

FRATURA DA COLUNA VERTEBRAL TIPO EXPLOSÃO NA ÁREA DA CAUDA EQUINA: CORRELAÇÃO ENTRE FUNÇÃO NEUROLÓGICA E ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS NO CANAL VERTEBRAL

SPINAL BURST-TYPE FRACTURE ON CAUDA EQUINA AREA: CORRELATION BETWEEN NEUROLOGICAL FUNCTION AND STRUCTURAL CHANGES ON SPINAL CANAL

RODRIGO ARNOLD TISOT¹, OSMAR AVANZI²

RESUMO

Objetivo: Avaliar se há correlação entre o estreitamento traumático do canal vertebral e as possíveis fraturas associadas da lâmina, com o quadro neurológico inicial dos pacientes com fratura tipo explosão na área da cauda equina. **Material e Métodos:** Foi realizada uma revisão retrospectiva de 42 pacientes que apresentaram 43 fraturas tipo explosão de L₃, L₄ e L₅, no período compreendido entre janeiro de 1990 a dezembro de 2004. Os resultados foram avaliados de acordo com a disfunção neurológica inicial e o diâmetro sagital médio do canal vertebral acometido. **Resultados:** A única variável preditiva independente do comprometimento neurológico foi o estreitamento do canal vertebral ($p = 0,008$). A porcentagem média de estreitamento do canal vertebral foi significativamente ($p < 0,001$) maior nos casos em que havia a fratura da lâmina associada. Porém, na análise múltipla, verificou-se que a fratura da lâmina não é um fator preditivo independente para que ocorra a lesão neurológica. **Conclusão:** O estreitamento do canal vertebral, causado pelo fragmento ósseo da fratura, com ou sem a associação de fraturas da lâmina, nas fraturas tipo explosão na área da cauda equina, tem correlação direta e estatisticamente significativa com a alteração da função neurológica.

Descritores: Fraturas da Coluna Vertebral; Traumatismos da coluna vertebral; Canal.

SUMMARY

Purpose: The purpose of this study was to determine whether a correlation exists between the traumatic narrowing of the spinal canal, potentially associated lamina fractures and the early neurological status of patients presenting to the hospital with burst fractures of the cauda equina area. **Material and methods:** A retrospective review was carried out on 42 patients with 43 burst-type fractures of L3, L4 and L5 treated at a tertiary medical trauma center from January, 1990 to December, 2004. Results were based on comparisons made between the initial neurological deficit and the midsagittal diameter of the fractured vertebrae. **Results:** The only predictive independent variable of the neurological deficit was the narrowing of the spinal canal ($p=0.008$). The average narrowing of the spinal canal was greater in patients with associated lamina fractures ($p<0.001$). However, multiple independent analyses did not establish lamina fractures as a predictive factor for neurological deficit. **Conclusion:** It was concluded that, in burst fractures of the cauda equina area, the acute traumatic spinal canal narrowing, with or without associated fractures of the lamina, shows a statistically significant positive correlation with the neurological deficit.

Keywords: Spinal Fractures; Spinal injuries; Spinal canal.

Citação: Tisot RA, Avanzi O. Fratura da coluna vertebral tipo explosão na área da cauda equina: correlação entre função neurológica e alterações estruturais no canal vertebral. *Acta Ortop Bras.* [periódico na Internet]. 2008; 16(2):85-88. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

Citation: Tisot RA, Avanzi O. SEM TITULO EM INGLES. *Acta Ortop Bras.* [serial on the Internet]. 2008; 16(2):85-88. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

INTRODUÇÃO

A fratura tipo explosão, que ocorre na área reservada à cauda equina, representa uma pequena parcela de todas as fraturas tipo explosão da coluna vertebral, porém, merece atenção especial devido às características anatômicas e biomecânicas peculiares que às diferencia dos demais segmentos da coluna, influenciando, desta forma, na escolha da conduta terapêutica⁽¹⁻⁹⁾.

Uma grande quantidade de pacientes com fratura da coluna tipo explosão, atendidos no setor de urgência, apresentam traumas múltiplos associados, tais como traumatismo cranioencefálico e fraturas múltiplas nos membros. Nestes casos, é difícil uma avaliação eficaz da função neurológica para indicação precisa e

precoce da conduta terapêutica. Nesta situação, há a necessidade de se prever a função neurológica do paciente. Para esta predição, deve-se conhecer não apenas a classificação das fraturas com seus tipos e subtipos, mas valorizar o segmento da coluna vertebral em que a fratura ocorreu.

A pequena quantidade de trabalhos sobre as fraturas tipo explosão interessando apenas a área da cauda equina, aliada ao significativo número de casos que foram documentados com tomografia computadorizada neste serviço, motivaram a realização desta pesquisa. Cumpre ressaltar, ainda, que não encontramos na literatura pesquisada, trabalhos com maior número de casos analisados e, nem mesmo, com o objetivo proposto, que é de averiguar se há

Trabalho realizado: Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo (FCMSCSP)

Endereço para correspondência: Av. 7 de Setembro, 817 - Centro - Passo Fundo, RS, Brasil - CEP: 99010-121-e-mail: rtisot@tpo.com.br

1. Cirurgião Assistente do Grupo de Coluna do Pronto Socorro de Fraturas (PSF) de Passo Fundo e Instrutor da Residência Médica do Centro de Estudos Ortopédicos (CEOP) de Passo Fundo - RS

2. Consultor do Grupo de Coluna do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo e Professor Adjunto da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo

Trabalho recebido em 21/02/07 aprovado em 05/05/07

correlação entre o estreitamento traumático do canal vertebral e as fraturas associadas da lâmina, com a função neurológica do exame físico inicial, nos pacientes com fratura tipo explosão nos níveis de L₃, L₄ e L₅.

MATERIAL E MÉTODOS

No período compreendido entre os anos de 1990 e 2004, foram internados no "Pavilhão Fernandinho Simonsen", da Santa Casa de São Paulo, 42 pacientes portadores de fratura aguda tipo explosão na coluna lombar ao nível de L₃, L₄ e L₅. Um dos pacientes, apresentou fratura tipo explosão nas vértebras de L₄ e L₅, simultaneamente. Por isso, o número de fraturas investigadas totalizou 43 casos. Todos estes casos foram revisados através dos prontuários, das radiografias e dos filmes de tomografia computadorizada axial dos arquivos do Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SCMSP), segundo critérios já estabelecidos^(10,11).

Todos os casos estavam documentados com radiografias da coluna vertebral nas incidências ântero-posterior e perfil, além de filmes de tomografia computadorizada axial interessando tecido ósseo e partes moles, com cortes axiais de três a cinco milímetros de espessura, orientados perpendicularmente ao eixo longitudinal do canal vertebral da vértebra fraturada e de seus níveis adjacentes. Os critérios de exclusão do estudo seriam lesão neurológica prévia ou provocada por fratura vertebral localizada acima de L₃, ferimento por arma de fogo ou fratura em osso patológico. Nenhum dos 42 pacientes se enquadrava nestes requisitos.

A técnica de aferição do comprometimento do canal vertebral pelo fragmento ósseo projetado para o seu interior foi realizada com régua transparente graduada em milímetros e baseada no diâmetro sagital médio⁽¹²⁾. O diâmetro do canal vertebral normal, antes do trauma, foi estimado através da média dos valores encontrados nos cortes axiais no correspondente anatômico das vértebras adjacentes ao local da fratura (Figura 1).

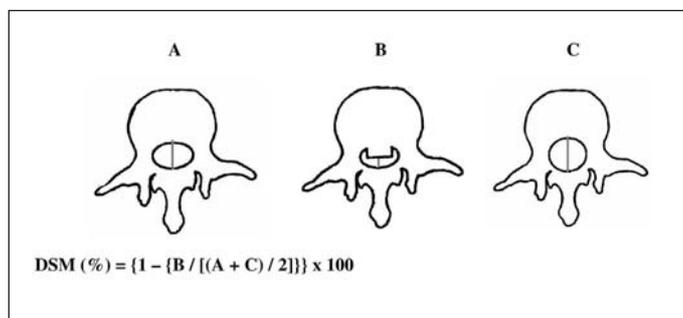


Figura 1 - Ilustração do método de aferição do diâmetro sagital médio (DSM) da vértebra fraturada em relação à média dos níveis adjacentes.

Os pacientes foram agrupados seguindo a classificação proposta por Frankel et al.⁽¹³⁾ com base nas alterações neurológicas. As técnicas estatísticas empregadas incluíram: estatística descritiva; análise de variância (ANOVA) ou teste de Kruskal-Wallis complementado com teste de Tukey-HSD para comparações múltiplas; teste *t* de *student* para amostras independentes; teste de associação do qui quadrado ou teste exato de Fisher quando, pelo menos, uma das frequências esperadas foi menor do que cinco; modelo de regressão logística múltipla, para determinação dos fatores preditivos independentes do comprometimento neurológico. Para todos os testes, o nível de significado estatístico adotado foi igual a 5%.

RESULTADOS

Trinta e um pacientes eram do sexo masculino (73,8%) e 11 do sexo feminino (26,2%).

A idade destes pacientes variou entre 13 e 63 anos, com média de 33,5 anos.

Os mecanismos de trauma foram queda de altura em 31 pacientes (73,8%), acidente automobilístico em 6 pacientes (14,3%), atropelamento em dois pacientes (4,8%), acidente com motocicleta em 2 pacientes (4,8%) e soterramento em 1 paciente (2,3%). É interessante ressaltar que, dos 31 pacientes vítimas de queda de altura, 7 casos (22,6%) foram causados por tentativa de suicídio.

Com relação ao nível da fratura, 23 casos (53,5%) ocorreram ao nível de L₃, 14 casos (32,6%) ao nível de L₄ e seis casos (13,9%) ao nível de L₅.

De acordo com o exame físico neurológico realizado, 30 pacientes (71,4%) apresentavam quadro neurológico normal (Frankel E), 5 pacientes (11,9%) Frankel D, 3 pacientes (7,1%) Frankel C, 4 pacientes (9,5%) Frankel B e nenhum paciente (0%) Frankel A.

Alteração neurológica inicial

Constatou-se uma diferença estatística significativa ($p < 0,001$) entre a média da porcentagem de estreitamento do canal vertebral nos pacientes com e sem alteração no exame neurológico inicial. Os pacientes com déficit neurológico presente na admissão hospitalar apresentavam um estreitamento do canal vertebral maior que os pacientes com exame neurológico normal (Tabela 1).

O valor do estreitamento do canal vertebral foi analisado em associação com o escala de FRANKEL. Este estudo demonstrou haver uma diferença estatisticamente significativa entre as médias da porcentagem do comprometimento do canal vertebral nas diferentes graduações do referido escore neurológico ($p < 0,001$). No teste de comparações múltiplas, observa-se que as diferenças reais no estreitamento do canal estão entre as graduações neurológicas Frankel E e B ($p < 0,001$) e Frankel E e C ($p = 0,017$).

Baseado na equação da regressão logística múltipla, foi realizado o cálculo das probabilidades de ocorrência de lesão neurológica, com valores de 25%, 50% e 75% de estenose, utilizando a seguinte equação: $P = 1 / 1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 \cdot x)}$. De acordo com os valores de estreitamento supra-citados, a probabilidade de ocorrência de lesão neurológica é respectivamente de 0,15%, 14,11% e 94,86%.

A única variável preditiva independente do comprometimento neurológico foi o estreitamento do canal vertebral.

Exame Neurológico Inicial	Número de Fraturas Tipo Explosão	Média da Porcentagem de Estreitamento do Canal Vertebral
Normal	30	37,2
Alterado	13	67,0
Total	43	46,2

$p < 0,001$; teste *t* de *student*.

Tabela 1 - Média do percentual de estreitamento do canal vertebral de acordo com o exame neurológico inicial.

Fraturas da lâmina

A porcentagem média de estreitamento do canal vertebral, causado pelo fragmento ósseo da fratura, foi significativamente ($p < 0,001$) maior nos casos em que havia a fratura da lâmina associada (Tabela 2).

Através da Razão de Chance (*Odds Ratio*), pôde-se prever o risco de ocorrência da fratura da lâmina associada a um comprometimento significativo do canal vertebral pelo fragmento ósseo da vértebra fraturada. Constatou-se que uma fratura tipo explosão lombar ao nível de L₃, L₄ e L₅ com mais de 50% de estreitamento do canal, tem 20 vezes mais risco de apresentar uma fratura da lâmina associada, quando comparado a uma fratura que apresenta 50% ou menos de estreitamento do canal (OR = 20,6; $p = 0,001$).

Houve uma associação estatisticamente significativa entre o quadro neurológico (normal ou alterado) e a fratura da lâmina (presente ou ausente) ($p = 0,002$). Apenas uma das 13 fraturas associadas com

lesão neurológica não apresentava fratura da lâmina concomitante (Tabela 3). Porém, na análise múltipla, verificou-se que a fratura da lâmina não é um fator preditivo independente para que ocorra a lesão neurológica.

Fratura da Lâmina	Número de Casos	Média do Estreitamento no Canal Vertebral (%)
Sim	24	58,9
Não	19	30,2
Total	43	46,2

p < 0,001; teste t student.

Tabela 2 - Média do estreitamento do canal vertebral segundo a presença ou ausência de fraturas da lâmina.

Função neurológica (Frankel)	Fratura da lâmina			
	não	%	sim	%
Normal	18	60,0	12	40,0
Alterada	1	7,7	12	92,3

p = 0,002; teste qui-quadrado.

Tabela 3 - Distribuição das fraturas tipo explosão segundo a função neurológica inicial dos pacientes e a presença ou não de fratura da lâmina.

DISCUSSÃO

Vários trabalhos foram realizados objetivando correlacionar a quantidade de fragmento ósseo no canal vertebral com o quadro neurológico nas fraturas tipo explosão torácica e lombar. Alguns destes estudos demonstraram que, quanto maior o fragmento ósseo no canal vertebral, aumentava-se as chances de que a lesão neurológica ocorresse^(10,12,14-17). De forma contraditória, outros autores afirmaram inexistir tal correlação direta devido a variáveis que, embora não visibilizadas na tomografia computadorizada, explicariam uma lesão neurológica grave sem um estreitamento ósseo significativa do canal vertebral. Estas variáveis seriam lesões intersticiais, hematomas, cifose localizada, secção da medula espinhal e fragmentos do disco intervertebral⁽¹⁸⁻²²⁾. Ao analisarmos estes estudos, verificamos que a maioria deles não agrupou as fraturas tipo explosão de acordo com o segmento anatômico e biomecânico ao qual pertence. A presença de medula, cone medular ou cauda equina no canal vertebral pode interferir de maneira diferente na função neurológica do paciente quando uma determinada quantidade de estreitamento do canal estiver presente. Da mesma forma, as características estruturais das fraturas que ocorrem em um segmento de cifose podem diferir daquelas que ocorrem em um segmento de lordose e, por conseguinte, também influenciar na função neurológica.

A porcentagem média de estreitamento traumático agudo do canal vertebral que ocorreu, conseqüentemente aos fragmentos ósseos da fratura, foi elevado (46,2%). Este valor é significativamente maior que os valores de estreitamento do canal vertebral do segmento torácico e toracolombar encontrados por diversos autores^(16,17,23). Acreditamos que esta maior porcentagem média de comprometimento do canal vertebral ao nível de L₃, L₄ e L₅, seja justificada pela lordose fisiológica em que estas vértebras lombares se encontram.

Não houve dano neurológico em 30 pacientes do presente estudo (71,4%). An et al.⁽⁴⁾ demonstraram que, de seus 31 pacientes com fratura tipo explosão de L₃, L₄ e L₅, 18 estavam inicialmente intactos

neurologicamente (58,1%). Seybold et al.⁽²⁾ avaliando 42 pacientes com este tipo de fratura nos níveis de L₃, L₄ e L₅, relataram que 24 deles apresentavam-se inicialmente sem dano neurológico (57,2%). Estes dados reforçam que a maioria dos pacientes vítimas da fratura tipo explosão ao nível da cauda equina não possuem lesão neurológica associada, pois a cauda equina é menos sensível à pressão extrínseca que a área da medula e do cone medular.

A escala de FRANKEL, apesar de difundida na prática clínica devido a sua facilidade de uso, é mais indicada para lesões que se encontram acima do cone medular. Na área da cauda equina, o seu uso pode não refletir a real gravidade do dano neurológico do paciente. Além disso, a classificação dos pacientes de acordo com as várias categorias desta escala pode, também, dificultar a validação estatística dos resultados⁽¹⁵⁾. Há, ainda, uma falta de relação simples e direta entre o dano neurológico, mensurado pelo escore de FRANKEL, e a morbidade, do ponto de vista funcional, apresentada pelos pacientes vitimados por fraturas tipo explosão na área da cauda equina. Acreditamos que, para uma avaliação funcional adequada, outros escores neurológicos poderiam ser discutidos. No presente estudo, entretanto, o escore de FRANKEL mostrou-se efetivo em apresentar uma relação direta com a porcentagem de comprometimento do canal vertebral.

A fratura tipo explosão, de acordo com Holdsworth^(24,25) era considerada uma lesão estável, sem lesão do complexo ligamentar posterior ou fraturas do arco posterior associadas. No entanto, de acordo com Whitesides⁽²⁶⁾, uma lesão completa do complexo ligamentar posterior poderia ocorrer em associação a uma cominuição severa do corpo vertebral (fratura tipo explosão instável). A tomografia computadorizada passou a diagnosticar com precisão a fratura tipo explosão⁽²⁷⁾ e, a fratura associada da lâmina, até então difícil de ser diagnosticada na radiografia simples, começou a chamar a atenção de diversos autores^(10,28,29). No presente estudo, ficamos impressionados em descobrir que a maioria dos pacientes avaliados apresentavam a fratura associada da lâmina. Como já mencionado, das 43 fraturas tipo explosão, 24 possuíam a fratura da lâmina (55,8%). Cammisa et al.⁽³⁰⁾, evidenciaram que 30 pacientes (50%), de seus 60 pacientes com fratura tipo explosão torácica e lombar que foram tratados cirurgicamente, apresentavam fratura da lâmina. Se considerarmos apenas os casos submetidos ao tratamento cirúrgico que apresentaram esta fratura, a incidência, em nosso estudo, sobe para 78,3% dos casos. Acreditamos que esta significativa incidência de fratura da lâmina associada à fratura tipo explosão lombar baixa seja provocada em conseqüência da lordose fisiológica em que esta região se encontra. Um trauma axial causando fratura tipo explosão de L₃, L₄ e L₅, acarreta um maior impacto na região posterior do corpo destas vértebras. Conseqüentemente, há uma maior fragmentação óssea junto ao canal vertebral, ocasionando um aumento na distância interpedicular. Este afastamento dos pedículos acarreta uma maior incidência de fratura da lâmina. Além disso, se não houver uma força de flexão associada ao trauma axial e o colapso vertebral for importante, acreditamos que fratura do arco posterior pode ocorrer, até mesmo, devido a trauma direto com os arcos adjacentes. Os resultados obtidos neste estudo reforçam estas idéias, pois a média do estreitamento ósseo no canal vertebral foi significativamente maior nos pacientes que apresentaram fratura da lâmina (58,9%). Nos pacientes que não apresentaram esta fratura associada, a média de estreitamento ósseo no canal vertebral foi de apenas 30,2%. Além disso, de acordo com a linha de gravidade do corpo, L₄ aparentemente é a vértebra que mais se apresenta em lordose fisiológica e, portanto, como era de se esperar, foi a vértebra com a maior média de comprometimento do canal vertebral pelos fragmentos da fratura (49,5%), além de apresentar a maior quantidade de fratura da lâmina associada (37,5%), embora estes valores não tenham tido uma diferença significativa.

Todos os pacientes com dano neurológico inicial apresentaram a fratura da lâmina associada, porém, nem todos os pacientes com fratura da lâmina possuíam alteração neurológica inicial. Além disso, foi curioso observar que a média do estreitamento traumático

agudo do canal vertebral foi significativamente maior nos pacientes com dano neurológico inicial associado à fratura da lâmina, quando comparado aos pacientes neurologicamente normais com e sem esta fratura associada. Estes dados reforçam que, quanto maior a energia dissipada à vértebra, maior são as chances de que um fragmento ósseo seja impulsionado para o canal vertebral e, conseqüentemente, maior é a probabilidade de que ocorra fratura da lâmina. Estas alterações estruturais no canal vertebral elevam, por conseguinte, a incidência de lesão na cauda eqüina. Deve-se salientar entretanto, que no presente estudo a fratura da lâmina não foi considerada, de maneira isolada, um fator preditivo para acarretar lesão neurológica. Ela esta refletindo, na análise múltipla, o real fator que interfere na função neurológica, que é a quantidade de estreitamento do canal vertebral. Não há como afirmar, neste estudo, se a não inclusão da fratura da lâmina como fator preditivo independente decorreu em conseqüência de um pequeno número de casos com dano neurológico (tamanho da amostra) que, por conseguinte, poderia refletir em pouco poder estatístico para a regressão múltipla. A variabilidade amostral e individual, além do comportamento biológico na área estudada, também poderiam estar relacionadas com este resultado estatístico.

Em face do exposto, nos pacientes politraumatizados com fratura tipo explosão da coluna lombar baixa, nos quais o exame neurológico inicial dos membros inferiores é prejudicado, a medida do diâmetro sagital médio do canal vertebral, na tomografia computadorizada, serve de parâmetro confiável para se estimar a função neurológica. Caso o estreitamento estimado do canal vertebral seja menor ou igual a 50%, independente da presença ou ausência de fratura da lâmina, a probabilidade da presença de lesão na cauda eqüina é pequena.

CONCLUSÃO

O estreitamento traumático agudo do canal vertebral, causado pelo fragmento ósseo da fratura, com ou sem a associação de fraturas da lâmina, nas fraturas tipo explosão na área da cauda eqüina, tem correlação direta e estatisticamente significativa com a alteração da função neurológica.

AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Núcleo de Apoio à Publicação da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo - NAP-SC o suporte técnico-científico à publicação deste manuscrito.

REFERÊNCIAS

1. Reimann AF, Anson BJ. Vertebral level of termination of de spinal cord with report of a case of sacral cord. *Anat Rec.* 1944; 88:127-44.
2. Seybold EA, Sweeney CA, Fredrickson BE, Warhold LG, Bernini PM. Functional outcome of low lumbar burst fractures. A multicenter review of operative and non-operative treatment of L₃-L₅. *Spine.* 1999; 24:2154-61.
3. Wall EJ, Cohen MS, Massie JB, Rydevik B, Garfin SR. Cauda equina anatomy. I: Intrathecal nerve root organization. *Spine.* 1990; 15:1244-7.
4. An HS, Vaccaro A, Cotler JM, Lin S. Low lumbar burst fractures. Comparison among body cast, Harrington rod, Luque rod, and Steffee plate. *Spine.* 1991; 16:440-4.
5. An HS, Simpson JM, Ebraheim NA, Jackson WT, Moore J, O'Malley NP. Low lumbar burst fracture: comparison between conservative and surgical treatments. *Orthopedics.* 1992; 15:367-73.
6. Finn CA, Stauffer ES. Burst fracture of the fifth lumbar vertebra. *J Bone Joint Surg Am.* 1992; 74:398-403.
7. Fredrickson BE, Yuan HA, Miller H. Burst fractures of the fifth lumbar vertebra. A report of four cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1982; 64:1088-94.
8. Mick CA, Carl A, Sachs B, Hresko MT, Pfeifer BA. Burst fracture of the fifth lumbar vertebra. *Spine.* 1993; 18:1878-84.
9. Kaminski A, Müller EJ, Muhr G. Burst fracture of the fifth lumbar vertebra: results of posterior internal fixation and transpedicular bone grafting. *Eur Spine J.* 2002; 11:435-40.
10. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine.* 1983; 8:817-31.
11. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J.* 1994; 3:184-201.
12. Trafton P, Boyd C. Computed tomography of thoracic and lumbar spine injuries. *J Trauma.* 1984; 24:506-15.
13. Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, Melzak J, Michaelis LS, Ungar GH, et al. The value of postural re-education in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. *Paraplegia.* 1969; 7:179-92.
14. Meves R, Avanzi O. Correlation between neurological deficit and spine canal compromise in 198 patients with thoracolumbar and lumbar fractures. *Spine.* 2005; 30:787-91.
15. Fontjine WP, de Klerk LW, Braakman R, Stijnen T, Tanghe HL, Steenbeek R, et al. CT scan prediction of neurological deficit in thoracolumbar burst fractures. *J Bone Joint Surg Br.* 1992; 74:683-5.
16. Hashimoto T, Kaneda K, Abumi K. Relationship between traumatic spinal canal stenosis and neurologic deficits in thoracolumbar burst fractures. *Spine.* 1988; 13:1268-72.
17. Kim NH, Lee HM, Chun IM. Neurologic injury and recovery in patients with burst fracture of the thoracolumbar spine. *Spine.* 1999; 24:290-3.
18. Gertzbein SD, Court-Brown CM, Marks P, Martin C, Fazi M, Schwartz M, et al. The neurologic outcome following surgery for spinal fractures. *Spine.* 1988; 13:641-4.
19. Keene JS, Fisher SP, Vanderby R Jr, Drummond DS, Turski PA. Significance of acute posttraumatic bony encroachment of the neural canal. *Spine.* 1989; 14:799-802.
20. Limb D, Shaw DL, Dickson RA. Neurological injury in thoracolumbar burst fractures. *J Bone Joint Surg Br.* 1995; 77:774-7.
21. Lindahl S, Willen J, Irstam L. Computed tomography of bone fragments in the spinal canal. An experimental study. *Spine.* 1983; 8:181-6.
22. Vaccaro AR, Nachwalter RS, Klein GR, Sowards JM, Albert TJ, Garfin SR. The significance of thoracolumbar spinal canal size in spinal cord injury patients. *Spine.* 2001; 26:371-6.
23. Mumford J, Weinstein JN, Spratt FK, Goel VK. Thoracolumbar burst fractures. The clinical efficacy and outcome of nonoperative management. *Spine.* 1993; 18:955-70.
24. Holdsworth FW. Fractures, dislocations and fractures-dislocations of the spine. *J Bone Joint Surg Br.* 1963; 45:6-20.
25. Holdsworth FW. Fractures dislocations, and fracture-dislocations of the spine. *J Bone Joint Surg Am.* 1970; 52:1534-51.
26. Whitesides TE. Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine. *Clin Orthop Relat Res.* 1977; 128:78-92.
27. Colley DP, Dunsker SB. Traumatic narrowing of the dorsolumbar spinal canal demonstrated by computed tomography. *Radiology.* 1978; 129:95-8.
28. Mc Afee PC, Yuan HA, Lasda, NA. The unstable burst fracture. *Spine.* 1982; 7:365-73.
29. Mumford J, Weinstein JN, Spratt FK, Goel VK. Thoracolumbar burst fractures. The clinical efficacy and outcome of nonoperative management. *Spine.* 1993; 18:955-70.
30. Cammisa FP, Eismont FJ, Green BA. Dural laceration occurring with burst fractures and associated laminar fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 1989; 71:1044-52.