

555-562.

[22] Cancienne JM, Werner BC, Loeb AE, et al. The effect of local intraoperative steroid administration on the rate of postoperative dysphagia following ACDF: a study of 245,754 patients [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41: 1084-1088.

[23] Koreckij TD, Davidson AA, Baker KC, et al. Retropharyngeal steroids and dysphagia following multilevel anterior cervical surgery [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41: E530-E534.

[24] Lee SH, Kim KT, Suk KS, et al. Effect of retropharyngeal steroid on prevertebral soft tissue swelling following anterior cervical discectomy and fusion: a prospective, randomized study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2011, 36: 2286-2292.

[25] Siasios ID, Dimopoulos VG, Fountas KN. Local steroids and dysphagia in anterior cervical discectomy and fusion-does the employment of rhBMP-2 make their use a necessity [J]. *J Spine Surg*, 2016, 2: 234-236.

[26] Joaquim AF, Murar J, Savage JW, et al. Dysphagia after anterior cervical spine surgery: a systematic review of potential preventative measures [J]. *Spine J*, 2014, 14(9): 2246-2260.

[27] 桑裴铭, 张明, 陈斌辉, 等. 颈椎前路术后吞咽困难的相关原因分析 [J]. *中国骨伤*, 2016, 29(4): 350-354.
SANG PM, ZHANG M, CHEN BH, et al. Cause analysis of dysphagia after anterior cervical spine surgery [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2016, 29(4): 350-354. Chinese with abstract in English.

[28] 祁敏, 梁磊, 王新伟, 等. 颈前路多节段融合术后吞咽困难的原因分析 [J]. *中华骨科杂志*, 2013, 33(5): 467-472.
QI M, LIANG L, WANG XW, et al. Analysis on the causes of dysphagia after multilevel anterior cervical discectomy and fusion [J]. *Zhonghua Gu Ke Za Zhi*, 2013, 33(5): 467-472. Chinese.

[29] 董胜利, 陈海嘯. 缝合椎前筋膜预防颈前路术后吞咽困难的临床研究 [J]. *中国骨伤*, 2008, 21(8): 606-607.
DONG SL, CHEN HX. Clinical application of the reconstruction of prevertebral fascia in cervical vertebrae anterior approach [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2008, 21(8): 606-607. Chinese.

(收稿日期: 2020-08-18 本文编辑: 王玉蔓)

腰椎骨折后路短节段固定术后矫正丢失及相关因素的影像学分析

周茂生, 杨民, 丁国正, 王林, 谢加兵, 陆汉力
(皖南医学院弋矶山医院创伤骨科, 安徽 芜湖 241000)

【摘要】 目的: 分析腰椎骨折后路短节段固定术后矫正丢失情况并分析影像学相关因素。方法: 对 2015 年 1 月至 2018 年 12 月行后路短节段固定的 48 例腰椎骨折患者的影像学资料进行回顾性分析, 其中男 32 例, 女 16 例; 年龄 23~60(45.98±8.20) 岁; 骨折节段为 L₂-L₄。测量术前、术后 1 周、末次随访时伤椎前缘高度 (anterior vertebrae height, AVH), 伤椎体楔变角 (vertebral wedge angle, VWA) 及局部后凸角 (local kyphosis angle, LKA) 并计算随访中局部椎间盘角度 (segmental discal angle, SDA), LKA, AVH 的丢失 (分别表示为 LoSAD, LoLKA, LoAVH); 评估术前载荷分享评分 (load-sharing scores, LSS), 胸腰椎脊柱脊髓损伤分类及严重程度评分 (the thoracolumbar injury classification and severity score, TLICS) 和邻近椎间盘损伤 (intervertebral disc injuries, IDIs)。分析年龄, 随访时间, LSS, TLICS, IDIs 与矫正丢失的相关性。**结果:** 48 例患者均获随访, 时间 12~18(16.13±5.39) 个月。术后 1 周及末次随访 LKA, AVH, VWA 较术前均明显改善 ($P<0.05$)。末次随访 LKA 较术后 1 周丢失 (5.70±3.17)°, 末次随访 AVH 较术后 1 周丢失 (4.31±5.95)%, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 但术后 1 周和末次随访 VWA 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。LoSDA ($r=0.706, 0.579, 0.449$) 和 LoLKA 随 LSS, TLICS 和 IDIs 增加而加重, LoAVH 随 LSS, TLICS 增加而加重 ($P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示, LSS 评分增加均为 LoSDA, LoLKA, LoAVH 的危险因素 ($P<0.05$)。**结论:** 后路短节段椎弓根钉治疗下腰椎骨折术后邻近椎间盘角度和伤椎高度有不同程度丢失, 且多因素分析提示均与骨折的载荷分享评分有相关性。

【关键词】 腰椎骨折; 短节段椎弓根钉固定; 矫正丢失; 影响因素分析

中图分类号: R683.2

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.07.013

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Imageology study of correlation loss and its related factors after short-segment pedicle screw reduction and fixation for lumbar fractures ZHOU Mao-sheng, YANG Min, DING Guo-zheng, WANG Lin, XIE Jia-bing, and LU Han-li. *Trauma*

通讯作者: 杨民 E-mail: yjsygyk@sohu.com

Corresponding author: YANG Min E-mail: yjsygyk@sohu.com

Department of Orthopaedics, the First Affiliated Hospital, Yijishan Hospital, Wannan Medical College, Wuhu 241000, Anhui, China

ABSTRACT Objective: To analyze the correction loss after posterior segmental fixation for lumbar spine fractures and explore the related image factors. **Methods:** Posterior short-segment fixation was received in 48 patients with L₂-L₄ fractures. There were 32 males and 16 females, with ages of 23 to 60 (45.98±8.20) years. The anterior vertebral height (AVH), vertebral wedge angle (VWA) of the injured vertebra and local kyphosis angle (LKA) were measured before operation, 1 week after operation and the final follow-up. The loss of segmental disc angle (LoSDA), LKA (LoLKA), AVH (LoAVH) were calculated between 1 week postoperative and the last follow-up. Preoperative load-sharing scores (LSS), TLICS scores, and adjacent intervertebral disc injuries (IDIs) were assessed. Then the correlation between the age, follow-up time, LSS, TLICS, IDIs and the correction loss was analyzed. **Results:** The average follow-up was 12 to 18 (16.13±5.39) months. LKA, AVH and VWA at 1 week postoperative and those at the final follow-up, were significantly improved compared with those preoperative ($P<0.05$). In the final follow-up, the average LKA (5.70±3.17)[°] and AVH (4.31±5.95)% correction loss were observed compared with those 1 week postoperative ($P<0.05$). Otherwise the loss of VWA was not obvious ($P>0.05$). Univariate analysis showed that the SDA ($r=0.706, 0.579, 0.449$) and LKA ($r=0.715, 0.566, 0.502$) correction loss were aggravated with the increase of LSS, TLICS and IDIs, and AVH ($r=-0.325, -0.219$) correction loss was aggravated with the increase of LSS and TLICS ($P<0.05$). Multivariate analysis showed that increased LSS scores were all risk factors for segmental disc angle (SDA) loss, LKA correction loss, and AVH correction loss ($P<0.05$). **Conclusion:** The angle of adjacent intervertebral discs and anterior height of injured vertebrae were lost statistically after posterior short-segment pedicle screw treatment for lumbar fractures, and multivariate analysis showed that all of them were correlated with load-sharing score.

KEYWORDS Lumbar fractures; Posterior segmental fixation; Correction loss; Root cause analysis

腰椎受到强大的髂腰韧带及周围肌肉、骨盆保护,不易受伤。另外,腰椎位于脊柱承重的最下段、呈生理性前凸、没有胸廓的笼状结构支撑,并且关节突和附件走行水平,腰椎屈伸运动幅度大,侧屈有限,而轴向旋转几乎没有。特别在腰骶部还会受到骨盆扭转力的影响。腰椎前凸主要体现在椎间盘水平(胸椎椎间盘终板较平行,而腰椎椎间盘终板呈前凸夹角)。直立位时,身体的重心通过腰椎椎体椎间盘中后方(L₂-L₅),腰椎骨折时轴向压力因素影响更加重要。这些都与胸椎很不同^[1-2]。腰椎损伤特点:轴向负荷伤或牵张性损伤,屈曲性损伤少,骨盆固定时发生屈曲-牵张性损伤^[3]。腰椎的这些解剖和生物力学特点,使得其损伤的发生、治疗的原则和预后应该与胸椎及胸腰段(T₁₁-L₂)有所不同。脊柱骨折发生率最高的是 T₁₁-L₂ 胸腰段,大量的研究和许多评分标准也是针对此节段的^[4-5]。胸腰段骨折术后后凸矫正的丢失是近年来的研究热点^[6-8]。但是对 L₂-L₅ 的腰椎骨折术后矫正丢失的研究未见报道。研究表明,T₁₁-L₂ 胸腰段平均为 1.7[°]前凸,对后凸畸形具有良好的耐受性,后凸达 20[°]患者无背痛症状,而腰椎呈生理性前凸,平均为 20[°]~40[°]^[9-10]。因而腰椎对后凸受性差,平背畸形可能导致整个脊柱矢状面平衡的破坏,出现严重的腰背痛^[4]。因此,了解腰椎骨折术后纠正角度的丢失及其原因,很有必要。为此,笔者回顾性分析 2015 年 1 月至 2018 年 12 月手术治疗的 48 例 L₂-L₄ 腰椎骨折骨折患者的影像学资料,总结了其骨折特点、后凸矫正丢失情况及其相关影响因素。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:L₂-L₅ 节段、单椎体骨折;年龄 20~60 岁,无骨质疏松;影像资料完整:术前进行了正侧位 X 线平片、MRI 及 CT 检查,有完整的随访 X 线片,所有资料拍摄并保存于我院医学影像信息系统(picture archiving and communication systems, PACS)中。排除标准:多节段脊柱骨折;骨质疏松及其他脊柱、脊髓病史;内固定松动或断裂者;前路固定融合病例。

1.2 临床资料

本组 48 例,男 32 例,女 16 例;年龄 23~60(45.98±8.20)岁。ASIA 神经功能:0 级 1 例,Ⅰ级 1 例,Ⅱ级 1 例,Ⅲ级 2 例,Ⅳ级 16 例,Ⅴ级 27 例;马尾损伤 2 例。合并四肢骨折或脱位 5 例,颅脑或肺损伤 3 例。L₂ 骨折 22 例,L₃ 骨折 19 例,L₄ 骨折 7 例。

1.3 治疗方法

所有患者在全麻后行俯卧位、常规后正中入路,于伤椎邻近上下椎置入椎弓根螺钉短节段固定。利用钉棒系统撑开复位后,透视检查椎体高度恢复情况,复位不满意者加单枚或双枚伤椎椎弓根钉辅助复位,直至终板复位、椎体高度恢复。椎管占位≥50%或伴神经损伤者给予保留后交叉韧带(posterior cruciate ligament, PCL)潜行减压手术^[5]。术后卧床 3 周,之后佩戴胸腰支具 3 个月。术后定期门诊随访。

1.4 观察项目与方法

所有术前影像资料和手术在伤后 1 周内完成。

术后 X 线片于术后 1 周内拍摄。末次随访 X 线片于骨折愈合、去除内固定物后 1 周内拍摄。所有影像数据在 PACS 影像系统上测量。

1.4.1 影像学数据 术前(伤后 1 周内)、术后(术后 1 周内)、末次随访测量并计算影像学数据:(1)伤椎前缘高度比 (anterior vertebrae height, AVH), AVH=(伤椎前缘高度/邻近上下椎体前缘高度平均值)×100%。(2)伤椎楔角(vertebral wedge angle, VWA),为伤椎上下终板夹角。(3)局部后凸角(local kyphosis angle, LKA),为伤椎上位椎体上终板与下位椎体下终板延长线的夹角。

VWA 及 LKA 角顶点在后方定义为正值,在前方定义为负值。

1.4.2 脊柱临床评分 记录术前载荷分享评分(load-sharing scores, LSS)^[6],胸腰段脊柱脊髓损伤分类及严重程度(thoracolumbar injury classification and severity, TLICS)评分^[7]和邻近椎间盘损伤(intervertebral disc injuries, IDIs)评分^[8]

1.4.3 分析各角度和高度丢失数据 (1)LKA 丢失(loss of local kyphosis angle, LoLKA)。(2)术后邻近椎间盘角度丢失(loss of segmental discal angle, LoSDA),为伤椎上下椎间盘角度总体丢失。LoSDA=(末次随访 LKA-末次随访 VWA)-(术后 LKA-术后 VWA)。(3)VWA 丢失(loss of vertebral wedge angle, LoVWA)。(4)AVH 丢失(loss of anterior vertebral height, LoAVH)。(5)各角度和高度丢失数据与年龄、随访时间、LSS、TLICS 和 IDIs 的相关性。

1.5 统计学处理

采用 SPSS18.0 统计软件进行数据分析。定量资料符合正态分布的用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,不符合正态分布的用 M($P_{25} \sim P_{75}$)表示,定性资料采用例数表示。定量资料组间比较采用随机区组设计的方差分析或秩和检验,各组间两两比较采用 SNK 法或秩和检验。各角度和高度丢失数据与年龄、随访时

间、LSS、TLICS、IDIs 的相关性采用 Pearson 相关分析,影响因素分析采用多因素 Logistic 回归分析(向前法)。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

所有患者获得随访,随访时间 12~18 (16.13±5.39)个月。

2.1 手术前后影像学数据的变化

术后和末次随访 LKA、VWA 和 AVH 均较术前明显改善($P < 0.05$);末次随访 LKA 和 AVH 均较术后有丢失($P < 0.05$);但患者术后和末次随访 VWA 差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 各丢失角度和高度与年龄、随访时间、LSS、TLICS 和 IDIs 相关性分析

结果显示,LoSDA 和 LoLKA 随 LSS、TLICS 和 IDIs 增加而加重($P < 0.05$),LoAVH 随 LSS、TLICS 增加而加重($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 各丢失角度和高度影响因素的多因素 Logistic 回归分析

根据相关性分析结果进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,LSS 评分增大为 LoSDA、LoLKA、LoAVH 的危险因素($P < 0.05$)。见表 3。

3 讨论

相较于胸腰段骨折,下腰椎骨折发生率较低。由于缺乏针对腰椎、特别是下腰段脊柱骨折的分型、治疗原则的研究,因此大多数推荐的治疗方案都是基于对胸腰段骨折的研究。后入路短节段椎弓根螺钉复位固定损伤小、操作简便,是目前治疗腰椎骨折的首选,部分稳定性骨折可非手术治疗。有研究比较了非手术治疗、短节段固定与长节段固定治疗下腰椎骨折的疗效,发现长节段固定效果不如短节段固定^[3]。本研究中患者接受的都是短节段固定/伤椎置钉手术,对于椎管占位≥50%或伴神经损伤者给予了保留 PLC 的潜行减压手术。

本研究发现,VWA 末次随访较术后丢失为

表 1 手术前后 48 例腰椎骨折患者 LKA、VWA 和 AVH 指标变化

Tab.1 The changes of LKA, VWA, AVH in 48 patients with lumbar fracture before and after operation

指标	术前	术后	末次随访	检验值	P 值
LKA[M($P_{25} \sim P_{75}$), °]	4.65(-3.68, 9.20)	-4.90(-13.88, 1.58)*	0.30(-7.58, 7.23)**	$\chi^2=17.539$	0.000
VWA[M($P_{25} \sim P_{75}$), °]	11.95(7.53, 15.55)	1.15(0.05, 4.05)*	2.55(0.40, 5.33)*	$\chi^2=65.175$	0.000
AVH($\bar{x} \pm s$, %)	65.93±16.68	95.10±16.16*	90.79±16.10**	$F=144.638$	0.000

注:LKA:局部后凸角。VWA:伤椎楔角。AVH:伤椎前缘高度比。与术前比较,* $P < 0.05$;与术后比较,** $P < 0.05$ 。术前指伤后 1 周内。术后指术后 1 周内。末次随访指骨折愈合、去除内固定物后 1 周。下同

Note:LKA:local kyphosis angle. VWA:vertebral wedge angle. AVH:anterior vertebrae height. Compared with preoperative data,* $P < 0.05$;compared with postoperative data,** $P < 0.05$. Preoperative refers to within 1 week after injury. Postoperative refers to within 1 week after surgery. The final follow-up refers to one week after the fracture has healed and the internal fixation was removed. The same below

表 2 腰椎骨折 48 例患者各丢失指标分别与年龄、随访时间、LSS、TLICS 和 IDIs 的相关性

Tab.2 Correlation of loss index with age, follow-up time, LSS, TLICS and IDIs in 48 patients with lumbar fracture

指标	年龄	随访时间	LSS	TLICS	IDIs
LoSDA	-0.150	0.264	0.706*	0.579*	0.449*
LoLKA	-0.140	0.276	0.715*	0.566*	0.502*
LoVWA	0.021	0.056	0.072	-0.001	0.188
LoAVH	0.007	-0.003	-0.291*	-0.325*	-0.219

注:LoSDA: 术后邻近椎间盘角度丢失。LSS: 术前载荷分享评分。TLICS: 胸腰段脊柱脊髓损伤分类及严重程度。IDIs: 邻近椎间盘损伤。LoSDA 和 LoLKA 随 LSS、TLICS 和 IDIs 增加而加重, LoAVH 随 LSS、TLICS 增加而加重, *P<0.05。下同

Note: LoSDA: loss of segmental discal angle. LSS: load-sharing scores. TLICS: thoracolumbar injury classification and severity. IDIs: intervertebral disc injuries. LoSDA and LoLKA increased with the increase of LSS, TLICS and IDIs, and LoAVH increased with the increase of LSS, TLICS, *P<0.05. The same below

(0.89±1.04)°, 而 LKA 末次随访较术后丢失为(5.70±3.17)°, 这些结果提示腰椎骨折术后后凸改变主要发生在椎间盘层面, 而不是椎体部位。此结果与多数研究的结果一致。有研究分析^[9]椎体终板骨折后, 其软骨钙化, 因而阻断了椎间盘的营养通道, 导致椎间盘退变。还有实验研究分析椎弓根钉固定后的应力遮挡作用也加速了固定节段内椎间盘的退变^[10-11]。因为 LKA 的矫正丢失主要发生在椎间盘层面, 本研究将节段椎间盘角度(包含邻近伤椎的上下两椎间盘)丢失作为后凸畸形矫正丢失的一独立因素进行分析。另外 AVH 末次随访较术后丢失(4.31±5.95)%, 这间接证明椎体高度矫正丢失为椎体的整体压缩。

3.1 各丢失角度和高度与年龄、随访时间、LSS、TLICS 和 IDIs 相关性

本研究相关性分析结果显示, SDA 和 LKA 矫正

丢失随 LSS、TLICS 和 IDIs 评分增加而加重 (P<0.05), AVH 矫正丢失随 LSS、TLICS 增加而加重 (P<0.05); 而这些矫正丢失与年龄、随访时间等均没有相关性 (P<0.05)。文献研究对椎间盘损伤与术后矫正丢失的关系报道不一致, 大部分倾向于不是其主要因素。本研究发现有一定的相关性, 这可能与腰椎活动度大、腰椎椎间盘容易损伤和退变有关。有研究认为, 虽然骨折愈合后椎体后凸角度没有改变, 但损伤的椎间盘仍可能发生退变, 这反过来会导致椎间盘间隙变窄和(或)后凸畸形^[12]。这与本研究结果一致。Lee 等^[13]认为复位丢失与上终板间盘复合体损伤密切相关, 并发现椎间盘-终板复合伤与单纯终板损伤相比, 对椎体形态的影响更大。Chen 等^[14]在他们的研究中报道, TLICS 评分在后凸畸形丢失>5°组中较高, 但无统计学意义。Kanazaki 等^[12]研究发现 TLICS 评分与后凸矫正丢失无相关性。Moore 等^[15]认为在下腰椎骨折, PLC 似乎没有起到那么重要的作用。椎体粉碎的数量或程度以及保持脊柱前凸/中矢状位对准的能力似乎更为重要, 而且与胸腰椎交界处常见的损伤模式相比, 在低腰段, 完全性 PLC 损伤相对少见。本研究中单因素分析显示 AVH 矫正丢失随 LSS、TLICS 增加而加重 (P<0.05)。而多因素回归分析显示 TLICS 均不是 SDA、AVH 或 LKA 矫正丢失的危险因素。这一定程度印证了 Moore 等^[15]学者的观点。但 TLICS 评分对下腰椎骨折的具体意义, 需要进一步的生物力学和临床研究。

3.2 各丢失角度和高度影响因素的多因素分析

本研究的多因素回归分析显示, LSS 评分增大均为 SDA、LKA 和 AVH 矫正术后丢失的危险因素 (P<0.05)。LSS 评分由 CT 矢状位椎体粉碎程度、横断面骨折移位程度和后凸角决定。McCormack 等^[6]强调, LSS 评分达 7 分或更高的骨折病例, 由于载荷传递不良, 将导致后路矫正高丢失率和内固定失败。

表 3 腰椎骨折 48 例患者各丢失角度和高度影响因素的多因素 Logistic 回归分析

Tab.3 Multivariate Logistic regression analysis of LoSDA, LoLKA, LoAVH in 48 patients with lumbar fracture

指标	因素	B	S.E.	Wald	P 值	OR	95%CI
LoSDA	LSS	1.034	0.274	14.271	0.000	2.812	1.645~4.808
	常数项	-6.409	1.783	12.923	0.000	0.002	
LoLKA	LSS	1.001	0.270	13.719	0.000	2.721	1.602~4.623
	常数项	-5.883	1.696	12.026	0.001	0.003	
LoAVH	LSS	0.456	0.204	4.991	0.025	1.578	1.058~2.354
	常数项	-4.175	1.542	7.331	0.007	0.015	

注: 截点划分均值 LoSDA ≥4.807 1°=1, <4.807 1°=0; LoLKA ≥5°=1, <5°=0^[14]; 截点划分均值绝对值 LoAVH ≥4.3142=1, <4.3142=0

Note: Mean value of cut off point division, LoSDA ≥4.807 1°=1, <4.807 1°=0; LoLKA ≥5°=1, <5°=0^[14]; Absolute value of cut off point division mean, LoAVH ≥4.3142=1, <4.3142=0

Kim 等^[16]的一组胸腰椎骨折随访发现后凸复发组(LKA 丢失>10°)的 LSS 评分明显高于对照组。Aono 等^[17]报道了类似的结果。认为椎体粉碎程度可能是术后凸复发的重要因素。这种生物力学的特点在腰椎显得更加突出。腰椎(L₂-L₅)在直立位时,身体的重心主要在椎体椎间盘中后部分,腰椎中柱承受较大的轴向压力,这可能是与胸腰段或胸椎骨折不同所在,因为胸腰段骨折椎体前柱受到屈曲应力为主。另外腰椎位于脊柱承重的最下段,椎体承受的轴向负荷最大;另外间接复位后椎体中心可能遗留很大的腔隙,不能骨化而被纤维组织替代,导致椎体承受轴向负荷能力下降,长时间后出现椎体塌陷。这些因素可能是严重粉碎、移位大的腰椎骨折术后发生后凸矫正和椎体高度丢失的重要原因。另一项研究^[18]发现,肥胖患者的矫正丢失明显增加,提示轴向负荷的增加会加重矫正丢失。

总之,通过这组病例研究发现,腰椎骨折行后路短节段椎弓根钉复位固定能有效地恢复椎体高度和维持前凸角。但随访发现 LKA 及伤椎的 AVH 均有一定丢失,LKA 丢失主要发生在椎间盘层面,且与 LSS 评分高度相关。因此,对于严重移位的爆裂性腰椎骨折,特别是中柱移位、椎管占位明显者,前路融合固定可能效果更好。本研究的不足之处,一方面病例数较少,随访时间较短、特别是去除内固定后长时间的变化没有研究;另一方面,没能结合患者的功能恢复指标做系统分析。这些均有待进一步的研究。

参考文献

[1] Jackson RP, McManus AC. Radiographic analysis of sagittal plane alignments and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex and size. A prospective controlled clinical study[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1994, 19(14): 1611-1618.

[2] Oxland TR. Fundamental biomechanics of the spine--What we have learned in the past 25 years and future directions[J]. J Biomech, 2016, 49(6): 817-832.

[3] Schroeder GD, Kepler CK, Koerner JD, et al. Can a Thoracolumbar Injury Severity Score Be Uniformly Applied from T₁ to L₅ or Are Modifications Necessary[J]. Global Spine J, 2015, 5(4): 339-345.

[4] Schwab F, Patel A, Ungar B, et al. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance; how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2010, 35(25): 2224-2231.

[5] 周茂生, 谢加兵, 丁国正, 等. 后路短节段固定结合潜行减压治疗上腰椎爆裂性骨折[J]. 中国骨伤, 2015, 28(12): 1132-1136. ZHOU MS, XIE JB, DING GZ, et al. Posterior short-segment fixation with undermining decompress for upper lumbar burst fractures[J].

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2015, 28(12): 1132-1136. Chinese with abstract in English.

[6] McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load sharing classification of spine fractures[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1994, 19: 1741-1744.

[7] Vaccaro AR, Lehman RA, Hurlbert RJ, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2005, 30(20): 2325-2333.

[8] 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.

[9] Kerttula LI, Serlo WS, Tervonen OA, et al. Post-traumatic findings of the spine after earlier vertebral fracture in young patients: clinical and MRI study[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2000, 25(9): 1104-1108.

[10] Cinotti G, Della Rocca C, Romeo S, et al. Degenerative changes of porcine intervertebral disc induced by vertebral endplate injuries[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2005, 30(2): 174-180.

[11] Choi W, Song S, Chae S, et al. Comparison of the extent of degeneration among the normal disc, immobilized disc, and immobilized disc with an endplate fracture[J]. Clin Orthop Surg, 2017, 9(2): 193-199.

[12] 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 (Baltimore), 2018, 97(28): e11442.

[13] Lee KY, Kim MW, Seok SY, 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.

[14] Chen JX, Xu DL, Sheng SR, et al. Risk factors of kyphosis recurrence after implant removal in thoracolumbar burst fractures following posterior short-segment fixation[J]. Int Orthop, 2016, 40(6): 1253-1260.

[15] Moore TA, Bransford RJ, France JC et al. Low lumbar fractures: does thoracolumbar injury classification and severity score work[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2014, 39(17): E1021-E1025.

[16] Kim GW, Jang JW, Hur H, et al. Predictive factors for a kyphosis recurrence following short-segment pedicle screw fixation including fractured vertebral body in unstable thoracolumbar burst fractures[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2014, 56(3): 230-236.

[17] Aono H, Ishii K, Takenaka S, et al. Risk factors for a kyphosis recurrence after short-segment temporary posterior fixation for thoracolumbar burst fractures[J]. J Clin Neurosci, 2019, 66: 138-143.

[18] Formica M, Cavagnaro L, Basso M, et al. Which patients risk segmental kyphosis after short segment thoracolumbar fracture fixation with intermediate screws[J]. Injury, 2016, 47(Suppl 4): S29-S34. (收稿日期: 2021-03-15 本文编辑: 王宏)