

Instrumentación de la vértebra fracturada. Una opción válida de tratamiento en fracturas de la unión toracolumbar

Rafael Iram Ocampo Román,* José María Jiménez Ávila**

RESUMEN. **Objetivo:** Comparar ambos métodos de instrumentaciones cortas en fracturas traumáticas no patológicas de la unión toracolumbar; instrumentando la vértebra fracturada con pedículo íntegro. **Métodos:** En el periodo comprendido entre enero 2008 a julio de 2010 se revisaron 22 casos divididos en 2 grupos: 8 (36.40%) con tornillo en la vértebra fracturada con pedículo íntegro, asociado con injerto transpedicular y posterolateral. Catorce (63.60%) tratados sin tornillo en la vértebra fracturada, asociado con injerto transpedicular. Se incluyeron: Fractura vertebral localizada en el área toracolumbar (T11-L4). Dieciséis pacientes (72.7%) correspondieron al sexo masculino y 6 (27.3%) femeninos, el promedio de edad fue de 37.27 años con una d.s. de 10.5. **Resultados:** La probabilidad de fusión (dolor < 6 meses de duración + ausencia de lesión neurológica sin deformidad progresiva): 2.75 más veces con injerto autólogo que combinado con heterólogo con un IC 95% = 0.15-93. 1.91 más veces si se instrumenta la vértebra fracturada con un IC 95% = 0.12-58.54. Probabilidad de mejoría neurológica (2 o más niveles de Frankel en el seguimiento): 30 más veces si se corrige el diámetro del canal medular en menos del 30% de invasión (%CC+) con un IC 95% = 1.54-1358. 7.5 más veces si se corrige el diámetro transverso del canal medular en menos del 15% de invasión (%DT+) con un IC 95% = 0.36-258.58. 2.17 más veces si se corrige satisfactoriamente la cifosis regional a < 5° en la medida postquirúrgica (CSC+ CR1) con un IC 95% = 0.17-28.35. 1.29 más veces si se corrige satisfactoriamente la cifosis vertebral a < 5° en la medida postquirúrgica (CSC + CV) con un IC = 0.14-12.19. Con tornillo en la vértebra fracturada

* Médico residente de 4º año de Especialidad en Traumatología y Ortopedia UMAE HE CMNO.

** D. en C., Columnólogo adscrito al Servicio de Traumatología y Ortopedia UMAE HE CMNO.

Instituto Mexicano del Seguro Social «Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Especialidades CMNO» Guadalajara, Jalisco.

Recibido: 15 de febrero del 2011

Aceptado con modificaciones: 25 de febrero del 2011

Dirección para correspondencia:

Dr. Rafael Iram Ocampo Román

Unidad Médica de Alta Especialidad. Hospital de Especialidades CMNO Guadalajara, Jalisco.

Belisario Domínguez No. 1000,

Col. Independencia. Piso 10 Ortopedia y Traumatología.

Tel: 366-83-000. Exts. 31336 y 31337.

E-mail: doctoriram@hotmail.com

josemajimeneza@hotmail.com.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en
<http://www.medicgraphic.com/elresidente>

Abreviaturas:

CR1: Cifosis regional.

CV: Cifosis vertebral.

CSC+: Corrección satisfactoria en cifosis.

CSC-: Corrección insatisfactoria en cifosis.

%CC+: Porcentaje de corrección satisfactoria del canal medular.

%CC-: Porcentaje de corrección insatisfactoria del canal medular.

%DT+: Porcentaje de corrección satisfactoria del diámetro transverso del canal medular.

%DT-: Porcentaje de corrección insatisfactoria del diámetro transverso del canal medular.

Trabajo publicado previamente en:

Ocampo-Roman RI. Instrumentación de la vértebra fracturada. Una opción válida de tratamiento en fracturas de la unión toracolumbar. Boletín del Colegio Médico de Ortopedia de Jalisco 2011;1:9-13.

hay 1.91 veces más probabilidad de corregir el diámetro transverso del canal medular en menos del 15% de invasión con un IC = 0.12-38.54. 1.17 más probabilidad de corregir la CR1 con un IC 95% = 0.06-39.62. 12.6 veces más probabilidad de corregir la CV con un IC 95% = 0.95-366.02. 1.67 veces más probabilidad de tener una funcionalidad adecuada (deambulación sin limitación o ayuda de una segunda persona para la realización de las actividades mínimas + fusión) con un IC 95% = 0.17-18.04. **Conclusiones:** Al corregir el diámetro del canal medular, tenemos 30 veces más probabilidad de mejoría neurológica, 7.5 más veces si aumentamos el diámetro transverso medular, logrando 1.91 más veces instrumentando la vértebra fracturada, logrando a la vez 12 veces más probabilidad de corregir satisfactoriamente la cifosis radiográfica prequirúrgica a menos de 5 grados. No hubo diferencia entre la descompresión por laminectomía o hemilaminectomía en relación con la evolución neurológica, la funcionalidad y la fusión. La instrumentación de la vértebra fracturada es una opción en fracturas de la unión toracolumbar no patológicas con pedículo íntegro; más alto índice de fusión, mejoría neurológica, funcionalidad y corrección satisfactoria radiográfica. **Nivel de evidencia:** Estudio de cohorte Retrospectivo con un nivel de evidencia: II-b.

Palabras clave: Fractura, lumbar, estallido, fijación, cifosis.

ABSTRACT. **Objective:** Compare both short instrumentation in traumatic not pathological fractures thoracolumbar; union methods implemented backbone it fractured with full pedicle. **Methods:** In the period covered between January 2008 to July 2010 reviewed 22 cases divided into 2 groups: 8 (36.40%) with screw in the vertebrae fractured with full pedicle associated with transpedicular grafting and posterolateral. Fourteen (63.60%) treated without screw in the fractured vertebra, associated with transpedicular graft. Included: vertebral fracture in the stab-lumbar (T11-L4). Sixteen patients (72.7%) were male and 6 (27.3%) female, average age was 37.27 d.s. 10.5 years. **Results:** The probability of fusion (pain < 6 months + absence of neurologic injury without progressive deformity): 2.75 more times with autologous graft that combined with heterologous with an IC 95% = 0.15-93. 1.91 more times if it implements backbone it fractured with an IC 95% = 0.12 - 58.54. Probability in neurologic improvement (2 or more levels of Frankel follow-up): 30 more times if you corrected the diameter of the spinal canal in less than 30% of invasion (% DC +) with an IC 95% = 1.54-1358. 7.5 most times if you corrected the transverse diameter of the spinal canal in less than 15% of invasion (% DT +) with an IC 95% = 0.36-258.58. 2.17 more times if successfully corrected kyphosis regional to < 5th postsurgery as (CBC + Cr1) with a 95% CI = 0.17-28.35. 1.29 more times if successfully corrected vertebral kyphosis at < 5th post surgery as (CBC + HP) with a CI = 0.14-12.19. With screw in the fractured vertebra there is 1.91 times more likely to fix the spinal canal in less than 15% of invasion with an IC = 0.12 - transverse diameter 38.54. 1.17 more probability of correcting the CR1 with an IC 95% = 0.06-39.62. 12.6 times more likely to fix the CV with an IC 95% = 0.95-366.02. 1.67 times more likely to have a proper functionality (ambulation without limitation or assistance of a second person for minimum activities + fusion) with an IC 95% = 0.17-18.04. **Conclusions:** When correcting the diameter of the spinal canal, we have 30 times more probability in neurologic improvement 7.5 more times if we increase the spinal transverse diameter, achieving 1.91 more often implemented the fractured vertebra, achieving at the same time 12 times more likely to successfully correct surgical pre radiographic kyphosis at less than 5 degrees. There was no difference between decompression laminectomy or hemilaminectomy on neurological development, functionality, and fusion. The instrumentation of backbone it fractured is an option in not pathological thoracolumbar union fractures with full; pedicle more high rate of melting, neurologic improvement, functionality and radiographic satisfactory correction.

Key words: Lumbar burst fracture, segmental posterior, fixation, kyphosis.

Introducción

La fusión con instrumentación corta sin instrumentar la vértebra fracturada, es el sistema más utilizado por la mayoría de los cirujanos para pacientes con lesiones inestables y déficit neurológico, con ello se consigue movilización precoz y menor incidencia de complicaciones debidas al reposo prolongado.^{9-18,21}

La instrumentación convencional se asocia con una alta tasa de ruptura, inclinación de los tornillos, y pérdida tardía de la corrección en el plano sagital.¹²⁻¹⁸

Modelos biomecánicos muestran mejor soporte de cargas en dirección axial, flexión y torsión ante la deformidad instrumentando la vértebra fracturada.^{1,2}

El tornillo intermedio en la vértebra fracturada, funciona como un punto de empuje con un vector anterior, creando una fuerza lordótica que corrige la cifosis traumática, proporcionando una buena fijación de tres puntos y disminuyendo el efecto de palanca.¹⁻⁵

En la bibliografía se encuentra nula evidencia que compare ambos métodos de tratamiento de forma clínico-radiográfica. El objetivo del presente trabajo fue comparar ambos métodos quirúrgicos de instrumentaciones cortas en fracturas traumáticas no patológicas de la unión toracolumbar; instrumentando la vértebra fracturada con pedículo íntegro y sin instrumentar la vértebra fracturada. El protocolo ha sido aprobado previamente por un Comité Examinador Ético y Científico Institucional en el sitio donde se efectuó el estudio.

Métodos

Se realizó un diseño de tipo cohorte retrospectivo en pacientes atendidos en el Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional de Occidente «Lic. Ignacio García Téllez», en Guadalajara, Jalisco, México.

Se elaboró una hoja de captura que contenía los datos de la ficha clínica, de mecanismo de lesión, clasificación de la fractura, datos clínicos funcionales, neurológicos, medidas radiográficas CR1, CV, mismos que fueron tomados del expediente clínico agrupándose en dos categorías. Pacientes con tornillo en la vértebra fracturada con pedículo íntegro, asociado con injerto transpedicular y posterolateral para la artrodesis. Pacientes tratados sin tornillo en la vértebra fracturada, asociado con injerto transpedicular y posterolateral para la artrodesis. Se incluyeron: Fractura vertebral localizada en el área toracolumbar (T11-L4), secundaria a traumatismo, no patológica, osteoporótico o metabólica, lesión cerrada, con o sin afectación neurológica. RX (AP, lateral), TAC (cortes axiales) pre, postquirúrgicas y seguimiento, instrumentación vertebral posterior de dos unidades funcionales mediante barras y tornillos transpediculares, sin retiro de

la instrumentación vertebral en el seguimiento, se excluyeron: Infectados, EVC, infarto en los 30 días previos a la cirugía, tumores, mental o legalmente incapacitado y menos del 80% de información en expediente.

Métodos estadísticos

Los datos fueron analizados usando un paquete de software comercial (SPSS para Windows, versión 10.0), las variables fueron analizadas mediante tablas de 2 x 2 para determinar el Odds Ratio y la significancia estadística mediante la prueba de Mantel-Haenszel, con un intervalo de confianza del 95%. Un valor p menor de 0.05 se consideró como significativo.

Resultados

Del periodo comprendido de enero 2008 a julio del 2010 se estudiaron un total de 22 pacientes del Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional de Occidente, en Guadalajara Jalisco, tratados quirúrgicamente con instrumentación en la unión toracolumbar por fractura no patológica cumpliendo los criterios de inclusión.

Los datos demográficos mostraron 8 (36.40%) pacientes con tornillo en la vértebra fracturada, 14 (63.60%) sin tornillo en la vértebra fracturada, 16 (72.70%) fueron del sexo masculino y 6 (27.30%) del sexo femenino, con una edad promedio de 37.27 años con una d.s. de 10.5. ISS promedio de 23 con una media de 9.64, días de ingreso hasta la cirugía de 15.45 con una media de 29.71. Tiempo quirúrgico promedio de 3.5 h con una media de 1.5, los niveles afectados 12 (54.50%) nivel L1, 1 (4.50%) L2, 1 (4.50%) L4, clasificando la fractura 12 (54.50%) tipo A Denis I, 5 (22.70%) tipo B Denis II-III, 5 (22.70%) tipo B Denis IV, 11 (50%) tomaban alcohol, 11 (50%) no lo hicieron, 13 (59.10%) consumían tabaco, 9 (40.90%) no lo consumían, el uso de drogas ocurrió en 5 (22.70%), y 17 (77.30%) fueron negativos, de los mecanismos de lesión 2 (9.10%) fue choque,

Cuadro I. Datos demográficos.						
Variables		Frec. abs.	Frec. rel.	Variables	Promedio	DS
Sexo	Masculino	16	72.70%	Edad	37.27	10.56
	Femenino	6	27.30%	ISS	23	9.64
Grupo de estudio	Con tornillo	8	36.40%	Días de ingreso hasta Qx	15.45	29.71
	Sin tornillo	14	63.60%	Tiempo Quirúrgico	3.5	1.5
	L1	12	54.50%			
	L2	1	4.50%			
	L4	1	4.50%			
Clasificación de fractura AO y Denis	A. Denis I	12	54.50%			
	B. Denis II-III	5	22.70%			
	C. Denis IV	5	22.70%			
Alcoholismo	Sí	11	50.00%			
	No	11	50.00%			
Tabaquismo	Sí	13	59.10%			
	No	9	40.90%			
Drogas	Sí	5	22.70%			
	No	17	77.30%			
Mecanismo de lesión	Choque	2	9.10%			
	Volcadura	1	4.50%			
	Motocicleta	2	9.10%			
	Caída > 2 m	11	50.00%			
	Caída < 10 m	4	18.20%			
Pérdida sanguínea	< 500 cc	5	22.70%			
	500 a 1,000 cc	15	68.20%			
	1,000 a 2,000 cc	2	9.10%			
Injerto óseo	Autólogo	12	54.50%			
	Autólogo + hidroxiapatita	10	45.50%			
Reintervención quirúrgica	Sí	1	4.50%			
	No	21	95.50%			

1 (4.50%) volcadura, 2 (9.10%) en motocicleta, 11 (50%) caída mayor a 2 m de altura, 4 (18.20%) caída mayor de 2 y menor de 10 m de altura, pacientes con pérdida sanguínea cuantificada quirúrgica 5 (22.70%) menor de 500 cc, 15 (68.20%) de 500 a 1,000 cc, 2 (9.10%) de 1,000 a 2,000 cc. El tipo de injerto óseo utilizado posterolateralmente 12 (54.50%) fue autólogo, 10 (45.50%) combinado con hidroxiapatita, 1 (4.50%) paciente reintervenido, 21 (95.50%) sin reintervención (*Cuadro I*).

Se analizaron diversas variables entre los que destaca la probabilidad de fusión (dolor < 6 meses de duración + ausencia de lesión neurológica sin deformidad progresiva): la cual mostró 2.75 más probabilidad con injerto autólogo

que combinado con heterólogo con un IC 95% = 0.15-93. 1.91 más probabilidad si se instrumenta la vértebra fracturada con un IC 95% = 0.12-58.54 (*Cuadro II*).

Probabilidad de mejoría neurológica (2 o más niveles de Frankel en el seguimiento): 30 veces más probabilidad si se corrige el diámetro del canal medular en menos del 30% de invasión (%CC+) con un IC 95% = 1.54-1358. 7.5 más probabilidad si se corrige el diámetro transverso del canal medular en menos del 15% de invasión (%DT+) con un IC 95% = 0.36-258.58. 2.17 más probabilidad si se corrige satisfactoriamente la cifosis regional a < 5° en la medida postquirúrgica (CSC+ CR1) con un IC 95% = 0.17-28.35. 1.29 más probabilidad si se corrige

Cuadro II. Coadyuvantes positivos que ayudan a la fusión.							
Variables OR Injerto	Autólogo IC 95% Fr	Autólogo + hidroxiapatita		P			
		%		Fr	%		
Fusión	11	50		1	4.54	2.75	0.15-93
Pseudoartrosis	8	36.36		2	9.09	1	
Tornillo	Con tornillo en V. Fx.	Sin tornillo en V. Fx					
Fusión	7	31.81		11	50	1.91	0.12 - 58.54
Pseudoartrosis	1	4.54		3	13.63	1	
Descompresión	Sí	No					
Fusión	1	4.54		18	81.81	0.03	0 - 0.99
Pseudoartrosis	2	9.09		1	4.54	1	0.05

Cuadro III. Distribución de lesión neurológica y factores coadyuvantes positivos que ayudan a la mejoría neurológica.							
Variables OR Descompresión	Sí IC 95% Fr	No % %	P				
			Fr				
Mejoría neurológica	2	9.09	14	63.63	0.71	0.03 - 25	> 0.05
Sin mejoría neurológica	1	4.54	5	22.72	1		
Corrección %CC	%CC +	%CC -					
Mejoría neurológica	15	68.18	1	4.54	30	1.54 - 1358	< 0.05
Sin mejoría neurológica	2	9.09	4	18.18	1		
Corrección %DT	%DT +	%DT -					
Mejoría neurológica	15	68.18	1	4.54	7.5	0.36 - 258.58	< 0.05
Sin mejoría neurológica	4	18.18	2	9.09	1		
CR1	CSC +	CIC -					
Mejoría neurológica	13	59.09	3	13.63	2.17	0.17 - 28.35	> 0.05
Sin mejoría neurológica	4	18.18	2	9.09	1		
CV	CSC +	CIC -					
Mejoría neurológica	9	40.9	7	31.81	1.29	0.14 - 12.19	> 0.05
Sin mejoría neurológica	3	13.63	3	13.63	1		

satisfactoriamente la cifosis vertebral a < 5° en la medida postquirúrgica (CSC + CV) con un IC = 0.14-12.19 (*Cuadro III*).

Con tornillo en la vértebra fracturada hay 1.17 más probabilidad de corregir la CR1 con un IC 95% = 0.06-39.62. 12.6 veces más probabilidad de corregir la CV con un IC 95% = 0.95-366.02 (*Cuadro IV*).

1.91 veces más probabilidad de corregir el diámetro transverso del canal medular en me-

nos del 15% de invasión con un IC = 0.12-38.54 (*Cuadro V*).

18.67 veces más probabilidad tener una funcionalidad adecuada (deambulación sin limitación o ayuda de una segunda persona para la realización de las actividades mínimas + fusión) si hay %CC+, 1.67 veces más probabilidad de tener una funcionalidad adecuada instrumentando la vértebra fracturada con un IC 95% = 0.17-18.04 (*Cuadro VI*).

Cuadro IV. Distribución de la corrección insatisfactoria en cifosis y factores coadyuvantes positivos que ayudan a la corrección satisfactoria en cifosis.							
Variables	Fr	%	Fr	%	OR	IC 95%	P
CR1	Con tornillo en V. Fx.		Sin tornillo en V. Fx				
CSC +	8	36.36	9	40.9	1.17	0.06 - 39.62	> 0.05
CIC -	0	0	5	22.72	1		
CV	Con tornillo en V. Fx.		Sin tornillo en V. Fx				
CSC +	7	31.81	5	22.72	12.6	0.95 - 366.02	< 0.05
CIC -	1	4.54	9	40.9	1		

Cuadro V. Distribuciones del % de corrección insatisfactoria en amplitud de canal y factores coadyuvantes positivos que ayudan a la corrección en %CC medular.							
Variables	Fr	%	Fr	%	OR	IC 95%	P
Tornillo	Con tornillo en V. Fx.		Sin tornillo en V. Fx				
%DT +	8	36.36	11	50	1.91	0.12 - 38.54	> 0.05
%DT -	0	0	3	13.63	1		

Cuadro VI. Distribución de la funcionalidad y factores coadyuvantes positivos que ayudan a la funcionalidad adecuada.							
Variables	Sí		No		OR	IC 95%	P
	Fr	%	Fr	%			
Descompresión							
Funcionalidad adecuada	1	4.54	14	63.63	0.18	0 - 3.51	> 0.05
Funcionalidad inadecuada	2	9.09	5	22.72	1		
Corrección %CC							
%CC +							
Funcionalidad adecuada	14	63.63	1	4.54	18.67	1.12 - 667.38	< 0.05
Funcionalidad inadecuada	1	4.54	4	18.18	1		
Tornillo	Con tornillo en V. Fx.		Sin tornillo en V. Fx				
Funcionalidad adecuada	6	27.27	9	40.9	1.67	0.17 - 18.04	> 0.05
Funcionalidad inadecuada	2	9.09	5	22.72	1		

Discusión

Al corregir el diámetro del canal medular en su totalidad tenemos 30 veces más probabilidad de mejoría neurológica, 7.5 más veces si aumentamos el diámetro transverso medular, lo cual lo podemos lograr 1.91 más probablemente instrumentando la vértebra fracturada, logrando a la vez 12 veces más probabilidad de corregir satisfactoriamente la cifosis radiográfica prequirúrgica a menos de 5 grados.

A diferencia de lo que se pensaría de manera biomecánica, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre la descompresión por laminectomía o hemilaminectomía en relación con la evolución neurológica, la funcionalidad y la fusión.

En casos, la instrumentación de la vértebra fracturada es mejor opción en fracturas de la unión toracolumbar no patológicas con pedículo íntegro; más alto índice de fusión, mejoría neurológica, funcionalidad y corrección satisfactoria radiográfica.

Las instrumentaciones largas son un método quirúrgico altamente costoso, funcional y monetario para las instituciones en los diversos centros donde se atienden estos padecimientos mencionados. La opción de una

instrumentación corta instrumentando el pedículo en la vértebra fracturada sin invadir en su totalidad el diámetro anteroposterior del mismo nos daría la pauta de realizar una vía anterior en caso de que este primero fracasara.

Bibliografía

1. Acosta FL, Aryan HE, Taylor WR, Ames CP. Kyphoplasty-augmented short-segment pedicle screw fixation of traumatic lumbar burst fractures: initial clinical experience and literature review. Neurosurg Focus 2005; 15: 18(3): e9.
2. Alanay A, Acaroglu E, Yazici M, Ozdur A, Surat A. Short-segment pedicle instrumentation of thoracolumbar burst fracture. Does transpedicular intracorporeal grafting prevent early failure? Spine. 2001; 26(2): 213-217.
3. Mahar A et al. Short-segment fixation of lumbar burst fractures using pedicle fixation at the level of the fracture. Spine 2007; 32: 1503-1507.
4. Atlas SW, Regenbogen V, Rogers LF, Kim KS. The radiographic characterization of burst fractures of the spine. AJR 1986; 147: 575-582.
5. Been HD, Bouma GJ. Comparison of two types of surgery for thoracolumbar burst fractures: combined anterior and posterior stabilization *vs* posterior instrumentation only. Acta Neurochir (Wien) 1999; 141: 349-357.
6. Carl AL, Tromanhauser SG, Roger DJ. Pedicle screw instrumentation for thoracolumbar burst fractures and fracture-dislocations. Spine 1992; 17: S317-324.
7. Chiba M, McLain RF, Yerby SA, Moseley TA, Smith TS, Benson DR. Short segment pedicle instrumentation. Biomechanical analysis of supplemental hook fixation. Spine 1996; 21: 288-294.
8. Dai LY, Jin WJ. Interobserver and intraobserver reliability in the load sharing classification of the assessment of thoracolumbar burst fractures. Spine. 2005; 30: 354-358.
9. Isomi T, Panjabi MM, Kato Y. Radiographic parameters for evaluating the neurological spaces in experimental thoracolumbar burst fractures. J Spinal Disord 2000; 13(5): 404-411.
10. Leferink VJ, Nijboer JM, Zimmerman KW, Veldhuis EF, Ten Vergert EM, Ten Duis HJ. Burst fractures of the thoracolumbar spine: changes of the spinal canal during operative treatment and follow up. Eur Spine J 2003; 12: 255-260.
11. McAfee PC, Yuan HA, Fredrickson BE, Lubicky JP. The value of computed tomography in thoracolumbar fractures. An analysis of one hundred consecutive cases and a new classification. J Bone Joint Surg (Am) 1983; 65: 461-473.
12. McCullen G, Vaccaro A, Garfin S. Thoracic and lumbar trauma. Rationale for selecting the appropriate fusion technique. Orthop Clin of North Am 1998; 29(4): 813-828.
13. Morrissey RT, Goldsmith GS, Hall EC. Measurement of the Cobb angle on radiographs of patients who have scoliosis: evaluation of intrinsic error. J Bone Joint Surg (Am) 1990; 72: 320-327.
14. Oda T, Panjabi MM, Kato Y. The effects of pedicle screw adjustments on the anatomical reduction of thoracolumbar burst fractures. Eur Spine J 2001; 10(6): 505-511.
15. Panjabi MM, Oda T, Wang JL. The effects of pedicle screw adjustments on neural spaces in burst fracture surgery. Spine 2000; 25(13): 1637-1643.
16. Panjabi MM, Kato Y, Hoffman H, Cholewicki J, Krag M. A study of stiffness protocol as exemplified by testing of a burst fracture model in sagittal plane. Spine. 2000; 25(21): 2748-2754.
17. Panjabi MM, Kato Y, Hoffman H, Cholewicki J. Canal and intervertebral foramen encroachments of a burst fracture: effects from the center of rotation. Spine. 2001; 26(11): 1231-1237.
18. Schuler TC, Subach BR, Branch CL, Foley KT, Burkus JK. Lumbar spine study group. Segmental lumbar lordosis: manual *versus* computer-assisted measurement using seven different techniques. J Spinal Disord Tech 2004; 17: 372-379.
19. Shea KG, Stevens PM, Nelson M, Smith JT, Masters KS, Yandow S. A comparison of manual *versus* computer-assisted radiographic measurement. Intraobserver measurement variability for Cobb angles. Spine 1998; 23: 551-555.
20. Vaccaro AR, Nachwalter RS, Klein GR, Seward JM, Albert TJ, Garfin SR. The significance of thoracolumbar spinal canal size in spinal cord injury patients. Spine 2001; 26: 371-376.
21. Vaccaro AR, Kim DH, Brodke DS, Harris M, Chapman J, Schildhauer T, Routt C, Sasso RC. Diagnosis and management of thoracolumbar spine fractures. J Bone Joint Surg (Am) 2003: 85.