

Universidad de las Palmas de Gran Canaria
Centro de Ciencias de la Salud
Departamento de ciencias médicas y quirúrgicas

Tesis doctoral

TRATAMIENTO QUIRURGICO DE FRACTURAS
TORACOLUMBARES Y LUMBARES CON TORNILLOS
PEDICULARES INCLUYENDO LA VÉRTEBRA
FRACTURADA

Autor:

Hani Mhaidli

Directores:

Dr. Ricardo Navarro García
Dr. Jorge Freixinet Gilart

D. RICARDO NAVARRO GARCÍA, Profesor Titular de Traumatología y Cirugía Ortopédica de la Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

CERTIFICA:

Que D. **HANI MHAIDLI HAMDAN** ha realizado bajo mi dirección, los trabajos conducentes a la realización de su Tesis Doctoral sobre el tema
“TRATAMIENTO QUIRURGICO DE FRACTURAS TORACOLUMBARES Y LUMBARES CON TORNILLOS PEDICULARES INCLUYENDO LA VÉRTEBRA FRACTURADA”

Examinado el manuscrito definitivo, me declaro conforme con su contenido y que cumple todos los requisitos para ser elevada a la Comisión de Doctorado de la Universidad y juzgada por el tribunal correspondiente.

Y para que conste, expido y firmo la presente certificación en Las Palmas de Gran Canaria, a dos de marzo de 2006

El doctorando

El director

D. Dr. Jorge Freixinet Gilart, Profesor Titular de Cirugía de la Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

CERTIFICA:

Que D. **HANI MHAIDLI HAMDAN** ha realizado bajo mi dirección, los trabajos conducentes a la realización de su Tesis Doctoral sobre el tema

“TRATAMIENTO QUIRURGICO DE FRACTURAS TORACOLUMBARES Y LUMBARES CON TORNILLOS PEDICULARES INCLUYENDO LA VÉRTEBRA FRACTURADA”

Examinado el manuscrito definitivo, me declaro conforme con su contenido y que cumple todos los requisitos para ser elevada a la Comisión de Doctorado de la Universidad y juzgada por el tribunal correspondiente.

Y para que conste, expido y firmo la presente certificación en Las Palmas de Gran Canaria, a dos de marzo de 2006

El doctorando

El director

AGRADECIMIENTOS

A los profesores Dr. Ricardo Navarro García y Dr. Jorge Freixinet Gilart directores de esta tesis, mi mas sincero agradecimiento por su dedicación, pues sin ellos no hubiera podido realizar este estudio.

A mi familia Gail, Sara y Abraham por su apoyo que siempre me han brindado.

A mis compañeros de la unidad del raquis, Dr. Montesdeoca; Dr. Lorenzo y Dr. Fernández por sus aportaciones y por la amistad que siempre me han dispensado.

A la Dra. Angels Figueroa Tejerina ,Jefa del Servicio de Medicina Preventiva del Hospital Universitario de Gran Canaria Dr. Negrin por sus aportaciones desinteresadas en el tratamiento estadístico utilizado para este trabajo .

A todos los profesores, y alumnos que me han aportado conocimientos aprendizaje y experiencias a mi formación profesional, investigadora y docente.

A mi madre y a mi padre (in memoriam)

Índice

	Página nº
1 - Introducción	7
2 - Anatomía clínica de la columna toraco-lumbar	36
3 - Clasificación de las fracturas toraco-lumbares	49
4 - Concepto de inestabilidad	70
5 - Objetivos	88
6 - Material y método	92
7- Etiología	94
8 - Niveles y tipos de fractura	94
9 - Indicaciones quirúrgicas	95
10 -Técnicas de valoración clínica	98
11 -Técnicas de valoración complementarias	101
12 -Técnica quirúrgica	105
13 - Análisis estadístico	127
14 - Resultados	128
15 - Resultados de valoración clínica	135
16 - Resultados de valoración de técnicas complementarias	149
17 – Complicaciones	158
18 - Discusión	164
19 - Conclusiones	195
20 - Bibliografía	198

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas se han producido importantes avances en el tratamiento de las fracturas toracolumbares y lumbares. Los métodos convencionales de tratamiento médico y quirúrgico están siendo sustituidos por otros más agresivos que, a su vez, están siendo valorados para verificar su eficacia y riesgo de complicaciones. Los objetivos del tratamiento de pacientes que han sufrido una lesión vertebral toracolumbar son: restaurar la “estabilidad” de la columna; prevenir complicaciones tempranas y tardías, y facilitar el regreso del paciente a su nivel máximo posible de actividad cuanto antes.

Desde el punto de vista diagnóstico también ha habido un avance importante en los métodos diagnósticos para el estudio de la columna vertebral y en especial de los traumatismos vertebrales. Con la aparición de la tomografía axial computerizada (TAC) y más tarde, la resonancia magnética (RM) tenemos una visión más clara y más real de la patología traumática vertebral.

Hemos mejorado el conocimiento de las lesiones anatoma-patológicas óseas ligamentosas y todo lo que rodea la columna vertebral, de esta forma el abordaje terapéutico hoy en día es mucho mejor que hace décadas.^{99,38}

Por otro lado ha habido una mejoría en los biomateriales compatibles para ser implantados en los cuerpos vertebrales, inicialmente con la aparición de los tornillos pediculares fijos, y actualmente con los tornillos pediculares poliaxiales con materiales de Titanio, alambres, ganchos etc. (Fig.1 A-B). Sin embargo, no hay un acuerdo universal acerca del tipo de abordaje o el tipo de montaje para estabilizar una fractura sin alteración neurológica en la charnela toraco-lumbar. Para las facturas con indicación quirúrgica a nivel dorsal, hay un acuerdo entre los autores para tener un montaje largo incluyendo prácticamente toda la curva cifótica dorsal, debido a la biomecánica especial de esta región.¹¹⁸

A.



B.

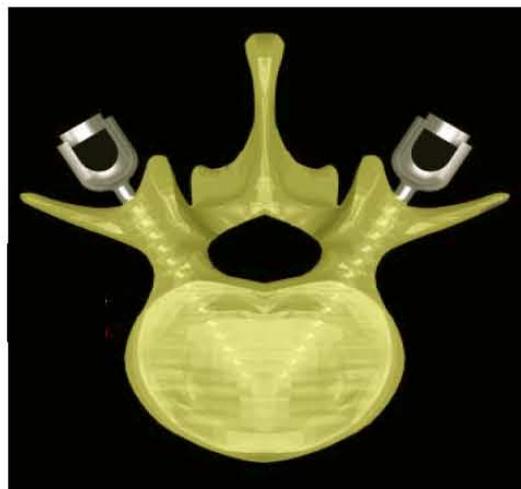


Fig.1.A-B

A- Cortes axiales T.A.C Tornillo pedicular B- Dibujo 3-D Del mismo

Las lesiones toracolumbares son una parte considerable del total de las lesiones graves del aparato locomotor¹³⁸. La columna toracolumbar y lumbar alta es la zona predominante de estas lesiones.⁹⁶ Se debe sospechar de una fractura toracolumbar en cualquier persona que haya estado involucrado en un accidente

de circulación, o que haya sufrido una caída de altura de mas de 2 metros.

Cualquier persona que se sospecha puede tener una lesión de columna debe ser explorado para ver si tiene dolor en la espalda, cuello, o extremidades antes de ser movida. Se le pedirá al paciente que apriete los dedos del examinador. Si el control muscular voluntario parece intacto al paciente se le pedirá que cuidadosamente flexione, extienda la cabeza. Si esto es indoloro se le pedirá al paciente que eleve los hombros y después que flexione las caderas. Si estos movimientos no causan dolor en la columna se rueda al paciente, y se palpa la espalda buscando puntos dolorosos. Si existiese alguna posibilidad de una lesión vertebral al paciente se le inmoviliza bien y será llevado para una exploración radiológica.

Se debe tomar unas radiografías simples antero-posterior y lateral de cualquier zona sospechosa mientras el paciente continua en urgencias, bien controlado, en reposo absoluto. Si existiese alguna duda se deberían hacer radiografías laterales de

las zonas lumbar, torácica y cervical. Cualquier zona sospechosa en la radiografía lateral debe someterse a una radiografía anteroposterior. Si no se identifica una fractura se puede trasladar el paciente a una cama normal y permitirle movimientos que pueda tolerar. Si se identifica una fractura, se debe realizar un Tomografía Axial Computerizada (T.A.C) para documentar la cominucion, estabilidad y compromiso vertebral en la zona fracturada. Si hay lesión neurológica debe realizarse una resonancia magnética nuclear (R.M.N).

Pueden hallarse con frecuencia fracturas concomitantes de otros huesos, especialmente las que afectan las extremidades inferiores, pero existen varias consideraciones relativas a una asociación de una fractura vertebral. La pronta movilización del paciente con múltiples lesiones es importante en cuanto a la prevención de complicaciones pulmonares y cardiovasculares. Se debe conseguir la estabilidad de la columna con cirugía, si

fuese necesario, antes de proceder al cuidado de las fracturas de las extremidades.

La evaluación de las fracturas vertebrales debe incluir la posibilidad de otras fracturas no contiguas de la columna. Fracturas no contiguas significa que existen dos o más zonas de la columna lesionadas separadas por un segmento de columna normal. La columna cervical tiene una alta incidencia de estar implicada en esta situación.

En los estudios publicados, se observa una frecuencia de fracturas no contiguas entre un 3.2% y un 16.7%.^{14,25,67,70,89,128,56} En un estudio de Gertzbein⁶⁵, la incidencia de fracturas vertebrales no contiguas en 25 fracturas estallido lumbar baja era de un 56%. Cotler³² revisó 372 fracturas de columna consecutivas, excluyendo las heridas penetrantes de bala y fracturas patológicas, un total de 39 (10.5%) de los pacientes con lesiones medulares tratados en su centro durante el

periodo de tiempo del estudio presentaban fracturas no contiguas. La lesión primaria es la lesión vertebral original correlacionada con cualquier déficit neurológico.

Las valoraciones neurológicas son importantes en cualquier exploración de lesión medular. Los métodos de valoración son: la clasificación del American Spine Injury Association (ASIA) y la escala de Frankel. Se han presentado otros sistemas de clasificación, uno de los cuales, el sistema Calenoff ²⁵ se basa en la localización anatómica de la lesión primaria, y la lesión secundaria.

En el sistema Calenoff, la lesión primaria es aquella que fue reconocida primero en la admisión del paciente, o aquella fractura vertebral que se correlaciona con el déficit neurológico en el momento en que el paciente fue inicialmente valorado. La clasificación Calenoff es anatómica y clasifica la lesión en uno de tres tipos (A, B o C). El Tipo A tiene la lesión primaria en C5-7 y secundariamente en la unión toracolumbar, T12-L1. El

Tipo B se centra en la T2-T4 con un foco secundario en la columna cervical. El Tipo C se concentra en la unión toracolumbar T12-L2 y secundariamente en la zona L4-L5. Otros autores han enfocado sitios alternativos.^{67,68,82} Algunos autores han documentado fracturas no contiguas que fueron diagnosticadas en el ingreso hospitalario^{140,97,166} en pacientes con déficit neurológico¹⁵² o fracturas facetarias¹⁴. Sin embargo no se conoce el número de fracturas que fueron diagnosticadas tras ser dados de alta.

Gupta⁶⁸ propone un sistema de clasificación con cinco patrones para las fracturas vertebrales múltiples. El Grupo I incluye todos los pacientes que tengan fracturas de columna en niveles múltiples; El grupo II, lesiones contiguas; El Grupo III, lesiones no contiguas; El Grupo IV lesiones no contiguas en dos niveles; y el Grupo V tres o más lesiones no contiguas. Además, demostró lesiones primarias y secundarias en un grupo de 91 pacientes y ofreció una comparación con la serie de Jefferson⁸² de 2.006 fracturas de columna. En el Grupo I el patrón de

fractura mas frecuente, la lesión primaria se producía en la columna torácica alta, y secundariamente en la columna cervical baja. En el Grupo II, el segundo patrón de fractura mas frecuente, la columna cervical baja o cervico-torácica era la zona mas involucrada y la lesión secundaria se localizaba en la zona cervical alta.

El cirujano debe considerar la posibilidad de varias fracturas no contiguas. Estas fracturas se producen en varios sitios sin ningún tipo de patrón que representen tipos. El grado de severidad de las fracturas o de defectos neurológicos no son suficientes para un sistema de clasificación ya que pacientes con múltiples fracturas no contiguas son vulnerables a uno y todos los niveles de la columna.

Los pacientes que cooperan, se hallan despiertos, conscientes y con una sola zona de lesión son los más fáciles para valorar. Pero incluso estos pacientes pueden presentar traumatismos que pueden dificultar la valoración. Las lesiones más frecuentes que pueden pasar inadvertidas están a nivel, occipito-cervical,

cervico-torácica, y la región torácica alta. El volumen del paciente y el peso puede ser un obstáculo para el estudio radiológico y el traslado del paciente para realizar un TAC o RMN.

En un paciente que esta neurológicamente intacto pero que tiene otras lesiones potencialmente letales, se asigna una prioridad baja a las potenciales lesiones neurológicas. Otros obstáculos, tales como intoxicación o cambios de estado mentales, impiden la realización inmediata de estudios TAC o RM en lesiones que parecen leves en contraste con otras situaciones mas graves. Muchos de estos pacientes ni siquiera tienen dolor al ser palpados o reaccionan a una anomalía clínica con un movimiento de columna.¹⁵² Otras razones para un diagnóstico tardío son una interpretación errónea de las imágenes y estructuras en las radiografías que son difíciles o imposibles de interpretar.

Otra causa de demora en el diagnóstico es la calidad de las radiografías iniciales debido, entre otras cosas, a que muchos de estos pacientes vienen trasladados de centros de atención primaria. También son frecuentes las interpretaciones erróneas de las imágenes, además de la presencia de lesiones ligamentosas que son difíciles de interpretar.

En la serie de Vaccaro et al¹⁶³, el 15% de los pacientes con diagnóstico tardío sólo fueron diagnosticados una vez que desarrollaron algún tipo de déficit neurológico debido a una inmovilización inadecuada. La mayoría de los pacientes de esta serie no demostraron ningún tipo o patrón de lesión entre las fracturas primaria y secundaria. Solo el 25,6% de los pacientes del estudio mostraron un patrón definitivo de fractura: dos pacientes mostraron Calenoff²⁵ patrón Tipo A; dos pacientes patrón tipo B; y seis pacientes patrón tipo C. Cuando se utiliza el sistema de clasificación de Gupta⁶⁸, existe una distribución similar (42% de los pacientes demuestran un patrón o modelo de fractura definitivo). Los dos sistemas de clasificación intentan

advertir al facultativo de la localización probable de lesiones vertebrales secundarias y terciarias. Sin embargo su aplicación clínica no ha sido posible porque solo se pueden clasificar el 48% de los pacientes como media en el estudio de Vaccaro,¹⁶³ 25.6%, Calenoff²⁵ 57%, Gupta,⁶⁸ 48%.

Un sistema de clasificación ideal sugeriría un mecanismo plausible para las asociaciones de patrones de fracturas, proporcionaría un pronóstico, y recomendaría las distintas opciones de tratamiento. No disponemos de una clasificación ideal y siguen apareciendo nuevas clasificaciones.³⁰

Gupta⁶⁸ informa que, en una serie de lesiones secundarias, el 35% eran distales a la lesión primaria. Calenoff halló que el 60% de las lesiones secundarias en una serie aparecían distales a la lesión de columna primaria. En este estudio, las lesiones secundarias eran desproporcionadamente numerosas en el nivel L4-5 (28.6%) y la región cervical alta, la zona C1-C2 (14.3%); 42.9% de las lesiones secundarias se produjeron en los extremos

de la columna. Vaccaro et al.¹⁶³ descubrió que en una serie de 55 lesiones de columna secundarias, 23 (58.1%) eran dístales a la lesión primaria. La mayoría de las fracturas secundarias - 50 de 55 (90%) – eran fracturas de apófisis transversas¹⁵², fracturas del cuerpo vertebrales con avulsión aisladas, fracturas laminares ligeramente desplazadas⁸⁹ y lesiones de C1-C2.⁸⁹ El carácter leve de estas lesiones secundarias de columna vertebral también fue documentado en otras series de lesiones de columna no contiguas.^{14,152,153} Aunque la mayoría de las lesiones de columna secundarias en el estudio de Vaccaro et al.¹⁶³ eran de carácter leve, cuatro (10%) requirieron cirugía para lograr una estabilidad vertebral satisfactoria. Muchas series no informaron del porcentaje de lesiones secundarias que requirieron intervención quirúrgica.

Vaccaro et al.¹⁶³ halló que 15 de las 94 lesiones de columna (16%) pasaron inadvertidas en la primera exploración. Otros autores han descrito hallazgos parecidos. Bohlman¹⁷ documentó una serie de 300 lesiones cervicales traumáticas donde

aproximadamente el 30% de los pacientes tenían un retraso inicial en el diagnóstico por razones diversas. Shear et al.¹⁵³ publicó una serie de seis fracturas múltiples no contiguas de la columna cervical donde cinco de los seis pacientes no fueron diagnosticados de la lesión secundaria con la radiografía inicial. Korres et al.⁹³ demostró hallazgos similares en 9 de 18 pacientes con lesiones no contiguas que tuvieron diagnósticos tardíos.

El diagnóstico de fracturas no contiguas requiere un alto grado de conciencia de lesiones posibles, así como una valoración de imágenes completa. La columna completa debe ser estudiada y sometida a los estudios que puedan ser necesarios, entre ellos, exploración clínica, radiografías simples, TAC y RM. La columna debe ser valorada en cuanto a su estabilidad tanto temprana como tardía. En las publicaciones de habla inglesa se evidencia una toma de conciencia de las fracturas no contiguas, en particular desde el informe inicial de Kosven⁹⁷ en 1965 hasta el estudio de Korres et al.⁹³ Parece imposible predecir la

incidencia exacta así como los tipos de lesiones de columna no contiguas. Se prevé que vaya a haber un mayor reconocimiento de las lesiones de columna no contiguas en el futuro, debido a los avances en los instrumentos de diagnóstico, valoración clínica, y evaluación completa.

Además de hacer un diagnóstico correcto, será importante valorar la gravedad de la lesión para determinar cuáles se curan por sí solas (en el contexto de la condición general del paciente) y qué lesiones requerirán una intervención terapéutica específica. Será necesario documentar cualquier fractura evidente sin consecuencias clínicas reales (por ejemplo en los apófisis transversas y apófisis espinosas) esto último es más bien de interés médico legal.

Se recomienda una exploración radiológica rutinaria de la columna en todas las fracturas vertebrales, especialmente en aquellas asociadas a traumas múltiples con o sin daños a las raíces nerviosas o al canal raquídeo. Para una valoración más

completa de la columna se puede requerir el uso de estudios de imagen (TAC y RMN) En contadas ocasiones a pesar de todos los estudios puede haber un diagnóstico tardío. Ante la persistencia del dolor, y hallazgos clínicos es importante repetir los estudios de imagen y tener presente la posibilidad de fracturas no contiguas para diagnosticar dichas fracturas.

El tratamiento de las fracturas toracolumbares sigue siendo un tema de preocupación entre especialistas. Young¹⁷⁹ fue el primero en documentar los resultados a largo plazo de 623 pacientes con todo tipo de lesiones en la columna toracolumbar. No encontró relación entre el resultado final y los síntomas y deformidad, edad, o el protocolo de tratamiento utilizado. En su trabajo el 74% de sus pacientes tenía dolor de la columna vertebral, y el 22% tenía discapacidad.

Krompinger et al.⁹⁹ informó sobre un grupo de fracturas estallido tratadas de forma conservadora con seguimiento por

TAC. No encontró deterioro neurológico en este grupo pero si documentó un aumento en la deformidad cifótica de 10 a 15 grados en algunos pacientes. No pudo demostrar la relación entre la deformidad y la discapacidad. El 10% de este grupo no pudo volver a su trabajo habitual debido al dolor.

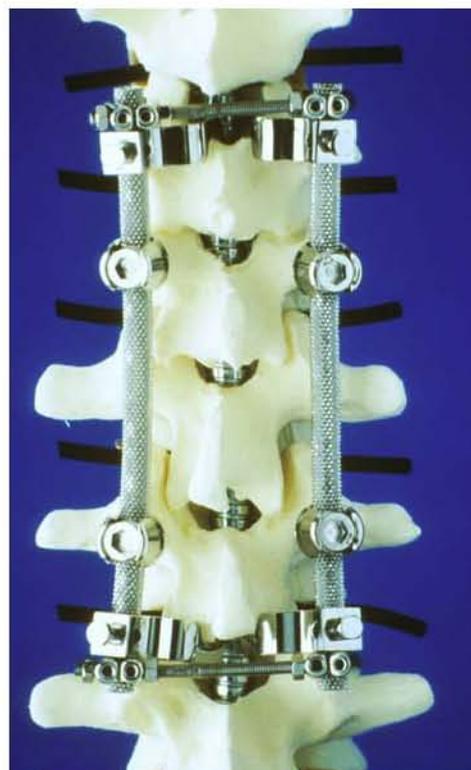
Weinstein et al.¹⁶⁹ documentó el tratamiento conservador de fracturas estallido utilizando corsé rígido. El 10% tenía discapacidad y el 90% tenía algo de dolor continuo, pero su estatus neurológico era estable. Los investigadores tampoco pudieron relacionar la deformidad con el dolor o la incapacidad.

Estos informes están en contradicción con el de Denis³⁸ que informó que, de 29 pacientes con fractura estallido, hubo una incidencia del 21% de complicaciones neurológicas. Denis concluyó que la intervención quirúrgica primaria debía ser considerada seriamente.

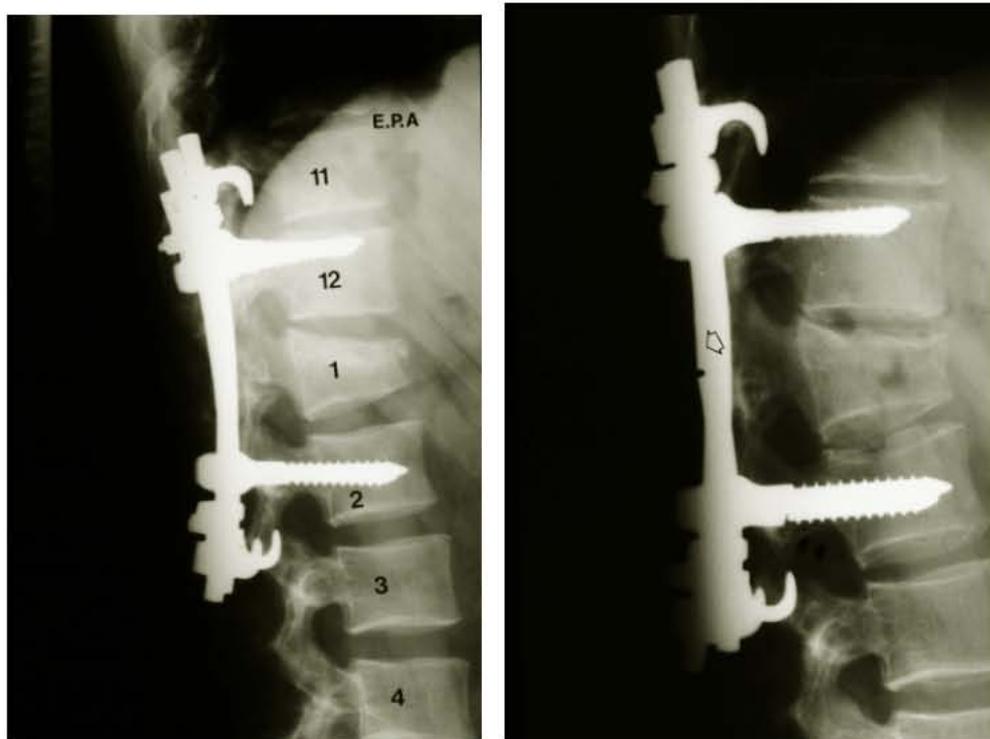
Antes de la era de los nuevos implantes vertebrales, la gran mayoría de las fracturas toracolumbares sin déficit neurológico se trataban médicamente. Para muchos autores el tratamiento quirúrgico estaba indicado en aquellos pacientes con una cifosis inicial superior a 25 grados, un compromiso de canal superior al 50% o aquellos que tienen una pérdida de altura vertebral de más de 50% con una cifosis superior a 15 grados. Con los nuevos avances en la instrumentación vertebral han aparecido en la literatura publicaciones de diferentes montajes con la intención de hacerlos más fuertes y más sólidos y evitar su aflojamiento y fracaso ⁷. (Fig.2).

Fig.2.

Técnica de fijación posterior con los ganchos y los tornillos hacen una pinza que se conoce como la pinza pedículo laminar



Muchos nuevos montajes no evitaban los fracasos de los mismos, y pronto aparecían las roturas de los implantes (Fig.3A-B).



A.

B.

Fig.3 A-B.

Rx. Laterales de la columna toraco-lumbar con montaje de pinza pedículo laminar (A) Esta técnica no evitaba los fracasos del mismo, y pronto aparecían las roturas de las barras del montaje.(B)

Para optimizar el tratamiento quirúrgico, se presentaron diferentes montajes con ganchos a diferentes alturas con diferentes tornillos⁵. Todos estos montajes huían de la fijación de la vértebra fracturada, probablemente por la incertidumbre de saber qué pasaría con los fragmentos óseos (Fig.4 A,B,C,D,E.).

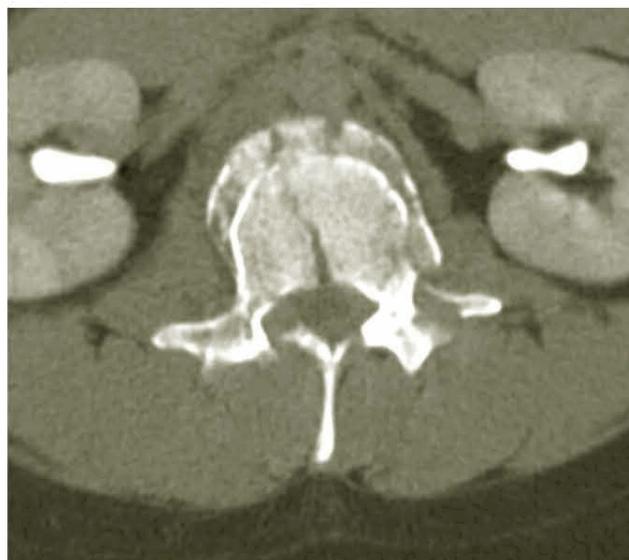


Fig.4 A.

T.A.C. Pre. – 0p. de la paciente de 38 años de edad con fractura estallido de la L1 sin alteración neurológica

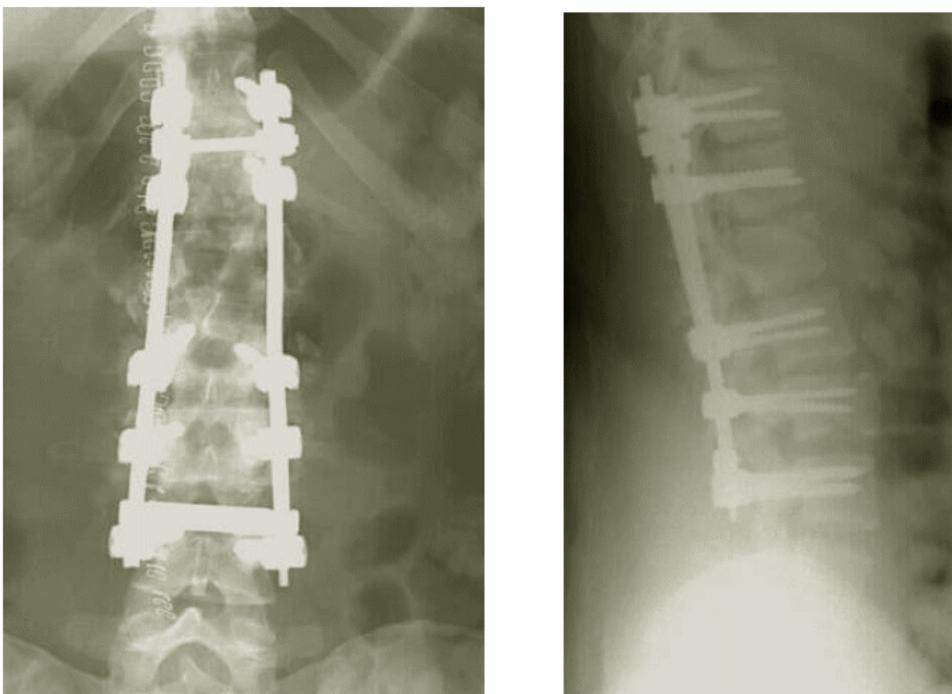


Fig.4 B.

Radiografías simples antero-posterior y lateral; POST.-OP.de la
paciente con reducción de la fractura

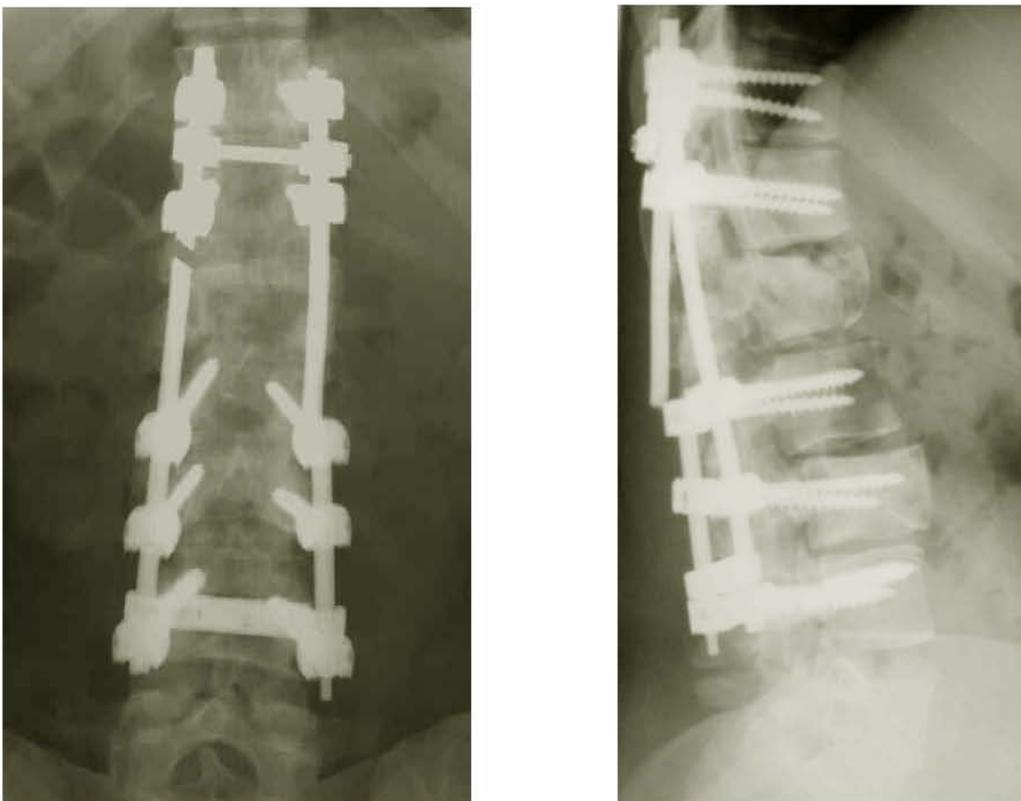


Fig.4 C.

Seis meses post-operatorio fracaso de la instrumentación

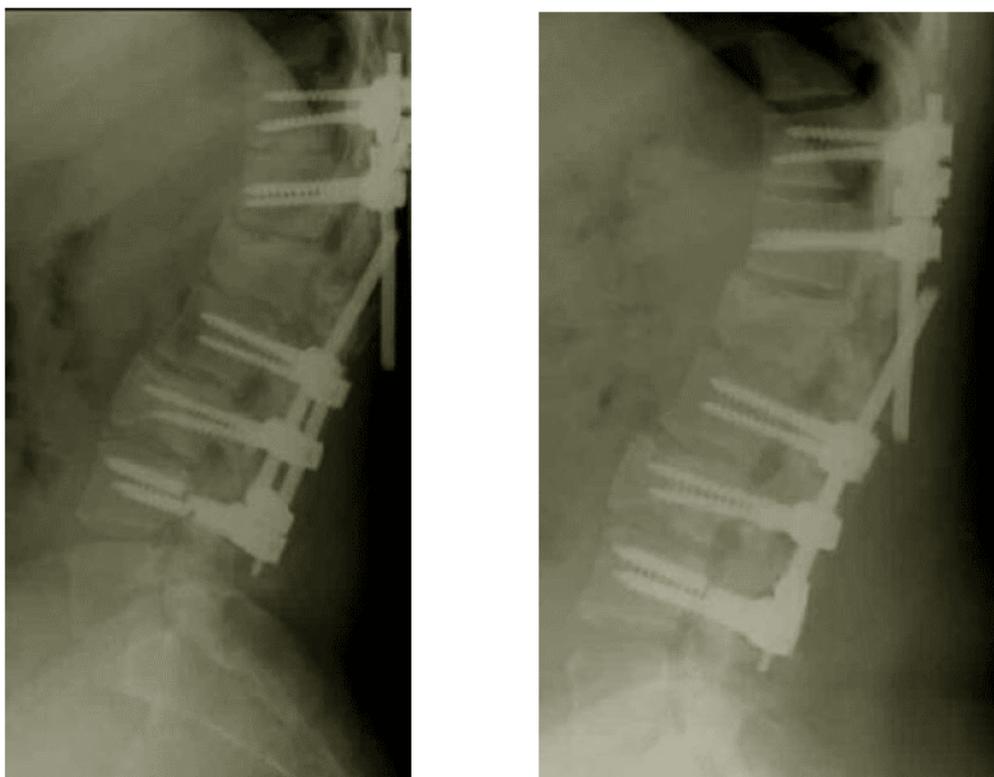


Fig.4 D.
Un año post-operatorio fracaso de la instrumentación con rotura de los tornillos distales.

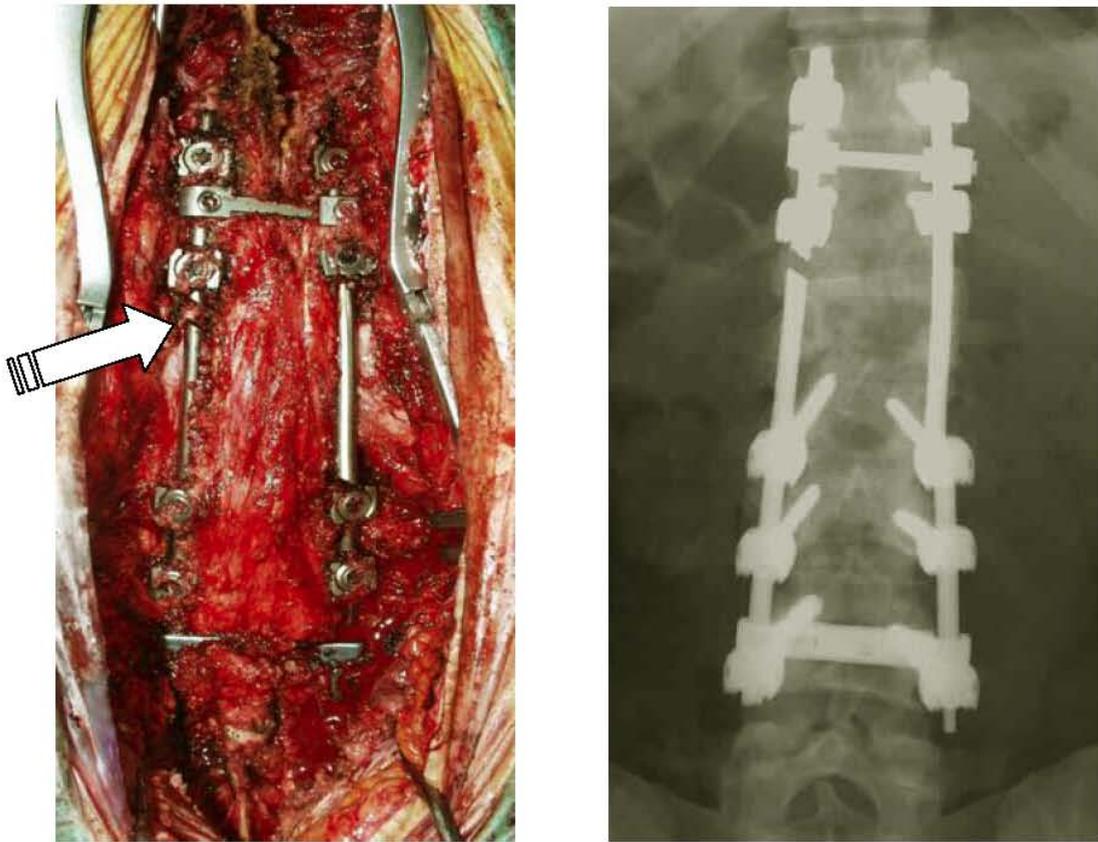


Fig.4 E.

Abordaje posterior observándose rotura de las barras y de los tornillos

Las propiedades biomecánicas de la columna vertebral juegan un papel crítico en el diseño y aplicación de la instrumentación para la fijación de la columna toracolumbar. Para restaurar la alineación normal de la columna y mantener la reducción se debe aplicar fuerza contraria a la fuerza deformante¹⁷⁶.

La fijación de la columna debe ser sólida con un montaje resistente que garantice el mantenimiento de la reducción. Desde el punto de vista biomecánico existe mayor rigidez y solidez del sistema de seis tornillos, comparado con el de cuatro tornillos²⁹. (Fig.5 A-B).

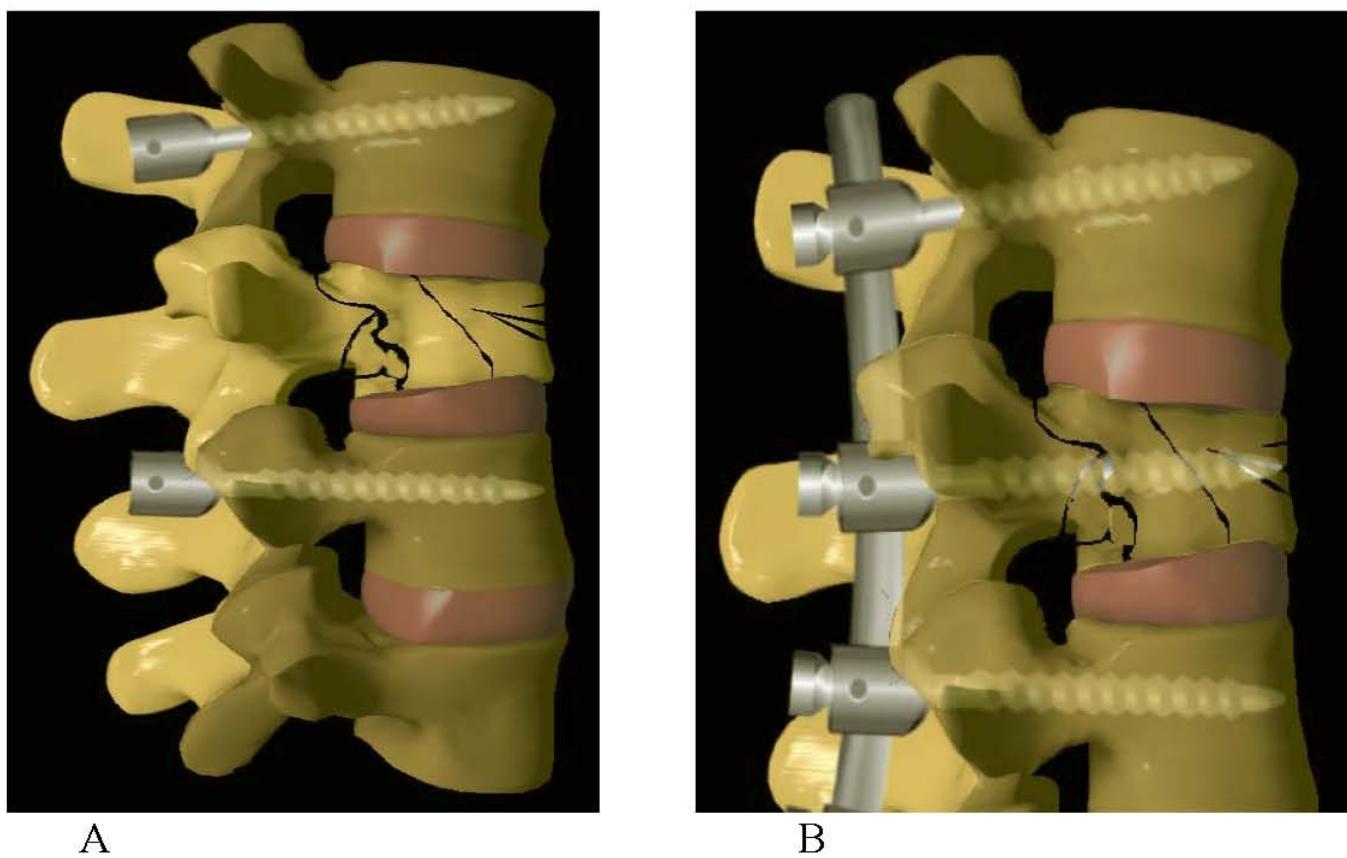


Fig.5 A-B. Dibujo 3-D

A-Dibujo 3-D. de fractura estallido de L1 y 4 tornillos pediculares B-. Dibujo 3-D. montaje de seis tornillos.

A pesar de la solidez y resistencia del sistema, los tornillos pediculares, implantados en la vértebra distal a la fractura, sufren mucha presión con el riesgo de que puedan aflojarse o desprenderse en flexión³⁰ (Fig.6)

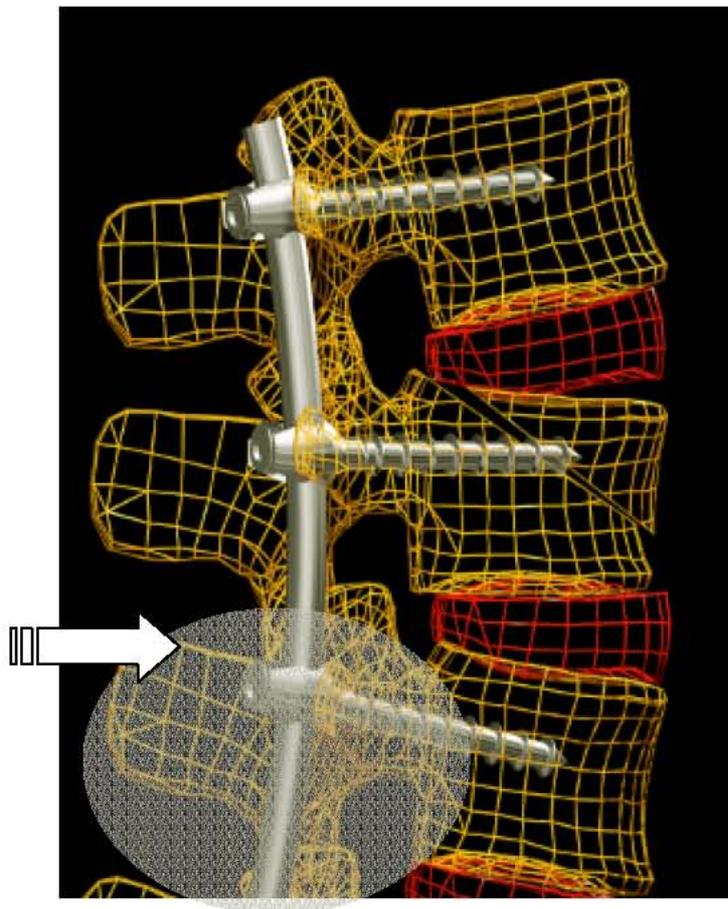


Fig.6

Dibujo 3-D. Mostrando el nivel distal débil con riesgo de emigración y de aflojamiento de los tornillos

Utilizando simulaciones de laboratorio de un segmento de la columna toracolumbar, una fractura estallido inestable, y una fractura-luxación, M^cCaffee et al.¹¹¹ investigó la resistencia comparativa de los tres sistemas de instrumentación: (1) sistema Harrington de distracción convencional (2) alambres sublaminares con barras Harrington (3) de instrumentación vertebral segmentaria. En las fracturas estallido inestables se comprobó que los alambres sublaminares con barras Harrington aumentaban la capacidad de resistencia del segmento a las cargas de compresión axial. Esta instrumentación esta superada actualmente por los tornillos pediculares.

ANATOMÍA CLÍNICA DE LA COLUMNA TORACO-LUMBAR

Las fracturas y luxaciones vertebrales más frecuentes se encuentran en la unión toracolumbar, especialmente las fracturas estallido Fig.(7 A-B). Esto se debe a las características específicas de las vértebras toracolumbares. La anatomía de esta región tiene un comportamiento biomecánico específico y diferente al de la región dorsal o lumbar.

A.



B.



Fig.7 A-B.

A -radiografía lateral simple y B-dibujo 3-D de fractura estallido en la unión toracolumbar a nivel de L1.

La región toracolumbar, desde el punto de vista anatómico, esta formada por las vértebras T11, T12, y L1. Tiene propiedades anatómicas diferentes de otros segmentos de la columna vertebral y se caracteriza por:

- a. ser vulnerable a fracturas y fracturas-luxaciones
- b. las fracturas inestables son frecuentes
- c. albergar el cono medular y la cola de caballo

Existen tres razones por las cuales la zona de transición es vulnerable a las lesiones:

1.- Hay poca facilidad para la dispersión de la fuerza. Durante la carga, las vértebras torácicas se doblan en cifosis, permitiendo que los ligamentos posteriores absorban la energía y que las vértebras lumbares transfieran la fuerza al complejo de las

facetarías. Sin embargo, a nivel toraco-lumbar la fuerza cae centralmente.

2.- En las vértebras torácicas y lumbares hay más segmentos disponibles para absorber la fuerza. La fuerza se distribuye sobre las 10 vértebras torácicas y 4 vértebras lumbares, pero solo sobre las dos vértebras de la unión toracolumbar.

3.- Sin un verdadero soporte de las costillas y con la orientación facetaria vertical, las vértebras en la unión toracolumbar no están anatómicamente preparadas para transferir la fuerza mecánica de las vértebras.

Así pues, debido a las características anatómicas y funcionales, existen suficientes razones mecánicas para justificar la alta frecuencia de lesiones en la unión toracolumbar. Debido a las características locales anatómicas, las lesiones de rotación y flexión tienden a concentrar sus fuerzas en esta zona. Debido a

la alineación, las fuerzas de compresión van dirigidas directamente a las vértebras toraco-lumbares.¹⁵⁸ Esta región está en la frontera entre la rígida con la dorsal y la flexible columna lumbar, a este nivel los ligamentos ínter-espinosos y supra-espinosos tienen menos resistencia que a nivel lumbar. La orientación de las facetas articulares dorsales condiciona que el segmento toracolumbar sea poco resistente ante las fuerzas de rotación y torsión.

Las fracturas de la región toracolumbar tienen un alto riesgo de presentar una lesión neurológica. Es importante recordar que el cono medular termina al nivel del disco intervertebral L1-L2 y las metámeras de las raíces L1-L2-L3-L4-L5 están entre la vértebra T11 y la T12. El riesgo de una intervención quirúrgica es una consideración importante y cualquier decisión acerca del tratamiento quirúrgico debe garantizar la protección del cono medular y las raíces nerviosas.

Los objetivos globales del tratamiento de estos pacientes son: proporcionar el máximo poder funcional, prevenir un déficit neurológico, minimizar el dolor, la deformidad residual y prevenir una futura discapacidad. Otras consideraciones a tener en cuenta son: una estancia hospitalaria breve; control de gasto económico, minimizar el tratamiento quirúrgico, la inmovilización post-quirúrgica y el tiempo de baja laboral.

La columna lumbar baja tiene unas características biomecánicas y anatómicas únicas. El canal medular es más ancho y la cauda equina es más resistente a presión externa en esta zona que en la del cono medular a nivel la unión tóraco-lumbar. Otra consideración anatómica importante de la columna lumbar baja es la lordosis fisiológica, que puede ser alterada por un traumatismo o cirugía.

Las características biomecánicas y anatómicas de la columna torácica son distintas entre la región toracolumbar y la lumbar. La postura natural de la columna torácica es la cifosis con un canal vertebral relativamente estrecho pero que proporciona un conducto seguro para la médula y las raíces intercostales. Andriacchi et al.⁶ han comprobado que la caja torácica estabiliza considerablemente la columna dorsal. En el plano lateral de la columna dorsal las facetas, por si solas, no previenen mecánicamente una flexión notable de la columna torácica, y por lo tanto, no estabilizan la columna dorsal en flexión. El efecto de la orientación facetaria en la estabilidad lateral de la columna es incluso peor. Las articulaciones facetarias de la columna torácica se encuentran en el plano frontal, una orientación que ofrece poca estabilidad inherente contra la flexión lateral. La caja torácica junto con las costillas, aumentan la estabilidad lateral de la columna dorsal. Esta estabilidad proporcionada por la orientación facetaria y los arcos costales dan lugar a una gran solidez estructural, por lo tanto se requiere gran cantidad de fuerza para provocar una fractura a

este nivel de la columna vertebral, haciendo que este segmento sea mucho mas estable que la región toracolumbar y lumbar.

La concentración de fuerza se produce cuando dos zonas adyacentes con propiedades mecánicas distintas sufren simultáneamente una deformación mecánica. La unión toracolumbar manifiesta esta transición de varias formas. Primero, la rigidez transmitida a la columna torácica por la caja torácica crea una transición . Segundo, la forma en conjunto de la columna desde la postura cifótica a la postura lordótica de la columna lumbar crea una transición en la unión toracolumbar. Tercero, hay una diferencia entre la columna lumbar y la columna torácica en la función mecánica de los dos segmentos.

En la compresión axial, la columna lumbar y la columna torácica tienen niveles equivalentes de rigidez, sin embargo, cuando se somete la columna a más flexión, la columna lumbar pierde rigidez en comparación con la columna torácica.¹²⁹ Esta transición provee un elemento importante de

concentración de carga ya que la mayoría de las fracturas se producen con una fuerza de flexión. La cuarta, y probablemente la más importante, manifestación de la transición de la columna torácica a la lumbar son las diferencias anatómicas de las vértebras, facetas, articulaciones y costillas. Las vértebras de la unión toracolumbar obtienen menos estabilidad externa de las costillas adyacentes. La vértebra T10 es la última vértebra torácica con una unión costo-transversa. Es también la última vértebra en la que la costilla termina en una articulación completa con el tórax por vía anterior. Las costillas T11 y T12 no articulan por vía anterior ni articulan con los procesos transversos de sus propias vértebras.

En esta zona también hay cambios importantes en la orientación de las facetas. Tal y como lo describe Oxland et al.¹²⁹ La transición en las facetas inferiores se produce entre la T12 y la L1, así pues, el aspecto anatómico de las facetas de la T11 y T12 son notablemente distintas a las facetas T12-L1. Hay dos

orientaciones fundamentales en el curso de la transición toracolumbar. En la primera, el plano de la faceta de la articulación cambia de una inclinación hacia adelante de alrededor de 40° desde una posición vertical, a una posición casi-vertical, y la segunda es la orientación de las facetas que en la vértebra torácica están mayoritariamente en el plano frontal, en la columna lumbar giran gradualmente 45° hasta mirar al interior.

Estos cambios, y la importancia clínica de esta region motivaron a Oxland et al.¹²⁹ a estudiar el movimiento mecánico de esta zona. Se encontraron diferencias considerables entre los niveles adyacentes de T11-T12 y T12-L1 en extensión y rotación axial. Las facetas T11 y T12 que son mas parecidos morfológicamente a las facetas torácicas permitían más rotación y menos extensión que las facetas T12-L1 adyacentes. Se pensó que las diferencias en la geometría de las articulaciones facetarias justificaban las diferencias en el comportamiento mecánico entre T11-T12 y T12-L1.

A pesar de las predisposiciones obvias, como los cambios en la curvatura de la columna y la distribución del peso, la unión toracolumbar también tiene propiedades mecánicas que aumentan la probabilidad de lesiones ligamentosas. La tensión por rotación es una fuerza particularmente efectiva cuando afectan las articulaciones de columna. La mayoría de las lesiones rotacionales se producen cuando la parte inferior del cuerpo está fijo y la parte superior acelerado, una situación típica en los accidentes de circulación. Cualquier carga axial en este marco es una fuerza secundaria. La columna torácica depende esencialmente de las articulaciones costales anteriores y de las costo-vertebrales para prevenir la rotación.

La columna lumbar, sin embargo, tiene una protección considerable contra la presión rotacional a través de apófisis articulares que por su gran tamaño previenen este movimiento.

Hay un “eslabón débil” en la unión T11-T12 donde no existe un soporte lateral de las costillas antes de la transición efectiva de las articulaciones facetarias. Así pues, existe una predisposición de lesiones rotacionales que provocan lesiones ligamentosas. La otra fuerza principal que provoca la fatiga vertebral a este nivel es la compresión axial. La caída de altura, es el mecanismo de lesión mas frecuente en la compresión axial y flexión produciendo estallido vertebral.

Con la carga en situación puramente axial, la columna torácica se deforma con cifosis y la columna lumbar se deforma con lordosis. Así pues las vértebras en transición de estas dos zonas se exponen a compresión pura.

Las lesiones traumáticas agudas de la columna vertebral y la médula espinal a nivel de la unión toracolumbar, son mucho más inestables que las de la región torácica y lumbar baja.

Holdsworth⁷⁷, en 1970, fue el primero en describir y establecer la importancia del complejo ligamentario posterior vertebral en la estabilidad biomecánica de la columna toracolumbar. Este complejo está compuesto por los ligamentos supra-espinoso e Inter-espinoso, ligamentos amarillos y cápsulas articulares. Muchos autores piensan que las lesiones que comprometen el sistema ligamentario posterior son inestables.^{62,126,146} Whitesides,¹⁷⁵ definió el concepto biomecánico de dos columnas o pilares en la columna vertebral, con un pilar anterior de carga (cuerpo vertebral) y de tensión (complejo ligamentario posterior).

CLASIFICACION DE LAS FRACTURAS TORACOLUMBARES

El avance en técnicas de diagnóstico e imagen ha revolucionado la valoración de las fracturas de columna yendo de una visión básica de la patología, a una interpretación más sofisticada. Mientras algunas clasificaciones se basan principalmente en la morfología,^{146,38} otras se centran en la mecánica de la lesión.^{16,54} También se han propuesto clasificaciones que combinan los dos enfoques.^{77,63} Muchas de estas clasificaciones, sin embargo, no tienen en cuenta el pronóstico y la gravedad de la lesión^{126,91}

El sistema de clasificación de fracturas basado en la mecánica de lesión es el método de análisis más antiguo de lesiones traumatológicas. Antes de la llegada de la radiografía, los traumatólogos diagnosticaban las fracturas basándose en la información disponible: el historial médico del paciente, las lesiones externas y la deformidad. De esta forma se clasificaban muchas fracturas diferentes de las extremidades. Sin embargo, la

dificultad para explorar las estructuras de la columna impidió que se desarrollase tan fácilmente un sistema de clasificación de fracturas vertebrales.¹⁶⁸

En 1963, Holdsworth, con gran experiencia en fracturas de columna desarrolló un sistema de clasificación basado en parte sobre la mecánica de la lesión.⁷⁷ Holdsworth identificó muchas características de las fracturas vertebrales y definió 5 fuerzas que podían producir fracturas. Este autor observó que, en flexión pura los ligamentos no se rompen pero se comprime la vértebra. Esto produce una fractura de compresión de vértebra. También observó que la rotación junto con la flexión aumenta la probabilidad de una rotura ligamentosa. Así pues, una lesión por flexión-rotación quebranta el segmento intervertebral debido a una insuficiencia ligamentosa. Holdsworth también reconoció que las lesiones producidas por extensión son muy poco frecuentes en la columna toracolumbar.⁷⁷

Uno de los aspectos más controvertidos de este sistema de clasificación son los modelos de fractura que se producen cuando existe compresión vertical en la columna toracolumbar. Holdsworth creyó que, debido al trauma de una compresión vertical uno o dos de los platillos vertebrales se fracturaban pero los ligamentos no se quebrantaban. Denominó dicha lesión, fractura estallido y la clasificó como estable. Las fracturas que se producen como resultado de cizallamiento de la columna vertebral causan una lesión completa de los ligamentos vertebrales y las clasificó como inestables.

En 1977, Whitesides presentó una reorganización de la clasificación de los mecanismos de las fracturas toracolumbares.¹⁷⁵ Sugirió que existe una diferencia notable entre las fuerzas que causan una lesión y la dirección de inestabilidad de la columna toracolumbar. Identificó 4 direcciones en la se podía aplicar fuerza a la columna para producir una lesión: compresión, distracción, flexión y rotación.

A pesar de la dirección de la fuerza de la lesión, la deformidad principal era la cifosis.

Whitesides intentó usar una clasificación mecánica para definir la estabilidad. Después de repasar una amplia gama de fracturas estables e inestables estableció dos tipos de fracturas estables: una fractura de compresión simple, y otra fractura estallido con ligamentos intactos y estables. Este autor también reconoció varios tipos de fracturas inestables. En un tipo de fractura estallido inestable, los ligamentos posteriores han sido alterados junto con la fractura de la vértebra. Otras fracturas inestables son: fracturas flexión-distracción, fracturas cizallamiento, y fracturas luxaciones. Todas estas fracturas tienen alteraciones ligamentosas. Whitesides elaboró esta clasificación antes de la llegada del TAC.

Otra clasificación mecánica que refleja el impacto de las fuerzas combinadas es la clasificación flexión-distracción desarrollada por Gertzbein⁶² en 1988. Reiteró la importancia de

la inestabilidad ligamentosa asociada con las lesiones por flexión-distracción, pero también observó que en la mayoría de los casos había daños de compresión en la vértebra y en algunos, incluso fractura estallido.

En la clasificación mecánica de las lesiones de columna las mas difíciles de encuadrar son aquellas donde existe una combinación de fuerzas. En la práctica, la clave en la evaluación de las fracturas toracolumbares sin déficit neurológico es determinar si existe o no una fuerza secundaria que pueda haber producido daños adicionales a los ligamentos y haber pasado desapercibida. Destacamos dos situaciones donde esto puede darse. La primera es la fractura por compresión y acúñamiento vertebral que, en la radiografía, aparece como una lesión sin consecuencias del tejido óseo pero, que podría ser una alteración seria de los ligamentos de una fuerza flexión-distracción que se redujo espontáneamente. La segunda situación es ver si una fractura estallido proviene sencillamente de una compresión

vertical o si viene acompañada de un movimiento de flexión que ha producido una alteración considerable en los ligamentos posteriores.

Es importante comprender la clasificación de las fracturas de la columna, porque en ella se ha usado como criterio para su definición, los mecanismos de la fractura, la magnitud del daño óseo resultante, y la existencia de compromiso neurológico, señalando así los factores de los que depende el pronóstico, así como la decisión terapéutica.

Muchas han sido las clasificaciones con las cuales se ha pretendido aclarar los conceptos referidos, patogenia, anatomía patológica, clasificación de los daños óseos, etc., en un intento de entregar al traumatólogo una guía confiable de los daños vertebrales producidos y que lo orienten en la proyección pronóstica y en la determinación terapéutica.

Tomando como referencia estudios anteriores de Holdsworth, Denis, en el año 1982, creó su clasificación tomando en consideración principios anatómo-funcionales muy claros, que explican el porqué de los mecanismos patogénicos que provocan las fracturas. Además, ha recopilado no sólo sus propios conceptos, sino que ha incorporado en su estudio conceptos de otros autores que, como él, se han dedicado al estudio de este mismo problema.³⁸ La clasificación desarrollada por Denis fue un avance importante en el estudio de la inestabilidad vertebral. Como clasificación morfológica, describe 4 categorías de lesión: Las lesiones por compresión, fracturas estallido, lesiones por cinturón de seguridad (flexión-distracción, o de Chance) y fracturas-luxaciones. Denis observó que, aunque la dislocación de la columna puede ser producida por distracción, rotación o cizallamiento, las inestabilidades producidas eran similares. Así pues, agrupó en una sola categoría las lesiones que producían dislocación: lesiones flexión-distracción, lesiones por flexión-rotación y lesiones por cizallamiento.

Una contribución importante de este sistema de clasificación es que identificó el grado de implicación de las columnas anterior, media y posterior, y elaboró un modelo para analizar por separado cada una de las tres columnas en una lesión toracolumbar. Denis aclaró que las fracturas-estallido producidas por una combinación de fuerzas, como compresión axial con flexión o rotación, suelen ser inestables, mientras que aquellas fracturas producidas por una fuerza puramente compresiva se podían considerar estables.

El resultado ha sido crear una clasificación muy sólidamente fundada, expresada en forma sencilla y de fácil comprensión. Básicamente, los mecanismos que producen una fractura de columna vertebral son: flexión, extensión, rotación, cizallamiento y compresión axial.

Es excepcional que actúen aisladamente, lo habitual es que sean varios los mecanismos que hayan actuado de forma

simultánea. De allí se explica la complejidad de su anatomía patológica, así como la diversidad de sus posibles complicaciones.

El concepto de las tres columnas de Denis se basa en la estabilidad y funcionalidad de la columna vertebral. Para este autor la estabilidad está sustentada en la existencia de tres pilares que, unidos en una sola unidad funcional, permiten el complejo mecanismo con que funciona el "órgano columna vertebral":

1. **Columna anterior:** Formada por la parte anterior de los cuerpos vertebrales, fuertemente unidos unos a otros por la banda longitudinal de ligamento común vertebral anterior y por la parte anterior del anillo fibroso del disco intervertebral, fuertemente adherido a las caras superior e inferior de las vértebras adyacentes, así como al cuerpo del ligamento vertebral común anterior.
2. **Columna media:** Formada por la parte posterior del cuerpo vertebral, unido y sólidamente fijado al ligamento

vertebral longitudinal común posterior y al anillo fibroso posterior.

3. **Columna posterior:** Formada por el arco óseo posterior: pedículos, láminas, apófisis transversas articulares y espinosas y, además, el complejo ligamentario posterior; ligamento inter-espinoso; ligamento amarillo; ligamentos y cápsulas articulares.

La configuración anatómica y funcional de cada uno de estos tres pilares, puede ser parcial o totalmente destruida, de forma aislada o en conjunto, por acción del traumatismo. Basado en esto, Denis establece dos concepciones que son trascendentales para la comprensión de las fracturas de la columna vertebral. Concibe dos tipos de fracturas vertebrales, de acuerdo al grado de estabilidad en que han quedado después del traumatismo.

1. **Fracturas estables:** Son aquellas en las cuales el daño vertebral se reduce a la lesión de uno solo de los tres pilares señalados; generalmente corresponde al pilar

anterior, en las fracturas por flexión-compresión. La fractura es estable, no hay daño neurológico y su tratamiento es simple. La situación es similar en los casos en que la lesión sólo compromete el arco posterior.

2. Fracturas inestables: Son aquellas en las cuales existen por lo menos dos pilares comprometidos; como ocurre, por ejemplo, en las fracturas por estallido, en donde existe compromiso de la columna anterior y posterior.

Por supuesto, si son tres pilares los comprometidos, el grado de inestabilidad será mucho mayor. En esta situación las fracturas son de pronóstico extremadamente grave y generalmente asociadas a lesiones neurológicas. Por su inestabilidad, obligan a la corrección de la desviación de los ejes de la columna vertebral, a la estabilización de las fracturas y a reparar los daños neurológicos.

Grado de las lesiones

De acuerdo con el grado o magnitud de las lesiones, Denis las clasifica en dos grupos:

- A - Fracturas con lesiones menores.
- B - Fracturas con lesiones mayores.

A- Fracturas menores

Son fracturas estables, en que el segmento fracturado corresponde a apófisis transversas, que son las más frecuentes, a apófisis espinosas o de las facetas articulares, que son las más raras del grupo.

En general son todas ellas poco frecuentes, provocadas por contusiones directas: accidentes deportivos, caídas de espaldas con golpe directo en la región lumbar, o por contractura violenta de la musculatura lumbar.

B- Fracturas mayores

Se producen como consecuencia de traumatismos de gran energía, que llegan a fracturar las estructuras óseas de una o varias columnas vertebrales. Es tal la variedad de lesiones que pueden comprometer la estructura esquelética de la columna, que se han debido clasificar en cuatro grupos distintos. A pesar de ello, debe quedar claro que este intento de ordenación no logra incluir a muchas otras, en las cuales la especial estructura de la fractura no se corresponde a ninguno de los cuatro grupos diseñados.

Denis, basándose en la teoría de las tres columnas ha descrito cuatro tipos de fracturas:

1. Fracturas por flexión-compresión

2. Fracturas estallido

3. Fracturas por flexión-distracción

4. Fracturas - Luxaciones

1. Fracturas por flexión-compresión

Tal vez sean las más frecuentes y las de menor gravedad dentro de las de este grupo. Se producen por un mecanismo de flexión-compresión del pilar anterior de la columna. La vértebra es aplastada en su mitad anterior, adopta una forma en cuña más o menos acentuada. Las columnas media y posterior no se alteran, confiriéndole a la columna la estabilidad propia de este tipo de fractura.

Ocasionalmente, el traumatismo provoca angulaciones extremas, puede haber ruptura ligamentosa o aun alguna fractura

aislada del arco posterior; la estabilidad sigue sin alteración y no se acompaña de compromiso neurológico.

El TAC es muy preciso para determinar el segmento del cuerpo vertebral comprometido:

- Compresión vertebral anterior, con fractura de la cara ventral de la vértebra.
- Aplastamiento de la cara vertebral superior, o craneal.
- Aplastamiento de la cara vertebral inferior, o caudal.
- Aplastamiento de ambas caras vertebrales.
- Aplastamiento de una de las caras vertebrales laterales.

2. Fracturas estallido

Representan un 30% de las fracturas de este grupo. Se producen al soportar una carga ejercida a lo largo del eje vertical de la columna. La fractura es por aplastamiento y generalmente se mantiene el paralelismo y la horizontabilidad de las caras craneal y caudal del cuerpo vertebral.

Se producen por caída libre de pie, en que la contractura muscular vertebral transforma una columna en un tallo rígido.

La fractura compromete simultáneamente el pilar o columna anterior y medio, y es por tanto inestable. Así es como en la fractura con estallido del muro posterior, pueden emigrar violentamente dentro del canal raquídeo fragmentos óseos y discales, produciendo lesiones medulares o radicales. Ello explica que, en fracturas de este tipo, se produzcan lesiones neurológicas en el 50% de los casos.

La radiografía lateral así como la tomografía axial computarizada puede mostrar:

- Fractura del muro posterior.
- Fragmentos óseos dentro del canal raquídeo.
- Distancia inter-pedicular aumentada.
- Fractura de cortical interna de las láminas.
- Ocupación del canal raquídeo por cuerpos extraños.

A nivel de L3, ocupación de hasta un 60% del canal puede no provocar lesión neurológica, pero a nivel T12, un 25% de ocupación ya puede producirla. A pesar de ello no hay relación directa entre la ocupación del canal y la lesión neurológica. Denis en su clasificación ha sub-dividido las fracturas estallido en cinco subtipos (A,B,C,D,E) según la localización y el mecanismo de producción de la fractura. Fractura estallido tipo A: fractura de ambos platillos vertebrales ; Tipo B : fractura del platillo vertebral superior ; Tipo C: fractura del platillo vertebral inferior; Tipo D : fractura estallido vertebral por rotación y Tipo E : fractura estallido con acúñamiento lateral.

3. Fracturas por flexión-distracción

Son poco frecuentes y se producen por un mecanismo de flexión sobre un eje transversal a nivel de la vértebra lumbar. Es el típico caso provocado por el cinturón de seguridad en su sujeción abdominal.

El daño óseo compromete las columnas media y posterior. Generalmente, la columna anterior resiste la flexión de la columna y se constituye en el eje de la bisagra.

La complejidad de los daños osteo-ligamentosos puede ser variable, distinguiéndose varias formas:

- El trazado de fractura compromete de lleno el cuerpo vertebral, con un trazado horizontal generalmente ubicado en la mitad de su espesor también conocida como fractura de Chance.
- Hay compromiso sólo de partes blandas. La disrupción se produce en un plano horizontal con lesión del disco, ligamentos intervertebrales y subluxación de las articulaciones intervertebrales.
- La lesión compromete especialmente la columna media y posterior, con ruptura cápsulo-ligamentosa, disrupción y subluxación de las articulaciones posteriores.

4. Fracturas - Luxaciones

Sin duda, corresponden a las lesiones de mayor gravedad entre todas las fracturas de la columna. Son producidas en accidentes de alta energía, choque de vehículos, aplastamientos, caídas de elevada altura, etc.

Generalmente el traumatismo se ejerce violentamente de atrás adelante o viceversa, teniendo como punto fijo la región toracolumbar. En fracturas de este tipo, se comprometen las tres columnas vertebrales, combinándose mecanismos de compresión, tensión, rotación y cizallamiento. Se consideran desde el primer momento como fracturas inestables y plantean la posibilidad de tener que ser reducidas y estabilizadas.

De acuerdo con el mecanismo que la produjo, se pueden distinguir tres tipos principales:

- Tipo A: por flexión-rotación.
- Tipo B: por cizallamiento.
- Tipo C: por flexión-distracción.

En 1990 se presentó en la reunión de la Sociedad Internacional de Cirugía Ortopédica y Traumatología (SICOT) en Montreal una nueva clasificación de las fracturas toracolumbares, basada en el concepto biomecánico de 2 pilares de la columna vertebral sustentado por Whitesides desde 1977.

Esta clasificación fue publicada por Magerl et al.¹⁰⁶, en 1994, y constituye la base de la actual Clasificación **A.O.** de las fracturas toracolumbares. Esta clasificación es compleja y de difícil aplicación.

Concepto de inestabilidad

White and Panjabi¹⁷³ definen la estabilidad vertebral como la capacidad de mantener las relaciones entre los cuerpos vertebrales de tal manera que no exista ni se provoquen daños a los tejidos nerviosos, ni se desarrolle una deformidad incapacitante ni dolor asociado debido a los cambios estáticos o cambios estructurales progresivos bajo cargas fisiológicas .

Criterios radiológicos de inestabilidad:

1. Cifosis mayor de 30°
2. Pérdida de altura del cuerpo vertebral mayor del 50%

Criterios especiales de inestabilidad:

Se consideran inestables aquellas lesiones que comprometen dos o tres de las columnas de Denis¹²¹. Las fracturas-luxaciones, por definición, son inestables.

El método elegido para lograr la estabilidad vertebral depende del tipo y la severidad de la lesión y de los factores relacionados con el estado general del paciente.⁷² El método idóneo para lograr la estabilidad en este tipo de fracturas sigue sin estar bien establecido. A pesar de los avances logrados en las técnicas de imagen, los conocimientos anatómo-patológicos más amplios en cuanto a las fracturas toracolumbares y de las nuevas técnicas de descompresión, instrumentación, y fusión, siguen existiendo variables no bien controladas para dar lugar a una estabilización correcta en todos los casos.

Un factor determinante del resultado para pacientes que han sufrido lesiones toracolumbares importantes sin déficit neurológico, es el nivel y la gravedad de la lesión ósea y

ligamentosa inicial que determina la inestabilidad. Por otro lado, es fundamental la elección de la técnica quirúrgica para estabilizar la columna fracturada. Esta debe ser eficaz

para restaurar la anatomía, mantener la reducción de la fractura y evitar las secuelas postraumáticas. Las secuelas postraumáticas más complejas son las asociadas a la inestabilidad y a lesiones neurológicas con o sin deformidades óseas. Las secuelas más frecuentes son las siguientes:

- Escoliosis postraumática
- Cifosis postraumática
- Pérdida de la lordosis fisiológica lumbar
- Inestabilidad vertebral
- Dolor postraumático
- Estenosis vertebral con alteración neurológica

1. Escoliosis postraumática

La aparición de escoliosis sintomática después de un traumatismo toracolumbar es rara pero puede ocurrir tras una fractura de compresión lateral, fractura estallido, y fracturas-luxaciones. Si existe compresión neurológica con sintomatología, estaría indicada una descompresión adecuada. Estas deformidades raramente evolucionan. Hoy en día se recomiendan los abordajes posteriores estándar, al igual que los que se usan para otros tipos de escoliosis para deformidades que aumentan y evolucionan con dolor incapacitante.²⁰

2. Deformidad por pérdida sintomática de lordosis

La pérdida sintomática de lordosis lumbar se caracteriza por una flexión fija hacia delante o anterior del tronco y la incapacidad de incorporarse sin flexionar las rodillas. Esta complicación produce dolor y fatiga según avanza el día. Los pacientes jóvenes pueden compensar esta falta, pero los síntomas debilitan al paciente según envejece. La deformidad se produce con más frecuencia con la instrumentación posterior de barras de distracción de Harrington en la columna lumbar. Los pacientes suelen mejorar con una osteotomía y fusión aunque este procedimiento provoca un índice alto de complicaciones¹⁰⁰. Se minimiza mejor la deformidad al inicio del tratamiento al evitar distracción posterior en la columna lumbar.⁹⁴

3. Cifosis Postraumática

La secuela tardía más común de traumas importantes toracolumbares es la cifosis¹⁴⁵. La envergadura de la deformidad depende de muchos factores tales como la edad, la

densidad ósea, y la función neuro-muscular. Sin embargo, el grado de deformidad depende más del nivel y la gravedad de la lesión inicial, y el método de tratamiento.

Las diferencias en las zonas anatómicas de la columna son responsables de las variaciones en la estabilidad estructural después de una lesión ósea o ligamentosa. La columna torácica superior (T1-T10) es cifótica (15 a 50 grados) y relativamente rígida. Las características anatómicas conceden a esta zona una estabilidad propia después de un traumatismo. La columna lumbar es lordótica (30 a 60 grados). La columna lumbar baja (L3-L5) se vuelve cada vez más estable y resistente al trauma debido a su anatomía única. La columna toracolumbar (T11-L2), que es la zona más vulnerable de la columna dorsal, sufre el 60% de las lesiones importantes. Como una zona de transición entre la columna torácica cifótica y la columna lumbar lordótica representa un fulcro entre dos brazos de palanca relativamente rígidos.

En las unidades móviles de la columna toracolumbar, los ejes de rotación del plano sagital se encuentran en la parte posterior de los cuerpos vertebrales. El centro de gravedad del cuerpo se halla en situación anterior a la columna toracolumbar. Por eso en posición vertical existe una fuerza compresiva por la cara anterior de los cuerpos vertebrales y discos, y una fuerza de tensión en los ligamentos y elementos posteriores. Si la columna anterior falla en compresión o si la columna posterior falla en fuerza de tensión se desarrollará una cifosis. En las lesiones graves, donde fallan las dos columnas, la envergadura de la deformidad suele aumentar. Si se deja la lesión sin tratamiento, la deformidad inicial progresará, porque mientras la deformidad cifótica se hace cada vez más severa, el centro de gravedad del cuerpo es desplazado hacia el anterior, aumentando las fuerzas de deformación en el sitio la lesión.¹⁴⁵

Los pacientes con una cifosis severa presentan dolor, progresión de la deformidad, disfunción neurológica, movilidad anormal, problemas de equilibrio, se fatigan con facilidad, tienen

una preocupación estética, y problemas de piel en el lugar de la giba. Aunque en los estudios publicados se habla de 30 a 40 grados de cifosis,^{18,138} el límite tolerado varía según el patrón de la fractura, el nivel de la lesión, y el estilo de vida del paciente. Fracturas con una retropulsión ósea considerable hacia el canal son mucho menos tolerantes con la cifosis. Por ejemplo, 4 ó 5 mm de retropulsión, coincidentes con 10 a 15 grados de cifosis pueden producir compresión neurológica. Malcolm et al.¹⁰⁷ y Edwards y Rhyne⁴⁹ han descrito una peor tolerancia de la cifosis en la columna lumbar porque existe un potencial limitado para la compensación sagital. También han observado que el umbral puede oscilar entre 30 y 35 grados en la columna torácica media, comparado con los 15 grados en la columna lumbar media. Por último, la tolerancia a la cifosis también varía en función del estilo de vida de cada paciente. Un obrero que tiene que permanecer de pie casi todo el día puede sentir fatiga en los extensores y sobrecarga en las articulaciones facetarias antes que un trabajador sedentario con deformidades similares.⁴⁹

El tratamiento conservador de las fracturas toraco-lumbares puede provocar deformidad vertebral^{58,179}. La incidencia de esta secuela está entre un 3 y un 11% .¹¹⁸ La deformidad suele progresar levemente (de media 6° a 7°) durante los primeros meses. Sin embargo, a los seis o 12 meses, la deformidad se estabiliza y la progresión es mínima.^{179,99,141} En los estudios sobre seguimiento a largo plazo de pacientes tratados con reposo en cama seguido por inmovilización con escayola o corsé no se ha mostrado una correlación entre el grado de cifosis y el dolor o incapacidad funcional.^{1,179} Al contrario, otros investigadores han mostrado que, en la mayoría de los casos tratados con cirugía, es posible una reducción notable de la deformidad y el mantenimiento de la alineación utilizando métodos modernos de instrumentación y fusión.^{22,24,46,52,61,54,81,155,83}

Malcolm et al.¹⁰⁷ observaron que de los pacientes intervenidos de cifosis postraumática sintomática, el 85% fueron inicialmente tratados con tratamiento médico conservador. A

pesar de las correcciones mínimas de la deformidad, los pacientes tenían buenos resultados clínicos si se lograba una fusión sólida. Esto apoya la tesis de Nicholl,¹²⁶ Weinstein,¹²² y otros investigadores que mantiene que los pacientes toleran bien la cifosis leve si las fracturas se fusionan.

Las indicaciones para una intervención quirúrgica en pacientes con cifosis postraumática incluyen; (1) la aparición de un nuevo déficit neurológico, o la evolución de un déficit ya existente; (2) aliviar el dolor relacionado directamente con la deformidad; y (3) una evolución notable de la deformidad. Los objetivos de la intervención quirúrgica son restaurar las relaciones fisiológicas y anatómicas alrededor del canal raquídeo, corregir y/o reconstruir las columnas anterior y posterior, lograr estabilidad inmediata, y a largo plazo, y evitar dañar los segmentos adyacentes sanos.

Existen distintas vías de abordaje quirúrgico para la corrección de la cifosis sintomática. El abordaje posterior se puede utilizar con éxito para restaurar la anatomía mediante

osteotomías correctoras. Se ha logrado un alivio notable del dolor en el 65% al 85% de los pacientes en varias series. Se ha observado una mejoría neurológica en el 30% de los casos, y se han comunicado índices de fusión de hasta el 97%.^{175,145,95,107,19}

otra alternativa es la osteotomía transpedicular .

4. Inestabilidad postraumática

Con frecuencia es difícil diagnosticar la inestabilidad post-traumática, Se puede hacer el diagnóstico con una interpretación correcta de las radiografías estándar antero-posterior y laterales en flexión y extensión, así como la exploración clínica. Se suele localizar el dolor en el lugar de la lesión y se puede aliviar con corsé.⁹⁰ El abordaje posterior se puede utilizar con éxito para restaurar estabilidad vertebral.

5. Dolor postraumático

La mayoría de los pacientes que han sufrido una fractura toracolumbar sin tratamiento adecuado, sufren dolor (70% a 90%), con independencia del tratamiento al que hayan sido sometidos. La mayoría sufren dolor leve o intermitente que no les limita en su actividad diaria. Sin embargo entre el 23% y el 40% de los pacientes sufren limitaciones de alguna forma, y entre el 8% y el 20% tiene discapacidad debido al dolor.^{41,179,1,83}

Es difícil valorar el dolor postraumático debido a la falta de medidas objetivas, diferencias en el umbral del dolor y la presencia de factores psicosociales. En términos generales, el origen del dolor puede ser mecánico o neurológico. Ya se ha hablado de la deformidad y de la inestabilidad postraumática que son dos causas de dolor incapacitante crónico. Los cambios degenerativos postraumáticos relacionados con el traumatismo inicial y los cambios mecánicos vistos por radiografías pueden

también contribuir al dolor tardío. La compresión de la médula y las raíces nerviosas y/o lesión a estas estructuras en el momento del trauma inicial pueden también producir dolor radicular y lumbar.

6. Estenosis postraumática

La alteración neurológica tardía puede ser producida por compresión de canal central o lateral comprimiendo las raíces nerviosas. Se ha observado en el 7 a 17% de pacientes tratados con tratamiento médico convencional. Los factores que predisponen a una estenosis incluyen deformidades progresivas, reabsorción incompleta de fragmentos óseos, e hipertrofia de las articulaciones facetarias. La descompresión y fusión ósea alivia considerablemente el dolor y permite una recuperación neurológica parcial en la mayoría de las series.^{41,145,95,}

Últimamente se ha estudiado la evolución del fragmento retropulsado hacia el canal tras una fractura estallido toracolumbar.^{107,19} Se ha observado una remodelación considerable del canal después del tratamiento quirúrgico visible en el TAC y la radiografía simple. Mumford et al.¹²² demostraron la disminución del compromiso de canal con una media de 37% a 17% utilizando técnicas digitales. A diferencia de estudios previos, este autor comunicó una significativa remodelación en casi todos los casos, incluyendo aquellos con un compromiso de canal de más del 50%.

En la mayoría de los casos, se pueden tratar sin cirugía las lesiones en la zona toracolumbar que producen una fractura de los elementos óseos sin déficit neurológico.^{13,11,12,15,} El tratamiento quirúrgico o médico de estas lesiones debe tener como objetivo el regreso del paciente a sus actividades normales con la columna vertebral estabilizada en el menor tiempo de baja médica, y con una mínima morbilidad.^{41,60,74,80,104,165,172}

Las ventajas de la reducción quirúrgica en los pacientes con déficit neurológico, incluyen la descompresión directa del tejido nervioso, la realineación de la columna, y la estabilización inmediata.¹¹⁷ Las ventajas de la intervención quirúrgica en

pacientes sin déficit neurológico, son claras. En la mayoría de los casos, la morbilidad quirúrgica, es un riesgo asumible.

Muchos autores han documentado un tratamiento médico conservador de las fracturas de columna con o sin déficit neurológico. Los resultados a largo plazo, por lo general, muestran complicaciones y comunican secuelas a largo plazo como déficit neurológico, y cifosis progresiva.

Varios autores han estudiado la capacidad que tiene un corsé externo de inmovilizar la zona lumbar y toracolumbar. Las primeras investigaciones fueron llevadas a cabo por Norton y Brown,¹²⁷ seguidas por estudios de Lantz y Schultz.^{102,101} Los

corsés lumbo-sacros utilizados no tienen un excesivo control sobre los movimientos de la zona lumbo-sacra, pero si limitan, hasta cierto punto, los movimientos amplios de la parte proximal del cuerpo. Patwardham et al.¹³⁴ evaluaron la

eficacia del corsé en hiper-extensión de Jewett utilizando un modelo experimental. En su trabajo sugieren que este tipo de corsé es capaz de restaurar la resistencia normal a la deformidad con una pérdida de rigidez en el segmento implicado hasta del 50%. Su estudio, sin embargo, se limita a las cargas en el plano sagital y existen dudas sobre su aplicación en una situación clínica. También se estudió la capacidad que tienen los corsés para descargar la columna. En general, no se mostró una reducción considerable de carga con ningún corsé, incluyendo los rígidos.

Esta pautas terapéuticas conservadoras con los corsés son útiles en pequeñas fracturas, y no en las fracturas estallido.

Con la aplicación de nuestra técnica quirúrgica no se ha observado ningún caso con deformidad vertebral o pérdida de corrección sintomática. Tampoco se ha detectado ninguna de las secuelas publicadas en la literatura, como veremos a continuación.

Objetivos

El tratamiento de los pacientes con fracturas estallido toracolumbares con lesión de las tres columnas de Denis es quirúrgico³⁸, sin embargo, no hay acuerdo acerca del tipo de técnica a utilizar. Este punto de controversia es el tema de muchos debates en la literatura médica.

Con esta nueva técnica quirúrgica no tratamos las fracturas simples como, las fracturas de apófisis transversa, apófisis espinosa o las fracturas con acúñamiento vertebral mínimo. Estas últimas suelen ser tratadas con tratamiento médico sin ningún tipo de cirugía y la mayoría de los autores coinciden en que el pronóstico a largo plazo es bueno.

Los objetivos de esta tesis son los siguientes:

1- Presentar y valorar una nueva técnica quirúrgica para el tratamiento de fracturas estallido toracolumbares y lumbares altas, sin alteración neurológica, con un montaje corto de

instrumentación vertebral, colocando un tornillo pedicular en la vértebra fracturada.

2- La reducción de la fractura del cuerpo vertebral y mantener esta reducción.

3- Conseguir una adecuada reducción del canal raquídeo de fragmentos óseos, ofreciendo así el máximo espacio para los tejidos neurológicos.

4- Analizar la viabilidad de esta técnica, las relaciones del tornillo pedicular con los fragmentos óseos de la vértebra fracturada, las dificultades técnicas, y las posibles complicaciones relacionadas con esta nueva técnica quirúrgica.

5- El tratamiento quirúrgico de estas lesiones con esta nueva técnica tiene como objetivo, el regreso del paciente a sus actividades normales con la columna vertebral estabilizada en el menor tiempo de baja médica, y con la una mínima morbilidad.

6- Analizar los resultados clínicos y radiológicos del tratamiento quirúrgico de las fracturas toracolumbares y lumbares altas complejas con una nueva técnica quirúrgica.

Material y Método

Se realiza estudio prospectivo en la Unidad del Raquis del Hospital Universitario Dr. Negrín de Gran Canarias entre 1.998-2.003.

Se establecen unos límites en el tiempo de recogida de datos para analizar la efectividad de esta nueva técnica quirúrgica, también se realiza análisis clínico al inicio y al final del periodo de observaciones definido en la hoja de recogida de datos. Se practican controles preoperatorios, postoperatorios, tres meses, seis meses y a los dos años de evolución

Se establece protocolo iconográfico con radiología simple antero-posterior y Tomografía Axial Computerizada (TAC), en el mismo periodo de tiempo. Se valora la situación clínica y se establece como fecha final a los dos años de la intervención quirúrgica.

Se han intervenido 34 pacientes con una nueva técnica quirúrgica, 24 hombres y 10 mujeres con una edad media de 34 años (20-63) años, y con seguimiento medio de 54 meses (rango 36 - 72). El seguimiento postoperatorio mínimo ha sido de tres años. Tras la intervención se establece periodos de inmovilización con corsé BOB rígido durante tres meses.

Etiología

La etiología de la lesión más frecuente ha sido por accidente de tráfico en 24 casos, siete casos como consecuencia de una caída de altura y tres casos por accidente laboral.

Niveles y tipos de fractura

El nivel afecto más frecuente de fractura ha sido en 15 casos L1, en siete L2, ocho L3, y en cuatro D12. En 26 casos la fractura afectaba el platillo superior de la vértebra tipo B de Denis. En cinco casos el tipo de fractura estallido ha sido el D de Denis y 3 casos el E.

Indicaciones quirúrgicas

Las fracturas estallido vertebrales incluidas en este trabajo cumplen el siguiente protocolo preestablecido :

- 1- Fractura estallido en la región tóraco-lumbar, cerrada
- 2- Fractura sin alteración neurológica
- 3- Fractura estallido tóraco-lumbar con afectación de las tres columnas de Denis (Fig.8)

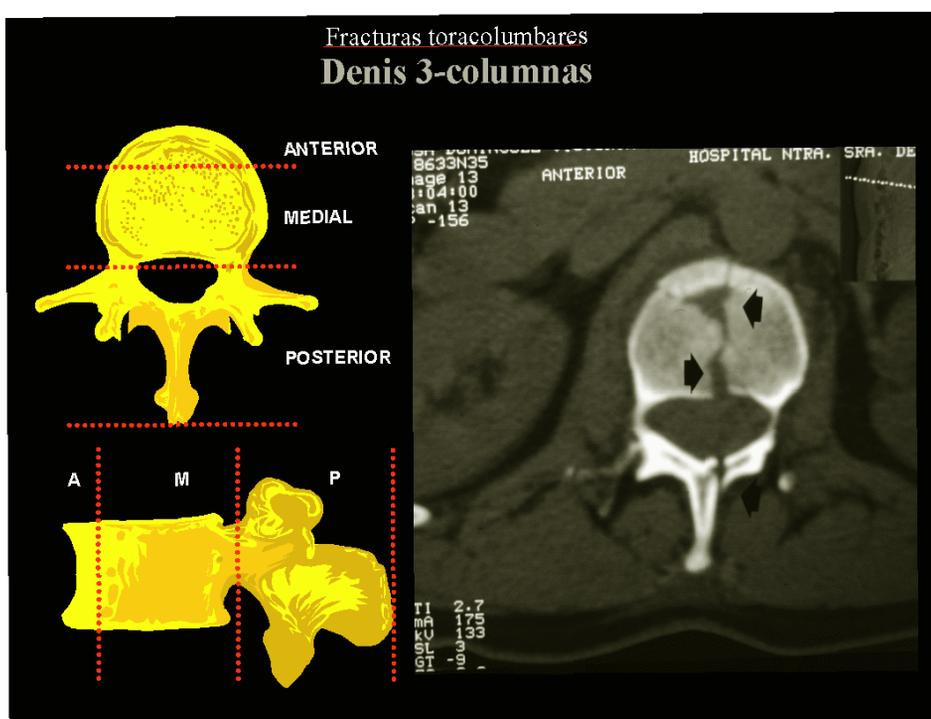


Fig.8. Fractura estallido tóraco-lumbar con afectación de las tres columnas de Denis

4- Pérdida de la altura del cuerpo vertebral del 50% o más.

(Fig.9)

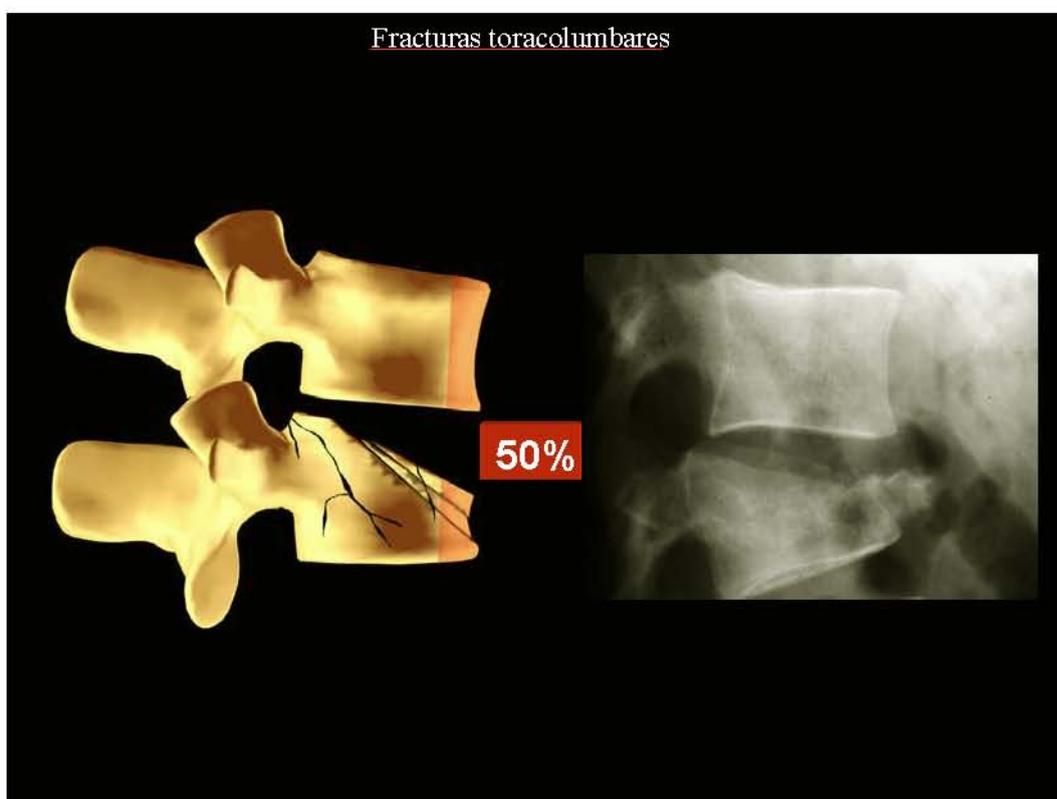


Fig.9. Pérdida de la altura del cuerpo vertebral del 50% o más.

5- Una ocupación del canal raquídeo de más 50%. (Fig.10)

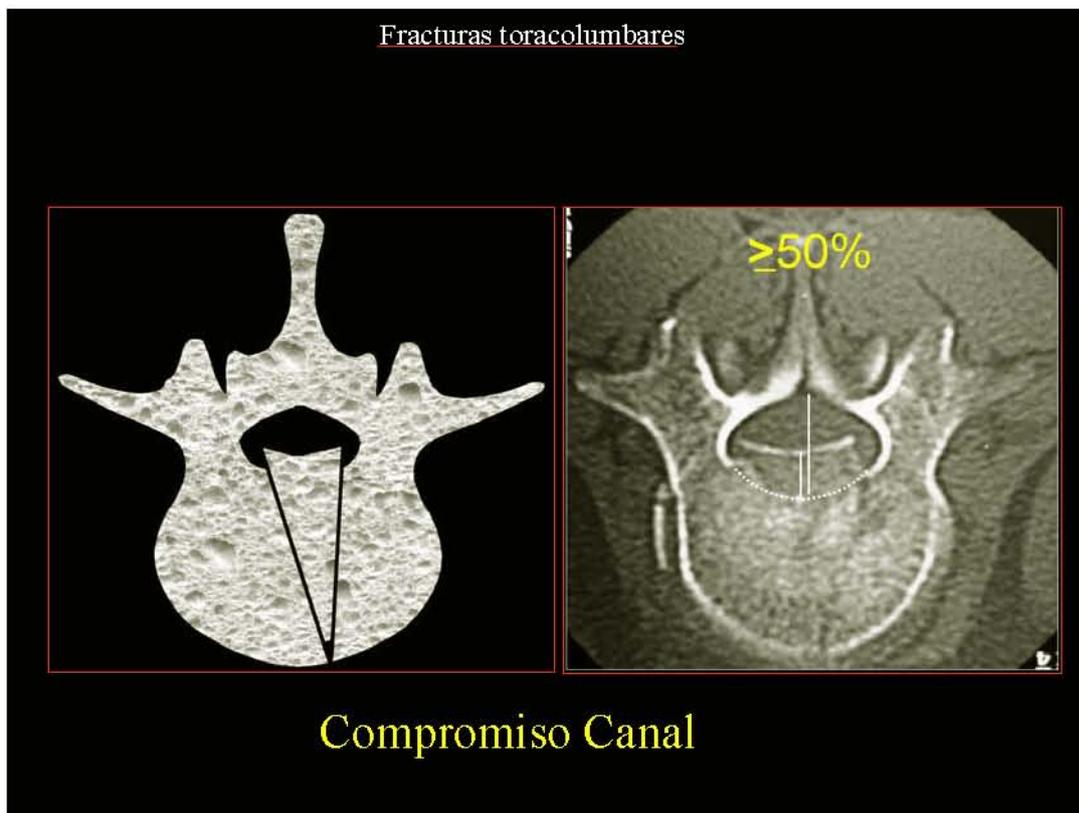


Fig.10. ocupación del canal raquídeo de más 50%.

Como criterios de exclusión se han considerado:

Primero: fracturas patológicas

Segundo: Existencia de patología sistémica o músculo-esquelética importante

Técnicas de valoración clínica

Para la valoración clínica se ha utilizado el set de cinco preguntas para fracturas vertebrales que son:

1.- DOLOR :

Se ha valorado el dolor en el preoperatorio, en el postoperatorio, a los tres meses, a los seis meses y a los dos años de evolución ,utilizando la Escala Visual Analógica (VAS). indicando el dolor de de 0 a 10 , siendo el 10 el máxima dolor posible en zona de fractura.

2.- FUNCIÓN

La evaluación de la función Se ha valorado a los tres meses, a los seis meses y a los dos años de evolución preguntándole al paciente si el dolor le dificulta su actividad normal, utilizando una escala de uno a cinco :

<i>Nada</i>	1
<i>Un poco</i>	2
<i>Regular</i>	3
<i>Bastante</i>	4
<i>Mucho</i>	5

3. DISCAPACIDAD LABORAL

La evaluación de la discapacidad laboral: se ha valorado a los tres meses, a los seis meses y a los dos años de evolución, preguntándole al paciente si el dolor le dificulta su trabajo habitual, utilizando una escala de uno a cinco :

<i>Nada</i>	1
<i>Un poco</i>	2
<i>Regular</i>	3
<i>Bastante</i>	4
<i>Mucho</i>	5

4.- BIENESTAR

La evaluación del bienestar se ha valorado a los tres meses, a los seis meses ya los dos años de evolución preguntándole al paciente “como se sentiría vd. si tuviera que pasar el resto de su vida con las molestias que tiene en este momento”, utilizando una escala de uno a cinco :

<i>Muy contento</i>	1
Bastante contento	2
Ni contento ni disgustado	3
Algo disgustado	4
Muy disgustado	5

5.- SATISFACCIÓN CON EL RESULTADO DEL TRATAMIENTO

El grado de satisfacción con el resultado del tratamiento de su fractura vertebral. Se ha valorado a los tres meses, a los seis meses ya los dos años de evolución con la pregunta de “podría vd. indicar su grado de satisfacción con el resultado del tratamiento de su fractura vertebral,” utilizando una escala de uno a cinco:

Muy satisfecho	1
Algo satisfecho	2
Ni satisfecho, ni insatisfecho	3
Algo insatisfecho	4
Muy insatisfecho	5

Técnicas de valoración complementarias

Las Técnicas de valoración complementarias utilizadas son las siguientes:

- A- *Radiología simple*
- B- *Tomografía axial computarizada (TAC)*

A todos los pacientes se les ha realizado radiografías antero-posterior y lateral y TAC tóraco-lumbar de la columna afecta antes de la cirugía, durante el periodo postoperatorio inmediato y a los seis meses y a los dos años del post-operatorios.

A- Valoración radiológica simple de las fracturas

Otros datos radiológicos analizados en este estudio son los siguientes:

1º: El tipo de fractura según la clasificación de Denis

2º: La altura del cuerpo vertebral, durante el periodo preoperatorio, postoperatorio inmediato, a los seis meses y a los dos años del post-operatorios.

3º: Los cambios de la cifosis regional, es decir entre la vértebra afectada y el platillo superior de la vértebra inmediatamente proximal durante el periodo preoperatorio, postoperatorio inmediato, a los seis meses y a los dos años del post-operatorios.

Ap y lat.	Pre. Op.	Post. Op.	6 meses	2 años
Tipo de fractura estallido según DENIS				
Cifosis regional (°)				
Perdida de altura somática (%)				

Durante la evolución se realizan radiografías simples antero-posterior, lateral y oblicuas para analizar la fusión ósea así como la integridad de los implantes vertebrales.

B- TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA (TAC)

El porcentaje de la ocupación del canal medular pre-operatoria; antes de la cirugía, durante el periodo postoperatorio inmediato y a los seis meses y a los dos años del post-operatorios, en los cortes axiales del estudio del TAC a nivel de la vértebra afectada,.

	Pre. Op.	Post. Op.	6 meses	2 años
Ocupación del canal área, diámetro antero-posterior				

Todos estos pacientes tenían carácter preferente para la cirugía, y todos han sido intervenidos dentro de las 72 horas de su ingreso hospitalario.

Técnica quirúrgica

El procedimiento quirúrgico se ha realizado bajo anestesia general con el paciente en decúbito prono, se localiza la vértebra afecta con fluoroscopia antes del comienzo del acto quirúrgico colocándose en la apófisis espinosa una aguja de Kirschner (Fig.11).



Fig.11 Localización la vértebra afecta con fluoroscopia antes del comienzo del acto quirúrgico colocándose en la apófisis espinosa una aguja de kirschner

Una vez localizada la vértebra fracturada, se practica una incisión central media que permite exponer el arco posterior de la vértebra afectada, de la vértebra proximal y de la vértebra distal a la fracturada (Fig.12).

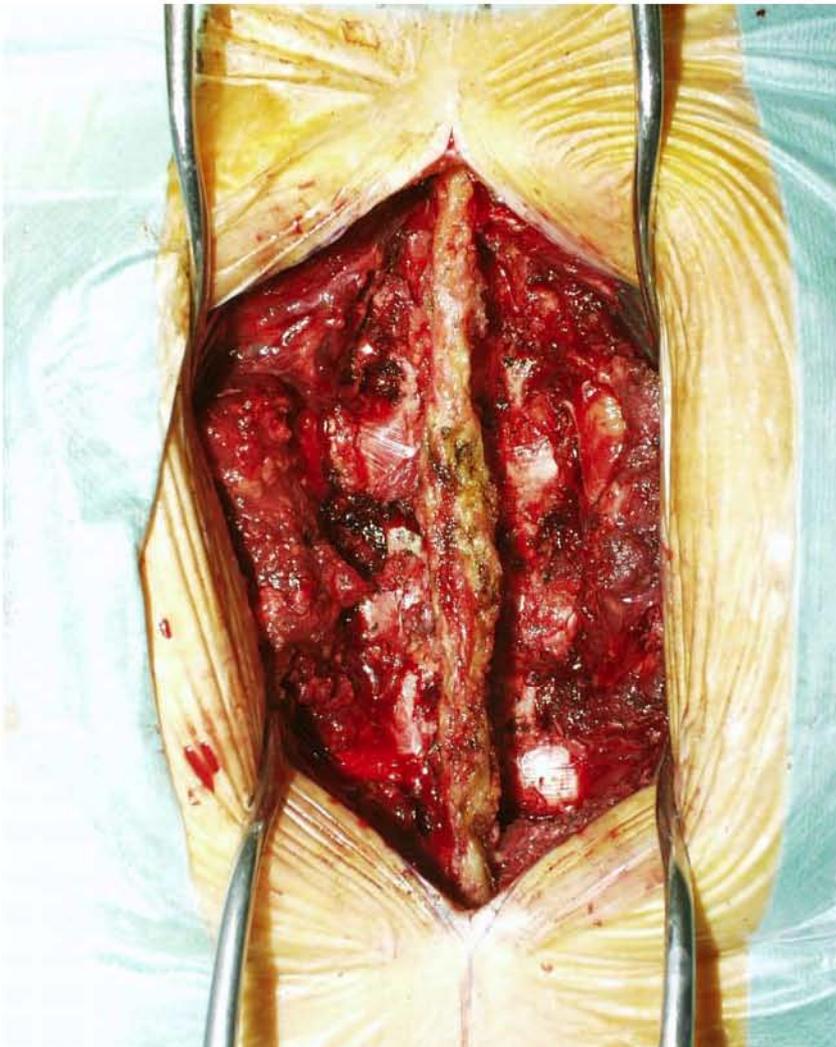


Fig.12. Abordaje posterior para exponer el arco posterior de la vértebra afectada; de la vértebra proximal y de la vértebra distal a la fracturada

La exposición del arco posterior ha incluido los extremos de las apófisis transversas (Fig.13).

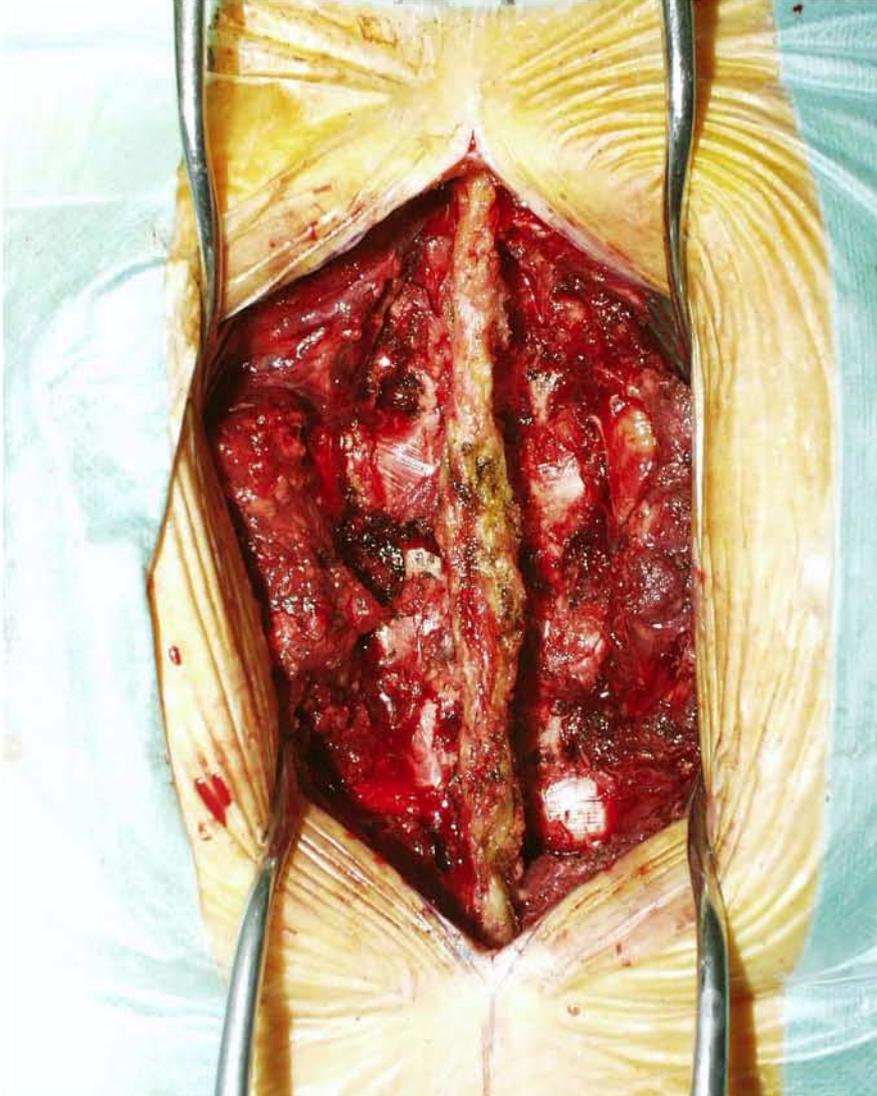


Fig.13.

La exposición del arco vertebral posterior

Se identifican las entradas de los pedículos según técnica habitual, y se preparan los implantes para introducir los tornillos pediculares de titanio de diámetro 6,5 milímetros en la vértebra proximal, en la vértebra fracturada y en la vértebra distal a la fracturada. Tras la colocación de los tornillos de un solo lado (Fig14).

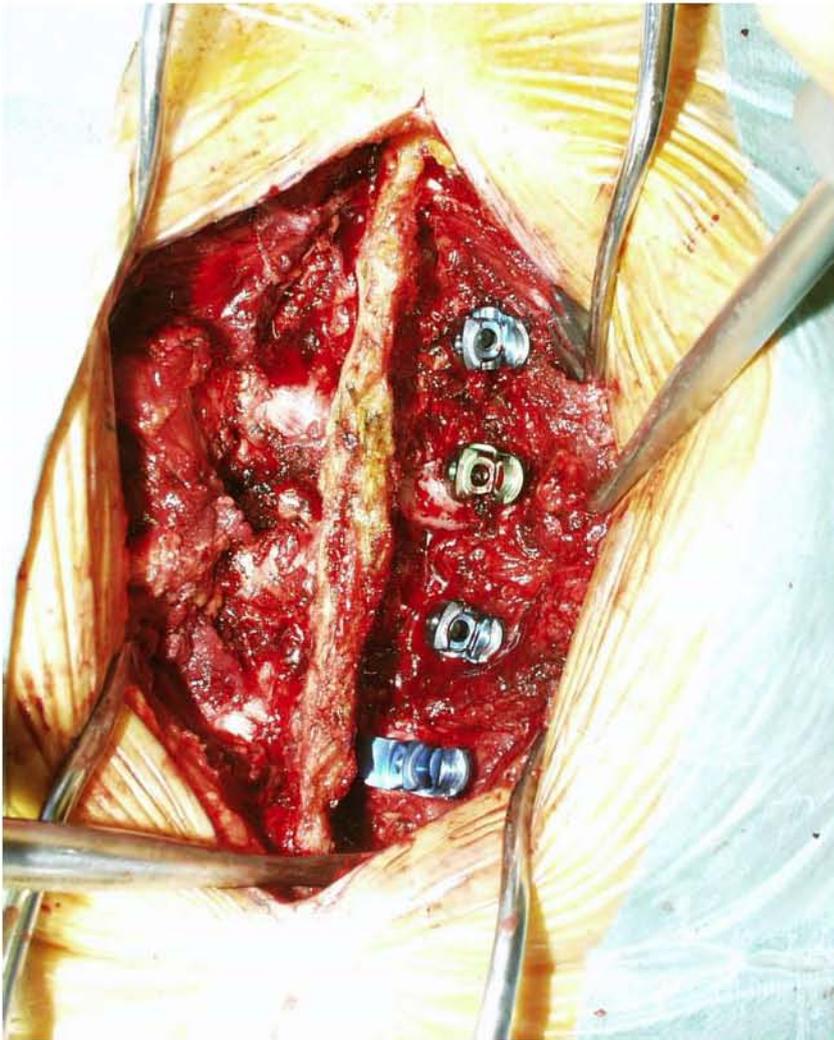


Fig.14. Colocación de los tornillos de un solo lado

Tras la colocación de los tornillos, se verifica su buena posición mediante control fluoroscópico para, a continuación, colocar los tres tornillos del lado opuesto (Fig. 15.).

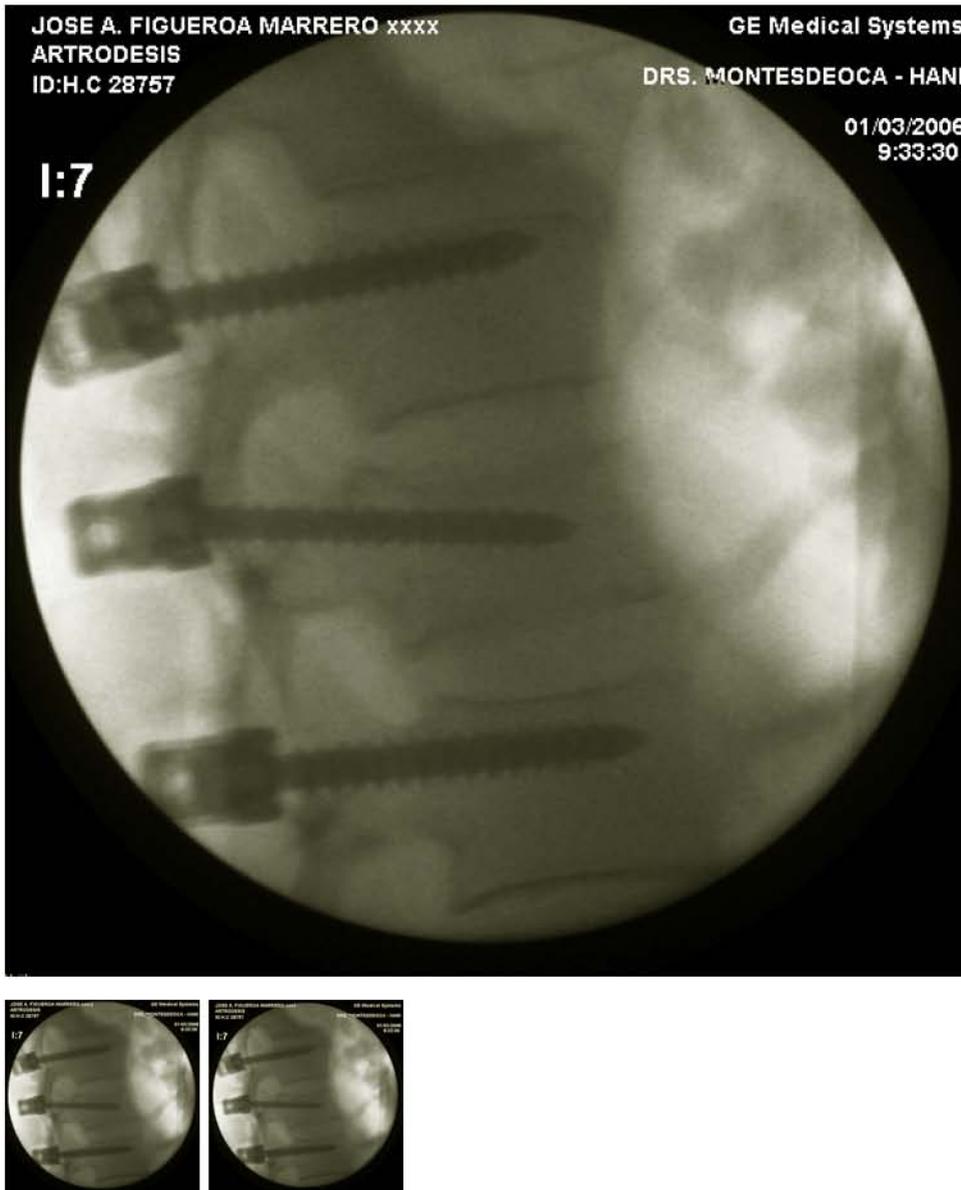


Fig.15. Verificación la buena colocación de los tornillos mediante control fluoroscópico para a continuación colocar los tres tornillos del lado opuesto.

Al finalizar la colocación de los tornillos de ambos lados se practica un nuevo control fluoroscópico (Fig.16).

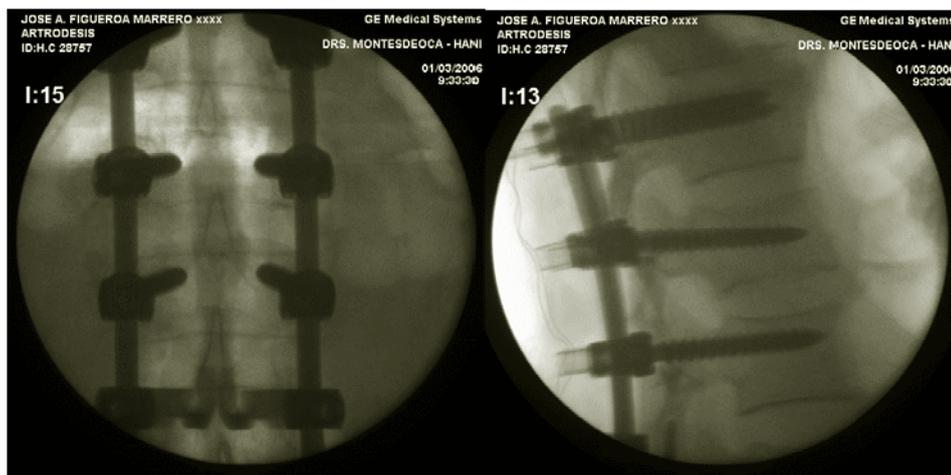


Fig.16. Control fluoroscópico antero-posterior y lateral de los tornillos de ambos lados al final de la cirugía

Después de implantar los tornillos se colocan ganchos especiales infralaminares en la vértebra distal a la vértebra fracturada (Fig.17).



Fig.17. Ganchos especiales infralaminares en la vértebra distal, a la vértebra fracturada

Estos ganchos son especiales porque deben tener el cuerpo del gancho más lateral de la uña para que, de esta forma, coincida con la barra que sale de los tornillos (Fig.18 A- B).

A.



B.



Fig.18. A-Ganchos normales: se observa desalineación del montaje. B- Ganchos especiales: tienen el cuerpo del gancho más lateral de la uña para coincidir con la barra.

Finalmente se colocan las barras en lordosis con mínima distracción final para ajustar la unión de la barra con los tornillos.

Instrumentación

El tipo de instrumentación en toda la serie es del sistema Cotrel-Doubusset C-D de titanio para facilitar la resonancia magnética y la tomografía axial computerizada en el seguimiento post-operatorio. La barra utilizada es de 6,5 milímetros de diámetro con un extremo hexagonal liso, los tornillos tienen la forma de copa para alojar la barra con un cierre desde arriba.

Los ganchos son infralaminares desplazados a la izquierda y a la derecha. El dispositivo de tracción transversal (D.T.T.) También es de titanio (Fig.19); y (Fig.20).

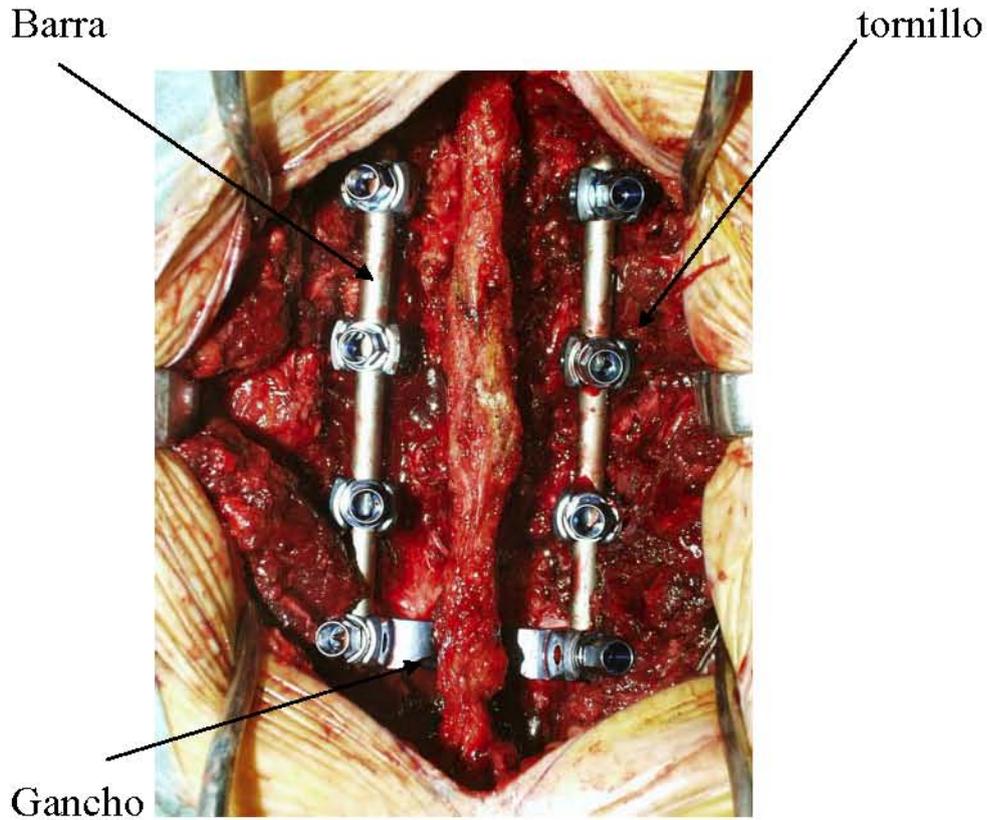


Fig.19.

Instrumentación con las barras de titanio de 6,5 milímetros de diámetro, los tornillos con apertura de copa par recibir las barras, Los ganchos son infralaminares desplazados a la izquierda y a la derecha.

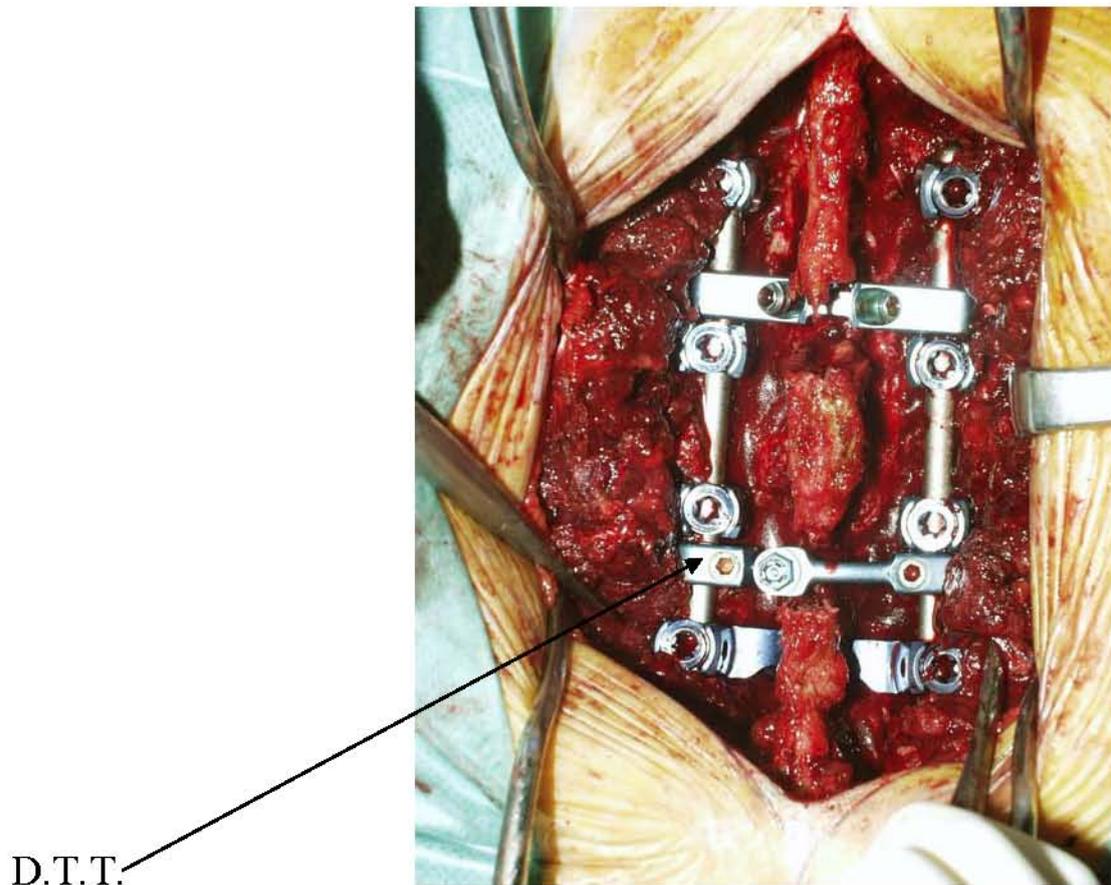


Fig.20. Instrumentación: Dispositivos de tracción transversal
D.T.T.

Tras la colocación del montaje, se realiza una buena decorticación ósea. No se practica laminectomía preventiva en ningún caso, pero si se hace una fascectomía extirpando el cartílago articular para favorecer así la artrodesis de los niveles instrumentados. Se

decortica el lecho óseo de los arcos posteriores de la vértebra fracturada, de la proximal y de la distal y se prepara para recibir fosfato tricálcico mezclado con sangre de médula ósea (extraído de los agujeros de los pedículos antes de la introducción de los tornillos) para favorecer con estos factores de crecimiento óseo la artrodesis deseada. (Fig.21A,B,C,D,E,F,G,H,I).



Fig.21.A

Rx. antero-posterior y lateral de la columna toraco-lumbar de una paciente 36 años de edad, observándose una fractura estallido de la L2.

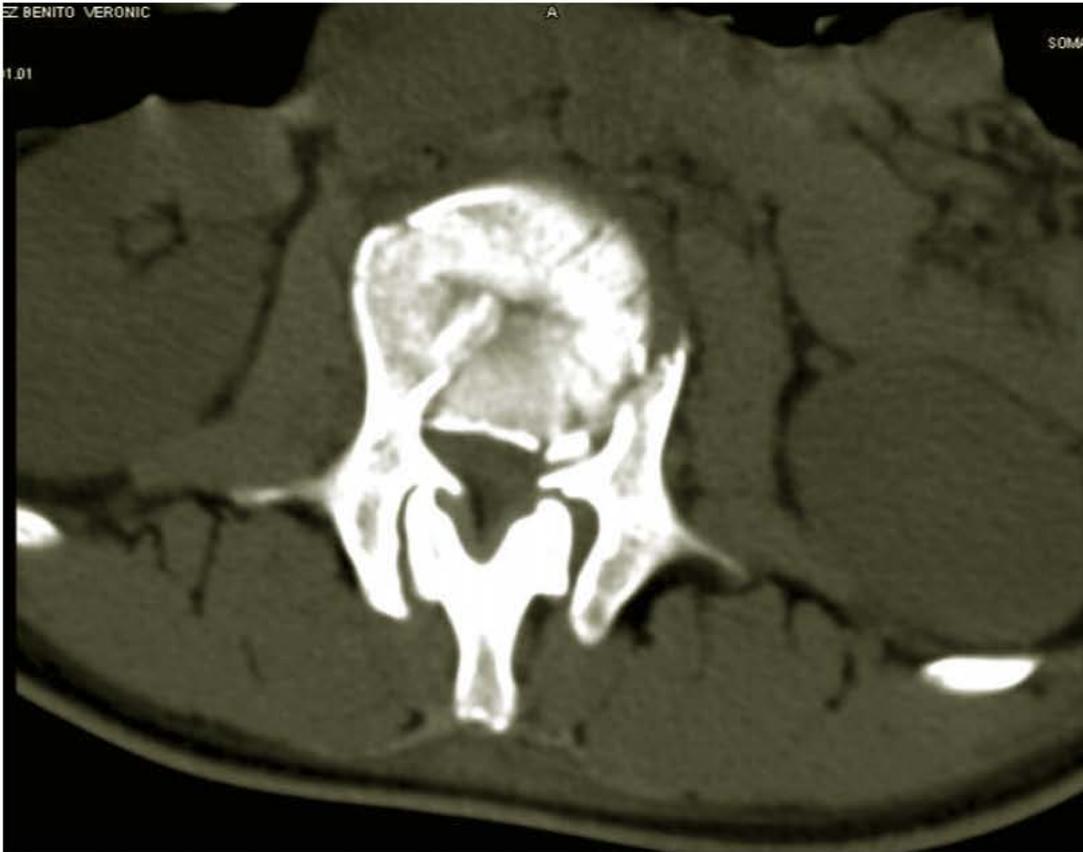


Fig.21B.

TAC Pre.-0p. de la paciente con afectación de las tres columnas de Denis.



Fig.21C.

Abordaje posterior colocando tornillos pediculares de titanio del diámetro 6,5, en la vértebra proximal (L1), en la vértebra fracturada(L2), y en la vértebra distal a la fracturada(L3), y el gancho infra-laminar.

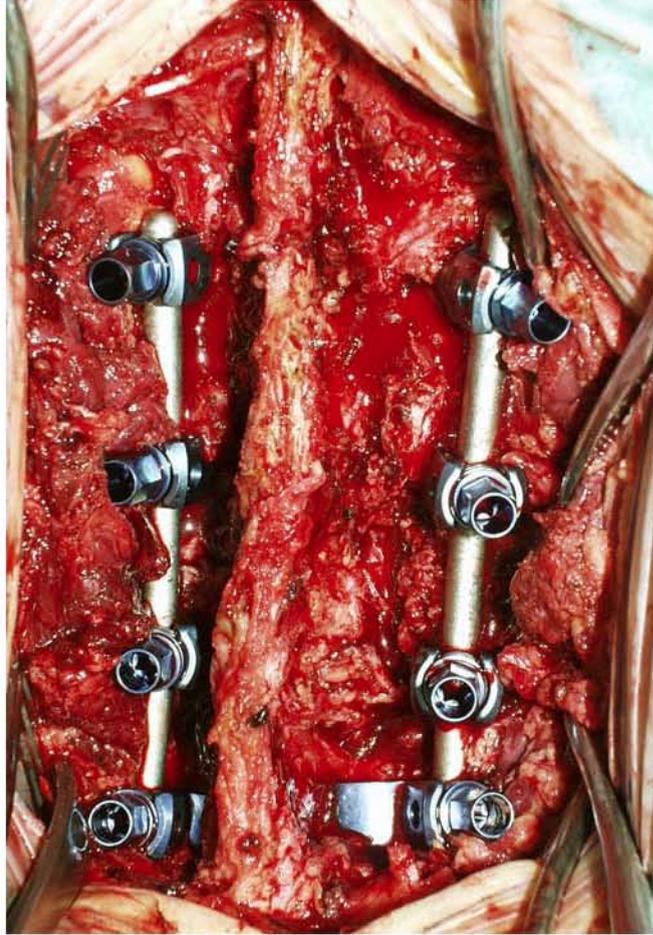


Fig.21D.

Colocación de las dos barras

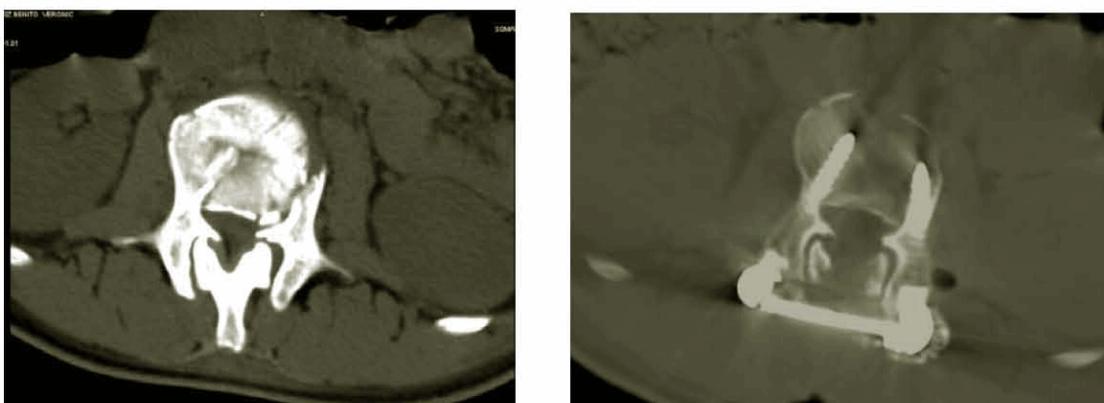


Fig.21 E.

Cortes axiales PRE-OP. y POST.-OP del
TAC Observándose correcta colocación de los tornillos

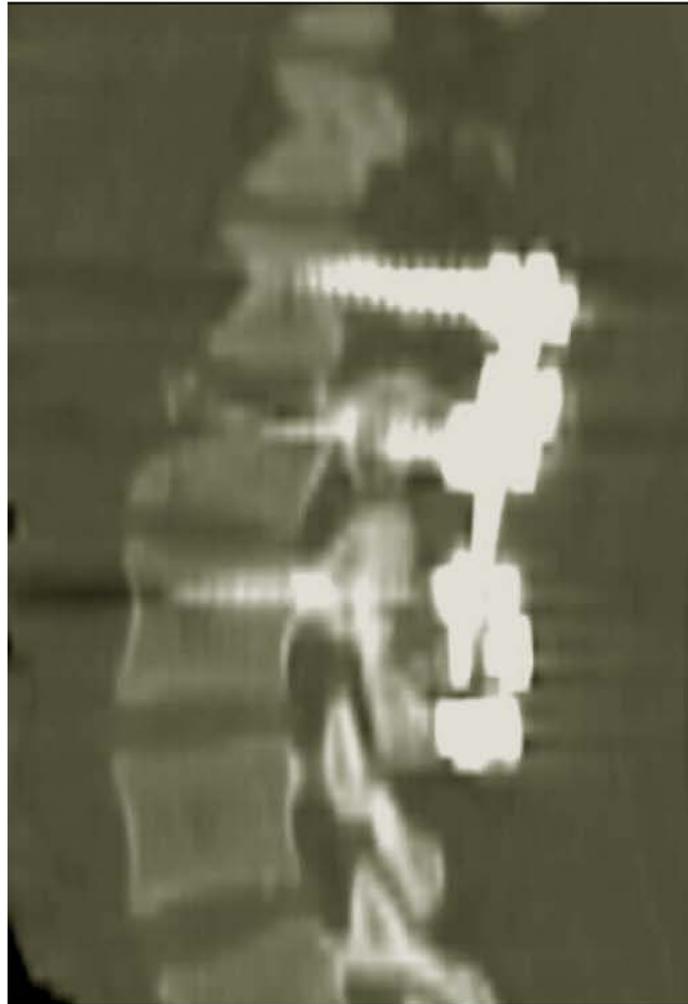


Fig.21F.

T.A.C Cortes sagitales post-operatorios con buena recuperación
del plano sagital

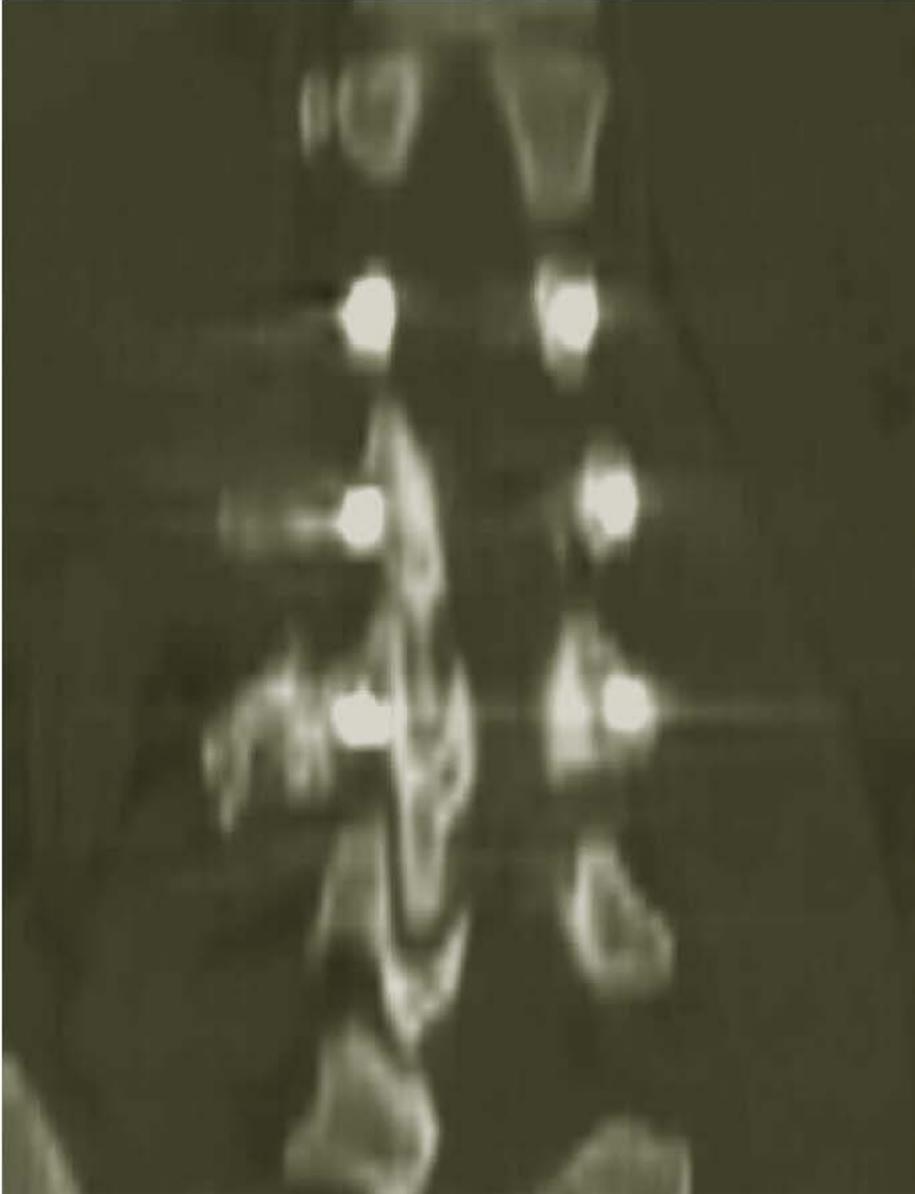


Fig.21G.

T.A.C Coronales post-operatorias de la paciente observándose una correcta entrada de los tornillos pediculares

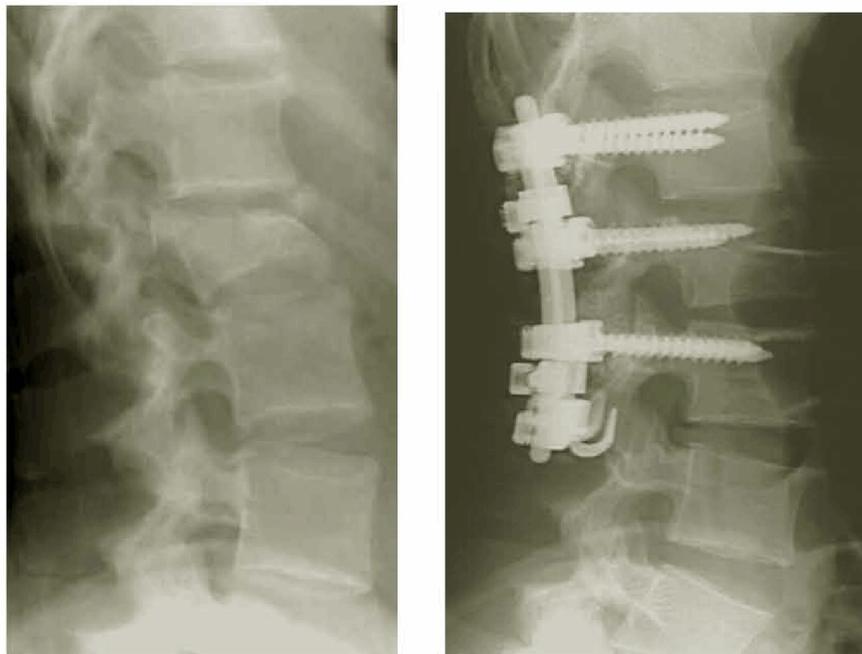


Fig.21H.

Radiografías laterales simples PRE-OP. Y POST.-OP. La
reducción de la fractura es casi anatómica

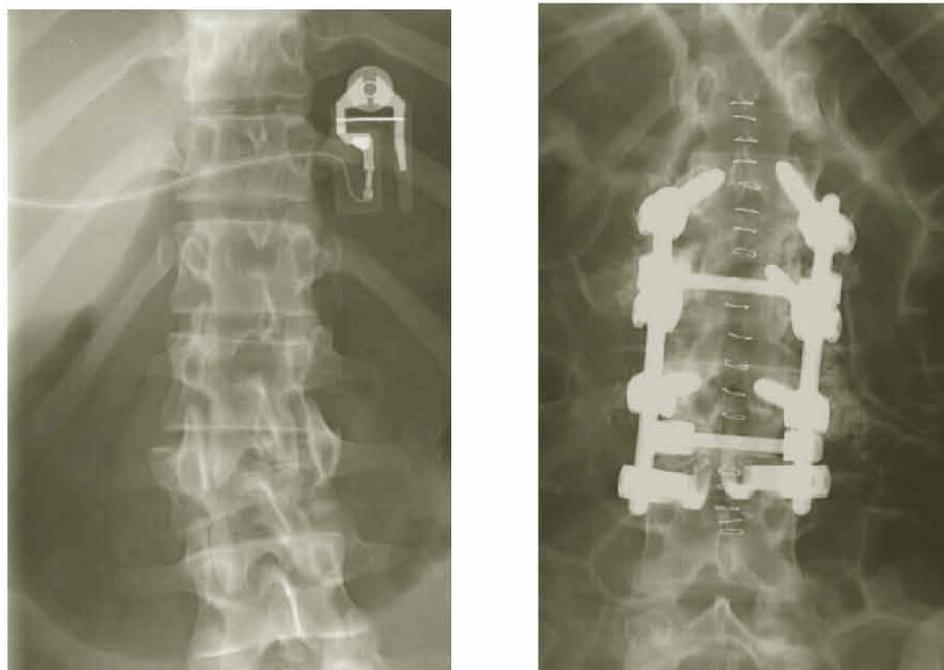


Fig.21 I.

Radiografías simples antero-posterior ; PRE-OP. y
POST.-OP.De la paciente con corrección de la inclinación
lateral.

La pérdida sanguínea media estimada durante la cirugía es de 650cc rango (300-1300cc) y el tiempo de la cirugía medio 180 minutos rango (155-255 minutos).

Según protocolo, aplicamos un gramo intravenoso de Cefazolina durante la inducción de la anestesia, La dosis de antibióticos se mantiene durante cuarenta y ocho horas. También a las cuarenta y ocho horas se extraen los drenajes quirúrgicos y se realiza revisión diaria de la herida hasta alta hospitalaria. Al paciente se le permite la sedestación en la cama a los pocos días de la cirugía y la deambulacion con un corsé rígido B.O.B tras el quinto día de la cirugía. Durante su ingreso y hasta la deambulacion al paciente se le administra anticoagulantes preventivos.

Lesiones asociadas

En toda la serie había cuatro pacientes con otras fracturas asociadas de muñecas que fueron tratadas sin cirugía.

ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis estadístico, se ha utilizado el test de la **Chi cuadrado de Mantel y Haenszel** para la comprobación de proporciones y determinar la significación de la mejora de cada una de las variables cualitativas, utilizando como significación estadística una **$p < 0.05$** .

Para el cálculo del tamaño muestral se ha utilizado la pérdida de altura vertebral secundaria a la fractura estallido, considerando que una mejora del 30% es clínicamente relevante. Así, asumiendo un error α del 0.05 y un error β del 0.20, se precisaría estudiar 32 casos para poder demostrar la eficacia del tratamiento con la nueva técnica quirúrgica.

RESULTADOS

RESULTADOS

Se han intervenido 34 pacientes con una nueva técnica quirúrgica 24 hombres y 10 mujeres (tabla.Ia) con una edad media de 34 años (20-63) años, y con seguimiento medio de 54 meses (rango 36 - 72). El seguimiento postoperatorio mínimo ha sido de tres años. (Tabla Ib)

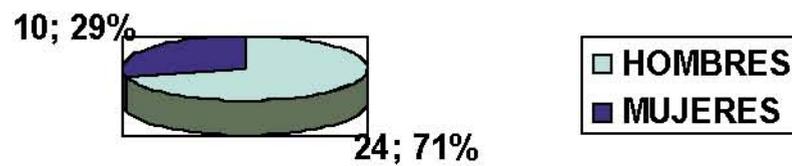


Tabla I a.

Pacients	34
Sexo	24 h, 10 m.
Edad	avg. 34 a. (20-63)
Follow-up	54 m .(36-72)



"Fractura estallido sin al. Neurológica"

Tabla I b.

Etiología

La etiología de la lesión más frecuente ha sido por accidente de tráfico en 24 casos y diez casos como consecuencia de una caída de altura o laboral. (Tabla II a)

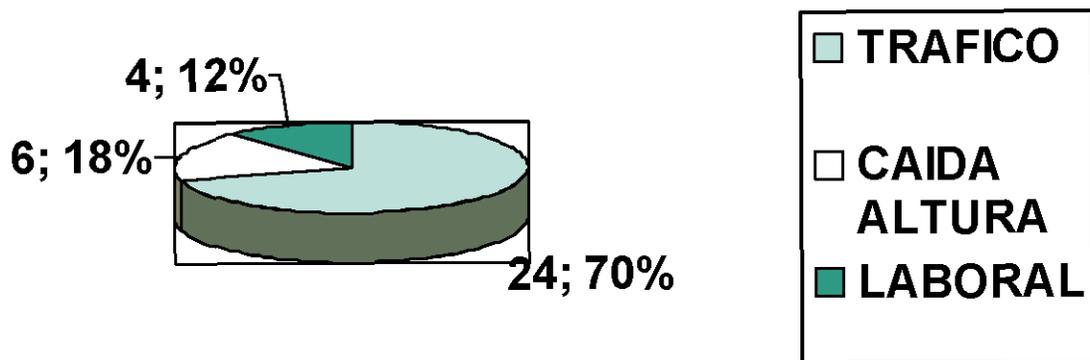


Tabla II a Etiología de la lesión

Niveles y tipos de fractura

El nivel afecto más frecuente de fractura ha sido en 15 casos L1, en siete L2, ocho L3, y en cuatro D12. (Tabla IIb,c)

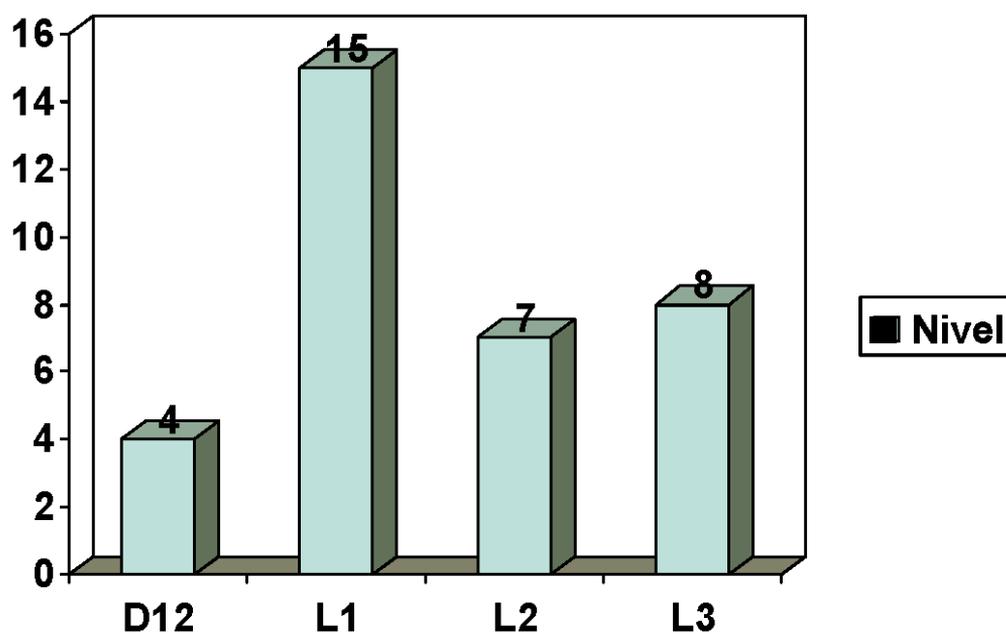


Tabla IIb

Nivel de la fractura

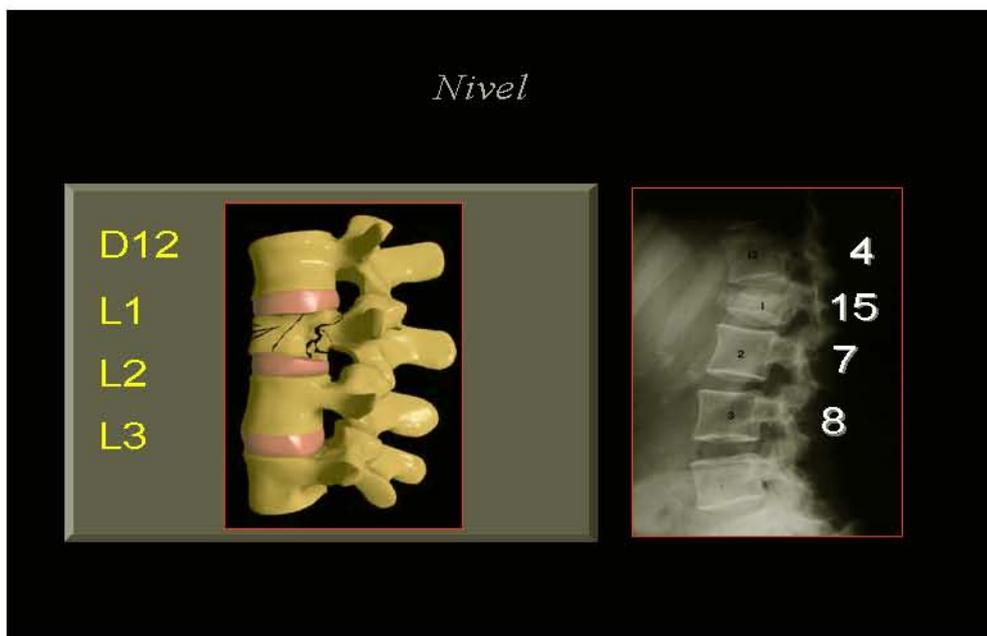


Tabla II c
Nivel de la fractura

En 26 casos la fractura afectaba el platillo superior de la vértebra (tipo B de Denis). En cinco casos el tipo de fractura estallido ha sido el D de Denis y 3 casos el E. (Tabla III)

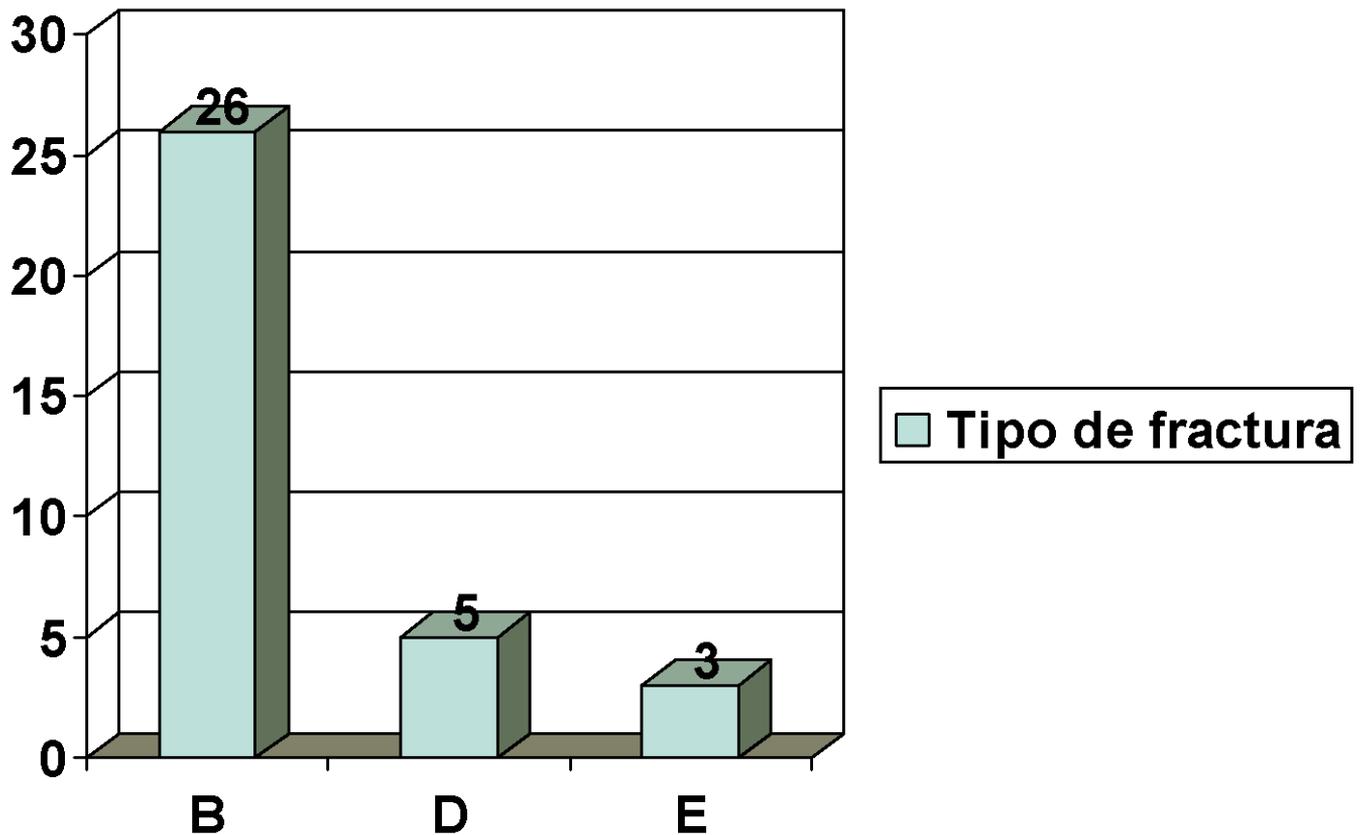


Tabla IIIa

Tipo de fractura estallido según Denis

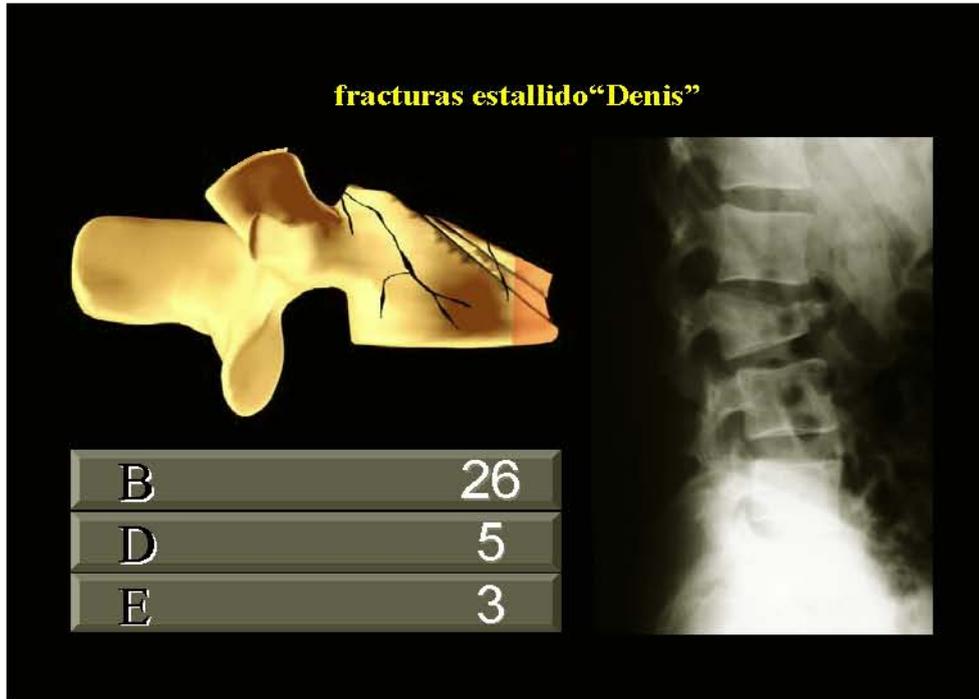


Tabla IIIb
Tipo de fractura estallido según Denis

Resultados de valoración clínica

Los resultados clínicos fueron separados en cinco categorías :

- 1. DOLOR
- 2. FUNCION
- 3. DISCAPACIDAD SOCIAL/LABORAL
- 4. BIENESTAR
- 5. SATISFACCION CON EL RESULTADO DEL TRATAMIENTO

1 - DOLOR : Se ha valorado el dolor en el preoperatorio, en el postoperatorio, a los tres meses ,a los seis meses y a los dos años de evolución ,utilizando la Escala Visual Analógica (VAS). indicando el dolor de de 0 a 10 , siendo el 10 el máximo dolor posible..Se ha obtenido una mejoría del VAS en todos los casos, con un valor medio del VAS de 1.23 (0 – 2.5) A los dos años de evolución (**p<0.001**) (tabla.IV)

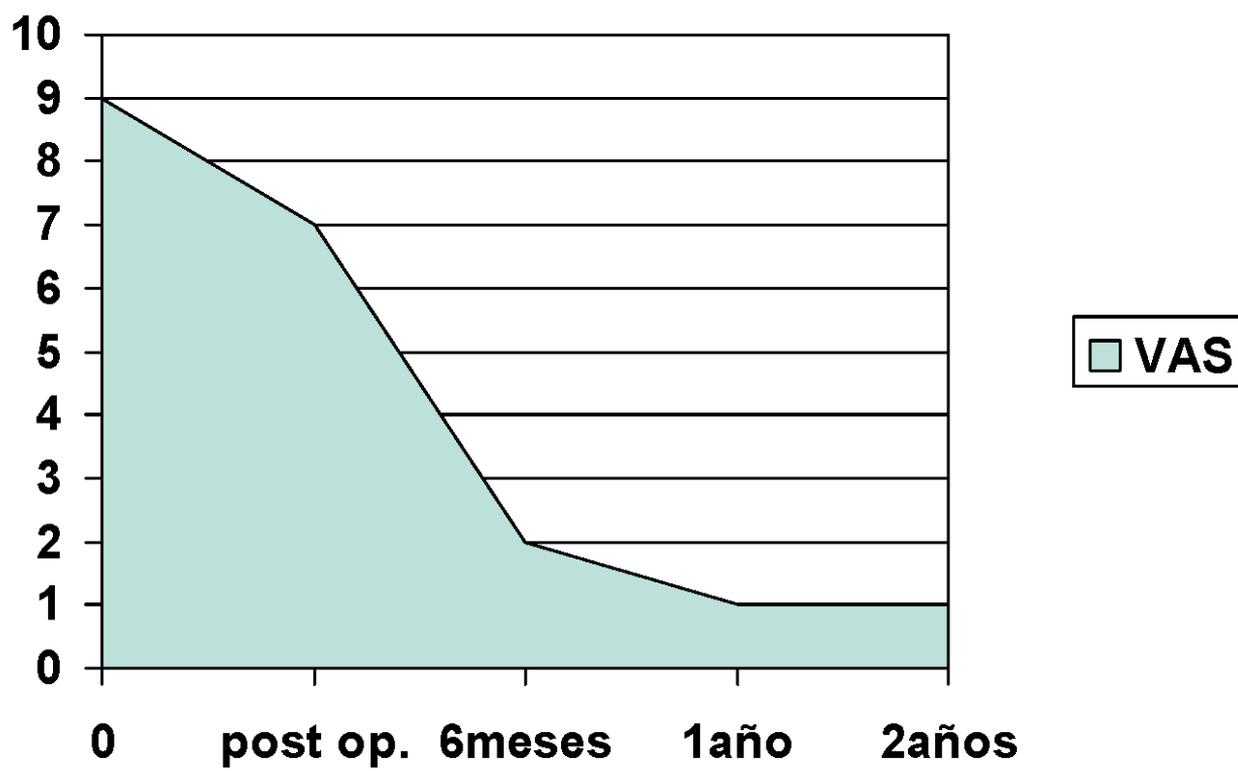


Tabla.IV
Evolución del dolor

2 – FUNCION.

La evaluación de la función Se ha valorado a los tres meses, a los seis meses y a los dos años de evolución preguntándole al paciente si el dolor le dificulta su actividad normal, utilizando una escala de uno a cinco .

La evaluación de la función a los 3 meses de evolución:

<i>Nada</i>	10
<i>Un poco</i>	15
<i>Bastante</i>	9
<i>Regular</i>	0
<i>Mucho</i>	0

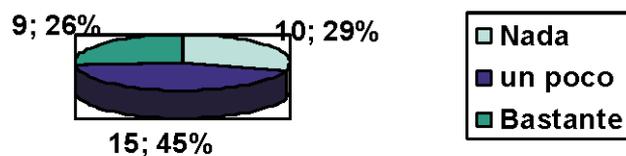


Tabla.V

La evaluación de la función a los 6 meses de evolución :

<i>Nada</i>	25
<i>Un poco</i>	7
<i>Bastante</i>	2
<i>Regular</i>	0
<i>Mucho</i>	0

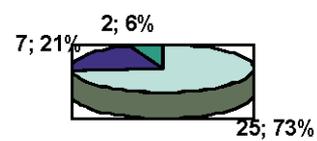


Tabla. VI

La evaluación de la función a los 2 años de evolución:

<i>Nada</i>	27
<i>Un poco</i>	6
<i>Bastante</i>	1
<i>Regular</i>	0
<i>Mucho</i>	0

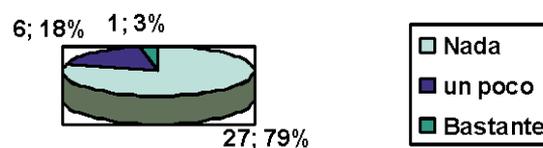


Tabla.VII

La evaluación de la función a los dos años de evolución ha sido favorable

3 - DISCAPACIDAD LABORAL

La evaluación de la de la discapacidad laboral Se ha valorado a los tres meses, a los seis meses ya los dos años de evolución utilizando una escala de uno a cinco, preguntando al paciente : hasta que punto, el dolor le dificulta su trabajo habitual? . La evaluación de la de la discapacidad laboral a los dos años de evolución ha sido favorable

La evaluación de la discapacidad laboral a los 3 meses de evolución: ¿si dolor le dificulta su trabajo habitual?

<i>Nada</i>	2
<i>Un poco</i>	15
<i>Regular</i>	17
<i>Bastante</i>	0
<i>Mucho</i>	0

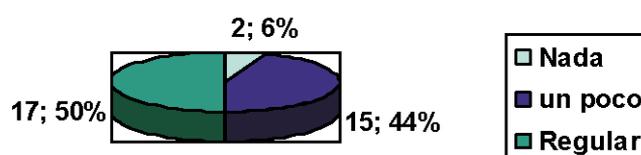


Tabla.VIII

La evaluación de la discapacidad laboral a los 6 meses de evolución: si dolor le dificulta su trabajo habitual ?

<i>Nada</i>	20
<i>Un poco</i>	8
<i>Regular</i>	6
<i>Bastante</i>	0
<i>Mucho</i>	0

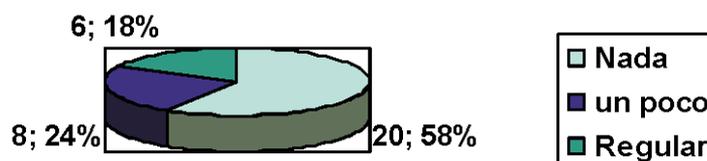


Tabla.IX .

La evaluación de la discapacidad laboral a los **2 años** de evolución: si dolor le dificulta su trabajo habitual?

<i>Nada</i>	25
<i>Un poco</i>	8
<i>Regular</i>	1
<i>Bastante</i>	0
<i>Mucho</i>	0

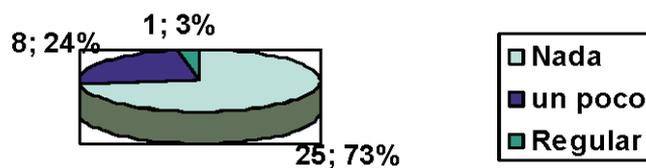


Tabla.X.

La evaluación de la de la discapacidad laboral a los dos años de evolución ha sido favorable

4- BIENESTAR

La evaluación del bienestar Se ha valorado a los tres meses, a los seis meses ya los dos años de evolución utilizando una escala de uno a cinco , preguntando al paciente : ¿Cómo se sentiría Vd. si tuviera que pasar el resto de su vida con las molestias que tiene en este momento. ?

La evaluación del bienestar a los tres meses, utilizando una escala de uno a cinco.

<i>Muy contento</i>	25
<i>Bastante contento</i>	5
<i>Ni contento ni disgustado</i>	4
<i>Algo disgustado</i>	0
<i>Muy disgustado</i>	0

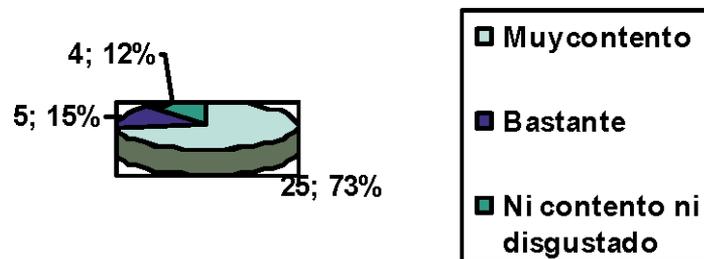


Tabla.XI

La evaluación del bienestar a los seis meses de evolución
(Tabla.XII)

<i>Muy contento</i>	27
<i>Bastante contento</i>	5
<i>Ni contento ni disgustado</i>	2
<i>Algo disgustado</i>	0
<i>Muy disgustado</i>	0

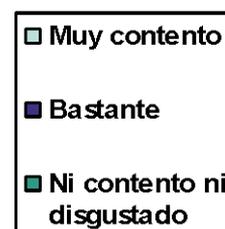
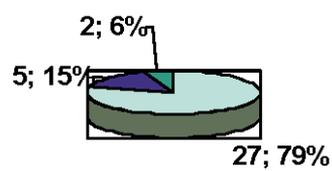


Tabla.XII .

La evaluación del bienestar a los 2 años, utilizando una escala de uno a cinco , preguntando al paciente : ¿Cómo se sentiría Vd. si tuviera que pasar el resto de su vida con las molestias que tiene en este momento? (Tabla.XIII)

<i>Muy contento</i>	28
Bastante contento	5
Ni contento ni disgustado	1
Algo disgustado	0
Muy disgustado	0

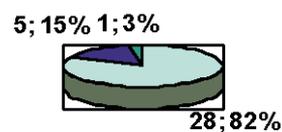


Tabla.XIII.

5- SATISFACCION CON EL RESULTADO DEL TRATAMIENTO

La evaluación de el grado de satisfacción con el resultado Se ha valorado a los tres meses, a los seis meses ya los dos años de evolución utilizando una escala de uno a cinco .

La evaluación del grado de satisfacción con el resultado a los 3 meses de evolución, utilizando una escala de uno a cinco. (Tabla.XIV)

Muy satisfecho	20
Algo satisfecho	10
Ni satisfecho, ni insatisfecho	4
Algo insatisfecho	0
Muy insatisfecho	0

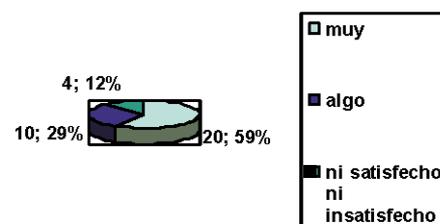


Tabla.XIV.

La evaluación del grado de satisfacción con el resultado a los 3 meses de evolución, utilizando una escala de uno a cinco. (Tabla.XV).

Muy satisfecho	28
Algo satisfecho	5
Ni satisfecho, ni insatisfecho	1
Algo insatisfecho	0
Muy insatisfecho	0

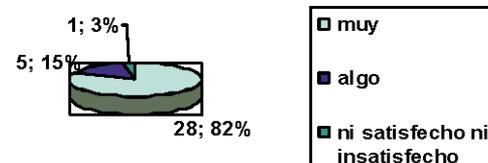


Tabla.XV.

La evaluación del grado de satisfacción con el resultado a los 2 años, utilizando una escala de uno a cinco (Tabla.XVI).

Muy satisfecho	32
Algo satisfecho	2
Ni satisfecho, ni insatisfecho	0
Algo insatisfecho	0
Muy insatisfecho	0

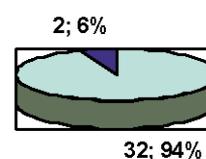


Tabla.XVI.

Todos los parámetros de la valoración clínica (DOLOR; FUNCION; DISCPACIDAD LABORAL; BIENSTAR y SATISFACCION CON EL RESULTADO DEL TRATAMIENTO) han sido favorables y satisfactorios.

Resultados de valoración de técnicas complementarias

A- *Radiología simple*

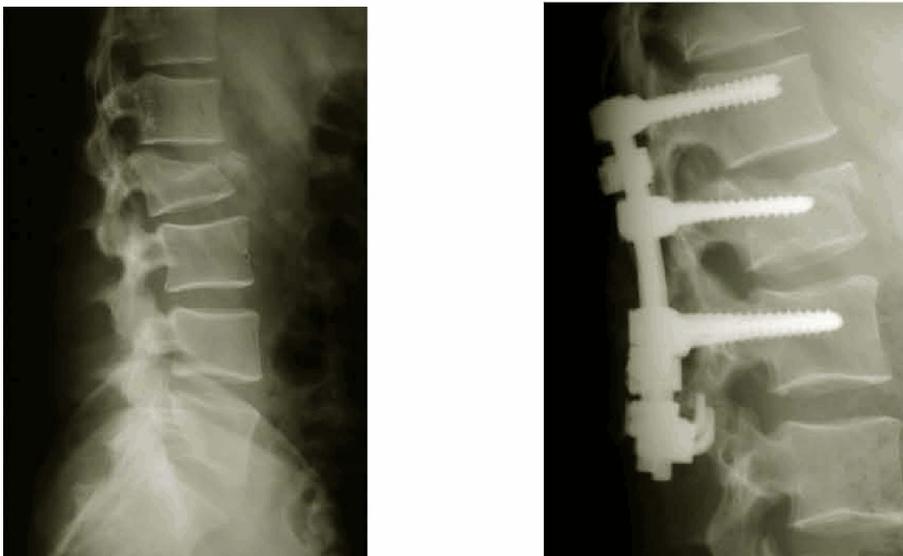
Resultados de valoración de la Radiología simple antero-posterior y lateral pre-operatoria; a los seis meses y a los dos años.

1º: El tipo de fractura según la clasificación de Denis:

El nivel afecto más frecuente de fractura ha sido en 15 casos L1, en siete L2, ocho L3, y en cuatro D12. El tipo de fractura según la clasificación de Denis. Fractura estallido tipo A: fractura de ambos platillos vertebrales ; Tipo B : fractura del platillo vertebral superior ; Tipo C : fractura del platillo vertebral inferior ;Tipo D : fractura estallido vertebral por rotación y Tipo E : fractura estallido con acuñaamiento lateral

En 26 casos la fractura afectaba el platillo superior de la vértebra (tipo B de Denis). En cinco casos el tipo de fractura estallido ha sido el D de Denis y 3 casos el tipo E.

2°.La **altura del cuerpo vertebral** En el estudio radiológico preoperatorio se ha observado una perdida media de altura del cuerpo vertebral del 45% rango (30-60) %. En el postoperatorio inmediato se ha observado una mejoría de de la altura del cuerpo vertebral, recuperándose hasta el 87% de la altura. A los seis meses de control observamos que esta mejoría casi se mantiene hasta 83% de la altura anatómica de cuerpo vertebral ($p < 0.05$). sin pérdida de corrección a los dos años . (Fig.22 A,B,C.) Y Tabla(.XVII)



(Fig.22A)

Paciente varón de 28 años de edad .Rx. Pre-op y post op.Lateral
de fractura estallido de la L2

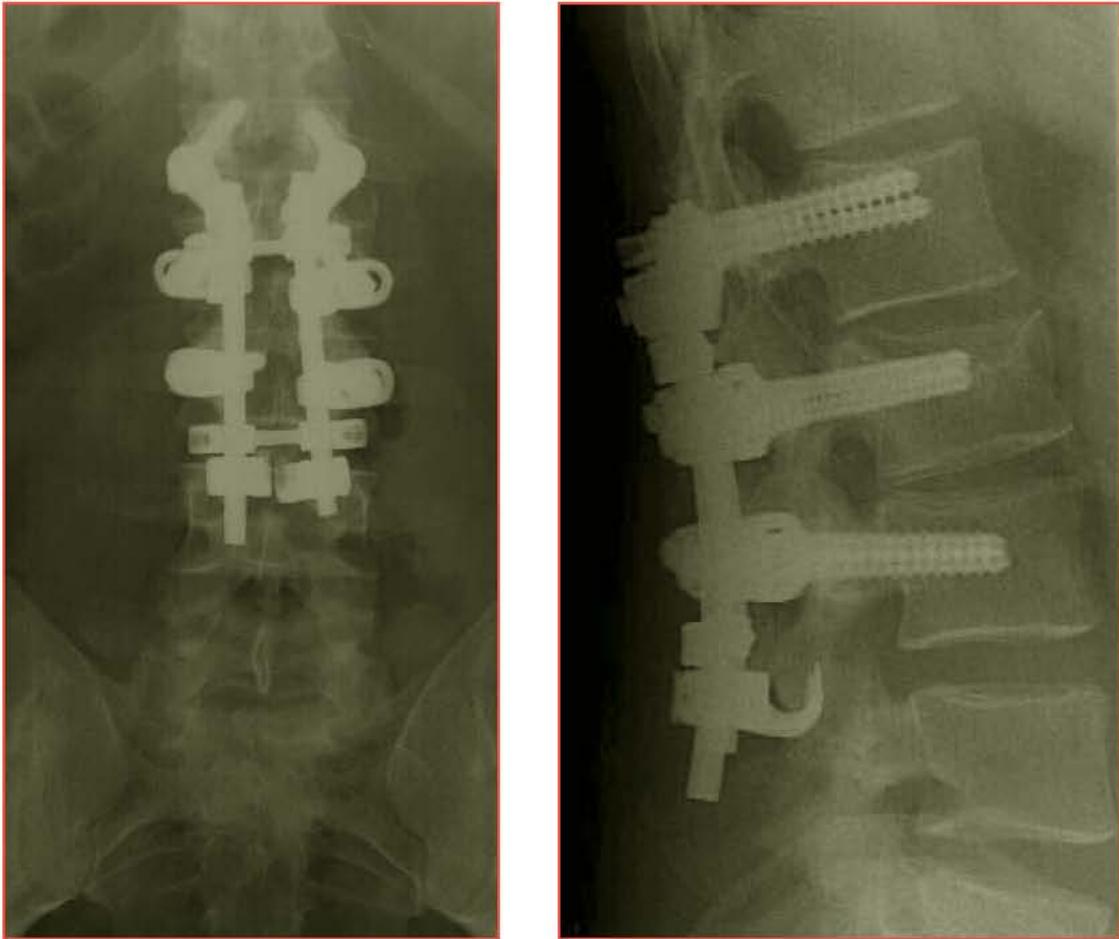


Fig.22B.

Dos años de evolución post op. Rx. AP y Lateral de fractura estallido de la L2 ,con esta técnica se mantiene la reducción de la fractura y con buena fusión ósea.



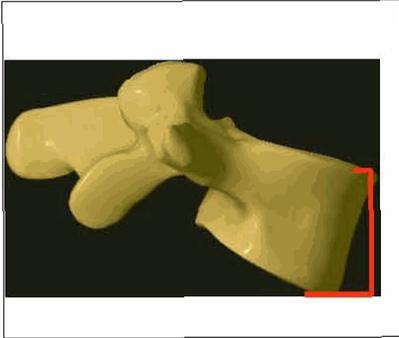
Fig.22C.

Fotos del paciente a los dos años de evolución, excelente resultado clínico

Resultados

Altura vertebral

RX-Lat.	Altura Vertebral
Pre-op.	45% (30-60%)
Post-op.	87% Alura vertebral.
6 meses	83% Altura vertebral.



A los dos 2 años de evolucion se mantiene la correccion

Tabla.XVII.

Mejoría de de la altura del cuerpo vertebral de cuerpo vertebral
($p < 0.05.$)

3º: Los cambios de la cifosis regional: La cifosis local inicial preoperatoria de 20º(12-30) grados ha mejorado en el curso postoperatorio inmediato hasta un 5% de la lordosis. Esta mejoría se ha mantenido a los seis meses, excepto en cinco casos. Se ha detectado una leve pérdida algo menos de 5%, que se considera insignificante a los dos años de evolución. ($p < 0.05$.) (Tabla XVIII). (Fig.23A-B-C).

Resultados

Cifosis

RX Lat.	Cifosis
Pre-op.	20° (12-30°)
Post-op.	5° lordosis
6 meses	5 casos (<5°)

No cambios a los dos 2 años

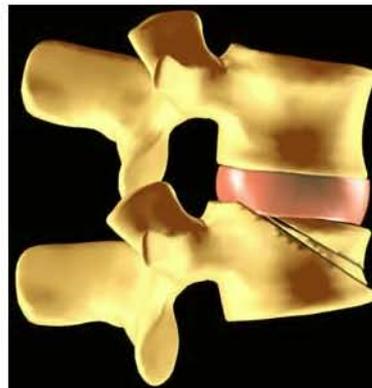
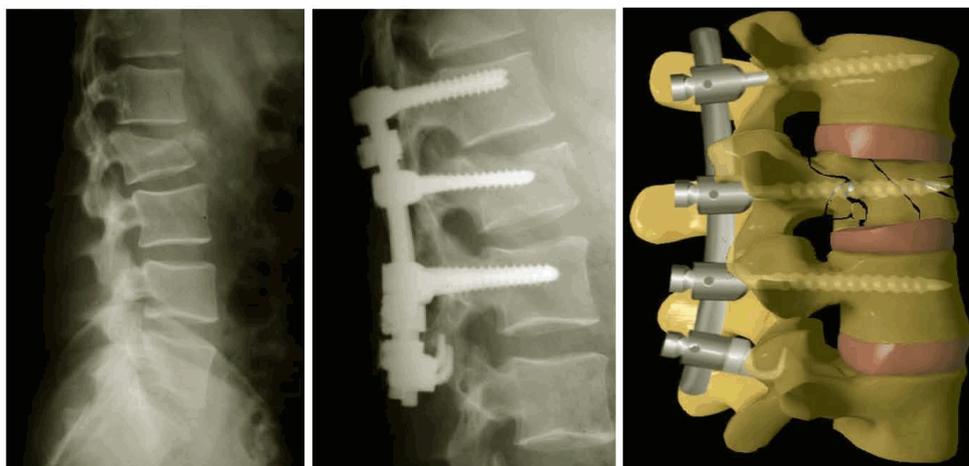


Tabla.XVIII.

La cifosis local inicial de 20 grados se ha mejorado en el postoperatorio inmediato hasta un 5% de la lordosis



A.

B.

C.

Fig.23.A-B-C.

Radiografías simples laterales preoperatorias (A) y postoperatorias (B). con un dibujo 3-D.del montaje de seis tornillos con un gancho pedículo- láminar a nivel distal de la vértebra fracturada (C). Mejoría mantenida de la cifosis local

La fusión vertebral es valorada según la clínica del paciente, es decir descartando dolor y molestias, así como radiografías oblicuas donde se puede observar una buena fusión; unos puentes óseos entre los tornillos así como entre las vértebras instrumentadas. También con las radiografías se descartan aflojamientos o rotura de los implantes vertebrales. Basándonos en estos criterios se ha observado una fusión ósea en toda la serie.

B- Resultados de valoración De la Tomografía axial computarizada (TAC)

La ocupación del canal vertebral preoperatorio que era del 50% (rango 25-60%), ha mejorado al 28/% (20-40%) en el periodo postoperatorio inmediato Fig.24 A-B y Fig.25 A-B. Esta mejoría ha aumentado de una manera significativa a los seis meses del seguimiento hasta el 18% (rango 10-25%). y es mantenida a los dos años de evolución ($p < 0.05$). (Tabla XIX)

A .



B.

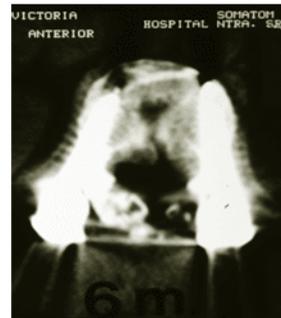


Fig.24 A- Fractura estallido L1 con afectación de las tres columnas de Denis Una ocupación del canal de más 50%.
B- dos años post.op mejoría de la ocupación del canal.

Resultados

C-T Scan. 6 meses post-op.

TAC.	% ocupacion del Canal
Pre-op.	50% (25-60%)
Post-op.	28% (20-40%)
6 meses	18% (10-25%)
2 años	17% (9-23%)

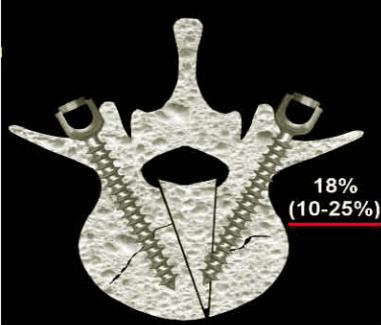


Tabla XIX.

La ocupación del canal vertebral

A.



B.

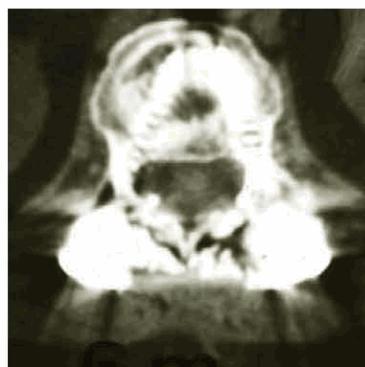


Fig.25 A- Fractura estallido L1 con afectación de las tres columnas de Denis Una ocupación del canal B- dos años post.op mejoría de la ocupación del canal

Complicaciones

No se ha producido ninguna complicación técnica y en ningún caso hemos observado un aumento de la ocupación del canal. No se ha detectado ningún fallo de los implantes, y no ha sido necesario realizar ninguna reintervención.

Frecuentemente, el paciente puede tener un íleo del tracto gastrointestinal durante varios días debido a la respuesta del sistema simpático de la columna fracturada. Para prevenir la sobre-distensión del tracto gastrointestinal, el paciente no debe consumir nada por vía oral durante 12 horas, o hasta que se detecten ruidos intestinales. Se coloca una sonda nasogástrica si se producen náuseas, vómitos o distensión abdominal.

Con una fractura toracolumbar se pueden producir roturas ocultas del bazo, hígado, duodeno y aorta y que con frecuencia pasan inadvertidas en la evaluación inicial. En un accidente de circulación de alta velocidad, se puede producir la rotura parcial o total de la aorta. Puede haber un desgarramiento parcial de la íntima con un desarrollo lento de aneurisma traumático. El

duodeno puede estar desgarrado en el ligamento de Teitze, especialmente cuando una persona esta sujeta por el cinturón de seguridad. La rotura del diafragma, que puede ocurrir con una fuerza cortante o cizallamiento, puede no identificarse porque el estomago o el hígado pueden ocupar el defecto diafragmático. Un desgarro parcial del diafragma que dura varios días o varias semanas permite que el estomago emigre al tórax. También se pueden producir en la zona de fractura lesiones duodeno-pancreáticas, causadas por fuerzas de compresión excesivas. Lesiones del bazo o del hígado pueden producir hemorragias intra-abdominales. Un hematocrito que disminuye podría indicar cualquiera de las lesiones descritas anteriormente. Son necesarios controles diarios de hematocrito durante varios días después de la fractura toracolumbar para descartar hemorragias internas. Si existe alguna duda acerca de una rotura de una víscera interna se debe proceder con un estudio radiológico específico o un TAC de la zona.

La pérdida de la corrección, aflojamiento de la instrumentación y, en muchos casos, rotura del material son las complicaciones

mas frecuentes si se evita instrumentar la vértebra fracturada(Fig.26 A-B-C-D).



Fig.26 A-B

Radiografías laterales simples PRE-OP. y POST.-OP.de fractura estallido de la L1 colocando un montaje de 4 tornillos.



Fig.26C.

Radiografías laterales simples 2 meses POST.-OP. Excelente
reducción de la fractura

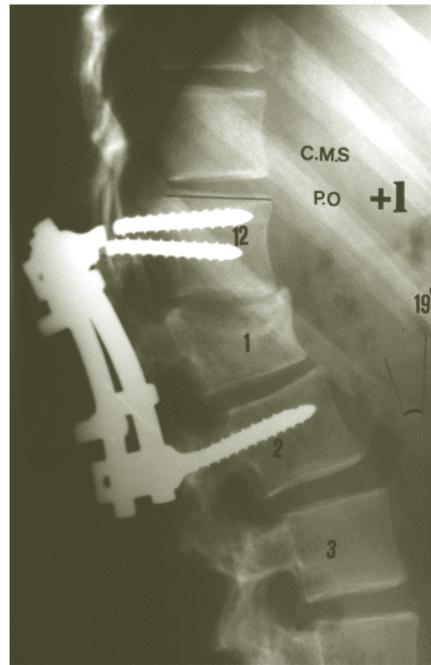


Fig.26D.

Radiografías laterales simples un año POST.-OP. se observa pérdida de reducción de la fractura.

No se ha observado pérdida de la corrección, aflojamiento de la instrumentación y, o rotura del material. tampoco escoliosis ni cifosis Postraumática así como, tampoco estenosis vertebral con alteración neurológica.

DISCUSION

El tratamiento específico de las fracturas vertebrales depende del tipo de fractura, el estatus neurológico, y el estado general del paciente. El tratamiento quirúrgico de las fracturas lumbares bajas, es diferente que el tratamiento de las fracturas toraco-lumbares y torácicas. Las fracturas de la columna lumbar baja son menos frecuentes que las fracturas de la columna toracolumbar. Las fracturas de compresión, sin implicación de la columna media son tratadas por lo general con corsé. Las fracturas-luxaciones suelen ser tratadas con fijación vertebral con el fin de permitir una rehabilitación temprana.⁸⁶ Las lesiones óseas por flexión-distracción o fracturas Chance pueden ser eficazmente tratadas con corsés. Lesiones severas puramente ligamentosas requieren instrumentación posterior y fusión^{109,121,123,131}.

En las lesiones vertebrales complejas, incluyendo fracturas-luxación, lesiones de flexión-rotación, y las fracturas cizallamiento de Holdsworth, se demostró que la instrumentación vertebral segmentaria con tornillos pediculares

era más efectiva para estabilizar la columna vertebral^{133,136,135,160,174} Sin embargo, los factores biomecánicos en una estabilización óptima con tornillos pediculares se deben contrastar con el aumento de riesgos de lesiones neurológicas en la aplicación de una fijación segmentaria.^{160,53,161}

Los análisis de rigidez de los diferentes sistemas muestran que los implantes menos rígidos eran el injerto ilíaco por sí solo, la instrumentación con barras de Harrington, y la instrumentación rectangular de Luque. Los sistemas más rígidos eran el sistema Kaneda, la instrumentación pedicular de Cotrel-Doubousset, y los tornillos pediculares y placas de Steffe . Desde un punto de vista puramente biomecánico, el PMMA, la barra Harrington, el sistema Kaneda por vía anterior y los sistemas Cotrel-Dubousset, y Steffe por vía posterior fueron los más efectivos en restituir la estabilidad después de una corpectomía anterior.⁶⁹

Zbledick et al.¹⁸⁰ compararon los resultados en un modelo canino de injerto ilíaco con injerto acompañado del sistema Kaneda en un modelo canino. El injerto iliaco óseo junto con el sistema Kaneda era superior biomecánicamente en cuanto a rigidez torsional, y se mostró que la triangulación de los ganchos en el cuerpo vertebral proporcionaba una fijación adicional al sistema. Esto se correlacionó con una incidencia más alta de fusión en los animales que recibieron la instrumentación. El aumento de fusión del sistema Kaneda puede estar relacionado con la habilidad del cirujano para comprimir el injerto en la instrumentación, así como los dispositivos de tracción transversal (DTT). Ashman et al.⁹ demostró un aumento de rigidez del sistema con los dispositivos de tracción transversal. También mostró un aumento de la rigidez axial en el modelo de corpectomía instrumentado por vía anterior, cuando el injerto podía ser comprimido por el sistema de estabilización.

Después de la corpectomía, la cirugía de reconstrucción vertebral puede restituir la rigidez axial, torsional y flexional a sus niveles normales.

Los sistemas más rígidos posteriores, Cotrel-Doubousset y Steffee, consiguieron la fijación de la columna longitudinal anterior por medio de tornillos pediculares dos niveles proximales y dos niveles distales al defecto de la corpectomía.

El objetivo del diseño de implantes de columna es el de obtener implantes más resistentes que permite colocar el DTT para disponer de un sistema más rígido de fijación. Esto es en contraste con otras áreas de fijación interna donde se ha hecho un esfuerzo por encontrar materiales que se aproximen, en su elasticidad, al hueso. La rigidez de los implantes de columna pueden alterar, de forma suficiente, la biomecánica de los segmentos instrumentados como para tener un resultado biológico inesperado.

La estabilización y fusión por vía anterior en el modelo canino parecen haber mejorado la estabilización y reparto de cargas. Estas técnicas se relacionan con una mejora de la tasa de fusión y una mayor densidad ósea trabecular.¹¹³ El uso de la instrumentación posterior en los modelos caninos dio una tasa más alta de fusión que en las columnas no instrumentadas.¹¹⁴ Las pruebas biomecánicas realizadas tras la retirada de la instrumentación mostraron que las columnas instrumentadas “in vivo” eran más rígidas durante las pruebas no-destructivas. Se observó una densidad ósea volumétrica más baja en los segmentos fusionados que en los que no lo estaban. En otras palabras, los implantes rígidos produjeron mayores tasas de fusión, una fusión más resistente desde el punto de vista biomecánico y un descenso en la densidad ósea vertebral. Aunque este estudio sólo mostrase un soporte anterior sólido tras una instrumentación posterior, no se demostraron consecuencias biomecánicas negativas.

M^oCaffee et al.³⁴ desarrolló un modelo in vitro reproducible para evaluar las propiedades estáticas y cíclicas de 12 sistemas distintos de implantes de tornillos pediculares. Se instrumentaron cinco modelos de cada sistema y se sometieron a pruebas mecánicas. Se cargó estáticamente a razón de 25,4 mn/min con un promedio de rigidez, resistencia a la flexión y flexibilidad calculado para cada modelo.

Los resultados de este estudio fueron mucho mas favorables con los sistemas basados en barras pediculares que en aquellos sistemas basados en placas. Se mostró una resistencia mayor a la flexión con los sistemas de barra ISOLA y TSRH que con los sistemas de placas de los mismos fabricantes. Los resultados, en su conjunto mostraron la necesidad de una resistencia de la columna anterior óptima con independencia del sistema utilizado. Nuestra técnica presentada en esta tesis, esta basada en implantes con barras y tornillos pediculares.

La instrumentación posterior en las fracturas toracolumbares está indicada sobre todo, para corregir una inestabilidad aguda y prevenir una inestabilidad crónica. Los pacientes con traumas múltiples que requieren una movilización rápida son también buenos candidatos para la fijación de fracturas vertebrales. Rimoldi¹⁴² ha mostrado que la fijación interna tiene un efecto positivo de reducir el tiempo de rehabilitación de pacientes con fracturas toracolumbares.

Un papel importante de la instrumentación posterior es el de reestablecer las relaciones anatómicas normales de la zona de la fractura. Al plantear la instrumentación de la columna toracolumbar existen tres objetivos prioritarios. El primero de ellos es garantizar la seguridad de los tejidos neurológicos. Esto se consigue con la estabilización de la zona alrededor de la vértebra fracturada. La reducción adecuada de la columna, alinea el canal raquídeo, ofreciendo así el máximo espacio para los tejidos neurológicos. El canal raquídeo se beneficia directamente cuando se reducen los fragmentos del cuerpo

vertebral. Willén et.al.¹⁷⁷ demostró que la corrección de cifosis, por si misma, no reduce de modo satisfactorio estos fragmentos. Mostró que la distracción con instrumentación era la fuerza principal para ampliar el espacio de los tejidos nerviosos en el canal raquídeo.

El segundo objetivo es la reducción de la fractura del cuerpo vertebral. Esta reducción se realiza con las mismas maniobras de alineación, corrección cifótica y distracción para restituir la altura vertebral, que también consolida los fragmentos, permitiéndoles así las mejores posibilidades para una fusión sólida.

El tercer objetivo de la instrumentación posterior es recuperar el eje normal mecánico vertebral a través de la corrección de la cifosis y escoliosis. Una cifosis excesiva produce una desviación compensatoria de los segmentos vertebrales adyacentes. Si la columna cervical o lumbar se ve obligada a aumentar su lordosis, debido a la deformidad en la

unión toracolumbar, se podría dar lugar a un síndrome doloroso.¹⁷⁰ Si no se recupera el eje mecánico, los músculos extensores lumbares estarán obligados a funcionar con una longitud inadecuada, bajo condiciones de tensión mecánica. Estos tres objetivos juntos ayudan a la instrumentación posterior a restaurar las relaciones anatómicas normales en el canal raquídeo, el cuerpo vertebral y el eje mecánico espinal después de una fractura.

El segundo papel, quizás el más obvio de la instrumentación posterior es estabilizar el segmento lesionado. La estabilidad proporcionada por los implantes tiene tres objetivos. El primero es que los implantes deben tener la suficiente fuerza mecánica para mantener la reducción inmediata de la columna. El segundo, e igualmente importante, es que los implantes deben poder tolerar miles de ciclos de flexión para mantener la reducción durante la fusión ósea.¹⁷⁸ El tercer objetivo es que el material y las propiedades mecánicas de la instrumentación deben crear un ambiente mecánico adecuado

para permitir la fusión ósea pero al mismo tiempo minimizar el fallo de la instrumentación. Nagel et al.¹²⁵ afirman que aquella que permite más del 10% de tensión aumenta la posibilidad de una fusión tardía, o no-fusión. Sin embargo, los implantes rígidos debilitan el hueso vertebral en el segmento instrumentado.¹¹⁵ Aunque no existen pautas definitivas a la hora de elegir la instrumentación para las fracturas vertebrales, el cirujano que entiende los principios de la instrumentación es el más indicado para hacer la elección para cada paciente.

Una decisión que debe tomar el cirujano al plantear la intervención quirúrgica de fijación posterior es la longitud sobre la cual se colocara la instrumentación. Wittenberg et al.²⁶ observaron que la instrumentación alargada que se extendía a dos o más niveles por encima y por debajo de la fractura, era más efectiva para reducir la tensión mecánica en la vértebra fracturada. Comparado con la instrumentación que solo se extendía un nivel por encima y por debajo de la fractura, la instrumentación más alargada tenía un 10% menos de tensión.

Esto sin embargo conlleva el aumento de la tensión en las vértebras no instrumentadas justo encima y debajo de las barras.

Al instrumentar sobre una vértebra normal quedan menos segmentos para el movimiento. Las barras cortas pueden aumentar la tensión en el lugar de la fractura, pero disipan el movimiento de la columna sobre un número mayor de segmentos intactos.

Otra consideración importante en la selección de la instrumentación posterior es el acoplamiento del tonillo gancho o alambre a la barra o placa del sistema de instrumentación. Existe una clasificación de rigidez de este punto mecánico de conexión.

Los métodos más sencillos de unión tienen poca rigidez intrínseca y se han utilizado en sistemas anteriores de instrumentación con distracción. En estos sistemas se introduce un gancho debajo de la lámina y se utilizan barras y ganchos.

Así pues, el acoplamiento mecánico depende sólo de la tensión ligamentosa que se crea con la maniobra de distracción.

Le sigue después, en el orden de rigidez mecánica, el punto de conexión semi-rígido. Estos acoplamientos dependen del contacto laminar para conectar la barra o la placa al gancho o tornillo. Un ejemplo de una conexión semi-rígida es el alambre sublaminar. La conexión del alambre a la barra depende de la masa ósea que contenga la instrumentación.

El método más rígido de acoplamiento mecánico del dispositivo accesorio a la pieza longitudinal es el acoplamiento fijo. En este método, se aprieta el tornillo de cierre hasta conseguir una conexión mecánica metal con metal entre el dispositivo de acoplamiento y la pieza longitudinal. Wittenberg et al.¹⁷⁸ y Carson et al.²⁶ estudiaron, en 1991 estos acoplamientos. En sus respectivos estudios hallaron que las conexiones no-rígidas y semi-rígidas eran mucho menos duras que las conexiones rígidas. Los dos autores sugieren que la falta de una conexión

rígida requiere el uso de una instrumentación más larga. La instrumentación más corta y menos rígida, sin embargo, puede mostrar fatiga del metal en alguno de sus componentes.

Así pues, parece ser que la instrumentación corta rígida tiene importantes ventajas teóricas sobre los implantes más largos en el tratamiento de fracturas toracolumbares. Sigue habiendo, sin embargo muchas preguntas a responder acerca del diseño mecánico y propiedades materiales de estos montajes cortos.

La última decisión del cirujano, relacionada con la instrumentación, es decidir el método para acoplar la instrumentación al cuerpo vertebral. Al tomar esta decisión es muy importante valorar el estado de la zona de la fractura. La presencia o ausencia de elementos vertebrales posteriores o estenosis de canal medular pueden afectar la elección de los lugares de acoplamiento en el segmento vertebral. Otra consideración importante es el tamaño relativo de los pedículos y los elementos posteriores.

También es importante conseguir una rigidez mecánica suficiente de los montajes vertebrales. Purcell et al.¹³⁹ sugirieron que la elevada incidencia de deslizamiento del gancho se debía a la fuerza de distracción que empujaba el cuerpo vertebral hacia adelante y reducía la eficacia su posición. Esta es otra razón más para utilizar montajes con tornillos pediculares, que son mucho más sólidos que los montajes vertebrales con ganchos.

En 1985, se consiguieron avances notables con el sistema de instrumentación de Cotrel-Doubousset que tenía la capacidad de sujeción a la lámina vertebral. Este dispositivo coloca ganchos por encima, y por debajo del filo de la lámina. Al comprimir rígidamente la lámina entre los ganchos, se obtiene una fijación mucho más estable que las barras de Harrington y de alambres sublaminares pero menos rígidos que los montajes con tornillos pediculares. La versión más sencilla es la pinza lámino-laminar con un gancho infralaminar y supralaminar alrededor de una

lámina, en este trabajo utilizamos gancho infralaminar únicamente a nivel distal del montaje. DeKutoski et al.³⁷ han comunicado buenos resultados a largo plazo con el montaje clásico con 2 barras de Harrington y alambres transversales pero este montaje sacrifica muchos segmentos móviles.

En 1991, Enrico et al.⁵¹ mostraron las ventajas de colocar los ganchos infralaminar y supralaminar sobre dos láminas. Esto se denominó la pinza “amplia”. Cuando el gancho infralaminar se coloca en la posición del pedículo y se coloca el gancho supralaminar, el mecanismo tiene la mayor fuerza de tracción. La segunda posible combinación de la pinza “amplia” es la pinza lámينو-laminar. La pinza “amplia” con menor fuerza es la pinza apófisis transversal. En este caso, se coloca el gancho dirigido hacia abajo, alrededor de la apófisis transversa, en vez de la lámina.

El uso extendido de sistemas de instrumentación con tornillos pediculares ha tenido un gran impacto en la capacidad de fijación, en particular en las vértebras lumbares. No se ha establecido un dictamen absoluto acerca de su uso para la fijación pero sí se han propuesto algunos principios. Un concepto general es que, debido a las variaciones en la técnica y anatomía, el rendimiento mecánico de los tornillos pediculares no es constante. Krag⁹⁸ observó, en 1991 que, cuando se utilizan en la zona toracolumbar, los tornillos pediculares tienen que resistir fuerzas de compresión axial y flexión anterior. Estas fuerzas crean flexión por mecanismos de apalancamiento y son una causa importante de la rotura de los tornillos transpediculares. En estas situaciones, el diámetro del tornillo es crítico en la prevención del fallo de metal,¹⁰⁰ esta fatiga de los tornillos se puede evitar colocando tornillos en la vértebra fracturada¹²⁰.

Otra causa de fallo es la tracción. Para prevenir la tracción de los tornillos pediculares es mucho más importante la técnica

quirúrgica que el diseño mecánico. Varios estudios biomecánicos han descrito técnicas quirúrgicas que aumentan la resistencia a la tracción. Del trabajo de Ruland et al.¹⁴⁹ parece que la técnica más eficaz para mejorar el tramo de tracción es la de triangular los tornillos pediculares al mismo nivel en el hueso vertebral.¹⁴⁹ El aumento de fijación que proporciona la triangulación parece más notable que aquella obtenida con el aumento de longitud o diámetro de los tornillos.¹⁵⁴

Así pues, la técnica más óptima para la estabilización de fracturas toracolumbares es la siguiente: Cuando lo permite el diámetro de los pedículos, se coloca la instrumentación corta en los niveles superior e inferior a la fractura, utilizando tornillos pediculares incluyendo la vértebra fracturada. El diámetro del tornillo es el diámetro más grande que permita el pedículo del paciente. Se realiza un acoplamiento mecánico rígido entre el tornillo y la parte longitudinal y se hace un esfuerzo por conseguir restaurar la alineación sagital para recuperar la altura vertebral mediante distracción. Se ha descrito que esta

instrumentación corta pedicular es eficaz para el tratamiento de fracturas toracolumbares.^{45,119}

Cuando no se permite la colocación de instrumentación transpedicular en la vértebra por encima de la fracturada, se pueden reemplazar los tornillos transpediculares superiores por un montaje de pinza “amplia”. Si no se pueden utilizar tornillos pediculares en el segmento inferior a la fractura, se recomienda el uso de una pinza laminar en la primera lámina intacta, debajo de la fractura.

Cuando se utilizan los tornillos pediculares, se debe emplear la técnica quirúrgica para maximizar la fuerza de tracción. Puede ser necesaria la fijación adicional con ganchos sublaminares, o ganchos transversales accesorios para aumentar la capacidad de tracción en los casos de osteoporosis, o en caso de no poder triangular. Se recomienda que se realicen técnicas de injerto óseo autólogos o sustitutos óseos junto con la fijación.

El tratamiento médico es efectivo para muchas fracturas por compresión y en las que son más estables. Las lesiones con desplazamiento de traslación o conminación severa suelen tener mejores resultados si se tratan con instrumentación y fusión vertebral.^{135,38,39,40,175} Hoy en día se utiliza la instrumentación vertebral corta (un nivel por encima y un nivel por debajo de la vértebra fracturada. El desarrollo de los sistemas de tornillos pediculares ha hecho posible la fusión vertebral corta con abordaje posterior. El desarrollo del sistema Kaneda⁸⁴ y otros dispositivos de abordaje anterior⁴⁷ ha hecho que la fusión vertebral corta sea posible con abordaje anterior. Así pues, la instrumentación vertebral corta es posible con abordaje anterior o posterior. Cada abordaje tiene su papel en el tratamiento de las fracturas y fracturas-luxaciones de la columna toracolumbar.

El abordaje anterior conlleva un abordaje antero-lateral a la columna vertebral,⁷⁸ asociado con una vertebrectomía parcial e injerto óseo en el nivel lesionado. Existen ventajas y desventajas al abordaje anterior. Las ventajas incluyen lo siguiente: la

descompresión del canal por los fragmentos óseos es más directa; se puede colocar un injerto óseo fácilmente en las fracturas conminutas o en necrosis avascular del cuerpo vertebral, algo que ocasionalmente se ve en fracturas estallido osteoporóticas y en tercer lugar se puede corregir una cifosis postraumática fusionada. Las desventajas incluyen que esta relativamente contraindicado en casos de osteoporosis; muchos cirujanos no están familiarizados con la técnica; la proximidad de los implantes a los grandes vasos puede crear complicaciones; existe la posibilidad de complicaciones pulmonares en pacientes con afecciones cardíacas o pulmonares crónicas; y las luxaciones severas no son reducibles por esta vía.

Últimamente se ha debatido mucho sobre el tratamiento de las fracturas estallido con implicación de la columna media. Durante mucho tiempo se ha utilizado el reposo con corsé rígido y éste sigue siendo considerado un tratamiento acertado en casos específicos.^{4,33,56,59,99} Las posibles complicaciones del tratamiento conservador son un colapso progresivo, una pérdida

de lordosis lumbar, el desarrollo de déficit neurológico, dolor lumbar bajo y estenosis lumbar tardía⁴.

Algunos autores han evaluado el tratamiento de fracturas estallido L5 y los problemas asociados.^{56,59,99} Llegaron a la conclusión de que era mejor tratar estas fracturas con métodos conservadores de reposo inicial seguido de corsé. Finn y Satuffer⁵⁶ trataron siete pacientes con fractura estallido L5 con inmovilización. Los pacientes empezaron a caminar a los 10 o 14 días de la lesión. Por lo tanto, el tratamiento conservador de fracturas estallido lumbares bajas es una opción viable para pacientes sin déficit neurológico pero no para las fracturas lumbares altas. Sin embargo, puede surgir una pérdida de lordosis y colapso vertebral. Puede producirse un dolor lumbar bajo y la incapacidad de volver a la actividad laboral previa.^{4,41}

La cirugía es un tratamiento apropiado en pacientes con déficit neurológico considerable y en pacientes con fractura estallido sin déficit neurológico. Se debe tomar una decisión acerca del

abordaje posterior o anterior, y acerca del tipo de instrumentación de columna.^{10,18,76,85,105,112,180}

El abordaje posterior es más fácil que el abordaje anterior y consiste en una incisión estándar longitudinal central posterior con una separación subperióstica de los músculos paravertebrales en lateral a las apófisis transversas.⁷⁸

Existen ventajas y desventajas en el abordaje posterior. Las ventajas incluyen: es un abordaje mucho más sencillo; se pueden reducir las luxaciones severas; se pueden utilizar muchos sistemas de implantes y existen varios métodos para descomprimir el canal. Las desventajas incluyen: la corrección de una cifosis severa de una lesión grave deja un defecto óseo anterior hueco; y es difícil visualizar la columna anterior para aplicar los injertos óseos en caso de conminución severa o necrosis avascular del cuerpo vertebral.

Es aconsejable el abordaje posterior para la descompresión y la estabilización en la columna lumbar baja. En el paciente con compromiso neurológico se puede realizar la descompresión con laminectomía o técnicas transpediculares. Durante la descompresión, la cauda equina puede tolerar una retracción leve, mientras que no se debe hacer ninguna retracción a nivel del conus medullaris. En los casos de fractura estallido sin lesión neurológica no es aconsejable la descompresión preventiva como la serie que presentamos en este trabajo.

La estabilización y fusión por vía anterior de las fracturas estallido es mas compleja que los abordajes posteriores, además los resultados clínicos y radiológicos de esta tesis apoyan la recomendación del abordaje posterior multisegmentario con tornillos pediculares. Nosotros pensamos que el abordaje anterior esta indicado únicamente para el tratamientos de las fracturas de la columna toraco-lumbar con lesión neurológica.¹¹⁷

Existen hoy en día varios sistemas de instrumentación.^{41,3,24,32,46,58,162} El principal problema al utilizar un sistema puramente de distracción en la zona lumbar, es la pérdida, o la incapacidad de recuperar la curva sagital normal y la necesidad de inmovilizar algunas unidades vertebrales móviles como mínimo dos por encima y dos por debajo de la fractura. Es necesaria la fusión a lo largo de varias unidades vertebrales móviles y esto puede conllevar secuelas de dolor a largo plazo.^{75,100} Para evitar los problemas de dolor lumbar asociados con fusiones largas es importante colocar montajes cortos de tornillos pediculares.^{43,103,147,148,151,159} Se ha demostrado que estos sistemas proporcionan una fijación rígida de la columna toraco-lumbar y lumbar.⁴⁸ La fusión de una única unidad móvil un nivel por encima y un nivel por debajo de la fractura suele ser suficiente y se espera mejore la función y los resultados clínicos a largo plazo.⁴³

La instrumentación de Harrington, las barras de Luque, o incluso las placas Steffee con o sin escayola de cuerpo entero, ya están en desuso².

Si se elige la intervención quirúrgica como tratamiento, la instrumentación corta y rígida, con un dispositivo transpedicular, es la mejor para lograr así una fusión más corta, manteniendo altura vertebral y restaurando la lordosis lumbar. El mantenimiento de la altura vertebral y la restauración de la lordosis lumbar pueden ser importantes en la prevención de una incapacidad por dolor.

A nivel de la charnela toraco-lumbar debemos de preservar el mayor número posible de segmentos móviles, es decir debemos evitar incluir muchos segmentos dentro de la fijación.

Con la aparición del tornillo pedicular, hubo un gran optimismo y entusiasmo para intentar fijar el menor número de segmentos posibles a nivel de la fractura toraco-lumbar .

Muchos autores han recomendado una fijación muy corta¹²⁰ un nivel proximal y otro nivel distal a la fractura. Este montaje sólo lleva cuatro tornillos pediculares, dos barras y un DTT. Se conseguían espectaculares mejorías iniciales pero, a los pocos meses de la cirugía, se observaba un fracaso del montaje, con pérdida de la corrección, aflojamiento de la instrumentación y, en muchos casos, rotura del material implantado el primero en señalar este hecho fue M^cClain et al.¹¹⁶

En 1990, Stauffer¹⁵⁷ dio cuenta de la reaparición de cifosis utilizando una fijación corta pero, este autor no utilizó el tornillo intermedio que recomendamos nosotros en nuestro trabajo.

Ante el fracaso de los montajes cortos, han aparecido en la literatura publicaciones de diferentes montajes con, la intención de hacerlos más fuertes y más sólidos y evitar su fracaso y aflojamiento. El famoso montaje presentado por Argeson⁷,

recomendaba implantar únicamente cuatro tornillos y ganchos supralaminares a nivel proximal y a nivel distal ganchos infralaminares, los ganchos y los tornillos hacen una pinza que se conoce como la pinza pedículo laminar

La mejoría teórica de este montaje no evitaba los fracasos del mismo, y pronto aparecían las roturas del material, rotura de los tornillos y de las barras del montaje Para optimizar el tratamiento quirúrgico, se presentaron diferentes montajes con ganchos a diferentes alturas con diferentes tornillos⁵. Todos estos montajes huían de la fijación de la vértebra fracturada, probablemente por la incertidumbre de saber qué pasaría con los fragmentos óseos.

Comenzamos con la idea razonable de intentar unir todos estos fragmentos de la vértebra fracturada, y evitar su desplazamiento posterior tanto hacia el canal como hacia adelante. Comenzamos esta fijación colocando tornillos

pediculares a nivel proximal de la fractura, a nivel de la vértebra fracturada y en la vértebra distal a la vértebra fracturada.

La técnica que presentamos en esta tesis se basa en las publicaciones y las presentaciones de algunos autores demostrando que un montaje de seis tornillos resiste la flexión 84% más que un montaje de cuatro tornillos., trabajo presentado por Dick en Scoliosis Research Society (SRS) de Dublín 1993⁴⁴.

Se ha presentado recientemente un interesante trabajo comparativo entre la fijación de cuatro tornillos comparada con la de seis tornillos pediculares en la región toracolumbar, en Miami en la reunión anual de SRS del 2005, observando un aumento importantísimo de la rigidez y la solidez del sistema de seis tornillos, comparado con el de cuatro tornillos²⁹.

A pesar de la solidez y resistencia del sistema, los tornillos pediculares, implantados en la vértebra distal a la

fractura, sufren mucha presión con el riesgo de que puedan aflojarse o desprenderse en flexión³⁰

Los tornillos distales de los modelos previos a éste están sometidos a gran carga en flexión, por lo tanto pensamos que estos tornillos deben ser protegidos por una pinza pedículo laminar colocando un gancho en la lámina de la vértebra distal a la fracturada, evitando el aflojamiento o la rotura de los tornillos a ese nivel.

Otro trabajo interesante publicado por Chiba³⁰, demuestra que los ganchos distales protegen los tornillos de la emigración y del aflojamiento o rotura.

Por lo tanto en este marco teórico biomecánico pensamos que el montaje de seis tornillos con un gancho pedículo- láminar a nivel distal de la vértebra fracturada, sin necesidad de instrumentar más vértebras es el más sólido para tratar las fracturas estallido toraco-lumbares.

En esta serie que presentamos no ha habido ningún fallo de la instrumentación y tampoco hubo reintervenciones. Todos los pacientes han vuelto a su trabajo previo a la fractura, tras la artrodesis, únicamente una vértebra proximal y una vértebra distal a la fracturada.

Los resultados clínicos y radiológicos del tratamiento quirúrgico de las fracturas toracolumbares y lumbares altas complejas con esta nueva técnica quirúrgicas, con mejoría del dolor; de la función; la discapacidad laboral; del bienestar y del grado de satisfacción, se comparan favorablemente con otras publicadas en la literatura medica.^{5,7,116}

En ningún caso se ha observado un deterioro neurológico, o un aumento de la ocupación del canal, como consecuencia de la introducción de un tornillo pedicular en la vértebra fracturada.

CONCLUSIONES

Basándonos en esta experiencia clínica y en los resultados de esta nueva técnica, podemos concluir que:

1- El tornillo pedicular en la vértebras fracturas es técnicamente fácil de colocar y seguro sin ningún deterioro de la fractura.

2- Los resultados clínicos valorando el dolor; la función; la discapacidad laboral; el grado de satisfacción y el bienestar son satisfactorios.

3- Con esta nueva técnica se ha conseguido una recuperación media de la altura anatómica de cuerpo vertebral fracturado hasta 83%. Esta reducción se mantiene durante el seguimiento clínico.

4- La mejoría de la cifosis local inicial se ha mantenido durante la evolución de la fractura.

5- Esta nueva técnica quirúrgica evita la secuela neurológica, y mantiene la corrección de la ocupación del canal raquídeo.

6- El montaje pedicular corto, colocando un tornillo en la vértebra fracturada así como pinza pedículo laminar evita el fracaso de este montaje, mantiene la corrección y consigue una artrodesis sólida.

BIBLIOGRAFIA

1. Aglietti P, Di Muria GV, Taylor TK, et al: Conservative treatment of thoracic and lumbar vertebral fractures. *Ital J Orthop Traumatol (Suppl)* 1983;9:83-105.
2. An HS, Vaccaro A, Cotler JM, et al: Low lumbar burst fractures: Comparison among body cast, Harrington rod, Luque rod. and Steffee plate *Spine* 1991; 16:S440-S444.
3. An HS, Cotler JM: Spinal Instrumentation, Baltimore, Williams & Wilkins, 1992.
4. An HS, Simpson JM, Ebraheim NA, et al: Low lumbar burst fractures: Comparison between conservative and surgical treatments. *Orthopaedics* 1992;15:367-373.
5. An, HS. Singh, K; Vaccaro, AR. et al: Biomechanical evaluation of contemporary posterior spinal internal fixation. Configurations in an unstable burst-fracture calf spine model: Special references of hook configurations and pedicle Screws. *Spine* 2004 29(3):257-262.
6. Andriacchi T, Schultz A, Belytschko T, et al.: A model for studies of mechanical interactions between the human spine and rib cage. *J Biomech* 1974;7:497-507.
7. Argenson C, Boileau P: Specific injuries and management, in Folman Y, Farcy JPC, Argenson C(eds): Thoracolumbar Spine Fractures. New York, Raven, 1993, pp 195-214.
8. Asher MA, Strippgen WE, Heinig CF, et al: Isola spinal implant system. *Semin Spine Surg* 1992;4:175-192.
9. Ashman RB, Birch JG, Bone LB, et al: Mechanical testing of spinal instrumentation. *Clin Orthop* 1988;227:113-125.
10. Bayley JC, Yuan HA, Frederickson BE: The Syracuse-I plate. *Spine* 1991;16:S120-S124.
11. Bedbrook GM: Treatment of thoracolumbar dislocation and fractures with paraplegia. *Clin Orthop* 1975;112:27-43.
12. Bedbrook GM: Spinal injuries with tetraplegia and paraplegia. *J Bone Joint Surg* 1979;61B:267-284.
13. Bedbrook GM: Fracture dislocations of the spine with and without paralysis: The case for conservatism and against operative techniques, in Leach RE, Hoaglund FT, Riseborough EJ (eds) : Controversies in Orthopaedic Surgery. Philadelphia, WB Saunders, 1982, pp 423-445.
14. Bentley G, McSweeney T: Multiple spinal injuries. *Br J Surg* 1968;55:565-570.
15. Bohler L: The Rx of Fx's, New York, Grune & Stratton, vol. 5 pp 323-340.
16. Bohler L: The Treatment of Fractures, ed 4 (English). Baltimore, W Wood & Co. 1935.

17. Bohlman HH: Acute fractures and dislocations of the cervical spine: An analysis of three hundred hospitalized patients and review of the literature. *J Bone Joint Surg* 1979;61A:1119-1142.
18. Bohlman HH: Treatment of fractures and dislocations of the thoracic and lumbar spine. *J Bone Joint Surg* 1985;67A:165-169.
19. Böhm H, Harms J, Donk R, et al: Correction and stabilization of angular kyphosis. *Clin Orthop* 1990;258:56-61.
20. Bolesta MJ, Bohlman HH: Late sequelae of thoracolumbar fractures and fracture-dislocations: Surgical treatment, in Frymoyer JW, Ducker TB, Hadler NM, et al (eds): The Adult Spine: Principles and Practice, New York, Raven Press, 1991, vol 2, chap 62, pp1331-1352.**175
21. Bondurant FJ, Cotler HB, Kulkarni MV, et al: Acute spinal cord injury: A study using physical examination and magnetic resonance imaging. *Spine* 1990;15:161-168.
22. Bradford DS, Akbarnia BA, Winter RB, et al: Surgical stabilization of fracture and fracture dislocations of the thoracic spine. *Spine* 1977;2:185-196.
23. Brightman RP, Miller CA, Rea GL, et al: Magnetic resonance imaging of trauma to the thoracic and lumbar spine: The importance of the posterior longitudinal element. *Spine* 1992;17:541-550.
24. Bryant CE, Sullivan JA: Management of thoracic and lumbar spine fractures with Harrington distraction rods and segmental wiring. *Spine* 1983;8:532-537.
25. Calenoff L, Chesare JW, Rodgers LF, et al: Multiple level spinal injuries: Importance of early recognition. *AJR* 1978;130:665-669.
26. Carson WL, Redman RS, Richards K: Bending stiffness and strength of VSP, ISOLA, CD, TSRH and longitudinal member to bone screw connection subconstructs. Presented at Federation of Spine Association, Washington DC, 1992.
27. Chakera TM, Bedbrook G, Bradley CM: Spontaneous resolution of spinal canal deformity after burst-dispersion fracture. *AJNR* 1988;9:779-785.
28. Chance GQ: Note on a type of flexion fracture of the spine. *Br J Radiol* 1948;21:452-453.
29. Chiappetta G, Chen J.: Biomechanics of two vs. three point posterior fixation for an unstable L1 burst fracture. Presented at the meeting of the Scoliosis Research Society, Miami, Florida, October 23, 2005.**189
30. Chiba M, McLain RF et al. Short-segment Pedicle Instrumentation: Biomechanical Analysis of Supplemental Hook Fixation. *Spine* 1996 21(3):288-294
31. Clark WL, Haldeman S, Johnson P, et al: Back impairment and disability determination: Another attempt at objective reliable rating. *Spine* 1988;13:332-341.
32. Cotler JM, Vernace JV, Mickalski JA: The use of Harrington rods in thoracolumbar fractures. *Orthop Clin North Am* 1986;17:87-103.
33. Court-Brown CM, Gertzbein SD: The management of burst fractures of the fifth lumbar vertebra. *Spine* 1987;12:308-312.
34. Cunningham BW, Seftor JC, Shono Y, et al: Static and cyclical biomechanical analysis of pedicle screw constructs. Presented at the Scoliosis Research Society Meeting, Kansas City, Kansas, September 1992.

35. Davies WE, Morris JH, Hill V: An analysis of conservative (non-surgical) management of thoracolumbar fractures and fracture-dislocations with neural damage. *J Bone Joint Surg* 1980;62A:1324-1328.
36. De Klerk, LW, Fontijne, W; Stijnen, T, et al Spontaneous Remodelling of the Spinal Canal After Conservative Management of Thoracolumbar Burst Fractures. *Spine* 1998 23(9):1057-1060.
37. DeKutoski MB, Conlan ES, Salciccioli GG: Spinal mobility and deformity after Harrington rod stabilization and limited arthrodesis of thoracolumbar fractures. *J Bone Joint Surg* 1993;75A:168-176.
38. Denis F: The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine* 1983;8:817-831.
39. Denis F: Spinal instability as defined by the three column spine concept in acute spinal trauma. *Clin Orthop* 1984;189:65-76.
40. Denis F, Armstrong GW, Searls K: Acute thoracolumbar burst fractures in the absence of neurological deficit. *Clin Orthop* 1984;189:142-149.
41. Denis F, Armstrong GW, Searls K, et al: Acute thoracolumbar burst fractures in the absence of neurological deficit: A comparison between operative and nonoperative treatment. *Clin Orthop* 1984;189:142-149.
42. Denis F, Burkus JK: Shear fracture-dislocations of the thoracic and lumbar spine associated with forceful hyperextension (lumbarjack paraplegia). *Spine* 1992;17:156-161
43. Dick W, Kluger P, Magerl F, et al: A new device for internal fixation of thoracolumbar and lumbar spine fractures: The "Fixateur Interne". *Paraplegia* 1985;23:225-232.
44. Dick J, Jones M.: A biomechanical comparison evaluating the use of intermediate screws and crosslinkage in lumbar pedicle fixation. Presented at the meeting of the Scoliosis Research Society, Dublin, Ireland, September 18, 1993.
45. Dick W: The "fixateur interne" as a versatile implant for spine surgery. *Spine* 1987;12:882-900.
46. Dickson JH, Harrington PR, Erwin WD: Results of reduction and stabilization of the severely fractured thoracic and lumbar spine. *J Bone Joint Surg* 1978;60A:799-805.
47. Dunn HK: Anterior stabilization of thoracolumbar injuries. *Clin Orthop* 1984;189:116-124.
48. Ebelke DK, Asher MA, Neff JR, et al: Survivorship analysis of VSP spine instrumentation in the treatment of thoracolumbar and lumbar burst fractures. *Spine* 1991;16:S428-S432.
49. Edwards CC, Rhyne A: late treatment of posttraumatic kyphosis. *Semin Spine Surg* 1990;2:63-69.
50. Engelberg AL (ed): *Guides to the Evaluation of Permanent Impairment*, ed 3. Chicago, American Medical Association, 1988.
51. Errico TJ, Paonessa K, McHenry T, et al: The strength of a C-D claw: A comparison of thoracic sub-laminar hook claw to pedicle/transverse process hook claw. Presented at Orthopaedic Research Society, Washington DC, 1992.
52. Esses SI, Botford DJ, Kostuik JP: Evaluation of surgical treatment for burst fractures. *Spine* 1990;15:667-673

53. Ferguson RI, Allen BL Jr: The evolution of segmental spinal instrumentation in the treatment of unstable thoracolumbar spine fractures. *Orthop Trans* 1982;6:346.
54. Ferguson RL, Allen BL Jr: A mechanistic classification of thoracolumbar spine fractures. *Clin Orthop* 1984;189:77-88.
55. Fidler MW: Remodelling of the spinal canal after burst fracture: A prospective study of two cases. *J Bone Joint Surg* 1988;70B:730-732.
56. Finn CA, Stauffer ES: Burst fractures of the fifth lumbar vertebra. *J Bone Joint Surg* 1992;74A:398-403.
57. Flesch JR, Leider LL, Erickson DL, et al.: Harrington instrumentation and spine fusion for unstable fractures and fracture-dislocations of the thoracic and lumbar spine. *J Bone joint Surg* 1977;59A:143-153.
58. Flesch JR, leider LL, Erickson DL, et al: Harrington instrumentation and spine fusion for unstable fractures and fracture-dislocations of the thoracic and lumbar spine. *J Bone Joint Surg* 1977;59A:143-153.
59. Fredrickson BE, Yuan HA, Miller H: Burst fractures of the fifth lumbar vertebrae: A report of four cases. *J Bone Joint Surg* 1982;64A:1088-1094.
60. Gaines RW, Humphreys WG: A plea for judgement in management of thoracolumbar fractures and fracture-dislocations. A reassessment of surgical indications. *Clin Orthop* 1984;189:36-42.
61. Gertzbein SD, Court-Brown CM, Jacobs RR, et al: Decompression and circumferential stabilization of unstable spinal fractures. *Spine* 1988;13:892-895.
62. Gertzbein SD, Court-Brown CM,: Flexion-distraction injuries of the lumbar spine: Mechanisms of injury and classification. *Clin Orthop* 1988;227:52-60.
63. Gertzbein SD, Court-Brown CM: Rationale for the management of flexion-distraction injuries of the thoracolumbar spine based on a new classification. *J Spinal Discord* 1989;2:176-183.
64. Gertzbein SD, Jacobs RR, Stoll J, et al: Results of a locking-hook spinal rod for fractures of the thoracic and lumbar spine. *Spine* 1990;15:275-280.
65. Gertzbein SD: Scoliosis Research Society: Multi-center spine fracture study. *Spine* 1992;17:528-540.
66. Gertzbein SD (ed): Classification of thoracic and lumbar fractures, in *Fractures of the Thoracic and Lumbar Spine*, Baltimore, Williams & Wilkins, 1992, pp 25-57.
67. Griffith HB, Gleave JR, Taylor RG : Changing patterns of fracture in the dorsal and lumbar spine. *Br Med J* 1966;5492:891-894.
68. Gupta A, el Masri WS: Multilevel spinal injuries: Incidence, distribution and neurological patterns. *J Bone Joint Surg* 1989;71B:692-695.
69. Gurr KR, McAfee PC, Shih CM: Biomechanical analysis of anterior and posterior instrumentation systems after corpectomy: A calf-spine model. *J Bone Joint Surg* 1988;70A:1182-1191.
70. Hadden WA, Gillespie WJ: Multiple level injuries of the cervical spine. *Injury* 1985;16:628-633.
71. Hanley EN Jr, Eskay ML: Thoracic spine fractures. *Orthopedics* 1989;12:689-696.
72. Hanley EN Jr, Simpkins A Jr, Phillips ED: Fractures of the thoracic, thoracolumbar and lumbar spine: Classification, basis for treatment, and timing of surgery. *Semin Spine Surg* 1990;2:2-7.

73. Hanley EN Jr, Simplins A Jr: Operative treatment of spinal injuries: Surgical management, in Browner BD, Jupiter JB, Levine AM, et al. (eds): Skeletal Trauma: Fractures, Dislocations, Ligamentous Injuries. Philadelphia, WB Saunders, 1992, pp 645-663.
74. Härmä M, Heliövaara M, Aromaa A, et al: Thoracic spine compression fractures in Finland. *Clin Orthop* 1986;205:188-194.
75. Hasday CA, Passoff TL, Perry J: Gait abnormalities arising from iatrogenic loss of lumbar lordosis secondary to Harrington instrumentation in lumbar fractures. *Spine* 1983;8:501-511.
76. Hass N, Blauth M, Tschernke H: Anterior plating in thoracolumbar spine injuries: Indication, technique, and results. *Spine* 1991;16:S100-S111.
77. Holdsworth F: Fractures, dislocations and fracture-dislocations of the spine. *J Bone Joint Surg* 1970;52A:1534-1551.
78. Hoppenfeld S, deBoer P: Surgical Exposures in Orthopaedics. Philadelphia, JB Lippincott, 1984.
79. Howland WJ, Curry JL, Buffington CB: Fulcrum fractures of the lumbar spine: Transverse fracture induced by an improperly placed seatbelt. *JAMA* 1965;193:240-241.
80. Jacobs RR, Asher MA, Snider RK: Thoracolumbar spinal injuries: A comparative study of recumbent and operative treatment in 100 patients. *Spine* 1980;5:463-477.
81. Jacobs RR, Casey MP: Surgical management of thoracolumbar spinal injuries: General principles and controversial considerations. *Clin Orthop* 1984;189:22-35.
82. Jefferson G, Riddoch G, Shires B, et al: Discussion on spinal injuries. *Proc R Soc Med* 1928;21:21-44.
83. Jodoin A, Dupuis P, Fraser M, et al: Unstable fractures of the thoracolumbar spine: A 10-year experience at Sacré-Coeur Hospital. *J Trauma* 1985;25:197-202.
84. Kaneda K, Abumi K, Fujiya M: Burst fractures with neurologic deficits of the thoracolumbar spine: Results of anterior decompression and stabilization with anterior instrumentation. *Spine* 1984;9:788-795.
85. Kaneda K: Kaneda anterior spinal instrumentation for thoracic and lumbar spine, in An HS, Cotler JM (eds): Spinal Instrumentation, Baltimore, William & Wilkins, 1992, Chap 25, pp 413-433.
86. Kaufer H, Hayes JT: Lumbar fracture-dislocation: A study of twenty-one cases. *J Bone Joint Surg* 1966;48A:712-730.
87. Kawalramani LS, Taylor RG: Multiple non-contiguous injuries to the spine. *Acta Orthop Scand* 1976;47:52.
88. Keeley J, Mayer TG, Cox R, et al: Quantification of lumbar function: Part 5: Reliability of range-of-motion measures in the sagittal plane and an in vivo torso rotation measurement technique. *Spine* 1986;11:31-35.
89. Keenan TL, Antony J, Benson DR: Noncontiguous spinal fractures. *J Trauma* 1990;30:489-491.
90. Keene JS, Lash EG, Kling TF: Undetected instability of "stable" thoracolumbar fractures. *J Orthop Trauma* 1985;2:201-211.
91. Kelly RP, Whitesides TE Jr: Treatment of lumbo-dorsal fracture dislocations. *Ann Surg* 1968;167:705-717.
92. Korres DS: *Fractures of the dorsal and lumbar spine*, thesis. Athens University, 1977.

93. Korres DS; Katsaros A, Pantazopoulos T, et al: Double or multiple level fractures of the spine . *Injury* 1981;13:147-152.
94. Kostuik JP, Maurais GR, Richardson WJ, et al: Combined single stage anterior and posterior osteotomy for correction of iatrogenic lumbar kyphosis. *Spine* 1988;13:257-266.
95. Kostuik JP, Matsusaki H: Anterior stabilization, instrumentation, and decompression for post-traumatic kyphosis. *Spine* 1989;14:379-386.
96. Kostuik JP, Huler RJ, Esses SI et al: Thoracolumbar spine fracture, in Frymoyer JW, Ducker TB, Hadler NM, et al (eds): The Adult Spine: Principles and Practice, New York, Raven Press, 1991, vol 2, chap 61, pp1269-1329.
97. Kosven AM: Olechenii oslozhnennykh perelomov pozvonochnika. *Ortop traumatol protez* 1965;26:56-58.
98. Krag MH: Biomechanics of thoracolumbar spinal fixation: A review. *Spine* 1991;16(35):584-599.
99. Krompinger WJ, Fredrickson BE, Mino DE, et al: Conservative treatment of fractures of the thoracic and lumbar spine. *Orthop Clin North Am* 1986;17:161-170.
100. Lagrone MO, Bradford DS, Moe JH, et al: Treatment of symptomatic flatback after spinal fusion. *J Bone Joint Surg* 1988;70A:569-580.
101. Lantz SA, Schultz AB: Lumbar spine orthosis wearing: I. Restriction of gross body motions. *Spine* 1986;11:834-837.
102. Lantz SA, Schultz AB: Lumbar spine orthosis wearing: II. Effect on trunk muscle myoelectric activity. *Spine* 1986;11:838-842.
103. Levine AM, Edwards CC: Low lumbar burst fractures: Reduction and stabilization using the modular spine fixation system. *Orthopedics* 1988;11:1427-1432.
104. Lindahl S, Willén J, Irstam L: Unstable thoracolumbar fractures: A comparative radiologic study of conservative treatment and Harrington instrumentation. *Acta Radiol* 1985;26:67-77.
105. Luque ER, Cassis N, Ramírez-Wiella G: Segmental spinal instrumentation in the treatment of fractures of the thoracolumbar spine. *Spine* 1982;7:312-317.
106. Magerl F, Harms J, Gertzebein SD, et al.: A new classification of spinal fractures. Presented at the Societe Internationale Orthopedie et Traumatologie Meeting, Montreal, Canada, September 9, 1990.
107. Malcolm BW, Bradford DS, Winter RB, et al: Post-traumatic kyphosis: A review of forty-eight surgically treated patients. *J Bone Joint Surg* 1981;63A:891-899
108. Mayer TG, Tencer AF, Kristoferson S, et al: Use of noninvasive techniques for quantification of spinal range-of motion in normal subjects and chronic low-back dysfunction patients. *Spine* 1984;9:588-595.
109. McAfee PC, Yuan HA, Lasda NA: The unstable burst fracture. *Spine* 1982;7:365-373.
110. McAfee PC, Yuan HA, Fredrickson BE, et al.: The value of computed tomography in thoracolumbar fractures: An analysis of one hundred consecutive cases and a new classification. *J Bone Joint Surg* 1983;65A:461-473.
111. McAfee PC, Werner FW, Glisson RR: A biomechanical analysis of spinal instrumentation systems in thoracolumbar fractures: Comparison of

- traditional Harrington distraction instrumentation with segmental spinal instrumentation. *Spine* 1985;10:204-217.
112. McAfee PC, Bohlman HH, Yuan HA: Anterior decompression of traumatic thoracolumbar fractures with incomplete neurological deficit using a retroperitoneal approach. *J Bone Joint Surg* 1985;67A:89-104.
 113. McAfee PC, Regan JJ, Farey ID, et al: The biomechanical and histomorphometric properties of anterior lumbar fusions: A canine model. *J Spinal Discor* 1988;1:101-110.
 114. McAfee PC, Farey ID, Sutterlin CE et al: 1989 Volvo award in basic science. Device related osteoporosis with spinal instrumentation. *Spine* 1989;14:919-926.
 115. McAfee PC, Farey ID, Sutterlin CE, The effect of spinal plant rigidity on vertebral bone density: A canine model. *Spine* 1991;16(5):S190-S197.
 116. McClain RF, Sparling E, Benson DR: Early failure of short-segment pedicle instrumentation for thoracolumbar fractures. *J Bone Joint Surg* 1993;75A:159-167.
 117. McDonough PW, Davis R, Tribus C, The Management of Acute Thoracolumbar Burst Fractures with Anterior Corpectomy and Z-Plate Fixation. *Spine* 2004. 29(17):1901-1908.
 118. McEvoy RD, Bradford DS: The management of burst fractures of the thoracic and lumbar spine: Experience in 53 patients. *Spine* 1985;10:631-637.
 119. McNamara MJ, Stephens GC, Spengler DM: Transpedicular short-segment fusions for the treatment of lumbar burst fractures. *J Spinal Discord* 1992;5:183-187.
 120. Mhaidli H, Montesdeoca A, Lorenzo JA, Short-segment pedicle instrumentation for thoracolumbar fractures with pedicle screws in the injured vertebra. Proceedings of the North American Spine Society 17th Annual Meeting, Montreal, Canada october 29 – November 2, 2002. Rosemont Il: North American Spine Society, 2002: 85S.
 121. Miller JAA, Schultz AB, Spencer DL: Mechanical properties of adult lumbar spine motion segments under large loads. *Orthop Trans* 1983;7:329-331.
 122. Mumford J, Weinstein JN, Spratt KF: Thoracolumbar burst fractures: the clinical outcome of nonoperative management. Presented at the North American Spine Society, Boston, July 9, 1992.
 123. Murphy MJ, Southwick WO, Ogden JA: Treatment of the unstable thoraco-lumbar spine with combination Harrington distraction and compression rods. *Orthop Trans* 1982;6:9.
 124. Nagel DA, Koogle TA, Piziali RL, et al: Stability of the upper lumbar spine following progressive disruptions and the application of individual internal and external fixation devices. *J Bone Joint Surg* 1981;63A:62-70.
 125. Nagel DA, Kramers PC, Rahn BA: A paradigm of delayed union and non-union in the lumbosacral joint: A study of motion and bone grafting of the lumbosacral spine in sheep. *Spine* 1991; 6:553-559.
 126. Nicoll EA: Fractures of the dorso-lumbar spine. *J Bone Joint Surg* 1949;31B:376-394.
 127. Norton PL, Brown T: The immobilizing efficiency of back braces: Their effect on the posture and motion of the lumbosacral spine. *J Bone Joint Surg* 1957;39A:111-139.

128. O'Malley KF, Ross SE: The incidence of injury to the cervical spine in patients with craneocerebral injury. *J Trauma* 1988;28:1476-1478.
129. Oxland TR, Lin R-M, Panjabi MM: Three-dimensional mechanical properties of the thoracolumbar junction. *J Ortop Res* 1992;10:573-580.
130. Oxland TR, Panjabi MM, Southern EP, et al.: An anatomic basis for spinal instability: A porcine trauma model. *J Orthop Res* 1991;9:452-462.
131. Panjabi MM, Brand RA Jr, White AA III: Mechanical properties of the human thoracic spine as shown by three dimensional load-displacement curves. *J Bone Joint Surg* 1976;58A:642-652.
132. Panjabi MM, Hausfeld JN, White AA III: A biomechanical study of the ligamentous stability of the thoracic spine in man. *Acta orthop Scand* 1981;52:315-326.
133. Panjabi MM, Goel VK, Takata K: Physiologic strains in the lumbar spinal ligaments: An in vitro biomechanical study. 1981 Volvo award in biomechanics. *Spine*. 1982;7:192-203.
134. Patwardhan AG, Li SP, Gavin T, et al.: Orthotic stabilization of thoracolumbar injuries: A biomechanical analysis of the Jewett hyperextension orthosis. *Spine* 1990;15:654-661.
135. Pinzur MS, Meyer PR, Lautenschlager EP, et al: Measurement of internal fixation device support in experimentally produced fractures of the Purcell GA, Markoff KL, Dawson EG: Twelfth thoracic-first lumbar vertebral mechanical stability of fractures after Harrington-rod instrumentation. *J Bone Joint Surg* 1981;63A:71-78.
136. Pinzur MS, Meyer PR, Lautenschlager EP, et al: Measurement of internal fixation device support in experimentally produced fractures of the dorsolumbar spine. *Orthopedics* 1979;1:28-33.
137. Post MJ, Green BA, Quencer RM, et al.: The value of computed tomography in spinal trauma. *Spine* 1982;7(5):417-431.
138. Praemer A, Furner S, Rice DP: : *Musculoskeletal Conditions in the United States*, Park Ridge, American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1992, chap 6, pp 113-124.
139. Purcell GA, Markoff KL, Dawson EG: Twelfth thoracic-first lumbar vertebral mechanical stability of fractures after Harrington-rod instrumentation. *J Bone Joint Surg* 1981;63A:71-78.
140. Reid DC, Henderson R, Saboe L, et al: Etiology and clinical course of missed spine fractures. *J Trauma* 1987;27:980-986.
141. Reid DC, Hu R, Davis LA, et al: The nonoperative treatment of burst fractures of the thoracolumbar junction. *J Trauma* 1988;28:1188-1194.
142. Rimoldi RI, Hu SS, Zigler JE, et al: The effect of surgical intervention on rehabilitation time in patients with thoracolumbar and lumbar spinal cord injuries. Presented at the AAOS, Washington DC, 1992.
143. Roaf R: A study of the mechanics of spinal injuries. *J Bone Joint Surg* 1960;42B:810-823.
144. Roberts JB, Curtiss PH Jr: Stability of the thoracic and lumbar spine in traumatic paraplegia following fracture or fracture-dislocation. *J Bone Joint Surg* 1970;52A:1115-1130.
145. Roberson JR, Whitesides TE Jr: Surgical reconstruction of late post-traumatic thoracolumbar kyphosis. *Spine* 1985;10:307-312
146. Roy-Camille R, Saillant G, Sagnet P: Traumatologie du rachis, in Detre P (ed): *Chirurgie d'urgence*, Paris, Mason et Cie, 1976, pp 690-719

147. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C: Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating. *Clin Orthop* 1986;203:7-17.
148. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C: Plating of thoracic, thoracolumbar and lumbar injuries with pedicle screw plates. *Clin Orthop North Am* 1986;17:147-159.
149. Ruland CM, McAfee PC, Warden KE, et al: Triangulation of pedicular instrumentation: A biomechanical analysis. *Spine* 1991;16(65):S270-S276.
150. Sances A Jr, Myklebust JB, Maiman DJ, et al.: The biomechanics of spinal injuries. *Crit Rev Biomed Eng* 1984;11:1-65.
151. Sasso RC, Cotler HB, Reuben JD: Posterior fixation of thoracic and lumbar spine fractures using DC plates and pedicle screws. *Spine* 1991;16:S134-S139.
152. Scher AT: A plea for routine radiographic examination of the cervical spine after head injury. *S Afr Med J* 1977;51:885-887.
153. Shear P, Hugenholtz H, Richard MT, et al: Multiple noncontiguous fractures of the cervical spine. *J Trauma* 1988;28:655-659.
154. Smith SA, Abitbol JJ, Anderson DR, et al: The effects of depth of penetration, screw orientation and bone density on sacral screw fixation. Presented at the Orthopaedic Research Society, Washington DC, 1992.
155. Soreff J, Axdorph G, Bylund P, et al: Treatment of patients with unstable fractures of the thoracic and lumbar spine: A follow-up study of surgical and conservative treatment. *Acta Orthop Scand* 1982;53:369-381.
156. Starr JK, Hanley EN Jr: Junctional burst fractures. *Spine* 1992;17:551-557.
157. Stauffer ES: The use of the AO fixateur interne for spine fractures. *Semin Spine Surg* 1990;2(1):19-23.
158. Stauffer ES, (ed) *Thoracolumbar Spine Fractures Without Neurological Deficit* AAOS Monograph Series, Rosemont Il, 1993.
159. Steffee AD, Biscup RS, Sitkowski DJ: Segmental spine plates with pedicle screw fixation: A new internal fixation device for disorders of the lumbar and thoracolumbar spine. *Clin Orthop* 1986;203:45-53.
160. Sullivan JA, Bryant CE: Management of thoracic and lumbar spine fractures with Harrington rods supplemented with segmental wires. Presented at the meeting of the Scoliosis Research Society, Denver, Colorado, September 23, 1982.
161. Sullivan JA, Conner SB: Comparison of Harrington instrumentation and segmental spinal instrumentation in the management of neuromuscular spinal deformity. *Spine* 1982;7:299-304.
162. Svensson O, Aaro S, Ohlén G: Harrington instrumentation for thoracic and lumbar vertebral fractures. *Acta Orthop Scand* 1984;55:38-47.
163. Vaccaro AR, An HS, Lin S, et al: Noncontiguous injuries of the spine. *J Spinal Discord* 1992;5:320-329.
164. Vaccaro AR, Lehman RA. Jr, Hurlbert RJ, A New Classification of Thoracolumbar Injuries: The Importance of Injury Morphology, the Integrity of the Posterior Ligamentous Complex, and Neurologic Status. *Spine* 2005 30(20):2325-2333.
165. Van Hanswyk EP, Yuan HA, Eckhardt WA: Orthotic management of thoraco-lumbar spine fractures with a "total-contact" TSLO. *Orthot Prosthet* 1979;33:10-19.

166. Walsh JJ; Personal communication, 1967, in Bentley G, McSweeney T (eds): Multiple spinal injuries. *Br J Surg* 1968;55:565-570.
167. Waddell G: Clinical assessment of lumbar impairment. *Clin Orthop* 1987;221:110-120.
168. Watson-Jones R: *Fractures and Joint Injuries*, ed 3. Baltimore, Williams & Wilkins, 1943.
169. Weinstein JN, Collalto P, Lehmann TR: Thoracolumbar "burst" fractures treated conservatively: A long-term follow-up. *Spine* 1988;13:33-38.
170. Weinstein JN, Collalto P, Lehmann TR: Long term follow-up of non-operatively treated thoracolumbar spine fractures. *J Orthop Trauma* 1987;1:152.
171. White AA III, Panjabi MM, Thomas CL: The clinical biomechanics of kyphotic deformities. *Clin Orthop* 1977;128:8-17.
172. White AA, Panjabi MM, Tech BE: Clinical instability of the spine. *Spine* 1979;4:219.
173. White AA III, Panjabi MM: The problem of clinical instability in the human spine: A systematic approach, in White AA III, Panjabi MM (eds): *Clinical Biomechanics of the Spine*, ed. 2, Philadelphia JB Lippincott, 1990, chap 5, pp 277-378.
174. White RR, Newberg A, Seligson D: Computerized tomographic assessment of the traumatized dorsolumbar spine before and after Harrington instrumentation. *Clin Orthop* 1980;146:150-156.
175. Whitesides TE Jr: Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine. *Clin Orthop* 1977;128:78-92.
176. Willén J, Lindahl S, Irstam L, et al: Unstable thoracolumbar fractures: A study by CT and conventional roentgenology of the reduction effect of Harrington instrumentation. *Spine* 1984;9:214-219.
177. Willén J, Lindahl S, Irstam I, et al: The thoracolumbar crush fracture: An experimental study on instant axial dynamic loading: The resulting fracture type and its stability. *Spine* 1984;9:624-631.
178. Wittenberg RH, Shea M, Edwards WT, et al: A biomechanical study of the fatigue characteristics of thoracolumbar fixation implants in a calf spine model. *Spine* 1992;65:121-128.
179. Young MH: Long-term consequences of stable fractures of the thoracic and lumbar vertebral bodies. *J Bone Joint Surg* 1973;55B:295-300.
180. Zbledick TA, Shirado O, McAfee PC, et al: Anterior spinal fixation after lumbar corpectomy: A study in dogs. *J Bone Joint Surg* 1991;73A:527-534.