

ARTICULO ORIGINAL

Instrumentación de la vértebra fracturada.

Una opción válida de tratamiento en fracturas de la unión tóraco-lumbar.

Dr. Rafael Iram Ocampo Román (1)

Trabajo realizado en Unidad Médica de Alta Especialidad del Centro Médico Nacional de Occidente "Lic. Ignacio García Téllez" – Guadalajara, Jalisco, México.

(1) Cirujano Ortopedista adscrito al Servicio de Ortopedia, Clínica de Columna del Centro Médico Nacional de Occidente, Unidad Médica de Alta Especialidad del Instituto Mexicano del Seguro Social – IMSS – Guadalajara, Jalisco, México.

Recibido: 8/Julio/2010 Aceptado: 1/Diciembre/2010

● **Palabra clave:**

FRACTURA / LUMBAR / ESTALLIDO / FIJACIÓN / CIFOSIS

● **Key words:**

LUMBAR BURST FRACTURE / SEGMENTAL POSTERIOR / FIXATION / FIJACIÓN / KYPHOSIS

Resumen.

Objetivo:

Comparar ambos métodos de instrumentaciones cortas en fracturas traumáticas no patológicas de la unión toraco-lumbar; instrumentando la vértebra fracturada con pedículo íntegro.

Métodos:

En el periodo comprendido entre Enero 2008 a Julio del 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. 14 (63.60%) tratados sin tornillo en la vértebra fracturada, asociado con injerto transpedicular. Se incluyeron: Fractura vertebral localizada en el área Tóraco-lumbar (T11 – L4). 16 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 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.

Discusión:

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; mas 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.

Abstract.

Objective

Compare the short Instrumentation in traumatic not pathological fractures toraco-lumbar; union method against the instrumentation of vertebra 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 vertebra fractured with full pedicle associated with transpedicular grafting and posterolateral. 14 (63.60%) treated without screw in the fractured vertebra, associated with transpedicular graft. Included: vertebral fracture in the toraco-lumbar (T11 - L4). 16 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 vertebra 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 < 5° post surgery as (CBC + Cr1) with a 95% CI = 0. 17 - 28.35. 1.29 more times if successfully corrected vertebral kyphosis at < 5° post surgery as (CBC + HP) with a CI = 0.14 - 12.19. With screw in the vertebra fractured 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 function-

ality (ambulation without limitation or assistance of a second person for minimum activities, fusion) with an IC 95% = 0.17 - 18.04. Discussion: 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 vertebra fractured is an option in not pathological toracolumbar union fractures with full pedicle more high rate of fusion, neurologic improvement, functionality and radiographic satisfactory correction.

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.

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.

[9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,21]

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.

[12,13,14,15,16,17,18]

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.

(Figura No. 1) [1,2,3,4,5].

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 tóraco-lumbar; instrumentando la vértebra fracturada con pedículo íntegro y sin instrumentar la vértebra fracturada. (*Figura No. 2*).

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 retrospectiva en pacientes atendidos en el Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional de Occidente "Lic. Ignacio García Téllez" en Guadalajara Jalisco.

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 tóraco-lumbar (T11 – L4), secundaria a traumatismo no patológico, 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 período 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

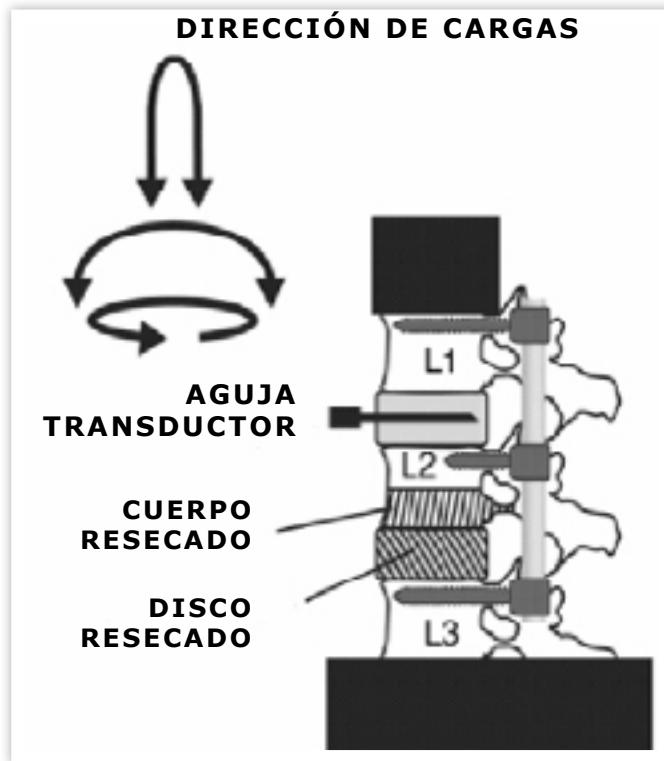


FIGURA 1.

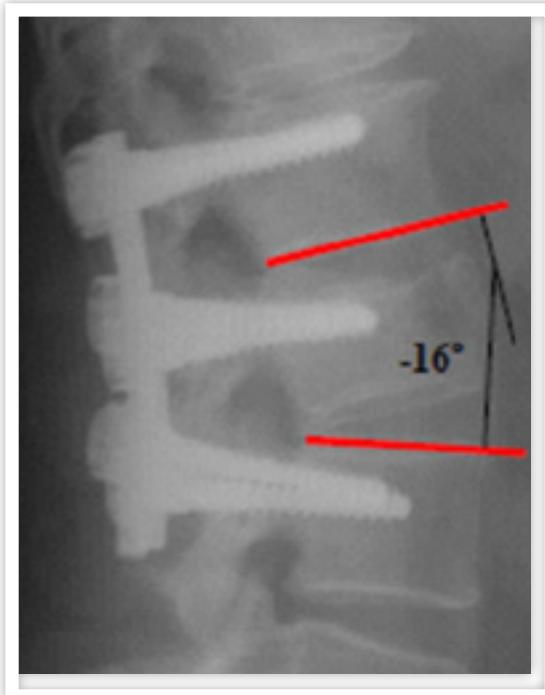


FIGURA 2.

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 hrs 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, 1 (4.50%) volcadura, 2 (9.10%) en motocicleta, 11 (50%) caída mayor a 2 mts. de altura, 4 (18.20%) caída mayor de 2 y menor de 10 mts. de altura, pacientes con pérdida sanguínea cuantificada quirúrgica 5 (22.70%) menor de 500 cc, 15 (68.20%) de 500 a 1000 cc, 2 (9.10%) de 1000 a 2000 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. (*Tabla 1*).

Se analizaron diversas variables entre los que destaca la probabilidad de fusión (dolor <6 meses de duración y 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. (*Tabla 2*).

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 satisfactoriamente la cifosis vertebral a <5° en la medida postquirúrgica (CSC+ CV) con un IC = 0.14 - 12.19. (*Tabla 3*).

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. (*Tabla 4*)

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. (*Tabla 5*).

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 instruyendo la vértebra fracturada con un IC 95% = 0.17 - 1.04. (*Tabla No. 6*).

DATOS DEMOGRAFICOS			
TABLA N° 1			
VARIABLES	No.	%	
Sexo			
Masculino *	16	72.7	
Femenino	6	27.3	
Grupo de Estudio **			
Con Tornillo	8	36.4	
Sin Tornillo	14	63.6	
Nivel de Lesión			
L1 ***	12	54.5	
L2	1	4.5	
L4	1	4.5	
Clasificación de Fractura AO y Denis			
A DENIS I ***	12	54.5	
B DENIS II ~ III	5	22.7	
C DENIS IV	5	22.7	
Mecanismo de Lesión			
Choque	2	9.1	
Volcadura	1	4.5	
Motocicleta	2	9.1	
Caída > 2 mts. ****	11	50	
Caída <10 mts.	4	18.2	
Pérdida Sanguínea			
<500 cc	5	68.2	
500 a 1000 cc ~	15	9.1	
1000 a 2000 cc	2		
Injerto Oseo			
Autólogo ~~	12	54.5	
Autólogo + Hidroxiapatita	10	45.5	
FACTOR	SI No.	%	NO No. %
Alcoholismo	11 13	50 59.1	
Tabaquismo ~~~			11 50
Drogas	5	22.7	9 40.9
Reintervención Quirúrgica ^	1	4.5	17 77.3
			21 95.5

• * Predomino el sexo masculino.
 • ** Paridad de muestra 2:1
 • *** Fractura de L1
 • Tipo A predominó
 • **** Caída >2 mts de altura el mecanismo de lesión predominante.
 • ~ Pérdida sanguínea quirúrgica promedio 500 a 1000 cc.
 • ~~ Injerto autólogo de cresta ilíaca solo se usó predominantemente
 • ~~~ Toxicomanía de predominio fue el tabaquismo.
 • ^ Se reintervino un paciente por falla en la colocación.

DISTRIBUCION DE PSEUDOARTROSIS Y FACTORES COADYUVANTES POSITIVOS QUE AYUDAN A LA FUSION

Tabla No. 2

Variables	Autólogo +	Hidroxiapatita	OR	IC 95%	P
Inseto *	Fr % 11 50 8 36.36	Fr % 1 4.54 2 9.09	2.75 1	0.15 -93	>0.05
Tornillo **	Con Tornillo en V. Fx. 7 31.81 1 4.54	Sin Tornillo en V. Fx. 11 50 3 13.63	1.91 1	0.12 -58.54	<0.05
Descompresión ***	Si 1 4.54 2 9.09	No 18 81.81 1 4.54	0.03 1	0 -0.99	<0.05

• * 2.75 veces más probabilidad de fusión usando injerto autólogo. ** 1.91 veces más probabilidad de fusión usando el tornillo en la vértebra fracturada. ***no hay diferencia entre fusión y pseudoartrosis descomprimiendo.

DISTRIBUCION DE LESION NEUROLOGICA Y FACTORES COADYUVANTES POSITIVOS QUE AYUDAN A LA MEJORIA NEUROLOGICA.

Tabla No. 3

Variables	SI	NO	OR	IC 95%	p
Descompresión *	Fr % 2 9.09 1 5.54	Fr % 14 63.63 5 22.72	0.71 1	0.03 -25	>0.05
Corrección %CC **	%CC+ 15 68.18 2 9.09	%CC- 1 4.54 4 18.18	30 1	1.54 -1358	<0.05
Corrección %DT ***	%DT+ 15 68.18 4 18.18	%DT- 1 4.54 2 18.18	7.5 1	0.36 -258.58	<0.05
CR1 ****	CSC+ 13 59.09 4 18.18	CSC- 3 13.63 2 9.09	2.17 1	0.17 -28.35	>0.05
CV	CSC+ 9 40.9 3 13.63	CSC- 7 31.81 3 13.63	1.29 1	0.14 -12.19	>0.05

- *Sin diferencia en mejoría neurológica si se descomprime canal con hemilaminectomía posterior.
- **30 veces más probabilidad de mejoría neurológica si se corrige a %CC+ (porcentaje de compromiso de canal vertebral menor del 30%, en la medida de seguimiento TAC corte axial).
- *** 7.5 veces más probabilidad de mejoría neurológica si se corrige a %DT+ (porcentaje de compromiso de canal vertebral diámetro transverso menor del 15%, en la medida de seguimiento TAC corte axial).
- **** 2.17 veces más probabilidad de mejoría neurológica si se corrige CR1 postquirúrgica a <5°. ^1.29 veces más probabilidad de mejoría neurológica si se corrige CV postquirúrgica a <5°.

DISTRIBUCION DE LA CORRECCION INSATISFACTORIA EN CIFOSIS Y FACTORES COADYUVANTES POSITIVOS QUE AYUDAN A LA CORRECCION SATISFACTORIA EN CIFOSIS.

Tabla No. 4

Variables	Fr %	Fr %	OR	IC 95%	P
CR1 *	Con Tornillo en V. Fx. 8 36.36	Sin Tornillo en V. Fx 9 40.9	1.17 1	0.06 -39.62	>0.05
CSC+ CIC -	0 0	5 22.72			
CV **	Con Tornillo en V. Fx. 7 313.81	Sin Tornillo en V. Fx 5 22.72	12.6 1	0.95 - 366.03	>0.05
CSC+ CIC -	1 4.54	9 40.9			

- *1.17 veces más probabilidad de corregir CR1 a menos de 5° postquirúrgica usando Tornillo en Vértebra fracturada.
- **12.6 veces más probabilidad de corregir CV a menos de 5° postquirúrgica usando Tornillo en Vértebra fracturada.

DISTRIBUCIONES DEL % DE CORRECCION INSATISFACTORIA EN AMPLITUD DE CANAL MEDULAR Y FACTORES COADYUVANTES POSITIVOS QUE AYUDAN A LA CORRECCION EN %CC

Tabla No. 5

Variables	Fr %	Fr %	OR	IC 95%	p
Tornillo * %DT+ %DT-	Con Tornillo en V. Fx. 8 36.36	Sin Tornillo en V. Fx 11 50	1.91 1	0.12 -38.54	>0.05
	0 0	3 13.63			

- *1.91 veces más probabilidad de corregir el porcentaje de compromiso de canal vertebral diámetro transverso menor del 15%, en la medida de seguimiento TAC corte axial usando el Tornillo en Vértebra fracturada.

DISTRIBUCION DE LA FUNCIONALIDAD Y FACTORES QUE COADYUVANTES POSITIVOS QUE . AYUDAN A LA FUNCIONALIDAD ADECUADA

Tabla No. 6

Variables	SI	NO	OR	IC95%	P
Descompresión *	Fr %	Fr %			
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+	%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		

- *Sin diferencia en funcionalidad si se descomprime el canal con hemiolaminectomía vía posterior.
- **18.67 veces más probabilidad de funcionalidad adecuada si se corrige a %CC+ (porcentaje de compromiso de canal vertebral menor del 30%, en la medida de seguimiento TAC corte axial). 1.67 veces más probabilidad de funcionalidad adecuada usando tornillo en vértebra fracturada.

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.

La instrumentación de la vértebra fracturada es la 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.

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; Oznur, 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. Andrew Mahar 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 characterisation 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 stabilisation 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 pa-rameters 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 comparation of manual versus computer-assisted radiographic measurement. Intraobserver mesasurement 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.