

Fijación transpedicular para el tratamiento de fracturas de la columna toracolumbar y lumbar

Experiencia multicéntrica - 10 años

Autor: Dr. Víctor Elías Arrieta María * Dr. José María Niño Caicedo**

Coautor: Dr. Javier Ernesto Matta Ibarra***

*Ortopedista - Traumatólogo, Profesional en entrenamiento-Supraespecialidad Cirugía de Columna Vertebral y Pelvis. Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Militar Central.

**Residente Cuarto año, Servicio de Ortopedia y Traumatología, Universidad Militar Nueva Granada, Hospital Militar Central.

*** Ortopedista - Traumatólogo, Cirugía de Columna Vertebral y Pelvis. Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Militar Central. Docente

Investigador, Facultad de Medicina - Universidad Militar Nueva Granada.

RESUMEN

La técnica de fijación transpedicular proporciona gran estabilidad biomecánica ya que fija los tres pilares de la columna vertebral, permitiendo su aplicación para patologías traumáticas, degenerativas y deformidades; se estudiaron cincuenta pacientes (34 hombres, 16 mujeres); fueron intervenidos entre febrero 1992 y febrero 2002, promedio de edad 32 años, promedio de seguimiento 53 meses. Los casos se tabularon según diagnóstico, mecanismo de trauma, déficit neurológico, lesiones asociadas, procedimientos descompresivos, nivel anatómico de lesión, número de vértebras fijadas, número de tornillos colocados, tipo de injertos óseos.

Como causas de lesión se encontraron 30 casos (60%) de accidentes en vehículo motor y 17 casos (34%) caídas de altura; las vértebras más lesionadas fueron L1 con 25 casos (50%) y T12 nueve casos (18%). No requirieron descompresión 37 pacientes (74%), ocho (16%) requirieron descompresión vía posterior y cinco (10%) descompresión por vía anterior. Se colocaron 200 tornillos transpediculares sin complicaciones intraoperatorias. Las complicaciones presentadas fueron infección 4%, falla ósea 2%, ruptura de material 2%. No se presentó pseudoartrosis. La fijación transpedicular es una técnica segura para el tratamiento de fracturas de la columna toracolumbar y lumbar, el promedio de vértebras fijadas es menor que con las técnicas de Harrington y Luque, preservando en mayor grado la movilidad articular; la asociación de fijación transpedicular con artrodesis y fusión con injertos autógenos, disminuye la incidencia de pseudoartrosis.

SUMMARY

Background

This technique was first reported in the 60's by Roy Camille, but it became popular in the late 90's. This technique itself has a great biomechanical stability since it involve the anterior, medium and posterior columns of Denis, which is valuable in traumatic, deforming and degenerative pathologies.

Materials and Method

Fifty patients were reviewed in a time span from 1992 to 2002; average age 32 years, average follow up 53 months. The analyzed variables were: diagnostic, mechanism of trauma, neurologic deficit, additional injuries, decompressive procedures, anatomic level, number of screws used and complications.

Results

There were 30 cases (60%) of burst fractures, 17 (34%) luxofractures, two wedge fractures and one flexion-distraction fracture. The causes of the injuries found were 25 (50%) cases of vehicle motor accidents and 21 (42%) falls. The most compromised level was L1: 23 cases (46%). Eight patients required posterior decompression and five (10%) anterior decompression. 200 transpedicular screws were placed without intraoperative complications.

The complications presented were: deep infections 4%, material breakdown 2%, bone failure 2%. There were not pseudoartrosis.

INTRODUCCION

Las lesiones traumáticas agudas de la columna vertebral y la médula espinal, se encuentran entre las causas más comunes de incapacidad grave y muerte después de traumatismo. El diagnóstico de estas lesiones suele ser tardío y el tratamiento a menudo no es el estandarizado o es inadecuado, lo que conlleva a un retardo en la rehabilitación del paciente (2,6,7,8,9,12).

Hace cerca de 5.000 años en el papiro quirúrgico de Egipto de Edwin Smith, se describieron las lesiones traumáticas de la médula espinal como patologías que no deberían tratarse; por desgracia, esta actitud pesimista persistió muchos cientos de años.

Durante los dos últimos decenios se ha renovado el interés por el tratamiento y la investigación de los pacientes con lesiones traumáticas de la columna vertebral y médula espinal.

Con la conformación de centros de traumatología y lesiones de la médula espinal en Estados Unidos, la asistencia de urgencia y el tratamiento médico - quirúrgico inicial han mejorado sustancialmente, así como también la rehabilitación postraumática.

En el laboratorio se ha estudiado la biomecánica de la columna vertebral normal, lo mismo que la lesión traumática de ésta, lográndose una definición más precisa de la inestabilidad (44,85). Mediante los esfuerzos combinados del cirujano y del bioingeniero, se han valorado diversos dispositivos de fijación interna para la columna vertebral en cuanto a su eficacia (51,67,84).

Los estudios recientes de diversos investigadores han permitido clasificar las lesiones traumáticas de la columna vertebral y de la médula espinal, de tal modo que el análisis clínico de las diversas modalidades terapéuticas se ha tornado más preciso.

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 (16,27,34,35,42,43) ; Denis (25), las ha clasificado para su manejo de una forma práctica en fracturas menores y fracturas mayores:

1. Fracturas menores: Fracturas de los procesos transversos, articulares, espinosos y pars interarticularis.
2. Fracturas mayores:
 - a. Acuñaamiento o compresión
 - b. Estallido
 - c. Cinturón de seguridad (flexión-distracción)
 - d. Luxofracturas

Desde el punto de vista imagenológico, las radiografías simples permiten determinar inestabilidad objetiva, la cual se constituye en una indicación quirúrgica.

Criterios radiológicos de inestabilidad:

1. Cifosis mayor de 20-30° (12)
2. Pérdida de altura del cuerpo vertebral mayor del 50% (12).
3. Criterios especiales:

Se consideran inestables aquellas lesiones que comprometen dos o tres de los pilares mencionados (75).

Las luxofracturas por definición son inestables.

Respecto al déficit neurológico pre y postoperatorio, éste se clasifica según la escala de Frankel (36) así:

- A. Déficit completo: Sin función motora o sensitiva preservada por debajo del nivel de la lesión.
- B. Déficit incompleto: Función sensitiva presente sin función motora preservada por debajo del nivel de la lesión.
- C. Déficit incompleto: Función motora preservada por debajo del nivel de la lesión, con una calificación de la fuerza muscular de un grado menor a 3/5.
- D. Déficit incompleto. Función motora preservada por debajo del nivel de la lesión, con una calificación de la fuerza muscular de un grado mayor o igual a 3/5.
- E. Normal. Función motora y sensitiva normales.

Entre las principales metas del tratamiento quirúrgico de las fracturas de la columna vertebral, se destacan la reducción, estabilidad y movilización temprana no dolorosa. Se asume que la fijación estable de la fractura y la descompresión de las estructuras neurológicas facilitan la restauración del déficit neurológico (15,18,28,29,30,31,45,46,47,73,74,85).

La mayoría de las fracturas toracolumbares agudas curan sin déficit neurológico, pero entre las que lo presentan, en el 75% de los casos el déficit es incompleto, afectando el cono medular y/o la cauda equina; cuando esto se presenta, debe efectuarse descompresión de las estructuras neurológicas preferencialmente por vía anterior.

Las instrumentaciones tradicionales de Harrington y Luque para reducción de las fracturas toracolumbares, fueron utilizadas en forma asidua hasta el advenimiento de las instrumentaciones transpediculares (3,22,26,40,79,82,87).

Con la técnica transpedicular se logran mejores reducciones, ya que los tornillos se colocan en las vértebras sanas adyacentes a la lesionada, preservando en consecuencia la movilidad articular en mayor grado. De otra parte se controla la presentación de deformidades postraumáticas, gracias a la estabilidad biomecánica proporcionada por los tornillos, los cuales fijan los tres pilares de Denis (25). Además de la fijación interna, la artrodesis facetaria y fusión posterior intertransversa con injertos óseos autólogos tomados de la cresta ilíaca, aseguran en el seguimiento la estabilidad biomecánica intervertebral.

Más aún con los nuevos modelos de fijadores transpediculares autoestables, es factible en la actualidad efectuar para algunas fracturas por acuñaamiento o estallido, recons-

titución vertebral sin artrodesis de las vértebras sanas adyacentes; este procedimiento se fundamenta en la restitución de la altura y conformación de la vértebra, gracias a la ligamentotaxis lograda con el fijador transpedicular implantado en forma transitoria (seis meses aproximadamente), combinado en algunos casos con la inyección de injertos en forma de pasta ósea vía transpedicular en la vértebra fracturada(23). Una vez que el fijador es retirado, teóricamente se puede recuperar en algún grado la movilidad intervertebral en el segmento fijado.

Manejo postoperatorio

Se da de alta al paciente continuando su control clínico por consulta externa a las dos, seis, doce semanas y posteriormente de acuerdo a necesidad, según evolución. La ortesis se retira una vez la consolidación radiológica sea confirmada (generalmente a las 12 semanas) (52).

Los tipos de ortesis para columna toracolumbar se utilizan según el nivel de la lesión:

- Lesiones entre T6 y L1 corsé toracolumbosacro (TLSO).
- Lesiones entre L2 y L5 corsé lumbosacro (LSO).

Se realizan estudios radiológicos en el transoperatorio, postoperatorio inmediato y en el seguimiento a las seis y doce semanas, seis meses y un año postoperatorios; posteriormente de acuerdo con necesidad individualizada.

El trabajo que presentamos reporta la experiencia de los últimos 10 años, efectuando la técnica convencional de fijación transpedicular (53) para el tratamiento de fracturas de las regiones toracolumbar y lumbar, utilizando como implantes el fijador interno AO (66) y la instrumentación analítica (56,57,59,60) entre otros.

Materiales y métodos

TIPO DE ESTUDIO

Estudio descriptivo, tipo serie de casos, prospectivo y multicéntrico que describe y analiza la experiencia con la fijación transpedicular, para el tratamiento de fracturas de las regiones toracolumbar y lumbar.

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Constituida por pacientes con patología traumática de las regiones toracolumbar y lumbar, tratados con la técnica de fijación transpedicular.

Muestra: El estudio comprende 50 pacientes ingresados

secuencialmente durante un período de 10 años, comprendidos entre febrero de 1992 y febrero de 2002. Fueron operados en el Hospital Militar Central 27 de ellos, los restantes en otras instituciones del país.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes con fracturas inestables de las regiones toracolumbar o lumbar.
- Consentimiento informado **firmado por el paciente o su acudiente, con anterioridad al procedimiento quirúrgico.**
- Participación directa del coautor, en el procedimiento quirúrgico de cada paciente intervenido.
- Utilización de una misma técnica quirúrgica estandarizada de fijación transpedicular en todos los pacientes incluidos.
- Seguimiento mínimo de cuatro meses después del procedimiento quirúrgico.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Pacientes a quienes se les aplicó la técnica de fijación transpedicular, para patologías no traumáticas.
- Pacientes con fracturas estables en las regiones toracolumbar o lumbar, a quienes se les realizó manejo ortopédico no quirúrgico.
- Pacientes con fracturas inestables de las regiones toracolumbar y lumbar, manejados con otras técnicas diferentes a la fijación transpedicular.
- Pacientes intervenidos por un cirujano diferente al coautor del trabajo.
- Pacientes que no cumplieron el tiempo mínimo de seguimiento postquirúrgico.

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se diseñó un instrumento de recolección de información que incluía datos básicos relativos a la historia clínica; se registraron las variables descritas y posteriormente se codificaron numéricamente para ser procesados por el programa estadístico Epiinfo 6.0. Los datos se recolectaron prospectivamente por el coautor y en algunos casos complementados con la historia clínica del paciente, obtenida en el servicio de estadística de la respectiva institución.

MÉTODO ESTADÍSTICO

Se utilizó estadística descriptiva. Para las variables de medición numérica se determinaron las siguientes medidas: promedios, desviación estándar, valor mínimo y valor máximo; las variables cualitativas se determinaron en fre-

cuencias y porcentajes.

RESULTADOS

Se analizaron 50 pacientes intervenidos quirúrgicamente en un período de 10 años, 34 hombres (68%) y 16 mujeres (32%); el promedio de edad fue de 32.08 años (rango 13 a 83 años) con una desviación estándar. 27 pacientes (54%) fueron operados en el Hospital Militar Central y 23 (46%) en otras instituciones del país, todos ellos con la participación directa del coautor del presente trabajo. El promedio del seguimiento clínico fue de 53.7 meses (Rango 4 a 114 meses).

Los diagnósticos (Figura 1) se distribuyeron de la siguiente forma: fracturas por estallido 30 casos (60%) (Figuras 3 a 6), luxofracturas 17 casos (34%), fracturas por acúñamiento 2 casos (4%) y fracturas por flexión distracción 1 caso (2%). (Figuras 7 a 10).

De acuerdo con el nivel anatómico de la lesión (Figura 2), la vértebra más frecuentemente lesionada fue L1 con 23 casos (46%), seguida de T12 con 9 casos (18%).

Con respecto al mecanismo de trauma, se encontró que 25 casos (50%) fueron causados por accidente de vehículo motor, caídas de altura 21 casos (42%) y heridas por arma de fuego 4 casos (8%).

El déficit neurológico inicial (Tabla 1) se describe así:

Tabla 1. Distribución del déficit neurológico inicial según la escala Frankel (68)		
Frankel	Frecuencia	%
A	11	22
B	3	6
C	2	4
D	17	34
E	17	34

Durante la evolución clínica se observó que cuatro pacientes cambiaron su estado de déficit neurológico y al final del seguimiento (Tabla 2) se les encontró así:

Tabla 2. Cambios en el grado de Frankel durante el seguimiento	
Estado neurológico inicial	Estado neurológico final-seguimiento
A11	A11
B3	B1
C2	C1
D17	D19
E17	E18

Las lesiones asociadas se resumen en la tabla 3 así como sigue:

Tabla 3. Lesiones asociadas a las fracturas vertebrales	
Tipo de lesión	No(%) de pacientes
Extremidades	5 (10%)
Politraumatismo	4 (8%)
Abdomen	3 (6%)
Tórax	1 (2%)

En cuanto a las descompresiones neurológicas, 37 casos (74%) no la requirieron, ocho casos (16%) requirieron descompresión por vía posterior y cinco casos (10%) por vía anterior.

En relación con la técnica de artrodesis, vale la pena destacar que en 21 casos (42%) se efectuó la técnica tradicional involucrando las vértebras adyacentes sanas a la fracturada (tres vértebras fijadas y artrodesadas). En 9 casos (18%) correspondientes a luxofracturas se artrodesaron y fijaron únicamente dos vértebras y en los casos restantes (14%) se fijaron y artrodesaron más de tres vértebras ya que por su complejidad lo ameritaban.

De otra parte, en 13 casos (26%) (fracturas por estallido) se realizó reconstitución vertebral mediante ligamentotaxis con el fijador interno AO sin artrodesis,

con el objeto de preservar la función articular de las vértebras involucradas luego de retirar el fijador, procedimiento realizado después del sexto mes postoperatorio (Ver sección Casos Clínicos).

En todos los casos los injertos óseos utilizados para las artrodesis fueron autógenos de cresta ilíaca. Se colocaron 200 tornillos pediculares en total en los 50 casos (100%) intervenidos. En cuanto a las complicaciones, se presentaron 2 casos (4%) de infección profunda por estafilococo dorado, uno de los cuales mejoró después de un lavado quirúrgico y antibióticoterapia; el otro requirió retiro de material, ya que la infección se cronificó y fue posteriormente fijado y artrodesado por vía anterior con el fijador ventrofix de la AO.

En 2 casos (4%) se presentó falla ósea; en el primer paciente de 83 años de edad, con enfermedad de Hansen y osteoporosis, se detectó subsidencia de los tornillos en la vértebra superior, siendo manejado con retiro de material y estabilización con la técnica Harrington - Luque; en el segundo paciente se detectó en el seguimiento, radiolucencia alrededor de los tornillos en la vértebra superior y ruptura de un tornillo sin migración, inestabilidad ni dolor, por lo que no ha justificado revisión quirúrgica. En 2 casos (4%) se presentó ruptura de la duramadre durante la descompresión neurológica; en uno de ellos se presentó además lesión radicular.

Casos clínicos

1. Fractura por estallido. Ver anexo, figuras 3 a 6
2. Fractura por flexión distracción.
Ver anexo, figuras 7 a 10

Discusión

Acorde con la literatura internacional (50,54,66), en el presente trabajo encontramos mayor incidencia de fracturas en pacientes jóvenes, secundarias a los accidentes de vehículo motor (50%) y caídas de altura (42%). Igualmente en cuanto al diagnóstico, predominaron las fracturas por estallido (60%) seguidas de las luxofracturas (34%) (50,54,66) y en cuanto a la ubicación anatómica las vértebras más afectadas fueron también T12 y L1 (50,54,66). Con respecto a la presentación de déficit neurológico inicial, nuestra casuística se diferencia ampliamente de los reportes de otras series, ya que en 66% de los casos se presentó algún tipo de déficit. Esto nos hace pensar que la mayoría de nuestros

pacientes presentaron traumas de alta energía, coexistiendo inestabilidad con déficit neurológico. El grupo de pacientes con déficit neurológico completo y el grupo sin déficit neurológico no presentaron cambios en su condición; por el contrario, en el grupo de (44%) pacientes con déficit neurológico parcial, 8% de ellos mejoraron en algún grado de su condición. Lo anterior nos ratifica que la severidad del trauma inicial sigue siendo determinante para el pronóstico neurológico (54).

Llama la atención que aunque el 44% de los pacientes presentaron déficit neurológico parcial, sólo se descomprimieron el 26% del total; esto se explica puesto que en la mayoría de ellos el déficit era sensorial (Frankel D).

En cuanto a la fijación y artrodesis, en la mayoría de pacientes se involucraron segmentos cortos de dos o tres vértebras (60%); acorde con uno de los principales objetivos de la fijación transpedicular (instrumentaciones cortas), como es preservar en mayor grado la funcionalidad articular. Es importante destacar también, que la técnica quirúrgica estandarizada con la participación directa del coautor en todos los casos operados, aunada a la fijación transpedicular estable y a una exhaustiva fusión y artrodesis con injertos óseos autógenos, se reflejó en la ausencia de pseudoartrosis.

La incidencia de infección (4%), aunque dentro de los reportes de la literatura (4% en la serie de Steffee y Brantigan - 10 de 250 pacientes estudiados) (81), nos cuestiona y probablemente se explique por el elevado número de procedimientos descompresivos asociados a la fijación y artrodesis (26%), que por convenio en nuestra Institución se efectúan entre los Servicios de Ortopedia y Neurocirugía, con la consecuente participación de un mayor número de cirujanos y por ende mayor tiempo quirúrgico.

La incidencia de fallas óseas y de material en nuestra serie se encuentra por debajo de algunos reportes de otras series (81,64,62); este hallazgo, así como también la ausencia de pseudoartrosis, nos estimula a continuar efectuando minuciosas fusiones y artrodesis con injertos óseos autógenos. La fijación transpedicular debe considerarse como una técnica segura (68) ya que en nuestra experiencia (200 tornillos colocados) no se presentaron complicaciones inherentes a dicha fijación, como falsas rutas, lesiones radicales, medulares o de la duramadre.

Recomendaciones

- La fijación transpedicular es una técnica segura para el manejo de las fracturas de las regiones toracolumbar y lumbar.
- En la fijación transpedicular el promedio de vértebras fijadas es menor que con las técnicas de Harrington y Luque, preservando en mayor grado la movilidad articular.
- La asociación de fijación transpedicular con artrodesis y fusión con injertos autógenos, disminuye la incidencia de pseudoartrosis.
- Consideramos que el presente trabajo, puede servir como base para profundizar hacia el futuro el tema de investigación.

Referencias bibliográficas

1. Anderson PA, Bohlman HH. Late anterior decompression of thoracolumbar spine fractures. *Seminars in Spine Surgery* 1990; 2:54-62.
2. Argenson C, Lovet L, De Peretti, et al. Treatment of spinal fractures with Cotrel Dubousset instrumentation. Results of the first 85 cases. Poster exhibit presented at the Scoliosis Research Society, Amsterdam, september, 1989.
3. Armstrong GWD, Johnston DH. Stabilization of spinal injuries using Harrington instrumentation. *J. Bone Joint Surg* 1974; 56B:570.
4. Benson DR. Unstable thoracolumbar fractures, with emphasis on the burst fracture. *Clin. Orthop* 1988; 230:14-29.
5. Benson DR, Burks JK, Montesano PX, et al. Unstable thoracolumbar and lumbar fractures treated with an AO fixateur interne. *J. Spinal Disord* 1992; 5(3): 335-343.
6. Bolesta MJ, Bohlman HH. Late sequelae of fractures and fracture-dislocations of the thoracolumbar spine: Surgical treatment. En Frymoyer, J., ed. *The Adult Spine - Principles and Practice*. New York : Raven Press; 1991, p. 1331-1352.
7. Bolesta MJ, Bohlman HH. Late complications of cervical fractures and dislocations and their surgical treatment. En Frymoyer J. ed. *The Adult Spine - Principles and Practice*. New York : Raven Press; 1991, p. 1107-1126.
8. Bohlman HH. Acute fractures and dislocations of the cervical spine: And analysis of 300 hospitalized patients and review of the literature. *J. Bone Surg* 1979; 61 A: 1119-1142.
9. Bohlman HH. Complications of treatment of fractures and dislocations of the cervical spine. En Epps C. ed. *Complications of Orthopaedic Surgery*. Philadelphia, J.B. Lippincott Co., 1985, p. 897-918.
10. Bohlman HH. Current concepts review: Treatment of fractures and dislocations of the thoracic and lumbar spine. *J. Bone Surg* 1985; 67 A : 165-169.
11. Bohlman HH. Late progressive paralysis and pain following fractures of the thoracolumbar spine: A report of 10 patients. *J. Bone Surg* 1976; 58 A: 723.
12. Bohlman HH. Post-traumatic lesions of the spine and sacrum. En Laurin CA, Riley LH, Roy-Camille R. ed. *Atlas of Orthopaedic Surgery*. Paris, Masson, 1989, p.393-410.
13. Bohlman HH. Treatment of thoracic and lumbar fractures and dislocations. Current concepts review. *J. Bone Joint Surg* 1985;76 A : 192-200.
14. Bohlman HH, Anderson PA. Anterior decompression and arthrodesis of the cervical spine: Long-term motor improvement
15. Bohlman HH, Eismont FJ. Surgical techniques of anterior decompression and fusion for spinal cord injuries. *Clin. Orthop* 1981; 154:57.
16. Bohlman HH, Bahniuk E, Raskulnecz G, Field G. Mechanical factors affecting recovery from incomplete cervical spinal cord injury: A preliminary report. *Johns Hopkins Med. J* 1979; 145:115-125.
17. Bolhman HH, Stautter ES, Ferguson R, Apple DF. Paraplegia secondary to thoracolumbar spinal trauma. *Contemporary Orthopaedics* 1988; 16:57-86.
18. Bradford DS, Akbarnia BA, Winter RB, Seljeskog EL. Surgical stabilization of fracture-dislocation of the thoracic spine. *Spine* 1977;2:185.
19. Cain JE, DeJong JT, Dinenberg AS, et al. Pathomechanical analysis of thoracolumbar burst reduction. *Spine* 1993; 18(12): 1647-1654.
20. Cheshire DJE. The stability of the cervical spine following the conservative treatment of fractures and fractures-dislocations. *Paraplegia* 1969; 7:193-203.
21. Cohen MS y cols. Thoracolumbar Compression Fractures. En Levine AM. *Spine Trauma*. ED. W.B. Saunders Company. Philadelphia, 1998; p. 388-401.
22. Coventry FR, Minter MA, Smith RW, Emerson SM. Fracture dislocation of dorsolumbar spine. Acute operative stabilization by Harrington instrumentation. *Spine* 1978; 3:160.
23. Daniaux H. Technik und erste Ergebnisse der transpedikulären Spongiosaplastik bei Kompressionsbrüchen im Lendenwirbelsäulenbereich. *Acta Chir. Austriaca (Suppl.)* 1982; 43:79.
24. Dekutoski MB, Conlan S, Saliciccoli GG. Spinal mobility and deformity after Harrington rod stabilization and limited arthrodesis of thoracolumbar fractures. *J. Bone Joint Surg* 1993; 75(2):168-176.
25. Deis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine* 1983; 8:817-831.
26. Denis F, Armstrong GWD, Searls K, Matta L. Acute thoracolumbar burst fractures in the absence of neurologic deficit. *Clin. Orthop* 1984; 198:142.
27. Dickson HH, Harrington PR, Erwin WD. Results of reduction and stabilization of the severely fractured thoracic and lumbar spine. *J. Bone Surg* 1978;60 A:799-805.
28. Donovan WH, Dwyer AP. An update on the early management of traumatic paraplegia (non-operative and operative management). *Clin. Orthop* 1984; 189:12.
29. Dunn HK. Anterior stabilization of thoracolumbar injuries. *Clin. Orthop* 1984; 189:116.
30. Edwards CC, Simmons S, Levine AM, Bands RE, Campbell SE. Primary rigid fixation of 135 thoracolumbar injuries: Analysis of results. *Orthop. Trans* 1985; 9:479.
31. Erikson DL, Leider LL, Brown WE. One-stage decompression-stabilization for thoracolumbar fractures. *Spine* 1977; 2: 53.
32. Farber GL, Place HM, Mazur RA, et al. Accuracy of pedicle screw placement in lumbar fusiones by plain radiographs and computed tomography. *Spine* 1995; 20(13):1494-1499.
33. Finn CA, Stauffer ES. Burst fracture of the fifth lumbar vertebra. *J. Bone Joint Surg* 1992; 74 A(3):398-403.
34. Flesch JR, Leider LL Jr., Bradford DS. Harrington instrumentation of thoracic and lumbar spinal injuries. *J. Bone Joint Surg* 1975; 57 A:1025.
35. Flesch JR, Leider LL Jr., Erickson DD, et al. Harrington instrumentation and spine fusion for unstable fractures and fracture dislocations of the thoracic and lumbar spine. *J. Bone Joint Surg* 1977; 57 A: 143-153.
36. Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, et al. The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. *Paraplegia* 1969; 7: 179-192.
37. Fredrickson BE, Edwards WT, Rausching W, et al. Vertebral burst fractures: An experimental, morphologic, and radiographic study. *Spine* 1992; 17(9):1012-1021.
38. Graziano GP. Cotrel-Dubousset hook and screw combination for spine fractures. *J. Spinal Disord* 1993; 6(5):380-385.
39. Hardaker WT, Cook WA, Friedman AH, et al. Bilateral transpedicular decompression and Harrington rod stabilization in the management of severe thoracolumbar burst fractures. *Spine* 1992; 17(2):162-171.
40. Harrington PR. Instrumentation in spine instability other than scoliosis. *S. Afr. Surg* 1967; 5:7.
41. Harrington RM, Budorick T, Hoyt J, et al. Biomechanics of indirect reduction of bone retropulsed into the spinal canal in vertebral fracture. *Spine* 1993; 18(6):692-699.
42. Holdsworth FW, Hardy A. Early treatment of paraplegia from fractures of the thoracolumbar spine. *J. Bone Joint Surg* 1953; 35B: 540-550.
43. Holdsworth FW. Fractures, dislocations and fracture-dislocations of the

- spine. *J. Bone Joint Surg.* 1970; 52 A:1534-1551.
44. Huelke DF, Nushoiz GS. Cervical spine biomechanics. A review of the literature. *J. Orthop. Res.* 1986; 4:232.
45. Jacobs RR, Casey MP. Surgical management of thoracolumbar spinal injuries: General principles and controversial considerations. *Clin. Orthop.* 1984; 189:22.
46. Jelsma RK, Kirsch PT, Jelsma LF, Ramsey WC, Rice JF. Surgical treatment of thoracolumbar fractures. *Surg. Neurol.* 1982; 18:156.
47. Jelsma RK, Rice JF, Jelsma LF, Kirsch PT. The demonstration and significance of neural compression after spinal injury. *Surg. Neurol.* 1982; 18:79.
48. Kaneda K, Kuniyoshi A, Fujiya M. Burst fractures with neurologic deficits of the thoracolumbar-lumbar spine: Results of anterior decompression and stabilization with anterior instrumentation. *Spine.* 1984; 9:789-795.
49. Karlstrom G, Olerud S, Sjostrom L. Transpedicular segmental fixation: Description of a new procedure. *Orthopedics.* 1988; 11:689-700.
50. Katonis PG, Kontakis GM, Laupasis GA, Aligizakis AC, Christoforakis JJ, Velivassakis EG. Treatment of unstable thoracolumbar and lumbar spine injuries using Cotrel-Dubousset instrumentation. *Spine.* 1999; 22:2352-2357.
51. Laborde M, Bahniuk E, Bolhman HH, Samson B. Comparison of fixation of spinal fractures. *Clin. Orthop.* 1980; 152:303-310.
52. Lavernia CJ, et al. Spinal orthoses for traumatic and degenerative disease, en Rothman - Simeone. *The Spine*, vol. 2, ed 3, Ed WB Saunders Company, Philadelphia, 1992, Chapter 30, p.1197-1224.
53. Levine AM. Técnicas quirúrgicas para el tratamiento de los traumatismos torácicos, toracolumbares, lumbares y sacros. En Rothman - Simeone. *Columna Vertebral*, vol 2, ed 4, Ed. Mac Graw Hill, México, 2000, p. 1050-1084.
54. Lindsey R, Dick W. The Fixateur Interne in the Reduction and Stabilization of Thoracolumbar Spine Fractures in patients with neurologic deficit. *Spine.* 1991; vol. 16, No. 3: S140-S145.
55. Mann, KA, McGowan DP, Fredrickson BE, et al. A biomechanical investigation of short segment spinal fixation for burst fractures with varying degrees of posterior disruption. *Spine.* 1990; 15(6):470-478.
56. Matta JE, Fergusson A, Salamanca A. Diseño y Modificación de Técnicas de Fijación Interna del esqueleto axial. Instrumentación Analítica. Investigación Básica. Trabajo presentado en el XXXVIII Congreso Nacional de Ortopedia y Traumatología, Octubre 1993.
57. Matta JE, Fergusson A, Salamanca A. Diseño y Modificación de Técnicas de Fijación Interna del esqueleto axial. Instrumentación Analítica. Investigación Básica. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología.* 1995; vol. 9. No. 1:27-35.
58. Matta JE, y cols. Trauma raquimedular - Enfoque actualizado. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología.* 1998; vol. 12. No. 2:146-151.
59. Matta JE, Matamoros C, Rojas G. Instrumentación anterior de la columna torácica y lumbar. Trabajo presentado en el XXXVI Congreso Nacional de Ortopedia y Traumatología, Octubre 1991.
60. Matta JE, Rodríguez JM, Ochoa G, Alvarado C. Diseño y Evaluación Clínica de las Técnicas de Fijación Interna Modificadas del Esqueleto Axial. Instrumentación Analítica. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología.* 1995; vol. 9. No. 1:37-47.
61. McAfee PC, Bolhman HH, Yuan HA. Anterior decompression of traumatic thoracolumbar fractures with incomplete neurological deficit using retroperitoneal approach. *J. Bone Joint Surg.* 1985; 67 A:89-104.
62. McAfee PC, Weiland DJ, Carlow JJ. Survivorship analysis of pedicle spinal instrumentation. *Spine.* 1991; 16S:S422-427.
63. McAfee PC, Yuan HA, Lasda NA. The unstable burst fracture. *Spine.* 1982; 7:365.
64. McLain RF, Sparling E, Benson DR. Early failure of short-segment pedicle instrumentation for thoracolumbar fractures: A preliminary report. *J. Bone Joint Surg.* 1993; 75:162-167.
65. Mirkovic S, Abitbol JJ, Steinman J, et al. Anatomic consideration for sacral screw placement. *Spine.* 1991; 16(6)Suppl:S289-294.
66. Olerud S, Karlström G, Sjöström L. Transpedicular Fixation of Thoracolumbar Vertebral Fractures. *Clin. Orthop. And Related Research.* 1988; 227:44-51.
67. Panjabi MM, Wranthal JR. Biomechanical analysis of spinal cord injury and functional loss. *Spine.* 1988; 13:1365-1370.
68. Panjabi MM, Oda T, Wang JL. The effects of pedicle screw adjustments on neural spaces in burst fracture surgery. *Spine.* 2000; 13:1637-1643.
69. Riska EB, Myllynen P, Bostman O. Anterolateral decompression for neural involvement in thoracolumbar fractures. A review of 78 cases. *J. Bone Joint Surg.* 1987; 68B:704-708.
70. Roberts A, Wickstrom J. Prognosis of odontoid fractures. *J. Bone Joint Surg.* 1973; 54 A:1353.
71. Roberts JB, Curtis PH. Stability of the thoracic and lumbar spine in traumatic paraplegia following fracture or fracture-dislocation. *J. Bone Joint Surg.* 1970; 52 A:1115-1130.
72. Roy-Camille R, Saillant G. Chirurgie du rachis cervical; ostéosynthèse du rachis cervical supérieur. *Nouvelle P. Medecale.* 1972; 17:2847-2849.
73. Roy-Camille R, Saillant G, Berteaux D, Marie-Anne S. Early management of spinal injuries. En McKibbin B. Ed. *Recent Advances en Orthopaedics.* Edinburg, Churchill Livingstone. 1979, p.57-87.
74. Roy-Camille R, Saillant G, Marie-Anne S, Mamoudy P. Behandlung von Wirbelfrakturen und Luxationen am thorakolumbalen Übergang. *Orthopäde.* 1980; 9:63.
75. Samberg C, cols. Lumbar spine injuries. En Wang AM. *Spine, Spinal Trauma.* ED Hanley & Belfus, Inc., Philadelphia. Vol 3. 1989, p.269-279.
76. Saul TG, Ducker TB. The spine and spinal cord. En Watt J, et al. *American College of Surgeons: Early Care of the Injured Patient*, 2nd ed. Philadelphia, WB. SaundersCo. 1982, p. 196-205.
77. Saul TB, Ducker TB. Treatment of spinal cord injury. En Cowley RA, Trump B. *Cellular Injury in shock, anoxia and ischemia: Pathophysiology, Prevention and Treatment.* Baltimore, Williams & Wilkins. 1981.
78. Skalli W, Robin S, Lavaste F, et al. A biomechanical analysis of short segment spinal fixation using a three-dimensional geometric and mechanical model. *Spine.* 1993; 18(5):536-545.
79. Soreff, Axendorph G, Bylund P, Odéen I, Olerud S. Treatment of patients with unstable fractures of the thoracic and lumbar spine. *Acta Orthop. Scand.* 1982; 53:369.
80. Stauffer ES, Wood, Kelly EG. Gunshot wounds of the spine: The effects of laminectomy. *J. Bone Joint Surg.* 1979; 61 A:389-392.
81. Steffee AD, Brantigan J. The VSP spinal fixation system: Report of a prospective study of 250 patients enrolled in FDA clinical trials. *Ortho. Trans.* 1994; 18:250.
82. Svensson A, Aaro S, Öhlen G. Harrington instrumentation for thoracic and lumbar vertebral fractures. *Acta Orthop. Scand.* 1984; 55:38.
83. Tran NT, Watson NA, Tencer AF, et al. Mechanism of the burst fracture in the thoracolumbar spine: The effect of loading rate. *Spine.* 1995; 20(18): 1984-1988.
84. White AA. Clinical biomechanics of cervical spine implants. *Spine.* 1989; 14:1040-1045.
85. White AA, PanjabiMM. *Clinical biomechanics of the spine.* 2nd. Ed. Philadelphia, JB Lippincot Co., 1990.
86. Yashon D, Jane JA, White RJ. Prognosis and management of spinal cord and cauda equina bullet injuries in sixtyfive civilians. *J. Neurosurg.* 1970; 32:163-170.
87. Yosipovitch Z, Robin GC, Makin M. Open reduction of unstable thoracolumbar spinal injuries and fixation with Harrington rods. *J. Bone Joint Surg.* 1977; 59 A:1003.
88. Zigler J, Bahniuk E, VanDyke C, Bolhman HH. Localization of foreign bodies in the spinal canal by the computer-assisted biplaner digitizer. *Spine.* 1986; 11:892-894.
89. Zou D, Yoo JU, Edwards T, et al. Mechanics of anatomic reduction of thoracolumbar burst fractures. *Spine.* 1993; 18(2):195-203.