era candidato para osteosíntesis de reja costal con placas de osteosíntesis de tercio de caña de 8 orificios con tornillos bicorticales, procedimiento que se realizó sin complicaciones con la utilización de sello de agua en el postoperatorio (fig. 2).

El paciente es extubado 6 días después, y dado de alta en el día 14 del postoperatorio, sin complicaciones. Regresó a su vida laboral después de 30 días del trauma. No hay seguimiento de la función pulmonar por pérdida del paciente.

Caso 2

Paciente masculino de 51 años, quien recibió trauma cerrado en hemitórax izquierdo luego de ser investido por un toro. Recibió manejo inicial en hospital rural, pero por persistir con dolor en hemitórax izquierdo y sensación de disnea consulta a la institución. Al examen físico no se evidenció respiración paradójica, ni enfisema subcutáneo, ni hipoventilación ni agregados pulmonares. Se le tomó tomografía computada de tórax que mostró fractura desplazada de 3 arcos costales izquierdos con hemotórax; por los hallazgos clínicos y tomográficos se le practicó osteosíntesis de reja costal con el sistema STRACOS® con la utilización de sello de agua postoperatorio sin complicaciones, se incorporó a su vida laboral 20 días posteriores al trauma. No hay seguimiento de la función pulmonar por pérdida del paciente (figs. 3 y 4).

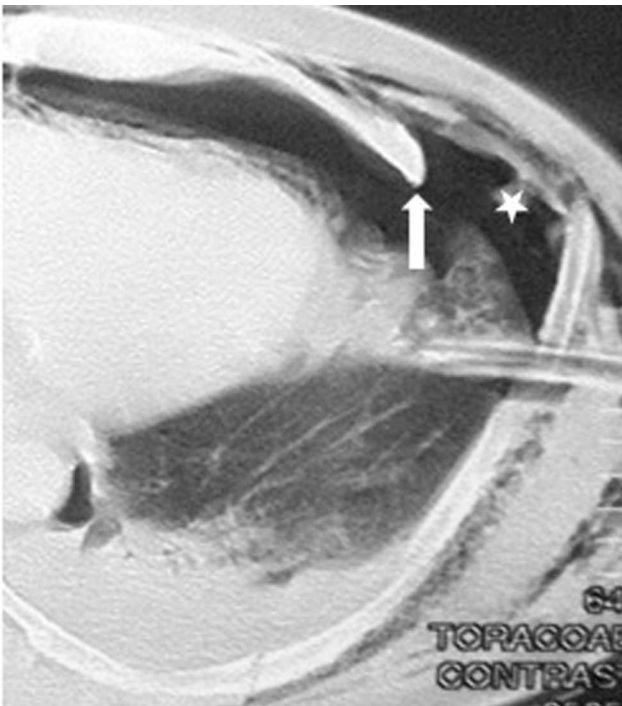


Figura 1 Imagen axial de estudio escanográfico muestra múltiples fracturas costales izquierdas desplazadas (flecha) y un importante grado de neumotórax (estrella). Nótese un aparente abombamiento y herniación pleural asociado. Además se observa la presencia de tubo de toracostomía izquierdo.

Caso 3

Paciente masculino de 30 años quien sufrió accidente de tránsito en moto, en calidad de conductor. Presenta trauma cerrado de abdomen, trauma craneoencefálico con pérdida de estado de conciencia y fracturas faciales. Al examen físico presentó: disminución de ruidos respiratorios en bases pulmonares, sin agregados, dolor y crepitación a la palpación de reja costal anterior y superior izquierda. Abdomen sin defensa muscular. Se realizó tomografía computada de tórax, donde se evidenció contusión pulmonar del lóbulo inferior izquierdo, con fracturas costales de la segunda a la séptima izquierda, con tercer y cuarto arco costal fracturado

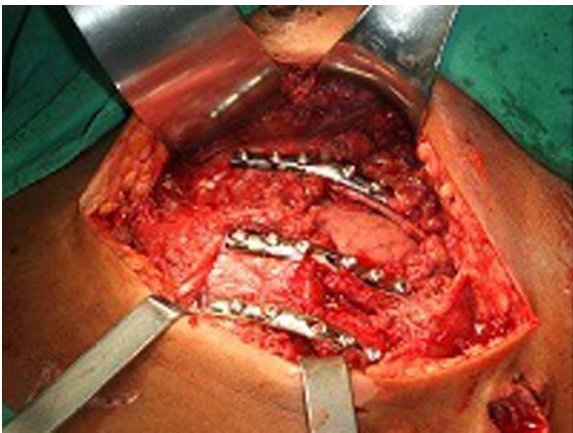


Figura 2 Imágenes intraoperatorias: placas de tercio de caña y tornillos de bicortical.



Figura 3 Imagen axial de estudio escanográfico que confirma la presencia de múltiples fracturas costales izquierdas en 2 sitios diferentes, con un hemotórax asociado.

en 3 fragmentos. Recibió manejo con intubación orotraqueal para manejo de la vía aérea por las fracturas faciales y por evidencia de tórax inestable con respiración paradójica del segmento costal fracturado, por lo que se le practicó osteosíntesis de la reja costal con el sistema MATRIX RIB® con

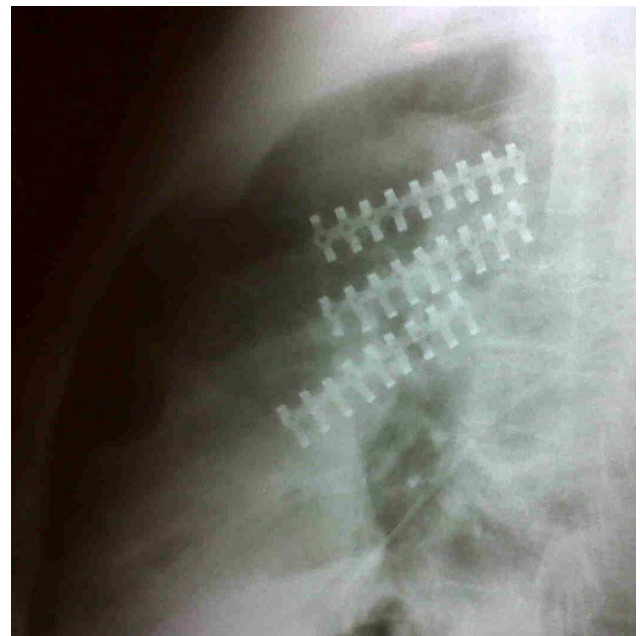


Figura 4 Control posquirúrgico. Radiografía de tórax. Proyección lateral que demuestra una corrección satisfactoria de las fracturas costales izquierdas, mediante la colocación de material de osteosíntesis.



Figura 5 *Imagen intraoperatoria.* Placas de titanio bicortical bloqueadas universales que se moldearon.

placas premoldeadas de 10 orificios, y tornillos bloqueados bicorticales, con la utilización de sello de agua en el postoperatorio, sin complicaciones. El paciente es extubado 15 días después, y debido al trauma craneoencefálico no puede retornar a las labores diarias. No hay seguimiento de la función pulmonar por pérdida del paciente (figura 5 para el caso 3 y figura 6 para el caso 4).

Caso 4

Paciente masculino de 62 años, quien posterior a la ingesta de alcohol, presentó caída por escalera en espiral del segundo al primer piso de su casa, recibiendo trauma cerrado en hemitórax izquierdo, con posterior dolor de alta intensidad, disnea y diaforesis por lo que consulta a nuestra institución. Al examen físico se comprobó movimiento paradójico del tórax izquierdo, entre cuarto a séptimo espacio



Figura 6 *Control posquirúrgico.* Radiografía de tórax. Proyección lateral muestra una reducción satisfactoria de las fracturas costales izquierdas mediante la colocación de material de osteosíntesis.

intercostal, con enfisema subcutáneo en región posterior e hipoventilación basal ipsilateral; con el diagnóstico de tórax inestable es llevado a salas de cirugía para la realización de una osteosíntesis de los arcos costales comprometidos con el sistema MATRIX RIB® con placas premoldeadas de 10 orificios y tornillos bloqueados bicorticales, con la utilización de sello de agua en el postoperatorio, sin complicaciones en el postoperatorio. Este paciente es dado de alta 5 días después de su ingreso, retornando a su vida normal 20 días después del trauma. No hay seguimiento de la función pulmonar por pérdida del paciente.

Discusión

Indicaciones de la osteosíntesis

Tórax inestable

El tórax inestable se define como la presencia de 4 o más costillas fracturadas unilaterales y contiguas en 2 o más sitios, generando movimiento paradójico durante la respiración.

El esternón inestable ocurre cuando el esternón se disocia durante el movimiento respiratorio debido a múltiples fracturas costales anteriores bilaterales¹⁰.

Los pacientes con tórax inestable y tratados con fijación interna (quirúrgica) se recuperan más rápidamente y por lo tanto, se integran más pronto a sus actividades de la vida diaria, ya que requieren menos días de ventilación mecánica, con menor estancia en la unidad de cuidados intensivos, con menor incidencia de neumonía, y mejoría de la función pulmonar en el 1.º mes posterior a la fijación quirúrgica, comparado con los pacientes a los que no se realizó fijación^{11,12}.

El manejo expectante del tórax inestable ha sido empleado como el tratamiento estándar durante mucho tiempo, sin embargo, no ofrece los mejores resultados. En un estudio retrospectivo que analizó 62 pacientes con tórax inestable y a los que se les hizo seguimiento por 5 años¹³, encontraron que solo el 43% de estos retornaron al empleo que tenían antes del tórax inestable, a pesar de que la función pulmonar solo disminuyó en un muy bajo porcentaje.

Deformidad de la pared torácica

Se refiere a la deformidad ocasionada por un traumatismo de alto impacto o de alta energía, que genera compromiso óseo y de tejidos blandos, que requiere desbridamiento y/o extracción de fragmentos, y en el caso de tratarse adecuadamente resultaría en una hernia pulmonar¹⁴. Esta situación puede ser tratada con la resección de los segmentos óseos de una fractura conminuta y posterior cubrimiento del defecto con la rotación de un colgajo muscular o la aplicación de una malla sintética, así como también la osteosíntesis con placas de titanio que disminuyen la necesidad de cubrir defectos herniarios grandes¹⁵.

Dolor agudo e imposibilidad de reducción

La mayoría de los pacientes con fracturas costales logran sellar el defecto sin la necesidad de reducciones, sin embargo, estudios prospectivos no aleatorizados han reportado que algunos pacientes que persisten con sintomatología incluso 30 días después del trauma costal, por lo que requieren mayor tiempo para su recuperación y más días de

incapacidad laboral, que impacta su calidad de vida¹⁶, lo que contrasta con los resultados observados en pacientes que son sometidos a reducciones quirúrgicas de arcos costales.

No unión

En un pequeño grupo de pacientes no consolidan las fracturas a pesar de la formación de callo óseo y por lo tanto, no logran la estabilización del tórax quedando con la secuela del defecto, que causa dolor crónico e incomodidad al movimiento respiratorio, que puede durar meses e incluso años después de la fractura. La lógica de la reparación del defecto no unido se fundamenta en la presunción de que, sin intervención quirúrgica, ese segmento nunca cicatrizará, y por lo tanto, persistirán los síntomas¹².

Toracotomía para otras indicaciones

La toracotomía también tiene indicaciones diferentes a las del trauma costal con fracturas costales múltiples o con tórax inestable, por ejemplo en casos de: laceración pulmonar, hemotórax retenido o por laceración del diafragma, y en los casos de resección de tumor ya que también son candidatos a la reparación quirúrgica de fracturas costales^{17,18}.

Aspectos técnicos de la reparación de fracturas costales

La anatomía de las costillas es muy variable tanto entre las diferentes costillas, como en las porciones que las conforman, por tal motivo, las fracturas tienden a ser conminutas y no siguen un patrón lineal. Por otro lado, es diferente una fractura cercana al polo costal anterior que una fractura costal posterior.

Las costillas tienen diferente geometría en cada eje del espacio, teniendo así una curvatura general, una curvatura de enrollado, y una torsión longitudinal. La superficie de la costilla es retorcida y cónica al doblarse, lo que hace divergir las placas de fijación usadas para la fijación de huesos largos al aumentar su curvatura general¹⁹. Por tal motivo, para la fijación costal se deben usar placas especialmente diseñadas para cada costilla, y de un material que permita cierta elasticidad, para así evitar la rotura o desplazamiento de la placa²⁰. Además, el hecho de que el paquete vasculo-nervioso se encuentre en su borde inferior, hace al paciente propenso a presentar síndrome postoracotomía si el nervio costal se irrita o se lesiona al fijar una fractura²¹.

Se han descrito para la fijación costal diferentes dispositivos y técnicas como son: suturas de alambre, alambres intramedulares, grapas, y las placas hechas de varios metales o materiales absorbibles e incluso, se han descrito técnicas mínimamente invasivas para el manejo de fracturas costales¹⁰.

Placas anteriores y cerclaje con alambre

Se trata de placas de acero, lisas, maleables, que se fijan hacia el polo anterior de la fractura costal sobre la cortical anterior del arco lesionado. Estas se fijan por medio de un cerclaje con alambres rodeando la costilla, razón por la cual pueden presentar lesión por compresión del paquete vasculo-nervioso que incluso puede asociarse con el desplazamiento de la placa²².

Placas anteriores de fijación con tornillos

Crean una fijación de la fractura con compresión dinámica generada por los tornillos, que permiten la estabilidad tanto en reposo como en movimiento y evitan la rotación y movilización de la placa. Están diseñadas especialmente para la geometría de cada grupo de arcos costales, y requieren perforación de las corticales para la aplicación de los tornillos de fijación. Con este sistema se evita la posibilidad de compresión del nervio intercostal²³.

Fijación intramedular

Estas se realizan mediante la introducción de un alambre o placa de acero o titanio dentro de la médula de la costilla, siendo fijada la cortical distal de la misma. Usualmente se indica en fracturas costales posteriores debido a su difícil acceso. La principal complicación de este método es el desalojo del dispositivo de osteosíntesis, incluso atravesando la totalidad del espesor de la costilla y generando lesión de estructuras vecinas como el parénquima pulmonar o la piel²⁴. Otra complicación asociada es la rotación de la costilla sobre su eje longitudinal²⁵.

Grapas maleables

Son dispositivos en forma de grapa, que se colocan sobre la superficie anterior de la costilla. Además, tienen láminas maleables que abrazan el cuerpo de costilla a cada lado de la fractura, dando así estabilidad a la estructura. Tienen la ventaja de no requerir tornillos ni perforaciones en el hueso; lo cual hace fácil su eventual retiro, pero presentan alta posibilidad de comprimir el nervio intercostal²⁶.

Placas en U

Es un dispositivo que combina los diferentes sistemas de fijación costal, que dispone de láminas maleables que sujetan a la costilla en el borde superior, con lo que se evita la compresión del nervio intercostal. Se fijan en la cara anterior mediante tornillos con las placas de fijación²⁷.

Placas absorbibles

Son elementos hechos de materiales absorbibles tales como: polilactide y polidioxanona, que son usados frecuentemente en fracturas maxilofaciales o de huesos largos, que tienen la característica de ser menos rígidos que las placas de fijación de titanio y no requieren retiro²⁸. Está descrito el riesgo de la no cicatrización por estrés, asociado a un dispositivo excesivamente rígido. En la actualidad no encontramos estudios experimentales que demuestren que la cicatrización sea más rápida con fijación con material absorbible²⁹.

Preparación preoperatoria y abordajes

Una vez diagnosticadas las fracturas costales o de tórax inestable, se debe realizar una tomografía de la reja costal con reconstrucción en 3D, lo cual nos permite determinar el sitio exacto de los defectos a tratar de manera precisa y con ello se obtiene un mejor abordaje. En general la incisión de toracotomía convencional ofrece adecuada exposición de la reja costal, y también es posible el uso de videotoracoscopia para retirar los fragmentos óseos y/o para localizar con exactitud el segmento de fractura, para así practicar una incisión

de menor tamaño obteniendo una incisión utilitaria que lesione menor cantidad de músculos³⁰.

Complicaciones

Las principales complicaciones que se asocian a la reparación de las fracturas costales, son: 1. las relacionadas con la herida quirúrgica ya sean infección (1.2%), seroma (0.6%), empiema pleural (0.3%), hematoma de la herida quirúrgica, y derrame pleural persistente; 2. las relacionadas a la fijación costal que pueden ser la migración de la placa (1.2%), perforación costal del dispositivo intramedular de fijación con o sin lesión de estructuras vecinas, dolor persistente que requiere remoción del material protésico (1.4%), y osteomielitis de la costilla¹¹.

Conclusiones

La fijación de fracturas costales, a pesar de ser poco usada, ofrece en pacientes seleccionados una buena alternativa para disminuir la morbilidad asociada, permitiendo al paciente desde un retiro temprano, de la ventilación pulmonar en casos severos, hasta el pronto retorno a su vida laboral gracias a la cicatrización costal efectiva, que no hubiera sido posible en la mayoría de las situaciones mediante el manejo tradicional expectante. Por tal motivo, familiarizarse con las técnicas y los dispositivos usados para la reducción abierta y fijación costal, amplía el armamentario terapéutico del cirujano, y puede ofrecer mejores alternativas para los pacientes que lo necesitan.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Hurt R. The management of fractured ribs and wounds of the chest. In: The history of cardiothoracic surgery from early times. New York: Parthenon Publishing Group; 1996. p. 231–65.
- Paré A, Johnson T. The Works of that famous chirurgeon Ambrose Parey. En: translated out of Latine and compared with the French. London: By Th: Johnson. Cotes and Young; 1634. Printed by Th. Cotes and R. Young.
- Valle AR. Management of war wounds of the chest. *J Thorac Surg.* 1952;24:457–81.
- Richardson JD, Grover FL, Trinkle JK. Early operative management of isolated sternal fractures. *J Trauma.* 1975;15(2):156–8.
- Sing RF, Mostafa G, Matthews BD, Kercher KW, Heniford BT. Thoracoscopic resection of painful multiple rib fractures: Case report. *J Trauma.* 2002;52(2):391–2.
- Hudson TR, McElvenny RT, Head JR. Chest wall stabilization by soft tissue traction: A new method. *JAMA.* 1954;156(8):768–9.
- Coleman FP, Coleman CL. Fracture of ribs: A logical treatment. *Surg Gynecol Obstet.* 1950;90:129–34.
- Crutcher RR, Nolen TM. Multiple rib fracture with instability of chest wall. *J Thorac Surg.* 1956;32:15–21.
- Freedland M, Wilson RF, Bender JS, Levison MA. The management of flail chest injury: Factors affecting outcome. *J Trauma.* 1990;30(12):1460–8.
- Nirula R, Diaz JJ Jr, Trunkey DD, Mayberry JC. Rib fracture repair: Indications, technical issues, and future directions. *World J Surg.* 2009;33:14–22.
- Lafferty PM, Anavian J, Will RE, Cole PA. Operative treatment of chest wall injuries: Indications, technique, and outcomes. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93-A(1):97–110.
- Tanaka H, Yukioka T, Yamaguti Y, Shimizu S, Goto H, Matsuda H, et al. Surgical stabilization of internal pneumatic stabilization. A prospective randomized study of management of severe flail chest patients. *J Trauma.* 2002;52(4):727–32.
- Landercaasper J, Cogbill TH, Lindesmith LA. Long-term disability after flail chest injury. *J Trauma.* 1984;24(5):410–4.
- Croce EJ, Mehta VA. Intercostal pleuroperitoneal hernia. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1979;77(6):856–7.
- Carrasquilla C, Watts J, Ledgerwood A, Lucas CE. Management of massive thoraco-abdominal wall defect from close-range shotgun blast. *J Trauma.* 1971;11(8):715–7.
- Kerr-Valentic MA, Arthur M, Mullins RJ, Pearson TE, Mayberry JC. Rib fracture pain and disability: Can we do better? *J Trauma.* 2003;54(6):1058–63.
- Richardson JD, Franklin GA, Heffley S, Seligson D. Operative fixation of chest wall fractures: An underused procedure? *Am Surg.* 2007;73(6):591–7.
- Simon B, Ebert J, Bokhari F, Capella J, Emhoff T, Hayward T, et al. Management of pulmonary contusion and flail chest: An Eastern Association for the Surgery of Trauma Practice management guideline. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73(5):S351–61.
- Mohr M, Abrams E, Engel C, Long WB, Bottlang M. Geometry of human ribs pertinent to orthopedic chest-wall reconstruction. *J Biomech.* 2007;40(6):1310–7.
- Bottlang M, Wallester S, Noll M, Honold S, Madey SM, Fitzpatrick D, et al. Biomechanical rationale and evaluation of an implant system for rib fracture fixation. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2010;36:417–26.
- Rogers ML, Duffy JP. Surgical aspects of chronic post-thoracotomy pain. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2000;18(6):711–6.
- Nirula R, Allen B, Layman R, Falimirski ME, Somberg LB. Rib fracture stabilization in patients sustaining blunt chest injury. *Am Surg.* 2006;72(4):307–9.
- Hellberg K, de Vivie ER, Fuchs K, Heisig B, Ruschewski W, Luhr Hg, et al. Stabilization of flail chest by compression osteosynthesis experimental and clinical results. *Thorac Cardiovasc Surg.* 1981;29(5):275–81.
- Moore BP. Operative stabilization of nonpenetrating chest injuries. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1975;70(4):619–30.
- Ahmed Z, Mohyuddin Z. Management of flail chest injury: Internal fixation versus endotracheal intubation and ventilation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;110(6):1676–80.
- Tanaka H, Yukioka T, Yamaguti Y, Shimizu S, Goto H, Matsuda H, et al. Surgical stabilization of internal pneumatic stabilization. A prospective randomized study of management of severe flail chest patients. *J Trauma.* 2002;52(4):727–32.
- Sales JR, Ellis TJ, Gillard J, Liu Q, Chen JC, Ham B, et al. Biomechanical testing of a novel, minimally invasive rib fracture plating system. *J Trauma.* 2008;64(5):1270–4.
- Hanafusa S, Matsusue Y, Yasunaga T, Yamamuro T, Oka M, Shikinami Y, et al. Biodegradable plate fixation of rabbit femoral shaft osteotomies: A comparative study. *Clin Orthop.* 1995;315:262–71.
- Tayton K, Bradley J. How stiff should semi-rigid fixation of the human tibia be? A clue to the answer. *J Bone Joint Surg Br.* 1983;65-B(3):312–5.
- Gasparri MG, Almassi GH, Haasler GB. Surgical management of multiple rib fractures. *Chest.* 2003;124(4):295S–300S.