




Parafuso pedicular percutâneo em fraturas toracolombares: Acompanhamento em longo prazo

Percutaneous Pedicle Screw for Thoracolumbar Fractures: A Long-term Follow-up

Marcos Vinícius da Rocha Furtado¹  Gabriel Santos Braga¹ Roberto Rossanez¹
Carlos Fernando Pereira da Silva Herrero¹

¹ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

Endereço para correspondência Marcos Vinícius da Rocha Furtado, Graduando, Universidade de São Paulo Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil (e-mail: mvr99@hotmail.com).

Rev Bras Ortop 2024;59(1):e101–e106.

Resumo

Objetivo: Este é um estudo de coorte retrospectivo para analisar os desfechos em longo prazo de pacientes com fratura da coluna toracolombar submetidos à fixação percutânea minimamente invasiva.

Métodos: Os casos de 17 pacientes com fraturas da coluna toracolombar submetidos à fixação percutânea entre 2009 e 2011 foram objeto de análise retrospectiva. Variáveis clínicas e radiográficas foram coletadas. A avaliação clínica foi baseada nos questionários SF-36 e Oswestry. Os parâmetros radiográficos foram avaliados de acordo com a classificação de fratura baseada nos critérios de Magerls, o ângulo de cunha da vértebra fraturada e o ângulo de Cobb do segmento acometido. As medidas foram feitas em diferentes momentos: antes da cirurgia, imediatamente após a cirurgia, um ano depois e no acompanhamento tardio (cinco anos depois). Lesões associadas a traumas, complicações pós-cirúrgicas e relacionadas a implantes também foram consideradas.

Resultados: O questionário SF-36 apresentou médias acima de 63,5% em todos os domínios no período pós-operatório tardio (a partir de cinco anos após a cirurgia). As respostas do questionário Oswestry mostraram limitações físicas mínimas ou nulas em 80% dos pacientes, com pontuação média de $10,8\% \pm 10,5\%$. O valor médio do ângulo de Cobb foi de $5,53^\circ \pm 13,80^\circ$ de cifose no período pré-operatório, $2,18^\circ \pm 13,38^\circ$ de cifose no pós-operatório imediato, $5,26^\circ \pm 13,95^\circ$ de cifose no pós-operatório de um ano e de $8,78^\circ \pm 15,06^\circ$ de cifose no período pós-operatório tardio. A correção média foi de $3,35^\circ$ e a perda média de correção foi de $6,6^\circ$. Não foram observadas complicações, casos de déficit neurológico, infecções ou falhas do implante.

Conclusão: As fraturas das vértebras toracolombares podem ser tratadas cirurgicamente com desfechos clínicos e radiológicos tardios positivos e baixas taxas de complicações usando um método percutâneo minimamente invasivo.

Palavras-chave

- ▶ fraturas da coluna vertebral
- ▶ procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos
- ▶ avaliação de resultados da assistência ao paciente

* Trabalho desenvolvido na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil.

recebido
30 de junho de 2023
aceito, após revisão
06 de novembro de 2023

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0044-1779701>.
ISSN 0102-3616.

© 2024. The Author(s).

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).
Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

Abstract

Objective: This is a retrospective cohort study to analyze the long-term outcomes of thoracolumbar spine fracture patients who underwent minimally invasive percutaneous fixation.

Methods: The cases of 17 patients with thoracolumbar spine fractures who had percutaneous fixation between 2009 and 2011 were the subject of a retrospective analysis. Clinical and radiographic variables were collected. For the clinical evaluation the questionnaires SF-36 and Oswestry were used. Radiographic parameters were evaluated using fracture's classification based on Magerl's criteria, the fractured vertebra's wedging angle, and the affected segment's segmental Cobb angle. The measures were made at different stages: before surgery, immediately after surgery, one year later, and at a late follow-up (5 years later). Trauma associated injuries, post-surgical and implant related complications were among the additional information taken into account.

Results: The SF-36 questionnaire showed averages above 63,5% in all domains in the late postoperative data (from 5 years after the surgery). Oswestry questionnaire answers showed minimal or no physical limitations in 80% of the patients with a mean score of $10,8\% \pm 10,5$. The average preoperative Cobb angle value was $5,53^\circ \pm 13,80^\circ$ of kyphosis, the immediate postoperative $2,18^\circ \pm 13,38^\circ$ of kyphosis, one year postoperative $5,26 \pm 13,95^\circ$ of kyphosis, and the late follow-up $8,78^\circ \pm 15,06^\circ$ of kyphosis. The mean correction was $3,35^\circ$, and mean loss of correction was $6,6^\circ$. There were no complications observed, no case of neurological deficit, infection or implant failure occurred.

Conclusion: Thoracolumbar vertebrae fractures can be surgically treated with positive late clinical and radiological outcomes and low complication rates using a minimally invasive percutaneous method.

Keywords

- ▶ minimally invasive surgical procedures
- ▶ spinal fractures
- ▶ patient outcome assessment

Introdução

As fraturas da coluna vertebral e as lesões associadas estão relacionadas a traumas de alta energia e determinam baixas taxas de retorno ao trabalho em comparação a lesões em outros órgãos e sistemas.¹ Podem estar associadas à dor crônica,² limitação funcional de sistemas correlacionados, como o sistema respiratório, sequelas de deformidades, perda permanente de mobilidade, fadiga e lesões neurológicas.³ Na coluna torácica e lombar, as lesões neurológicas ocorrem em até 30% dos casos e constituem uma importante causa de limitações e incapacidades.²

As fraturas traumáticas da coluna tendem a acometer a transição toracolombar, uma área entre o segmento torácico, que é rígido, e o segmento lombar, que é flexível. Assim, esta é a área de estresse biomecânico mais significativa.⁴ Dados norte-americanos revelam cerca de 160.000 casos dessas fraturas ao ano.⁴

Dentre as opções terapêuticas, estão a abordagem não cirúrgica com repouso e uso de órtese e a abordagem cirúrgica, que promove estabilização imediata, possível descompressão e correção de deformidades.⁵ Uma possível complicação do tratamento conservador é o déficit neurológico associado à imobilidade exigida em até 20% dos casos.⁶ A cirurgia convencional aberta apresenta possíveis complicações como perda de sangue, infecções, dor pós-operatória e atrofia muscular paravertebral.⁶⁻⁸

O tratamento cirúrgico das fraturas da coluna torácica e lombar é necessário em casos de instabilidade biomecânica, déficit neurológico relacionado à compressão e lesões que contraindicam o tratamento não cirúrgico.⁹ No entanto, a literatura é controversa quanto aos algoritmos de tratamento e aos critérios de instabilidade, fragmentação do corpo vertebral e necessidade de artrodese em associação à fixação.^{8,10,11}

A abordagem cirúrgica percutânea surgiu como uma opção na tentativa de reduzir as complicações associadas à cirurgia aberta e diminuir o tempo cirúrgico e o tempo de internação hospitalar.^{6,12} Porém, questões como exposição à radiação, colocação do enxerto e evolução da consolidação, além de a ausência de descompressão neurológica direta, ainda não foram elucidadas.^{2,12} Assim, o objetivo deste estudo é avaliar os desfechos tardios da cirurgia de fixação percutânea em pacientes com fraturas da coluna toracolombar.

Materiais e Métodos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos sob número de Certificado de Liberação (CAAE- 42660015.9.0000.5440).

O estudo de coorte retrospectiva de banco de dados avaliou pacientes com diagnóstico de fratura toracolombar

submetidos a tratamento cirúrgico com método de fixação percutânea minimamente invasiva. Esses procedimentos foram realizados em serviço de referência em Cirurgia da Coluna entre 2009 e 2011. Casos de fraturas patológicas tumorais, doenças osteometabólicas e infecciosas foram excluídos da amostra.

Os pacientes incluídos no estudo foram operados pelo mesmo cirurgião e receberam implantes do sistema Sextant® (Medtronic Sofamor Danek USA, Inc. Memphis, TN, EUA) de acordo com a técnica descrita nos resultados preliminares desta pesquisa.⁸ A mobilização do paciente foi permitida conforme a dor pós-operatória e a limitação decorrente das lesões associadas.

Dados clínicos e radiográficos foram coletados. Os dados clínicos de interesse foram idade, sexo, mecanismo de trauma e presença de lesões associadas, complicações pós-operatórias e acompanhamento tardio da qualidade de vida e capacidade funcional conforme os questionários SF-36¹³ e *Oswestry Disability Score* (ODI).¹⁴

Os dados radiográficos obtidos foram classificados pelos seguintes parâmetros: critérios de Magerl et al.,¹⁵ medida dos ângulos de curvatura das vértebras fraturadas, ângulo de Cobb segmentar¹⁶ e documentação radiográfica de complicações, como implantes relacionados (soltos ou fraturados). Esses critérios foram utilizados em diferentes períodos, incluindo pré-operatório, pós-operatório imediato, pós-operatório de um ano e pós-operatório tardio (mais de cinco anos após a cirurgia). Todos os parâmetros foram medidos por um cirurgião de coluna com mais de dez anos de experiência utilizando o mesmo software (Osirix) e o mesmo computador.

Os dados obtidos foram organizados em planilhas e a análise dos dados foi realizada no programa Excel®, com os resultados apresentados em porcentagem.

Resultados

Dezesseis homens (94,12%) e uma mulher (5,88%) foram incluídos no estudo. A idade no momento do trauma variou entre 16 e 60 anos ($29,1 \pm 12,28$). Dezesseis pacientes

(94,12%) foram tratados com fixação de uma vértebra acima e outra abaixo do nível fraturado. Um paciente (5,88%) com fratura concomitante de T11 e T12 foi submetido à fixação das vértebras acometidas. Um paciente (5,88%) foi submetido a uma abordagem anterior adicional para descompressão e artrodese.

Quanto ao mecanismo de trauma, os acidentes motociclísticos foram responsáveis por 11 casos (64,70%), enquanto as quedas de altura representaram seis casos (35,30%). O nível acometido foi a transição toracolombar (T11 a L2) em 12 pacientes (70,6%) e a região lombar (L3 a L5) em cinco pacientes (29,40%). Houve oito (35,29%) fraturas do tipo A (subdivisões 2 e 3), cinco (29,41%) do tipo B e seis (35,29%) do tipo C de acordo com a classificação de Magerl et al.¹⁵ Lesões associadas foram observadas em nove pacientes (52,94%). Apenas um paciente apresentou déficit neurológico (Magerl A.3) no pré-operatório e foi submetido a uma abordagem diferenciada pela via anterior com recuperação completa após a cirurgia. Nenhuma infecção foi identificada e não houve necessidade de reoperação.

O acompanhamento pós-operatório dos pacientes compreendeu um período entre cinco e nove anos. Houve perda amostral de sete pacientes, sendo que seis não atenderam ao chamado e um foi a óbito por motivo não relacionado ao tratamento da fratura. Na análise dos questionários SF-36¹³, observou-se variação de 50% a 100% ($0,89 \pm 0,19$) em aspectos sociais, 45% a 100% ($0,80 \pm 0,19$) na capacidade funcional, 42% a 95% ($0,64 \pm 0,20$) na avaliação do estado geral de saúde, 45% a 100% ($0,80 \pm 0,19$) em limitações funcionais, 48% a 88% ($0,72 \pm 0,14$) em saúde mental e 30% e 95% ($0,69 \pm 0,20$) em vitalidade (→ **Tabela 1**).

A pontuação média no questionário Oswestry¹⁴ foi de $10,8 \pm 10,5$ associada à dor lombar. Oito pacientes (80%) relataram incapacidade mínima ou ausência de incapacidade (→ **Figs. 1 e 2**).

Os parâmetros radiográficos revelaram um acunhamento vertebral entre 0° a 29° de cifose (média de $13,06^\circ \pm 7,55^\circ$) no pré-operatório. O ângulo de Cobb variou de 28° de cifose a 22° de lordose ($5,53^\circ \pm 13,80^\circ$ de cifose) no pré-operatório, 27° de cifose a 20° de lordose ($2,18^\circ \pm 13,38^\circ$ de cifose) no

Tabela 1 Escore dos pacientes no Questionário SF-36

Paciente	Capacidade funcional	Limitação física	Dor	Estado geral de saúde	Vitalidade	Aspectos sociais	Limitações emocionais	Saúde mental
1	100%	100%	100%	80%	80%	100%	100%	88%
2	95%	75%	72%	72%	80%	100%	100%	88%
3	100%	100%	100%	75%	65%	100%	100%	68%
4	80%	100%	62%	47%	80%	100%	100%	68%
5	85%	100%	72%	95%	95%	100%	100%	72%
6	85%	100%	90%	80%	80%	100%	100%	88%
7	45%	0%	62%	42%	60%	50%	0%	52%
8	55%	0%	41%	52%	40%	75%	100%	64%
9	95%	60%	71%	59%	75%	100%	100%	80%
10	60%	0%	20%	42%	30%	63%	100%	48%

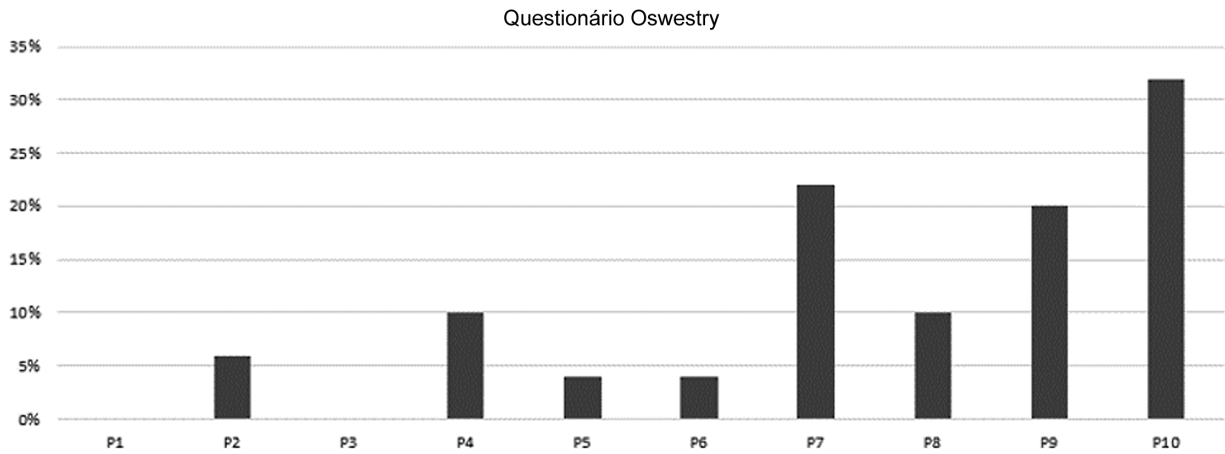


Fig. 1 Escores dos pacientes de acordo com o Questionário Oswestry.

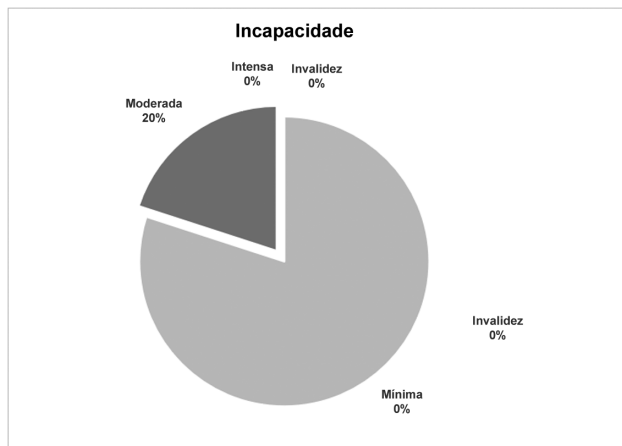


Fig. 2 Interpretação dos dados.

pós-operatório imediato, 30° de cifose a 24° de lordose (5,26° ± 13,95° de cifose) um ano após a cirurgia e 37° de cifose a 12,7° de lordose (8,78° ± 15,06° de cifose) no acompanhamento tardio (a partir de cinco anos) (► Fig. 3).

A correção média foi de 3,35° segundo os dados pré-operatórios e pós-operatórios imediatos. Entre o pós-operatório imediato e o acompanhamento tardio, a perda média de correção foi de 6,6°. Apesar da perda do grau de correção, não foram observados sinais de afrouxamento ou falha do

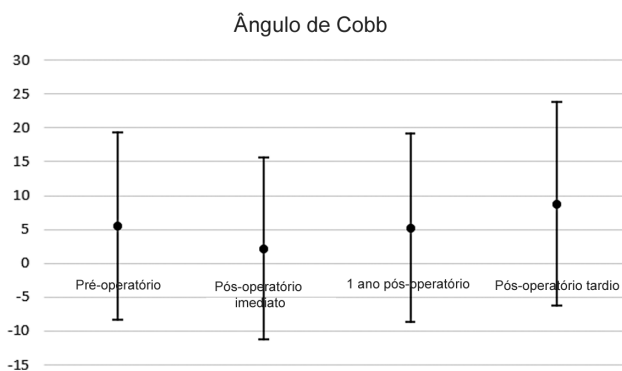


Fig. 3 Valores médios dos ângulos de Cobb por período.

implante no acompanhamento tardio, como osteólise (► Figs. 4 e 5).

Discussão

Embora ainda não haja consenso na literatura sobre as melhores abordagens para o tratamento das fraturas toracolumbares da coluna vertebral,¹¹ são discutidas alternativas para redução das complicações relacionadas a cada método. O tratamento não cirúrgico pode exigir restrição física prolongada, o que muitas vezes impacta a vida profissional e financeira, podendo levar à necessidade de restrição ao leito e suas complicações, como a deterioração neurológica. Outros desafios são o intrincado controle das deformidades consequentes e a falta de compreensão e cooperação do paciente.^{17,18}

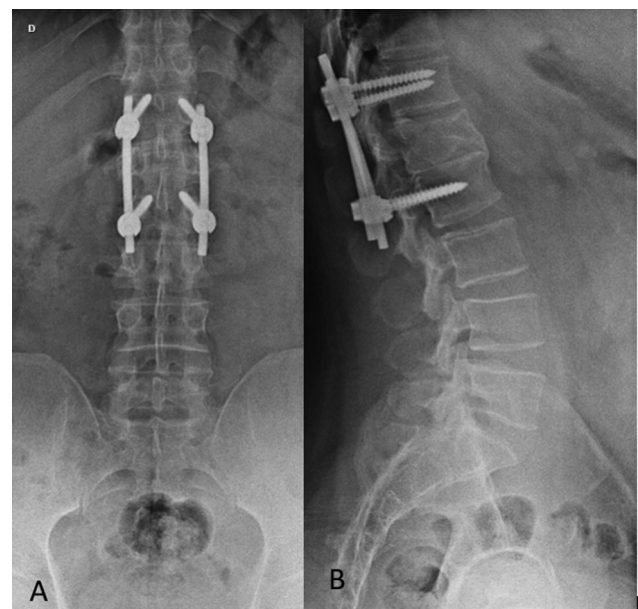


Fig. 4 Radiografia no período pós-operatório imediato de um paciente submetido à fixação percutânea minimamente invasiva em projeção anteroposterior (A) e em perfil (B).



Fig. 5 Radiografia de acompanhamento tardio do mesmo paciente mostrado na ► **Fig. 4**, realizada seis anos após o procedimento, em projeção anteroposterior (A) e em perfil (B).

A abordagem minimamente invasiva para o tratamento das fraturas toracolombares da coluna vertebral surge como alternativa de tratamento cirúrgico com menor grau de agressão e denervação dos músculos paravertebrais, além de redução das complicações da cirurgia aberta convencional, como aumento da pressão intramuscular, isquemia, sangramento e maior risco de infecção.^{11,19-21}

Estudos anteriores demonstraram menores taxas de complicações com esta modalidade.^{19,22,23} Objetivamente, já foram descritas redução da dor pós-operatória, da perda sanguínea intraoperatória, do tempo de cirurgia, do período de internação e da drenagem do sítio cirúrgico.⁶ Porém, a abordagem minimamente invasiva é questionada, por exemplo, quanto à exposição à radiação, à menor possibilidade de colocação de enxerto e os consequentes riscos na evolução da consolidação, além da possibilidade de descompressão neurológica direta,^{2,6} que requer descompressão direta de fragmentos no canal medular.² Estas particularidades podem sempre ser resolvidas por meio de uma descompressão aberta minimamente invasiva.¹²

Neste estudo, nenhuma forma de fixação foi suficiente para manutenção em longo prazo da correção da cifose obtida no primeiro procedimento cirúrgico, um achado frequente em outros estudos que abordam o acompanhamento pós-operatório.^{16,22,24-27} O retorno da cifose aos valores basais foi constatado em média um ano após o procedimento. O uso de parafusos pediculares poliaxiais pode explicar esse achado.¹⁹ Estudos comparando parafusos poliaxiais e monoaxiais (sem movimento na interface corpo-cabeça e promovendo alavancagem mais substancial) mostraram menor perda de correção em indivíduos com fraturas toracolombares tratados com sistemas de parafusos monoaxiais.²⁸ No entanto, consideramos que a perda mínima de correção associada aos nove anos de acompanhamento e a

ausência de sintomas clínicos indicam a consolidação adequada.

Outras dúvidas sobre a perda da correção da cifose dizem respeito à provável menor taxa de consolidação da artrodese em pacientes submetidos à fixação percutânea. Apesar disso, outros estudos já avaliaram o uso da artrodese na fixação das fraturas toracolombares, concluindo que não há diferença significativa em aspectos clínicos e radiológicos.¹⁰

Em relação à melhora na qualidade de vida, estudos que utilizaram a Escala Visual Analógica de Dor e o ODI após o tratamento minimamente invasivo de fraturas da coluna vertebral mostraram desfechos melhores dessa modalidade em comparação à cirurgia aberta convencional.²⁹

Kumar et al.³⁰ aplicaram o ODI em pacientes submetidos a tratamento conservador, cirurgia minimamente invasiva e cirurgia aberta. A pontuação média foi 32 (com variação entre 12 e 46) nos tratados com cirurgia conservadora e 14 (com variação entre 4 e 26) naqueles tratados com cirurgia aberta, contrastando com a pontuação de 4 (variando entre 0 e 10) obtida após a cirurgia minimamente invasiva nos acompanhamentos de 18 e 30 meses. Assim, uma diferença significativa favoreceu a abordagem menos invasiva¹⁸. O presente estudo encontrou dados semelhantes, confirmados pela melhora dos índices ODI e SF-36. Quando presente no acompanhamento tardio, a incapacidade foi relatada como moderada por cerca de 20% dos pacientes.

Embora os dados de literatura utilizados para comparação no acompanhamento tardio se refiram a ODIs aplicados até 30 meses após o tratamento escolhido,³⁰ este estudo analisou dados obtidos mais de cinco anos após a cirurgia. A pontuação foi bem menor na abordagem minimamente invasiva, o que pode ser decorrente da menor agressividade do procedimento e na ausência de afastamento das atividades por tanto tempo como na abordagem conservadora.

Como limitação deste estudo, o acompanhamento tardio ocorreu até o período máximo de nove anos. Além disso, os resultados se referem a uma amostra pequena e específica de pacientes acometidos por fraturas, adultos jovens que sofreram traumas de maior energia, e não temos dados do outro extremo, ou seja, pacientes idosos com adelgaçamento ósseo e suscetíveis a fraturas mesmo por traumas de menor energia. Por outro lado, a ausência de complicações pós-operatórias e a realização dos procedimentos pelo mesmo cirurgião permitem boa confiabilidade na análise dos resultados obtidos. Também acreditamos que a fixação vertebral percutânea é uma técnica simples desde que o cirurgião de coluna siga corretamente a descrição técnica.

Conclusão

A fixação percutânea minimamente invasiva pode ser uma opção no tratamento das fraturas toracolombares. Seus desfechos foram satisfatórios, inclusive em parâmetros clínicos e radiográficos, com baixas taxas de complicações na amostra estudada.

Suporte Financeiro

Este trabalho foi financiado pelo Programa Unificado de Bolsas de Estudo Para Apoio e Formação de Estudantes de Graduação (PUB-USP) [projeto número 586 do edital 2022]; da Universidade de São Paulo.

Conflito de Interesses

Os autores não têm conflitos de interesses a declarar.

Referências

- 1 Hu R, Mustard CA, Burns C. Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population. *Spine* 1996;21(04):492-499
- 2 Dahdaleh NS, Smith ZA, Hitchon PW. Percutaneous pedicle screw fixation for thoracolumbar fractures. *Neurosurg Clin N Am* 2014; 25(02):337-346
- 3 Rajasekaran S, Kanna RM, Schnake KJ, et al. Osteoporotic thoracolumbar fractures-how are they different?-Classification and Treatment algorithm *J Orthop Trauma* 2017;31(9, Suppl 4) S49-S56
- 4 Wood KB, Li W, Lebl DR, Ploumis A. Management of thoracolumbar spine fractures. *Spine J* 2014;14(01):145-164
- 5 Hartmann F, Gercek E, Leiner L, Rommens PM. Kyphoplasty as an alternative treatment of traumatic thoracolumbar burst fractures Magerl type A3. *Injury* 2012;43(04):409-415
- 6 Tian F, Tu LY, Gu WF, et al. Percutaneous versus open pedicle screw instrumentation in treatment of thoracic and lumbar spine fractures: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 2018;97(41):e12535
- 7 Wang MY, Wang MY. Percutaneous thoracolumbar pedicle screw fixation: is it time to revisit spinal fracture treatment? *World Neurosurg* 2010;74(06):570-571
- 8 Marin AG, Da Silva Herrero CFP, Barbosa MHN, Defino HLA. Fixação percutânea no tratamento de fraturas toracolombares: resultados preliminares. *Coluna/Columna* 2013;12(02):146-148
- 9 Aebi M, Etter C, Kehl T, Thalgot J. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with the internal spinal skeletal fixation system. Indications, techniques, and first results of treatment. *Spine* 1987;12(06):544-551
- 10 Wang ST, Ma HL, Liu CL, Yu WK, Chang MC, Chen TH. Is fusion necessary for surgically treated burst fractures of the thoracolumbar and lumbar spine?: a prospective, randomized study *Spine* 2006;31(23):2646-2652, discussion 2653
- 11 Verlaan JJ, Diekerhof CH, Buskens E, et al. Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: a systematic review of the literature on techniques, complications, and outcome. *Spine* 2004;29(07):803-814
- 12 Court C, Vincent C. Percutaneous fixation of thoracolumbar fractures: current concepts. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012; 98(08):900-909
- 13 Ciconelli RM, Ferraz MB, Santos W, Meinão I, Quaresma M. Tradução para a língua portuguesa e validação do questionário genérico de avaliação de qualidade de vida SF-36. *Rev Bras Reumatol* 1999;39(03):143-150
- 14 Vigatto R, Alexandre NMC, Correa Filho HR. Development of a Brazilian Portuguese version of the Oswestry Disability Index: cross-cultural adaptation, reliability, and validity. *Spine* 2007;32(04):481-486
- 15 Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 1994;3(04):184-201
- 16 Kuklo TR, Polly DW, Owens BD, Zeidman SM, Chang AS, Klemme WR. Measurement of thoracic and lumbar fracture kyphosis: evaluation of intraobserver, interobserver, and technique variability. *Spine* 2001;26(01):61-65, discussion 66
- 17 Wood K, Buttermann G, Mehbod A, Garvey T, Jhanjee R, Sechrist V. Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85(05): 773-781
- 18 Gnanenthiran SR, Adie S, Harris IA. Nonoperative versus operative treatment for thoracolumbar burst fractures without neurologic deficit: a meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470(02): 567-577
- 19 Palmisani M, Gasbarrini A, Brodano GB, et al. Minimally invasive percutaneous fixation in the treatment of thoracic and lumbar spine fractures. *Eur Spine J* 2009;18(Suppl 1):71-74
- 20 Gejo R, Kawaguchi Y, Kondoh T, et al. Magnetic resonance imaging and histologic evidence of postoperative back muscle injury in rats. *Spine* 2000;25(08):941-946
- 21 Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. A histologic and enzymatic analysis. *Spine* 1996;21(08):941-944
- 22 Logroscino CA, Proietti L, Tamburrelli FC. Minimally invasive spine stabilisation with long implants. *Eur Spine J* 2009;18 (Suppl 1):75-81
- 23 Rampersaud YR, Annand N, Dekutoski MB. Use of minimally invasive surgical techniques in the management of thoracolumbar trauma: current concepts. *Spine* 2006;31(11):S96-S102, discussion S104
- 24 Wild MH, Glees M, Plieschnegger C, Wenda K. Five-year follow-up examination after purely minimally invasive posterior stabilization of thoracolumbar fractures: a comparison of minimally invasive percutaneously and conventionally open treated patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007;127(05): 335-343
- 25 Altay M, Ozkurt B, Aktekin CN, Ozturk AM, Dogan O, Tabak AY. Treatment of unstable thoracolumbar junction burst fractures with short- or long-segment posterior fixation in magerl type a fractures. *Eur Spine J* 2007;16(08):1145-1155
- 26 Defino HL, Canto FR. Low thoracic and lumbar burst fractures: radiographic and functional outcomes. *Eur Spine J* 2007;16(11): 1934-1943
- 27 Defino HL, Herrero CF, Romeiro CF. Monosegmental fixation for the treatment of fractures of the thoracolumbar spine. *Indian J Orthop* 2007;41(04):337-345
- 28 Yao W, Zhou T, Huang K, et al. A comparison of monoaxial pedicle screw versus polyaxial pedicle screw in short-segment posterior fixation for the treatment of thoracolumbar fractured vertebra. *Ann Transl Med* 2021;9(08):669-669
- 29 Tu P, Yan CC, Hao JX, Cao S, Jiang C. Effect of percutaneous minimally invasive pedicle screw internal fixation in the treatment of thoracolumbar vertebral fractures and its impact on quality of life. *Pak J Med Sci* 2022;38(01):100-105
- 30 Kumar A, Aujla R, Lee C. The management of thoracolumbar burst fractures: a prospective study between conservative management, traditional open spinal surgery and minimally interventional spinal surgery. *Springerplus* 2015;4:204