

Fracturas por estallido toracolumbares: Pasado, presente y futuro

Thoracolumbar burst fractures

I. ESCRIBÁ URIOS*, I. ESCRIBÁ ROCA**, F. GOMAR SANCHO***

*HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALENCIA. ** UNIVERSITARIO "LA FE". *** DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA.

Correspondencia:

Ismael Escribá Urios.
Consulat de Mar, 1; Pta 11;
46006; Valencia.
iescribau@ono.com

Las curvas fisiológicas que presenta el raquis en el plano sagital permiten el desarrollo armónico de sus funciones. Cuando se produce una fractura a nivel vertebral con deformidad y alteración de dicho perfil, se provoca la alteración de dichas funciones.

Las vértebras superiores e inferiores, a la vértebra lesionada, deberán de adaptarse a la nueva situación, intentando compensar esa desviación; esto supondrá una sobrecarga para una serie de elementos que tendrán que cumplir una misión biomecánica para la cual no estaban preparados.

Esta situación lleva, a los cirujanos de raquis, a actuar de la mejor manera posible con el fin de recuperar el perfil fisiológico, y así poder desempeñar lo mejor posible sus funciones. Para ello se puede optar por dos tipos de tratamiento el conservador ó el quirúrgico.

Frente a determinadas lesiones vertebrales, hay autores, que indican el procedimiento conservador, ya que consideran que el resultado final será tanto mejor cuanto mayor y más adecuada sea la rehabilitación, siendo además superponible o superior al quirúrgico. Mientras que otros prefieren el quirúrgico, al considerar que el mejor método es restablecer la anatomía, la cual tiene relación directa con el mejor resultado clínico.

Esta disparidad de criterios, hace preciso, intentar establecer la mejor conducta a seguir en este tipo de fracturas.

A lo largo de la historia, se han indicado condiciones para cada tipo de tratamiento, dependiendo fundamentalmente del tipo de lesión anatomopatológica con sus criterios de Estabilidad (mecánica/neurológica), y de la Localización de la lesión.

Dentro de estas lesiones, con disparidad de criterios terapéuticos, revisaremos las Fracturas por Estallido del Área Toracolumbar, especialmente importantes por su frecuencia y por sus consecuencias clínicas y sociales.

Su tratamiento es un tema de discusión permanente (1). Esta, no sólo se plantea entre los partidarios del tratamiento conservador frente al quirúrgico, sino que dentro de la opción cruenta, existen opiniones distintas acerca del modo más correcto de enfrentarse a las mismas.

El mejor conocimiento biomecánico, el avance de los métodos diagnósticos, y la evolución de los sistemas de osteosíntesis ha fomentado la diversidad sobre las diferentes formas de reducción y estabilización, de estas lesiones.

En las fracturas por estallido sin lesión neurológica el problema fundamental es la deformidad que condicionan; no sólo la inicial o inmediata, sino también la progre-

siva o a largo plazo. Así la cifosis local y segmentaria, y la pérdida de altura en el cuerpo fracturado, determinarán alteraciones en el equilibrio vertebral que suelen dar lugar a importantes y severas disfunciones de la dinámica vertebral (2-7). Por ello es esencial obtener un resultado final, de la deformidad, con un buen balance sagital. Sea cual sea, el tratamiento elegido.

Holdsworth (8) en 1963 es el primero en introducir el término: “fractura por estallido”, fracturas que se producen por mecanismo de compresión axial (Fig. 1); las considero siempre estables, al no existir una disrupción completa del complejo ligamentario posterior.

Denis (9) veinte años más tarde publica su trabajo sobre criterios de inestabilidad vertebral basada en la teoría de “las tres columnas”; en donde “la afectación de dos de ellas presupone inestabilidad”. Las características radiográficas de las mismas son la pérdida de altura del cuerpo vertebral y el aumento de la distancia interpedicular. El rasgo anatomopatológico fundamental, es la afectación del muro posterior del cuerpo vertebral con retropulsión ósea hacia el canal medular (Fig. 2).

La experiencia clínica ha demostrado que no existe relación directa entre el grado de ocupación del canal y el déficit neurológico (10). Para Bradford y otros autores (11,12) está más relacionado con el impacto inicial, la situación y posicionamiento del fragmento retropulsado y la localización de la fractura vertebral.

En este tipo de lesión, se utilizan dos tipos de tratamiento: Conservador (13-16) y Quirúrgico (2,3,17-22).

Así, encontramos autores (13-16, 23-25) que han defendido y defienden el manejo conservador de las mismas. Weinstein (25) en 1988 sobre un estudio retrospectivo de 42 fracturas por estallido inestables del área toracolumbar (80 % sin déficit neurológico) tratadas conservadoramente, obtuvo una cifosis residual de 25° con un 84 % de los pacientes libre de dolor, no pudiendo correlacionar el grado de cifosis residual con el dolor, no presentando además,

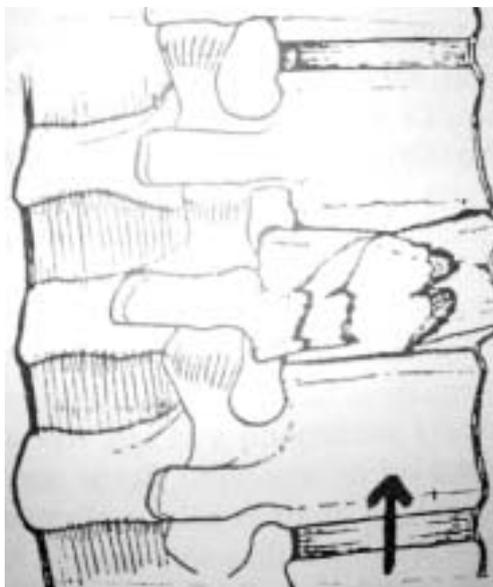


Figura 1. Fractura por estallido descrita en 1963 por Holdsworth.



Figura 2. Invasión del canal medular. Característica de las fracturas por estallido.

ningún caso de deterioro neurológico progresivo asociado. Mumford (23) cinco años más tarde corrobora los criterios de Weinstein al obtener un 67% de buenos resultados con el tratamiento conservador de 41 fracturas, y un 90% de recuperación del status laboral previo.

En la bibliografía reciente, podemos encontrar autores que defienden este tratamiento a pesar de presentar características de inestabilidad, como Cantor (24) y Luuk (16) que obtienen buenos resultados, con

un 85% de pacientes sin dolor, un 95% sin limitación funcional, 20° de cifosis final y un 25% de estenosis de canal residual.

Los que apuestan (5,15,26-28) por el "tratamiento conservador" como alternativa razonable en determinadas fracturas tipo estallido (estables), muestran resultados similares a largo plazo evitando a la vez la morbilidad asociada a la cirugía.

En 1998, Louis (19) demuestra que con el tratamiento quirúrgico de las fracturas por estallido inestables del área toracolumbar, los resultados obtenidos son objetivamente superiores a los tratados conservadoramente, con una corrección de la cifosis inicial media de 15° a 5°, una reducción del porcentaje de compresión del canal del 50% al 13%, sin la presencia de deterioro neurológico y sin complicaciones relevantes debidas a la propia cirugía.

Otros tantos autores (2,3,17,18,29,22) con publicaciones previas y posteriores a Louis (19) preconizan el manejo quirúrgico de las mismas.

Los partidarios del tratamiento cruento en este tipo de lesiones, defienden como ventajas no cuestionables frente al tratamiento conservador, que el manejo posquirúrgico de las mismas es más favorable, en cuanto a tiempo de recuperación; que no existe deformidad cifótica progresiva o es mucho menor por lo que garantiza la estabilidad neurológica, y el dolor y su repercusión funcional son comparativamente muy inferiores al obtenido en las series no quirúrgicas.

De la lectura y experiencia de unos y otros autores se hace evidente que el tipo de actitud terapéutica debe centrarse en criterios objetivos que permitan el mejor y más eficaz tratamiento.

En este sentido el concepto de estabilidad, tanto en su aspecto mecánico como en el neurológico, parecen ser esenciales. Krompinger (14) define a las fracturas estallido como "estables" cuando presentan no más de dos columnas lesionadas, compromiso del canal inferior al 50 %, angulación cifótica menor a 30°, y estado neurológico intacto. Para este tipo de lesiones,

propone tratamiento conservador, ya que a largo plazo tan sólo un 10 % de los pacientes resultó con incapacidad laboral por presentar dolor y en ninguno de estos casos hubo deterioro neurológico. Estudios recientes (5,23-25,30) avalan buenos resultados a medio y largo plazo con el tratamiento conservador de las fracturas vertebrales tipo estallido "estables".

Pero no es menos cierto, que otros autores (1,11,17,31,32) hacen referencia a una alta tasa de secuelas y complicaciones; como cifosis progresivas y dolor. Anderson (33) en 1990 publica su trabajo sobre 54 fracturas por estallido tratadas de forma incruenta, con un 65 % de fracasos por dolor, déficit neurológico y signos de inestabilidad, enumerando una serie de factores predictivos de fracaso del mismo:

1. pérdida de altura de la columna anterior > 50%
2. compresión del canal medular > 50%
3. signos de desplazamiento rotacional en el nivel fracturado
4. fracturas estallido en el nivel L1

Fue Denis (17) en 1984 quien, por primera vez, realiza un estudio comparativo entre el manejo conservador frente al quirúrgico en este tipo de lesiones; poniendo de manifiesto que el 17 % de las fracturas por estallido sin lesión neurológica inicial y tratadas sin cirugía, desarrollaron síntomas neurológicos tardíos, un 25% presentaron peor status laboral y un 35% mayor índice de dolor residual. Por ello recomendó la estabilización profiláctica y fusión de este tipo de lesiones "inestables" sin déficit neurológico; ya que el tratamiento quirúrgico presentó ventajas significativas frente al conservador, al evitar no sólo el riesgo de cifosis crónica si no también al conseguir un status funcional superior y eliminar el potencial neuroquirúrgico que supone a largo plazo este tipo de lesiones. Todo ello gracias al restablecimiento y estabilización del perfil fisiológico de la columna vertebral.

Estas fueron las causas de la puesta en práctica de las bases del tratamiento quirúrgico en este tipo de fracturas.

Durante todos estos años, las aportaciones al conocimiento de este tipo de lesión han sido importantes y frecuentes, diferentes autores expresan sus conceptos de estabilidad mecánica y neurológica, en pos de establecer el tratamiento más oportuno. Gracias a ellas hemos podido clasificar a lesiones que eran anatomopatológicamente similares, en Estables e Inestables.

Las fracturas por estallido estables, aquellas con no más de dos columnas lesionadas, pérdida de altura de la columna anterior < 50%, sin marcada cifosis (angulación cifótica menor a 30°), compromiso del canal < 50 %, y estado neurológico intacto (14, 33, 34). En éstas, Farcy (34) postula en su publicación de 1990, que las fracturas con índice sagital < 15° no suelen progresar y pueden ser tratadas con éxito con medidas conservadoras.

Los autores más significativos en el tema, exponen su valoración sobre “criterios de inestabilidad”:

- Para Holdsworth (1970) habrá inestabilidad cuando exista disrupción completa del complejo ligamentario posterior
- Nash (1977) cuando hay una pérdida del 50% de la altura del cuerpo vertebral
- Panjabi (1978), todas las fracturas por estallido son inestables
- Nagel (1981) cuando hay una pérdida del 50% de la altura del cuerpo vertebral y una angulación en la unión toracolumbar > 20°
- DeWald y Denis (1984) todas las fracturas por estallido son inestables
- Dunn (1986) y Krompinger (1986) si existe ocupación del canal > 50%
- Gertzbein (1988) y Haher (1989) si hay lesión de al menos dos columnas

A través de los conceptos acumulados, un grupo de estudio de la Sociedad Americana de Ortopedia OKU (Orthopaedics Knowledge Update) establece en el 2002 los criterios de inestabilidad para las fracturas por estallido:

1. Pérdida de altura de columna anterior > 45%
2. Índice Sagital Farcy > 15° ó Angulación Regional Traumática > 20°

Tabla 1. Indicaciones electivas de cirugía para las fracturas por estallido, según diferentes autores.

AUTORES	INDICACIONES DE CIRUGÍA EN LAS FRACTURAS POR ESTALLIDO
BROWN 1957	Retropulsión > 1 cm
ROY-CAMILLE 1979	Déficit neurológico 1/3 hundimiento del cuerpo
DENIS 1984	Fr. Inestables tipo B con compresión severa canal medular
JACOBS 1984	Lesión Complejo Ligamentario Posterior Pérdida altura 40% Déficit neurológico
WILLEN 1985	Compromiso canal 50% 50% compresión columna anterior
DUNN 1986	Compromiso canal > 50%
KROMPINGER 1986	Compromiso neurológico Compromiso canal > 50% > 30° cifosis Fractura luxación
KOSTUIK 1988	Retropulsión significativa
FARCY 1990	Índice Sagital > 15°
ANDERSON 1990	Pérdida de altura de la columna anterior > 50% Compresión del canal medular > 50% Signos de desplazamiento rotacional en el nivel fracturado Fracturas estallido en el nivel L1
ESCRIBA 2000	Índice Sagital > 17° Pérdida altura del cuerpo vertebral del 45 %.

3. Ocupación del canal medular > 40°
4. Cifosis segmentaria significativa (TL >30° y L >10°)
5. Déficit neurológico
6. Otros: afectación disco-ligamentaria; afectación >1 nivel; gran defecto óseo.

A lo largo de la historia numerosos autores (14,17,20,33-40,) con peso específico y experiencia en este tipo de lesiones, han ido decantando claramente la balanza a favor del tratamiento quirúrgico, para las fracturas por estallido inestables sin lesión neurológica a nivel de la charnela toracolumbar (Tabla 1).

Por lo tanto, la medicina basada en la evidencia establece en este momento como tratamiento de elección la indicación quirúrgica en este tipo de lesiones.

El objetivo del tratamiento quirúrgico, es conseguir la consolidación satisfactoria de la fractura restaurando la estabilidad global de la columna, precisando de una reducción adecuada que recupere las curvas

fisiológicas y así evitar complicaciones secundarias.

Para ello se hace necesario una osteosíntesis que permita la reducción de la fractura en valores anatómicos, y lo que es más importante, su contención hasta la consolidación de la misma. En este sentido, se han preconizado diversas estrategias terapéuticas, unas por vía posterior y otras por anterior. La mayoría de autores prefieren el abordaje con instrumentación posterior. Estos pueden ser largos con dos vértebras por encima y dos por debajo de la vértebra fracturada; o cortos con la instrumentación de las dos vértebras adyacentes a la lesionada.

Siendo la sollicitación biomecánica y la movilidad discal extremadamente importante a nivel de la charnela toracolumbar, se hace necesaria una estrategia quirúrgica y una osteosíntesis que garanticen la reconstrucción de este área anatómica (41-43).

Los montajes largos han sido la elección (en un pasado cercano), ya que aseguraban una restauración de la altura y del contorno sagital, ofreciendo una estabilidad suficiente en el tiempo. Entre los autores que defienden el abordaje e instrumentación a varios niveles, tenemos a DeWald que en 1984 (44), expresa como más oportuno, para el tratamiento de las fracturas por compresión axial inestables el abordaje posterior, con osteosíntesis a más de dos niveles para así recuperar la altura del cuerpo vertebral y la alineación en los planos sagital y coronal, recalcando el hecho fundamental de conseguir una lordosis lumbar fisiológica.

Buscando criterios de funcionalidad en los segmentos sintetizados; Akbarnia (45) realiza instrumentaciones posteriores con barras largas y artrodesis cortas, precisando la retirada del material a los 6 meses, con el fin de conseguir la mayor movilidad en los segmentos sintetizados; obteniendo buenos resultados con osteosíntesis estables, un 90% de fusiones sólidas en los niveles artrodesados, y sin mostrar pérdidas de corrección. Por lo tanto, se trata de una cirugía más agresiva, que precisa de la extrac-

ción del material de osteosíntesis para dar funcionalidad a la zona intervenida.

Diferentes autores (29,45-47), con el fin de ahorrar niveles instrumentados y artrodesados, empiezan con montajes cortos transpediculares, pero sin osteosíntesis de la vértebra fracturada.

En la mayoría de las fracturas vertebrales la integridad anatómica de los pedículos es suficiente como para permitir ser sintetizados con un riesgo neurológico asumible.

En este momento, la osteosíntesis transpedicular corta con fusión de dos segmentos funcionales sin osteosíntesis de la vértebra fracturada (OVF) es una práctica habitual en el tratamiento quirúrgico de las fracturas vertebrales tipo estallido.

Parker (47) en su estudio sobre 51 pacientes, especifica que es fundamental obtener una reducción perfecta en el plano sagital. Y recomienda el abordaje anterior frente a fracturas por estallido con gran comminación. Por su parte Stovall (48) aconseja la instrumentación corta transpedicular más artrodesis posterolateral, al corregir y prevenir la deformidad cifótica progresiva y el deterioro neurológico; consiguiendo un 100% de fusiones sólidas a los 3 meses con el mayor número de segmentos respetados.

Pero no es menos cierto, que otros autores (18,49,50,) hacen referencia, a los malos resultados obtenidos con el tratamiento quirúrgico, mediante el uso de instrumentaciones cortas o muy cortas; llegando hasta un 50% en algunas de las series, debido fundamentalmente a fracasos de los implantes o bien por fallo óseo en la consolidación de las fracturas. Entre ellos, McLain (51) en un estudio sobre 52 fracturas inestables toracolumbares (19 fr. por estallido inestables tratadas con montajes posteriores cortos) presenta el 52,6 % de fracasos por cifosis progresivas (6 casos bendings tornillos, 3 colapsos óseos y 1 caso de rotura de tornillos), tomando como causa de los mismos el no tratamiento de la columna anterior insuficiente. Por su parte Kramer (50), presenta un aumento de la cifosis de 13°, un 36 % de fallos de material y un 14 % de pérdida de altura (sin presentar déficit neu-

rológico), afirmando que los montajes cortos transpediculares de las vértebras adyacentes a la fracturada, no son adecuados para el control evolutivo de las fracturas por estallido inestables del área toracolumbar. Tezeren (52) en su trabajo prospectivo, sobre 18 fracturas toracolumbares estallido, comparó la instrumentación transpedicular corta frente a la larga; 9 pacientes los trató con instrumentación corta sin osteosíntesis de la vértebra fracturada y los otros 9 con instrumentaciones largas. Sus resultados, mostraron que los parámetros radiográficos al final del seguimiento, eran mucho mejores con la instrumentación larga, no existiendo diferencias significativas desde el punto de vista clínico.

Las ventajas, a priori, tanto biomecánicas como funcionales de las instrumentaciones cortas, frente a las largas que incluyen dos o más espacios artrodesados, tanto por arriba como por debajo de la vértebra fracturada, son evidentes, ya que la disminución de la morbilidad a corto y largo plazo es notoria, al emplear un montaje corto, porque se preservan segmentos móviles no afectados, limitando la fijación a escasos niveles de la lesión (45,53,54).

Este mismo concepto es avalado por otros autores (55, 10, 46, 48) que publican sus buenos resultados con esta técnica quirúrgica, reflejando un total convencimiento de la fiabilidad de este método. El mismo McLain (56), 8 años después de su primer trabajo, con una mayor experiencia, muestra un 92 % de fusiones sólidas, un 90 % de buen balance sagital, sin fallos ni roturas de material, pero asociando “ganchos laminares”; y sigue encontrando complicaciones en aquellos casos con columna anterior insuficiente.

En este momento, se busca dar mayor estabilidad y resistencia al montaje. Esto se puede conseguir con la “osteosíntesis de la vértebra fracturada” (OVF), siendo Chung (57) quien, por primera vez y gracias a la ayuda de la TAC, empieza con la osteosíntesis transpedicular de la misma, primero con la instrumentación de un pedículo (el más seguro para el cirujano) y posterior-



Figura 3. Instrumentación corta con osteosíntesis de la vértebra fracturada.

mente con la de los dos (Fig. 3). Escribá (20) publica en el 2000 una serie de 22 casos, tratados según esta novedosa estrategia quirúrgica con resultados superponibles a montajes largos pero con menor morbilidad, afirmando que la osteosíntesis transpedicular de la vértebra fracturada aumenta la estabilidad del montaje corto, eliminando los fracasos producidos por los montajes sin OVF. Jeffery (58) dos años más tarde, corrobora clínicamente lo apreciado por Escribá, al mostrar que la instrumentación de la vértebra fracturada disminuye el riesgo de cifosis posterior por bloqueo del sistema trabecular, ya que aumenta la estabilidad del sistema.

Son numerosas las publicaciones que muestran los buenos resultados y la fiabilidad de esta estrategia quirúrgica para este tipo de lesiones. Además existen trabajos biomecánicos (59) que hacen referencia a la rigidez y resistencia estática/a fatiga de este tipo de montajes.

Por todo ello, en este momento, la mayor parte de los cirujanos ortopédicos (20-22,57,58) abogan por una instrumentación

posterior corta con inclusión de la vértebra fracturada.

Por su puesto, el tema no está agotado; actualmente nuevas posibilidades terapéuticas van apareciendo.

Christian Knop (60) en su estudio retrospectivo sobre 76 pacientes con fracturas toracolumbares; clasificadas según Magerl como 33 del tipo A, 13 del tipo B y 10 del tipo C, intervenidas con instrumentación transpedicular posterior más injerto esponjoso transpedicular en la vértebra afecta, y tomando como valoración radiológica el índice sagital y como valoración funcional el Hannow Spine Score, concluyó que en fracturas inestables (afectación de dos o más columnas) la cirugía tiene resultados superiores al tratamiento conservador, tanto desde el punto de vista radiológico como funcional; y no recomienda el uso de injerto esponjoso transpedicular ya que no evita ni reduce la pérdida de corrección posquirúrgica.

En el trabajo expuesto por Alanay (49); estudio prospectivo, randomizado, sobre 20 pacientes con fracturas vertebrales toracolumbares estallido sin compromiso neurológico, divididos en dos grupos de 10 pacientes, tratados con instrumentación corta con y sin injerto transpedicular en la vértebra afectada, llega también a la misma conclusión, al no presentar complicaciones ni fallos de material, pero tampoco la utilización del injerto transpedicular resultó positiva.

Christodoulou (61) en un trabajo prospectivo sobre 10 pacientes, trata este tipo de lesiones con instrumentación posterior larga (osteosíntesis de dos vértebras por encima y dos por debajo) más la inyección transpedicular en la vértebra afecta de cemento de hidroxapatita obteniendo resultados satisfactorios a los 39 meses, sugiriendo que el uso del cemento puede ser un elemento que refuerce la estabilidad del montaje.

Otros autores como Cho, Li, y Verlaan (62-64) tratan estas lesiones con montajes cortos posteriores, con tornillos transpediculares en las vértebras adyacentes, más la asociación en la vértebra fracturada de vertebroplastia y polimetil-metacrilato, inyección de cemento de fosfato cálcico, o introduciendo cajas de aumento de titanio, exponiendo que los resultados obtenidos son muy satisfactorios, ya que aportan una estabilidad inmediata al montaje, mantienen unos buenos índices radiográficos y disminuyen el fallo del material a largo plazo.

Pero todas estas técnicas invasivas desarrolladas para el tratamiento de estas lesiones, con el uso de montajes cortos con tornillos transpediculares en las vértebras adyacentes, más la asociación en la vértebra fracturada de espaciadores biológicos y/o estructurales, no están exentas de riesgos. Cabe esperar una mayor casuística, una valoración a corto y largo plazo, así como una homogenización en métodos y estrategias, para poder evaluar correctamente los nuevos procedimientos. ■■■■■

Bibliografía

1. **Altman DT, Donaldson WF.** Thoracolumbar fractures. *Current Opinion in Orthopedics* 1990; 8:41-8.
2. **Mc Afee PC, Yuan HA, Lasda NA.** The unstable burst fractures. *Spine* 1982; 7:365-73.
3. **Aebi M, Etter Chr, Kehl T, Thalgot J.** Stabilisation of the lower thoracic and lumbar internal spinal skeletal fixation system; indications, techniques, and first results of treatment. *Spine* 1987; 12:544-51.
4. **Weinstein JN, Collalto P, Lehman TR.** Thoracolumbar burst fractures treated conservatively: A long-term follow-up. *Spine* 1988; 13:33-8.
5. **Bago J, Villanueva C, Aguirre M, Martí D.** Tratamiento conservador de la fracturas estallido vertebrales. Estudio comparativo del corsé de yeso y la ortesis de Jewet. *Rev Ortop Traumatol* 1990; 34:605-7.
6. **Esses SI, Botsford DJ, Wright T.** Operative treatment of spinal fractures with the AO Internal Fixator. *Spine* 1991; 16:146-50.
7. **Krag M.** Biomechanics of thoracolumbar spinal fixation. *Spine* 1991; 16:83-97.
8. **Holdsworth FW.** Fractures, dislocations, and fractures-dislocations of the spine. *J. Bone Joint Surg* 1963; 45-6.
9. **Denis F.** The three column spine and its significance in the classification of the acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine* 1983; 8:817-31.
10. **Kuner EH.** Ligamentotaxis with an internal spinal fixator for thoracolumbar fractures. *J Bone Joint Surg* 1994; 76-B:107-12.
11. **Bradford D, Mc Bride G.** Surgical management of thoracolumbar spine fractures with incomplete neurologic deficits. *Clin Orthop* 1987; 218:201-16.
12. **Dall B, Stauffer ES.** Neurologic injury and recovery patterns in burst fractures at the T12 or L1 motion segment. *Clin Orthop* 1988; 233:171-6.
13. **McEvoy RD, Bradford DS.** The management of burst fractures of the thoracic and lumbar spine. *Spine* 1985; 10:631-7.
14. **Krompinger WJ, Fredrickson BE, Mino DE, Yuan HA.** Conservative treatment of fractures of the thoracic and lumbar spine. *Orthop Clin North Am* 1986; 17:161-70.
15. **Jones RF, Snowdon E, Coan J, King L, Engel S.** Bracing of thoracic and lumbar spine fractures. *Paraplegia* 1987; 25:386-93.
16. **Luuk WL, Peter JF, Theo S, Reiner B, Herve LJ, Vert van Linge.** Spontaneous remodelling of the spinal canal after conservative management of thoracolumbar burst fractures. *Spine* 1998; 23:1057-60.
17. **Denis F, Armstrong GW, Searls K, Matta L.** Acute thoracolumbar burst fractures in the absence of neurological deficit: A comparison between operative and nonoperative treatment. *Clin Orthop* 1984; 189:142-9.
18. **Wenger DR, Carollo JJ.** The mechanics of thoracolumbar fractures stabilized by segmental fixation. *Clin Orthop* 1984; 189:89-96.
19. **Louis Ch, Nazarian S, Louis R.** Comment nous traitons les fractures recentes du rachis thoraco-lumbar. Disponible en: <http://maitrise-orthop.com/>.
20. **Escribá Roca I, Bonete Lluch DJ, Mudarra Garcia J, Perez Millan LA.** Tratamiento quirúrgico de las fracturas toracolumbares. Osteosíntesis de la vértebra fracturada. *Rev Ortop Traumatol* 2000; 44:513-8.
21. **Reyes-Sanchez A, Rosales L, Miramontes V, Garin D.** Treatment of thoracolumbar burst fractures by vertebral shortening. *Eur Spine J* 2002; 11:8-12.
22. **Alvine J.** The treatment of unstable thoracolumbar spine fractures with transpedicular screw instrumentation. *Spinal Disord* 2004; 11:213-9.
23. **Mumford J, Weinstein JN, Spratt, KF, Goel VK.** Thoracolumbar burst fractures. The clinical efficacy and outcome of nonoperative management. *Spine* 1993; 18:955-70.
24. **Cantor JB, Lebwohl NH, Garbey T, Eismont FJ.** Nonoperative management of stable thoracolumbar burst fractures with early ambulation and bracing. *Spine* 1993; 8:971-6.
25. **Weinstein JN, Collalto P, Lehman TR.** Thoracolumbar burst fractures treated conservatively: A long-term follow-up. *Spine* 1988; 13:33-8.
26. **Fidler MW.** Remodelling of the spinal canal after burst fracture. A prospective study of two cases. *J Bone Joint Surg* 1988; 70-B:730-2.
27. **Gilberston LG, Goel VK, Patwardhan AG.** Biomechanics of the spinal hyperextension orthoses used in the treatment of thoracolumbar injuries. 21 st Annual Meeting of the International Society for the Study of the Lumbar Spine. 1994; Seattle, W.A. June 21-5.
28. **De Klerk LW, Fontijne WP, Sijnen T, Braakman R, Tanghe HL, Van Linge B.** Spontaneous remodelling of the spinal canal after conservative management of thoracolumbar burst fractures. *Spine* 1998; 23:1057-60.
29. **Pérez Millán LA, Bas Conesa JL, Escribá Roca I.** Tratamiento quirúrgico de las fracturas vertebrales. *Rev Ortop Traumatol* 1990; 34:38-43.
30. **Wood K, Buttermann G, Mehbod A, Garvey T, Jhanjee R, Sechrist V.** Operative compared with non-operative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit: A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg* 2003; 85-A:773-81.
31. **Reginald O, David P, Donald P, John R, Kenneth V.** Comparison of operative versus nonoperative treatment of lumbar burst fractures. *Clin Orthop* 1993; 293:112-21.
32. **Escribá I, Aguirre R, Bas T.** Tratamiento de las fracturas toracolumbares en fase de secuela. *Rev Esp Cir Osteoart* 1995; 30:197-201.
33. **Anderson J, Toomoka K, Singer K.** The natural history of burst fractures at the thoracolumbar junction. *J Spinal Disord* 1990; 3:39-46.
34. **Farcy JP, Weidenbaum M, Glassman S.** Sagittal index in management of thoracolumbar burst fractures. *Spine* 1990; 15:958-65.
35. **Brown T, Hanson R, Yorra A.** Some mechanical test on the lumbo-sacral spine with particular reference to the intervertebral discs. *J Bone Joint Surg* 1957; 39-A:1135-64.
36. **Roy-Camille R, Saillant G, Berteaux D, Marie-Arine S.** Early management of spinal injuries. In McKibbin B ed. *Recent advances in orthopaedics 3.* Edinburg. Churchill-Livingstone 1979. p. 57-87.
37. **Jacobs RR, Schlaepfer F, Mathys R Jr.** A locking hook spinal rod system for stabilization of fracture dislocations and correction of deformities of the dorsolumbar spine: A biomechanic evaluation. *Clin Orthop* 1984; 189:168-77.
38. **Willen J, Lindahl S, Nordwall A.** Unstable thoracolumbar fractures. A comparative clinical study of conservative treatment and Harrington instrumentation. *Spine* 1985; 10:111-22.
39. **Dunn HK.** Anterior spine stabilization and decompression for thoracolumbar injuries. *Orthop Clin North Am* 1986; 17:113-9.
40. **Kostuik JP.** Anterior fixation for burst fractures of the thoracic and lumbar spine with or without neurological involvement. *Spine* 1988; 13:286-93.

41. **Llanos LF.** Introducción a la biomecánica del Aparato Locomotor. Madrid: Ed. Universidad Complutense, 1989. p. 355.
42. **Llanos LF.** Biomecánica del raquis. En: Viladot A, ed. Significado de la postura y de la marcha humana. Madrid: Universidad Complutense, 1996. p.115-31.
43. **Proubasta I, Gil Mur J, Planell JA.** Fundamentos de Biomecánica y Biomateriales. Madrid: Ed Ergon, 1997. p.78-83.
44. **DeWald R. L.** Burst fractures of the thoracic and lumbar spine. Clin Orthop 1984; 189:150-61.
45. **Akbarnia BA, Crandall DG, Burkus K.** Use of long rods and a short arthrodesis for burst fractures of thoracolumbar spine: a long term follow-up study. J Bone Joint Surg 1994; 76-A:1629-35.
46. **Christian A, Vincent YG, Rene PL.** Posterior approach with Louis plates for fractures of the thoracolumbar spine with and without neurological deficits. Spine 1998; 23:2030-40.
47. **Parker JW, Lane JR, Karaikovic EE, Gaines RW.** Successful short-segment instrumentation and fusion for thoracolumbar spine fractures: a consecutive 41/2 series. Spine 2000; 25:1127-70.
48. **Stovall DO.Jr, Goodrich A, Mac Donald A, Blom P.** Pedicle screw instrumentation for unstable thoracolumbar fractures. J South Orthop Assoc 1996; 5:165-73.
49. **Alanay A.** Short-segment pedicle instrumentation of thoracolumbar burst fractures: ¿Does transpedicular intracorporeal grafting prevent early failure?. Spine 2001; 26:213-7.
50. **Kramer DL.** Transpedicular instrumentation and short segment fusion of thoracolumbar fractures: a prospective study using a single instrumentation system. J Orthop Trauma 1995; 9:499-506.
51. **McLain RF, Sparling E, Benson D.** Early failure of short segment pedicle instrumentation for thoracolumbar fractures. A preliminary report. J Bone Joint Surg 1993; 75-A:162-7.
52. **Tezeren G, Kuru I.** Posterior fixation of thoracolumbar burst fracture: short-segment pedicle fixation versus long-segment instrumentation. J Spinal Disord Tech 2005; 18:485-8.
53. **Argenson C, Lassale B.** Les fractures recentes du rachis thoraciques et lombaire avec et sans troubles neurologiques. Rev Chir Orthop 1996; 82(Suppl I):61-127.
54. **López-Oliva Muñoz F, León Serrano C, Cebrián Parra JL, Carsi Lluch B, López-Durán Stern L.** Tratamiento de las fracturas toracolumbares y lumbares con el fijador AO. Rev Ortop Traumatol 1996; 40:240-5.
55. **Martin Benlloch JA, Escriba Roca I, Laguía Garzaran M.** Cotrel-Dubousset instrumentation in surgical treatment of thoracolumbar and lumbar fractures. Hook and screw instrumentation, short instrumentation. 9th proceeding of the international congress on Cotrel-Dubousset instrumentation. 1992, Paris.
56. **Mc Lán RF.** Segmental instrumentation for thoracic and thoracolumbar fractures: prospective analysis of construct survival and five-year follow-up. Spine 2001; 1:310-23.
57. **Chung JY.** Short segment transpedicular CD instrumentation including involved vertebra for fractures of thoracic and lumbar spine. In CD instrumentation, GICG Paris. 1993. p. 67.
58. **Jeffery L Stambough.** Musculoskeletal Research Laboratory. Cincinnati, Ohio. 2002.
59. **Ismael Escribá Urios.** Osteosíntesis de la vértebra fracturada. Estudio clínico y biomecánico. Análisis de resultados. Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Barcelona. Cátedra de Cirugía. Facultad de Medicina. Barcelona 2006.
60. **Christian Knop MD, Henry F Fabian MD, Leonard Bastian MD.** Late results of thoracolumbar fractures after posterior instrumentation and transpedicular bone grafting. Spine 1999; 26:88-9.
61. **Christodoulou A, Ploumis A, Terzidis I, Pournier I.** Vertebral body reconstruction with injectable hydroxiapatite cement for the management of unstable thoracolumbar burst fractures: a preliminary report. Acta Orthop Belg 2005; 71:597-603.
62. **Cho DY, Lee WY, Shu PC.** Treatment of thoracolumbar burst fractures with polymethyl methacrylate vertebroplasty and short-segment pedicle screw fixation. Neurosurgery 2003; 53:1354-60.
63. **Li KC, Hsieh CH, Lee CY, Chen TH.** Transpedicular body augmenter: a further step in treating burst fractures. Clin Orthop 2005; 7:119-25.
64. **Verlaan JJ, Dhert WJ, Verbont AJ, Oner FC.** Balloon vertebroplasty in combination with pedicle screw instrumentation: a novel technique to treat thoracic and lumbar burst fractures. Spine 2005; 30:73-9.