

综述

胸腰椎骨折合并椎间盘损伤的研究进展

Advances in the thoracolumbar fracture with intervertebral disc injury

宋超, 林斌, 陈志达, 吴进, 曾文容, 何永志

(联勤保障部队第 909 医院 厦门大学附属东南医院骨科 363000 福建省漳州市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.10.10

中图分类号: R683.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2019)-10-0932-04

胸腰椎骨折是临床常见损伤, 约占所有脊柱骨折的 40%~60%, 通常伴发不同程度的椎间盘损伤^[1]。手术是胸腰椎骨折治疗的主要方法之一, 但常存在术后矫正失败, 矫正不足或甚至无法矫正等并发症, 主要是因为对骨折复杂性的评估不足, 往往忽略椎间盘损伤^[2-3]。椎体骨折中的骨性部分在进行手术治疗后通常完全愈合并恢复正常强度, 但相对无血管的椎间盘来说, 其愈合是不可预测的。目前常用的胸腰椎骨折的临床分型及评分系统, 无论是从形态学上的 Denis 分型、载荷分享评分(load sharing classification, LSC)和胸腰椎损伤分类严重程度评分(thoracolumbar injury classification and severity score, TLICS), 还是从损伤机制上的 AO 分型或 AO Spine 分型来看, 均未提供关于椎间盘损伤严重程度的详细描述。创伤后椎间盘损伤在临床上并未受到充分的重视, 椎间盘高度的丢失、椎间隙的变窄是造成胸腰椎骨折术后后凸畸形发生的重要原因, 主要表现为 Cobb 角和椎体楔角变小等^[4]。目前, 对于受损椎间盘的转归及其影响因素的研究尚不全面, 笔者对胸腰椎骨折伴椎间盘损伤研究现状做一综述。

1 胸腰椎骨折分型与椎间盘损伤的关系

胸腰椎骨折的常见临床分型包括 Denis 分型、AO 分型、LSC、TLICS 评分和 AO Spine 分型等。1983 年 Denis 分型首次明确了神经损伤在骨折分类的重要性, 将终板骨折考虑在内, 但却没提及椎间盘损伤。1994 年由 Magerl 等提出的 AO 分型是应用最为广泛的分型, 其将椎间盘和韧带损伤作为胸腰椎骨折分型的重要考虑因素, 并强调软组织损伤对患者远期预后的影响。LSC 分型主要考虑椎体粉碎程度、骨折片移位程度和脊柱后凸角度, 包含对终板粉碎程度的定量判断, 从而间接反映了伴有严重椎间盘损伤的患者应行前柱重建治疗。与 AO 分型相比, TLICS 使用描述性类别评估每位患者的神经系统状态, 后方韧带复合体 (posterior ligamentous complex, PLC) 的完整性和损伤形

态, 却没有充分考虑有关损伤对相邻椎间盘的影响。这些分型缺乏对椎间盘损伤的充分认知, 这已被证明在创伤后稳定性和结果中起关键作用^[5-6]。AO Spine 分型是目前国际上最权威的胸腰椎骨折分型系统, 基于对骨折的形态学分类、神经功能状态、临床修正参数的评估, 临床修正参数评估结果可分为 M1、M2 两种, 其中 M1 表示骨折伴有影像学检查 (如 MRI) 或临床检查发现的不确定的张力带损伤情况, 缺乏对椎间盘等软组织损伤的定量分析, 定性也较为模糊。因此, 现存的分型对于受损椎间盘的转归及影响结论不一, 何时进行椎间盘切除和椎间融合的问题尚未得到令人满意的回答。

2 基于 MRI 的椎间盘损伤分型与分级

MRI 是最敏感的评价椎间盘疾病的检查方法, 具有无创、安全等优点, 可靠地检测出椎间盘损伤及转归^[7-8]。1998 年 Oner 等^[9]根据 MRI 信号的形态和强度的标准区分了六种不同类型的椎间盘: (1) 正常或接近正常的椎间盘; (2) 黑色椎间盘型; (3) Schmorl 型, 髓核少量疝入终板; (4) 前塌陷型, 在前三分之一处观察到椎间盘突出或髓核突出进入终板; (5) 中央突出型, 髓核大量突出到中央终板; (6) 退变型椎间盘。然而, Oner 分型仅表现了椎间盘形态上的变化, 并没有涉及椎间盘损伤的严重程度, 且由于分型太多不利于临床推广, 目前已较少使用。

此后, Sander 等^[10]通过 MRI 确定相邻椎间盘的形态变化和信号改变, 将椎间盘分为 4 级: 0 级 (完整) T1、T2 加权像均正常; 1 级 (水肿) T1 加权像正常, T2 加权/T2 抑脂像中椎间盘信号增强; 2 级 (椎间盘出血和破裂) T1 加权像中等信号或高信号, T2 加权/T2 抑脂像中间盘呈周边高信号; 3 级 (椎间盘进入椎体, 环形撕裂或疝入终板) T1 加权像椎间盘呈中高信号, T2 加权/T2 抑脂像中椎间盘呈周边高信号。这种分级方法将椎间盘损伤程度通过信号改变的形式量化, 提供了一种通用且可靠的标准来描述椎间盘损伤, 被较为广泛的应用^[10]。Kanezaki 等^[11]使用 Sander 分型对 48 例胸腰椎骨折患者的椎间盘进行回顾性分析, 认为胸腰椎损伤不应只评估为骨性和韧带损伤, 还应评估椎间盘损伤, 后凸畸形发生主要是在椎间盘的水平而不是椎体水

基金项目: 原南京军区医学科技创新课题 (项目编号: 12Z24)

第一作者简介: 男 (1993-), 在读硕士研究生, 研究方向: 脊柱外科
电话: (0596) 2931538 E-mail: songchao930915@163.com

通讯作者: 林斌 E-mail: linbin813@163.com

平,使用创伤后初始 MRI 扫描评估椎间盘损伤严重程度是重要的,这也可能是复发性脊柱后凸畸形的有效预测指标。米杰等^[12]使用 Sander 分型对 44 个椎间盘进行分级评估,分析并得出当椎管侵占率>21%,伤椎楔变角>15°,伤椎前后缘高度比>0.69,满足其中任意一点的无神经症状胸腰椎爆裂骨折患者均应行 MRI 检查评估椎间盘损伤。

3 胸腰椎骨折合并椎间盘损伤的临床特点

3.1 流行病学

对于椎间盘损伤的发生率,缺乏流行病学研究,目前尚无大宗病例报道。Su 等^[13]回顾性分析 2012 年 10 月~2013 年 10 月纳入标准的 56 例单节段胸腰椎骨折患者,行 MRI 检查发现 46 例(82.1%)伴有椎间盘损伤,椎间盘损伤的发生率在上部相邻椎间盘中为 82.1%(46/56),在下部相邻椎间盘中为 30.2%(17/56);其研究结果表明,椎间盘损伤程度随骨折严重程度的增加而增加,椎间盘损伤与 AO 骨折分型呈正相关关系,主要涉及骨折端附近的椎间盘,在上椎间盘中观察到比下椎间盘更频发和更严重的损伤。Yeol 等^[14]对 37 例稳定性胸腰椎爆裂骨折患者 MRI 扫描中发现有 20 例(54.1%)伴有椎间盘损伤,稳定性胸腰椎爆裂骨折是指由轴向压缩暴力引起,其破坏的是脊柱前、中柱,而后柱通常是正常的或伴有椎弓根的垂直骨折。Mi 等^[14]对 84 例单节段无神经系统损伤的急性胸腰椎爆裂性骨折的患者行 MRI 检查,发现骨折合并上方相邻椎间盘损伤为 66.7%(56/84),合并下方相邻椎间盘损伤为 26.2%(22/84)。由此可见,胸腰椎骨折伴椎间盘损伤并不少见,且骨折相邻上方椎间盘更易损伤。

3.2 椎间盘损伤机制的相关观点

胸腰椎骨折在年轻人中尤为常见,常常伴有严重的社会后果。男性发病率远高于女性,且多由于运动、交通事故和高空坠落等造成的^[15,16]。椎间盘是软骨复合体,由终板、髓核及纤维环三部分组成,易受拉伸或剪切力的伤害,而较大的压缩力也可导致创伤性椎间盘损伤,使得椎间盘在骨折瞬间易受伤害,影响脊柱稳定性^[17]。在一项生物力学研究中,Lin 等^[18]发现椎体、上部相邻椎间盘和下部相邻椎间盘分别占胸腰椎爆裂性骨折后所有不稳定因素的 38%、35%和 27%。

有关椎间盘损伤机制,存在多种学说及观点。最早是在 1998 年 Oner 等^[19]提出的“椎间盘蠕动学说”,他们认为胸腰椎骨折后复发性脊柱后凸畸形是由于椎间盘终板中央凹陷处的椎间盘蠕动引起的,终板骨折可导致人类椎间盘的退行性改变。Przybyla 等^[20]发现纤维环撕裂对椎间盘内压缩应力的影响小于对终板骨折的影响,并认为终板骨折为椎间盘退变提供了更大的刺激。Wang 等^[21]提出“椎间盘蛋壳学说”,他们对短节段经皮椎弓根螺钉固定治疗 26 例单节段 A3 型无神经功能损伤胸腰椎骨折患者进行随访,所有患者均未进行椎板切除术和融合术。比较经皮椎弓根螺钉固定前后的 MRI 数据,发现受损的椎间盘组织

通过终板骨折疝入到椎体内,终板的中心处于压缩状态并且由于它没有被纤维环附着而形成“蛋壳状”改变。然而,在这种情况下,Aebli 等^[22]认为疝入的椎间盘组织导致椎间隙高度的大量损失在去除后路固定后发生后凸畸形的复发,并强调它最重要的是椎间隙的塌陷,这占据矫正角度丢失 90%的原因。Yeol 等^[14]对 37 例稳定性胸腰椎爆裂骨折年轻患者进行随访,发现手术治疗后矫正角度的丢失与前纵韧带、后纵韧带、下椎间盘或终板、骨折椎体节段之间没有显著的关系,而与单独的伤椎上终板和上椎间盘-终板复合体的损伤有显著的相关性,上椎间盘-终板复合体损伤比下椎间盘或终板更常见,并首次提出“上椎间盘-终板复合体”的概念。对于引起创伤后椎间盘损伤的机制目前仍有争议,多数学者认为终板血管分布的破坏是椎间盘损伤及退变的主要原因之一。椎体内血管的营养物质通过骨髓腔-血窦-软骨终板界面扩散到椎间盘,营养纤维环及髓核内层,缺少营养是椎间盘变性的一大因素。外伤可损伤终板及终板下骨质骨小梁,当椎体被相邻的椎间盘自然压缩时,上终板因为较薄且由不致密的骨小梁支撑,通常在下终板之前失去活力^[23]。

4 胸腰椎骨折合并椎间盘损伤治疗策略

后路钉棒内固定手术已经成为最常用的治疗不稳定胸腰椎骨折的首选方法,后路手术的主要目的是椎管减压,恢复椎体高度和脊柱序列,防止进行性脊柱后凸畸形和神经损伤,并提供早期活动和康复^[24]。但是,在前柱受损的情况下单纯后路内固定或融合技术是无法恢复前柱的高度。由此引发的一系列困惑如椎间盘损伤处理与否,融合与否,前柱稳定性的重建等方面目前尚无统一的说法。手术治疗主要包括椎间盘切除术、脊柱融合固定术、人工间盘置换等。

Fürderer 等^[25]在对 T12~L2 椎体骨折不伴发神经损伤的 20 例患者的随访中得出:①对于 AO 分型 A3 和 B1 型胸腰椎骨折,如果椎间盘在创伤和初始稳定后完好无损,无论是前路还是后路手术,均不应进行椎间盘切除和融合;②在椎间盘形态完整的情况下,MRI 信号变化但不影响形态学进程,也不建议进行融合;③轻度改变的椎间盘信号和形态可能会影响椎间盘变性过程,每年定期复查 X 线片记录脊柱后凸畸形的进展情况,必要时及时进行前路融合手术;④明显的形态学改变,特别是 T2 加权信号的增强或部分减弱,是椎间融合的相对指征;⑤MRI 有助于决定初始稳定后胸腰椎骨折是否需要融合,但不能代替脊柱外科手术评估的需要。后路钉棒内固定可能在椎体严重粉碎性骨折时失效,因为椎间盘可以通过破坏终板蠕动进入爆裂的椎体,导致前柱支撑不足,越来越多的学者认识到需要前柱加固,一些学者通过经椎弓根植骨成形术来复位终板骨折,即将松质骨压入骨折椎体,然而这种技术并未显示可阻止降低椎体塌陷的发生率,已被大多数外科医生放弃^[19]。

众所周知,如果缺乏前柱支撑,后路固定可能会因牵引过程中前柱大的缺损而失效,对于前柱重建的最佳手术方案一直存在争议^[26,27]。Toyone 等^[28]通过经椎弓根羟基磷灰石移植和椎弓根螺钉固定可预防脊柱后凸的发展,该技术不需要进行椎体间融合,从而保持胸腰椎运动。Marco 等^[29]认为后路短节段钉棒固定加磷酸钙骨水泥治疗爆裂性骨折可获得满意的临床效果和较低的固定失败率(5.3%)。Shen 等^[30]成功应用后路短节段仪器加注射用硫酸钙骨水泥治疗胸腰椎爆裂性骨折,固定失败率为 0%~5%。但他们都没有重视到复位终板骨折的重要性,所以后来有学者提出使用经椎弓根骨水泥球囊复位终板骨折(balloon-assisted end plate reduction, BAER),如 Verlaan 等^[31]对 20 例经椎弓根螺钉和 BAER 治疗创伤性胸腰椎爆裂性骨折患者的临床和放射学结果进行了至少 6 年的随访,他们认为 BAER 作为一种安全且易实现的技术,有效改善脊柱畸形的进展,并减少后期可能需要前路融合的手术次数。Liao 等^[32]对比了伤椎置钉及伤椎注入骨水泥两种方案治疗单纯 A3 型骨折,对所有患者随访至少 2 年,得出:①当 LSC 评分 ≤ 6 分,这两种方案都是安全可行的;②当 LSC 评分 ≥ 7 分,这两种方案均有较高的矫正后凸畸形失败率。实际上,除了对伤椎本身的处理外,密切关注椎间盘-终板复合体的问题也越来越受到更多骨科医生的重视。Lindtner 等^[33]对符合纳入标准的 37 名患者后路采用钉棒固定技术,并联合前路椎体替换装置(vertebral body replacement device, VBRD)进行前柱重建(anterior column reconstruction, ACR),证明使用 VBRD 可很好的重建椎间盘-终板复合体,他们强调,该术式不仅需要除去破损的椎间盘,还需要切除破裂的终板:①如果伤椎的下终板应是完整的或只有一条骨折线,仅 ACR 重建上椎间盘-终板复合体就可达到有效治疗的目的;②如果下终板上存在明显受损的多条骨折线,它们将导致术后 VBRD 下沉以及矫正角度丢失的发生,此时应进行 ACR 重建上下椎间盘-终板复合体,充分强调了植骨床的重要性。Loriaut 等^[34]进行了一项前瞻性研究发现,在 Magerl A 型胸腰椎骨折附近的椎间盘中没有发生高度丢失,椎间盘信号强度和形态方面没有发生重大改变,他们认为在 Magerl A 型胸腰椎骨折中不应切除椎间盘。康辉等^[35]对 56 例严重胸腰椎骨折伴椎间盘损伤患者长期随访中提出,采用全椎板或半椎板减压,运用“L”型骨凿将突入椎管内的骨折块向前方推挤复位,摘除损伤严重的椎间盘、刮除软骨终板,保留骨性终板,椎间大量植骨融合,进行前中柱的重建,术后骨折区域的畸形不但得到了良好的矫正,而且得到了良好的维持,他们认为采用后路固定、减压、椎间融合重建,同样可以取得良好的临床疗效,并能有效预防迟发性后凸畸形、内固定失败等远期并发症的发生。此外,椎间盘修复与再生学派学者认为,手术治疗不能逆转椎间盘损伤引起的间盘退变,甚至会进一步加重现有的损伤。他们提出重塑椎间盘正常的生理结构和功能治疗椎间盘退变,并且不会增加椎

间盘损伤。主要通过纤维环修复、细胞治疗、组织工程策略等实现^[36]。

总之,胸腰椎骨折后合并椎间盘损伤非常常见,对于严重的椎间盘损伤的患者,无论是前路还是后路手术,行牢固的植骨融合内固定是预防术后并发迟发性后凸畸形的重要策略之一。但是,伴发椎间盘损伤的胸腰椎骨折手术疗效的评价,缺乏大宗病例报道、长期临床综合随访或前瞻性研究,临床的指导意义有限,椎间盘损伤处理方案的决策以及临床干预措施的制定尚不完备。因此,如何将椎间盘损伤充分纳入胸腰椎骨折分型及手术方案制定中去可能需要更多的脊柱外科医生进一步研究。

5 参考文献

1. Mazel C, Ajavon L. Malunion of post-traumatic thoracolumbar fractures[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2018, 104(1): 55-62.
2. Katsuura Y, Osborn JM, Cason GW. The epidemiology of thoracolumbar trauma: A meta-analysis[J]. J Orthop, 2016, 13(4): 383-388.
3. Spiegl UJ, Josten C, Devitt BM, et al. Incomplete burst fractures of the thoracolumbar spine: a review of literature[J]. Eur Spine J, 2017, 26(9): 3187-3198.
4. Yeol LK, Min-Woo K, Yun SS, et al. The Relationship between Superior Disc-Endplate Complex Injury and Correction Loss in Young Adult Patients with Thoracolumbar Stable Burst Fracture[J]. Clin Orthop Surg, 2017, 9(4): 465-471.
5. Andrew N, Jack AS, Ihsan I, et al. Outcomes in thoracolumbar burst fractures with a thoracolumbar injury classification score(TLICS) of 4 treated with surgery versus initial conservative management[J]. Clin Spine Surg, 2018, 31(6): 317-321.
6. Mohamadi A, Googanian A, Ahmadi A, et al. Comparison of surgical or nonsurgical treatment outcomes in patients with thoracolumbar fracture with Score 4 of TLICS: A randomized, single-blind, and single-central clinical trial [J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(6): e9842.
7. Gamanagatti S, Rathinam D, Rangarajan K, et al. Imaging evaluation of traumatic thoracolumbar spine injuries: radiological review[J]. World J Radiol, 2015(9): 253-265.
8. Kumar Y, Hayashi D. Role of magnetic resonance imaging in acute spinal trauma: a pictorial review[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2016, 17(1): 310-321.
9. Sander AL, Laurer H, Lehnert T, et al. A Clinically Useful Classification of Traumatic Intervertebral Disk Lesions[J]. AJR Am J Roentgenol, 2013, 200(3): 618-623.
10. Sander AL, Lehnert T, Saman André El, et al. Outcome of Traumatic Intervertebral Disk Lesions After Stabilization by Internal Fixator[J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 203(1): 140-145.
11. Kanezaki S, Miyazaki M, Ishihara T, et al. Magnetic resonance imaging evaluation of intervertebral disc injuries can predict kyphotic deformity after posterior fixation of unstable

- thoracolumbar spine injuries [J]. *Medicine*, 2018, 97 (28): 11442–11450.
12. 米杰, 张凯, 孙晓江, 等. 无神经症状胸腰椎爆裂骨折中椎间盘损伤与骨折严重程度的相关性[J]. *中华创伤杂志*, 2017, 33(7): 621–626.
13. Su Y, Ren D, Zou Y, et al. A retrospective study evaluating the correlation between the severity of intervertebral disc injury and the anteroposterior type of thoracolumbar vertebral fractures[J]. *Clinics*, 2016, 71(6): 297–301.
14. Mi J, Sun XJ, Zhang K, et al. Prediction of MRI findings including disc injury and posterior ligamentous complex injury in neurologically intact thoracolumbar burst fractures by the parameters of vertebral body damage on CT scan[J]. *Injury*, 2018, 49(2): 272–278.
15. Doud AN, Weaver AA, Talton JW, et al. Has the Incidence of Thoracolumbar Spine Injuries Increased in the United States From 1998 to 2011?[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2015, 473(1): 297–304.
16. Ming Y, Qinpeng Z, Dingjun H, et al. Comparison of clinical results between novel percutaneous pedicle screw and traditional open pedicle screw fixation for thoracolumbar fractures without neurological deficit[J]. *Int Orthop*, 2019, 43 (7): 1749–1754.
17. Rudol G, Gummerson NW. Thoracolumbar spinal fractures: review of anatomy, biomechanics, classification and treatment [J]. *Orthopaedics & Trauma*, 2014, 28(2): 70–78.
18. Lin RM, Panjabi MM, Oxland TR. Functional radiographs of acute thoracolumbar burst fractures. A biomechanical study [J]. *Spine*, 1993, 18(16): 2431–2437.
19. Oner FC. Changes in the disc space after fractures of the thoracolumbar spine[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1998, 80(5): 833–839.
20. Przybyla A, Pollintine P, Bedzinski R, et al. Outer annulus tears have less effect than endplate fracture on stress distributions inside intervertebral discs:Relevance to disc degeneration[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2006, 21(10): 1013–1019.
21. Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, et al. Radiological study on disc degeneration of thoracolumbar burst fractures treated by percutaneous pedicle screw fixation[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(3): 489–494.
22. Aebli N, Kaiser T, Moulin P, et al. Short-segment posterior instrumentation combined with anterior spondylodesis using an autologous rib graft in thoracolumbar burst fractures [J]. *Acta Orthop*, 2014, 85(1): 84–90.
23. 尤君怡, 周红海, 姜宏. 椎间盘损伤与修复的研究进展[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2015, 23(9): 77–80.
24. Saglam N, Dogan S, Ozcan C, et al. Comparison of Four Different Posterior Screw Fixation Techniques for the Treatment of Thoracolumbar Junction Fractures[J]. *World Neurosurg*, 2019, 44(2): 372–379.
25. Fürderer S, Wenda K, Thiem N, et al. Traumatic intervertebral disc lesion – magnetic resonance imaging as a criterion for or against intervertebral fusion[J]. *Eur Spine J*, 2001, 10 (2): 154–163.
26. Scheer JK, Bakhsheshian J, Fakurnejad S, et al. Evidence-Based Medicine of Traumatic Thoracolumbar Burst Fractures: A Systematic Review of Operative Management across 20 Years[J]. *Global Spine J*, 2015, 5(1): 73–82.
27. Spiegl UJ, Josten C, Devitt BM, et al. Incomplete burst fractures of the thoracolumbar spine: a review of literature[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(12): 3187–3198.
28. Toyone T, Tanaka T, Kato D, et al. The treatment of acute thoracolumbar burst fractures with transpedicular intracorporeal hydroxyapatite grafting following indirect reduction and pedicle screw fixation:a prospective study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(7): 208–214.
29. Marco RA, Meyer BC, Kushwaha VP. Thoracolumbar burst fractures treated with posterior decompression and pedicle screw instrumentation supplemented with balloon-assisted vertebroplasty and calcium phosphate reconstruction:Surgical technique[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2010, 92(Suppl 1 Pt 1): 67–76.
30. Shen YX, Zhang P, Zhao JG, et al. Pedicle screw instrumentation plus augmentation vertebroplasty using calcium sulfate for thoracolumbar burst fractures without neurologic deficits[J]. *Orthop Surg*, 2011, 3(1): 1–6.
31. Verlaan JJ, Somers I, Dhert WJ, et al. Clinical and radiological results 6 years after treatment of traumatic thoracolumbar burst fractures with pedicle screw instrumentation and balloon assisted endplate reduction[J]. *Spine J*, 2015, 15(6): 1172–1178.
32. Liao JC, Fan KF. Posterior short-segment fixation in thoracolumbar unstable burst fractures-Transpedicular grafting or six-screw construct?[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2017, 153(2): 56–63.
33. Lindtner RA, Mueller M, Schmid R, et al. Monosegmental anterior column reconstruction using an expandable vertebral body replacement device in combined posterior-anterior stabilization of thoracolumbar burst fractures[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2018, 138(7): 939–951.
34. Loriaut P, Mercy G, Moreau PE, et al. Initial disc structural preservation in type A1 and A3 thoracolumbar fractures [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2015, 101(7): 833–837.
35. 康辉, 徐峰, 齐凤宇, 等. 椎体间融合治疗胸腰椎骨折伴椎间盘损伤[J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25(16): 1441–1444.
36. 王挽涛, 祁全, 赵大航, 椎间盘退变的再生修复治疗[J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26(13): 1210–1214.

(收稿日期:2019-05-12 修回日期:2019-08-02)

(本文编辑 彭向峰)