

经椎间孔减压椎间融合术治疗胸腰椎骨折脱位的临床及影像学结果分析


赖欧杰, 胡勇, 袁振山, 董伟鑫, 孙肖阳, 朱秉科
(宁波市第六医院脊柱外科, 浙江 宁波 315040)

【摘要】 目的: 评价经椎间孔减压椎间融合治疗胸腰椎骨折脱位的临床及影像学结果。方法: 回顾性分析 2010 年 6 月至 2017 年 6 月采用后路经椎间孔减压、椎间植骨融合联合后方椎弓根螺钉治疗 21 例胸腰椎骨折脱位患者的临床资料, 其中男 15 例, 女 6 例; 年龄 25~58 岁, 平均 45 岁。术前 ASIA 神经功能损伤分级, A 级 3 例, B 级 7 例, C 级 6 例, D 级 4 例, E 级 1 例。记录手术时间、术中出血量及相关并发症。评价术前及术后的 VAS 评分、ODI 及 Cobb 角。分析末次随访的神经功能改善情况。通过 CT 三维重建评价椎间植骨融合情况。结果: 手术时间 150~240(192±47) min; 术中出血量 380~750(603±120) ml。术中发现 3 例由外伤导致的硬膜囊撕裂及脑脊液瘘, 均给予缝合修补; 1 例术后浅表伤口感染, 经换药后愈合。术后随访 24~45(37.0±9.5) 个月。患者的 VAS 评分由术前的 8.9±0.4 降低至术后即刻的 4.2±1.3 ($P<0.05$)。至末次随访时, VAS 评分进一步降低至 3.6±0.8。ODI 由术前的 (95.30±3.52)% 降低至末次随访时的 (32.51±6.30)% ($P<0.05$)。Cobb 角由术前的 (21.2±8.8)° 矫正至术后即刻的 (2.3±3.1)° ($P<0.05$)。至末次随访时, Cobb 角为 (3.2±2.5)°, 与术后即刻相比差异无统计学意义。至末次随访时, ASIA 神经功能分级为 A 级 3 例, B 级 3 例, C 级 5 例, D 级 6 例及 E 级 4 例。21 例患者均获得良好的椎间植骨融合, 融合时间为 8~13(10.3±2.5) 个月。结论: 对于主要累及椎间盘及终板平面的胸腰椎骨折脱位, 采用后路经椎间孔减压椎间融合术治疗不仅手术创伤小, 而且能够有效的重建三柱结构及获得良好的生物力学稳定性, 此外术后神经功能恢复良好。

【关键词】 胸腰椎骨折脱位; 经椎间孔减压; 椎间融合

中图分类号: R683.2

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.03.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Clinical and radiological results of thoracic and lumbar fracture and dislocation treated with posterior transforaminal decompression and interbody fusion LAI Ou-jie, HU Yong, YUAN Zhen-shan, DONG Wei-xin, SUN Xiao-yang, and ZHU Bin-ke. Department of Spinal Surgery, Ningbo No.6 Hospital, Ningbo 315040, Zhijiang, China

ABSTRACT Objective: To evaluate the clinical and radiological results of patients with thoracic and lumbar fracture and dislocation treated by posterior transforaminal decompression and interbody fusion. **Methods:** From June 2010 to June 2017, posterior transforaminal decompression, interbody fusion combined with pedicle screw fixation were performed in 21 patients with thoracic and lumbar fracture and dislocation. Their clinical and radiological data were collected and retrospectively analyzed, including 15 males and 6 females, aged from 25 to 58 years with an average of 45 years old. According to the criterion of American Spinal Injury (ASIA), preoperative neurological function was graded A in 3 cases, B in 7 cases, C in 6 cases, D in 4 cases and E in 1 case. Operative time and intraoperative blood loss and correlative complications were recorded. And VAS score, ODI and Cobb angle were evaluated before and after surgery. The improvement of neurological function was also analyzed at the final follow-up. Intervertebral bony fusion was observed during the follow-up by CT three-dimensional reconstruction. **Results:** The operative time was 150 to 240 min with an average of (192±47) min. The intraoperative blood loss was 380 to 750 ml with an average of (603±120) ml. Dura sac tearing and cerebral fluid leakage occurred in 3 cases and were repaired during operation; superficial wound infection occurred in 1 case, and got healing after dressing change. The postoperative follow-up duration was 24 to 45 months with an average of (37.0±9.5) months. VAS score was improved from preoperative 8.9±0.4 to immediately postoperative 4.2±1.3 ($P<0.05$). At the final follow-up, VAS score decreased further to 3.6±0.8. ODI was decreased from preoperative (95.30±3.52)% to (32.51±6.30)% at the final follow-up ($P<0.05$). Cobb angle was corrected from preoperative (21.2±8.8)° to immediately postoperative (2.3±3.1)° ($P<0.05$). At the final follow-up, Cobb angle was (3.2±2.5)°, showing no significant difference with immediately postoperative value. The neurological function was grade A in 3 cases, B in 3 cases, C in 5 cases, D in 6 cases and E in 4 cases at the final follow-up. All the patients got solid intervertebral bone

通讯作者: 胡勇 E-mail: huyong610@163.com

Corresponding author: HU Yong E-mail: huyong610@163.com

fusion in 8 to 13 months after operation, with an average fusion time of (10.3±2.5) months. **Conclusion:** For the patients with thoracic and lumbar fracture and dislocation mainly involving intervertebral disc and endplate plane, posterior transforaminal decompression and interbody fusion not only is less invasive, but also can effectively reconstruct spinal three column and obtain good biomechanical stability. And, it is beneficial for the good recovery of neurological function.

KEYWORDS Thoracic and lumbar fracture and dislocation; Transforaminal decompression; Interbody fusion

胸腰椎骨折的治疗方式多样,无论是采用前路、后路或是前后联合入路治疗,文献上均有取得良好疗效的报道,但对于最佳的治疗方式仍存有争议^[1]。笔者认为最佳的治疗方案应该是根据不同的骨折类型,选择风险小、创伤小,同时又能够提供良好的生物力学稳定性、有效的纠正后凸畸形及解除神经压迫的方案。对于胸腰椎骨折脱位,由于骨折破坏了三柱结构且往往伴有严重的神经功能损害,为了有效的稳定脊柱及解除神经压迫,有学者主张采用 360°融合固定及减压^[2-3]。笔者自 2010 年 6 月至 2017 年 6 月,采用后路经椎间孔减压及椎间融合技术联合后路钉棒系统治疗 21 胸腰椎骨折脱位患者,现对其临床及影像学资料进行回顾性分析,目的在于:(1)评价该治疗方式的临床及影像学结果。(2)病例选择的注意事项。

1 资料与方法

1.1 纳入标准

(1)胸腰椎骨折脱位。(2)前中柱的损伤主要累及脱位节段的椎间盘及(或)邻近终板。(3)单节段的骨折脱位。

1.2 排除标准

(1)多节段胸腰椎骨折脱位。(2)完全性骨折脱位并合并有脊柱短缩的患者。(3)超过 3 周的胸腰椎骨折脱位。(4)胸腰椎病理性骨折伴有脱位或合并严重骨质疏松。

1.3 临床资料

本组 21 例,男 15 例,女 6 例,年龄 25~58(45.2±11.5)岁。致伤原因:车祸伤 9 例,重物砸伤 7 例,高处坠落伤 5 例。骨折脱位节段位于 T_{8,9} 1 例,T_{11,12} 3 例,L_{1,2} 7 例,L_{2,3} 6 例,L_{3,4} 3 例及 L_{4,5} 1 例。初次损伤至手术平均时间为(4.52±3.49) d。术前所有患者完善脊柱正侧位 X 线片、CT 三维重建及 MRI 影像学检查。确定脊柱序列、脊椎碎裂程度、骨折块移位及神经受压等相关情况。参照 ASIA 神经功能损伤分级,A 级 3 例,B 级 7 例,C 级 6 例,D 级 4 例,E 级 1 例。术后随访 24~45 个月,平均(37.0±9.5)个月。

1.4 治疗方法

俯卧位下后路正中切口,沿骨膜下剥离棘突两侧椎旁肌暴露至两侧关节突关节及椎板。在脱位平面上下双侧置入椎弓根螺钉,采用脱位平面上下各 2 个椎体的长节段固定。根据术前的 CT 三维重建,

对于存在关节突关节绞索的患者采用撬拨复位,如复位困难则给予切除松解。安装已预弯的两侧连接棒并撑开复位,C 形臂 X 线透视下确认椎体脱位复位良好后锁定一侧连接棒,对侧连接棒则松开并取出(经椎间孔椎间融合一侧)。如术前存在双下肢神经症状,术中采用全椎板切除减压;如为单侧下肢神经症状或无明显神经症状,则选择症状侧或骨折严重侧进行半椎板切除减压。切除关节突关节(整个下关节突关节及部分上关节突关节)及椎板后暴露硬膜囊及神经根,彻底去除其背侧的骨性及软性压迫(游离骨块、血肿),对于存在硬膜囊破裂及脑脊液瘘的患者则给予修补缝合。经椎间孔入路切开脱位节段椎间盘,彻底去除硬膜囊腹侧压迫,采用铰刀及刮勺彻底刮除椎间盘组织及上下软骨终板。对于部分存在终板显著破裂及椎体骨质碎裂游离的患者,需在术中尽可能保留以利于植骨融合。试模确定椎间隙高度后,取减压碎骨粒植入椎间隙并置入合适大小的椎间融合器。C 形臂 X 线确认融合器位置良好后,安装剩余一侧的连接棒,并经双侧适当加压。采用咬除的自体骨行骨折脱位节段的后外侧及横突间植骨,放置引流管后关闭切口。

术后 2~3 d 拔除引流管,在硬性支具保护逐步开始下肢功能锻炼及下地行走。出院后定期门诊随访。

1.5 观察项目及方法

1.5.1 一般情况 记录手术时间、术中出血量及相关并发症,并发症包括神经损伤、脑脊液瘘、切口感染及内固定失败等。

1.5.2 临床症状观察 采用视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)评价术前、术后即刻及末次随访时的腰背部疼痛程度(0 分表示无痛,10 分表示疼痛最为严重)。采用 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI)评价术前及末次随访时患者的功能障碍程度^[4]。ODI 共包括 10 项评价内容,分别为疼痛强度、日常活动自理能力、提物、行走、坐、站立、睡眠、性生活、社会活动及郊游;其计算方式为[实际得分/50(最高可能得分)]×100%,假如有 1 个问题没有回答,则计算方式为[实际得分/45(最高可能得分)]×100%;0%为正常,越接近 100%则功能障碍越严重。术前及末次随访的神经功能损伤采用 ASIA 分级进行评定^[5]。

1.5.3 影像学评价 在侧位 X 线片上测量矢状位

Cobb 角以评价后凸畸形。Cobb 角为脱位节段邻近的上位椎上纵板与下位椎的下纵板连线的夹角。采用 CT 三维重建评价椎间隙内的植骨是否发生融合。如上下终板之间形成连续性的骨桥则为融合,反之,则为不融合。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 17.0 软件包进行统计分析,采用单因素重复测量方差分析比较术前、术后即刻及末次随访时的 VAS 评分及 Cobb 角,不同时间点两两比较采用配对 *t* 检验。采用配对 *t* 检验比较术前及末次随访时 ODI。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况及并发症

21 例患者的手术时间 150~240 (192±47) min;术中出血量 380~750(603±120) ml。术中及术后并发症包括:3 例患者术中发现硬膜囊撕裂及脑脊液漏,但均为骨折脱位导致,术中给予缝合修补及术后引流管拔除后采用俯卧位下米袋压迫伤口 2 周。1 例患者术后出现浅表伤口感染,经换药后愈合。至末次随访,未发现患者出现内固定断裂或螺钉拔出。

2.2 临床症状

VAS 评分由术前的 8.9±0.4 降低至术后即刻的 4.2±1.3(*t*=15.84, *P*<0.05)。至末次随访时, VAS 评分进一步降低至 3.6±0.8,与术后即刻相比差异无统计学意义(*t*=1.80, *P*>0.05)。术后 ODI 明显改善(见表 1),由术前的 (95.30±3.52)%降低至末次随访时的 (32.51±6.30)%(*t*=39.93, *P*<0.05)。

表 1 胸腰椎骨折脱位 21 例患者术前及末次随访时 ODI 评价结果($\bar{x}\pm s$)

Tab.1 ODI results of 21 patients with thoracic and lumbar fracture and dislocation before surgery and at the final follow-up($\bar{x}\pm s$)

项目	术前	末次随访
疼痛程度(分)	4.73±0.31	1.53±0.32
日常生活自理能力(分)	5	2.23±0.44
提物(分)	3.94±0.21	1.65±0.25
行走(分)	4.91±0.03	2.31±0.85
坐(分)	4.81±0.15	0.96±0.43
站立(分)	4.96±0.03	1.45±0.26
睡眠(分)	4.31±0.60	0.42±0.08
社会活动(分)	5	1.75±0.47
郊游(分)	5	1.84±0.65
总评(%)	95.30±3.52	32.51±6.30

末次随访时,神经功能为 A 级 3 例, B 级 3 例, C 级 5 例, D 级 6 例, E 级 4 例。20 例术前存在神经功

能障碍的患者中, 10 例有 1~2 级的恢复。

2.3 影像学评价

Cobb 角由术前的 (21.2±8.8)°降低至术后即刻的 (2.3±3.1)°(*t*=9.28, *P*<0.05);至末次随访时维持在 (3.2±2.5)°,与术后即刻相比差异无统计学意义(*t*=1.04, *P*>0.05)。所有患者获得椎间植骨融合,融合时间为 8~13(10.3±2.5)个月。典型病例手术前后影像学资料见图 1。

3 讨论

3.1 前路、后路及前后联合入路的优缺点

胸腰椎骨折脱位通常是高能量损伤导致的,损伤不仅累及脊柱后方的附件结构,且伴有前方椎间盘的撕裂、椎体骨质破裂及移位,导致脊柱极度不稳,除了少数个案报道外,几乎所有患者均伴有不同程度的神经功能损害^[6]。保守治疗仅适用于高龄患者及伴有严重并发症而完全难以耐受手术的患者。手术治疗的目的是恢复脊柱正常序列、稳定脊柱、纠正后凸畸形及解除神经压迫。但手术治疗方案的选择上仍存有争议^[3]。采用单纯后路手术治疗胸腰椎骨折是脊柱外科医生最常用的手术方案,通过后路钉棒系统的撑开及椎板切除减压,可以有效的纠正后凸畸形及间接解除神经压迫^[7-8]。但对于骨折脱位的患者,由于前方椎间盘损伤及骨质破坏,单纯后路固定减压而不进行前中柱重建,不仅难以有效的维持后凸畸形的矫正,并有增加内固定失败的风险,而且存在神经减压不彻底的可能。单纯前路手术可以有效的重建前中柱及解除神经前方的压迫^[9]。Hitchon 等^[10]比较了后路与前路手术方式治疗胸腰椎爆裂骨折后指出,前路手术对于后凸矫正的维持好于后路手术。但也有学者报道单纯前路手术难以提供足够的轴向牵引力,对于骨折脱位患者而言,其难以有效的恢复脊柱序列,后方绞索的关节突关节也难以复位^[11-12]。因此对该类损伤部分学者建议采用前后联合入路治疗,以便实现彻底减压及良好的后凸矫正及维持,但手术创伤大、并发症发生率及术中需要更改体位等缺点不可否认^[13]。此外,尽管前后联合入路在影像学上的疗效值得肯定,但其对患者最终临床疗效改善上的优势仍存有争议^[3]。

3.2 经椎间孔减压椎间融合术的优势

经椎间孔腰椎椎间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)通常用于腰椎间盘突出、腰椎管狭窄等腰椎退行性疾病的治疗,通过侧方的椎间孔入路可以有效去除硬膜囊及马尾神经前方的致压物,包括突出的椎间盘及增生的骨赘,并且通过椎间隙高度的恢复,可以有效的恢复腰椎生理性前突。将 TLIF 技术应用于胸腰椎骨折脱位的治疗,不



图 1 男性患者,36 岁,交通事故导致 L_{2,3}骨折脱位, ASIA 分级为 C 级 1a,1b,1c.术前腰椎侧位 X 线、矢状位 CT 及 MRI 示:L_{2,3}骨折脱位,L₃上终板塌陷,相应平面硬膜囊及马尾神经受压 1d,1e,1f.术后即刻侧位和正位腰椎 X 线及矢状位 CT 示内固定位置良好、前中柱获得重建、脊柱序列恢复、后凸畸形矫正且椎管减压彻底 1g,1h.术后 32 个月腰椎侧位 X 线及矢状位 CT 示后凸矫正维持良好,良好椎间骨性融合

Fig.1 A 36-year-old male patient with L_{2,3} fracture and dislocation complicated with neurological injury (ASIA grade C) caused by traffic accident 1a,1b,1c. Preoperative lumbar lateral X-ray, sagittal CT and MRI showed L_{2,3} fracture and dislocation, superior endplate collapse of L₃ vertebral body, and corresponding dura sac and cauda equina compression 1d,1e,1f. Immediately postoperative

lumbar lateral, AP X-rays and sagittal CT image showed that the position of internal fixation was good, the anterior and middle column obtained reconstruction, spinal sequence restored, kyphotic deformity was corrected and spinal canal was decompressed thoroughly 1g,1h. Postoperative at 32 months, lumbar lateral X-ray and sagittal CT image showed that kyphotic correction was well maintained, and solid intervertebral bony fusion was achieved

仅可以有效的重建前中柱及解除神经前方的压迫,而且通过联合后路钉棒系统、椎板切除减压及后外侧融合,可以恢复脊柱正常序列并实现 360°融合及减压。由于单纯采用后路完成了三柱重建,可以有效的避免前路手术所致的创伤及相关并发症。Hao 等^[3]分别采用经椎间孔椎间融合及前后联合入路治疗胸腰椎骨折脱位后发现,两者的临床及影像学疗效相近,但前者的手术创伤更小及手术相关并发症少。此外,一旦前中柱获得良好的骨性融合,采用椎间孔减压及椎间融合治疗的患者可以取出后方的内固定装置,而不用担心术后后凸矫正的再发丢失。根据 Jeon 等^[14]的研究,胸腰椎骨折经治疗愈合后取出后方内固定装置有助于 ODI 及 VAS 评分改善,且可以提高胸腰背部活动度。

与经后路腰椎椎间融合术 (posterior lumbar interbody fusion, PLIF) 不同,TLIF 技术是通过椎间孔入路完成前方的重建及减压,术中可以减少对硬膜

囊、马尾神经及神经根的牵拉,从而避免神经损害加重及硬膜囊撕裂等风险的发生^[15]。本研究中,无患者出现术后神经功能损害加重,而且除了 3 例因外伤本身引起的脑脊液漏外,也无患者发生因手术操作所致的脑脊液漏。尽管在本研究中,我们将陈旧性的胸腰椎骨折脱位排除在外,但 Fang 等^[16]报道了采用经椎间孔椎间融合术治疗 1 例陈旧性的 T₁₂L₁ 骨折脱位患者,并取得了良好的临床及影像学疗效。

3.3 经椎间孔减压椎间融合术在胸腰椎骨折脱位应用中注意事项及病例选择

Schmid 等^[17]分别采用经后路椎间孔椎间融合联合后路固定及胸腔镜辅助下前路重建联合后路固定这两种 360 融合技术治疗胸腰椎爆裂骨折后发现,两者的临床疗效并无明显的差别,但前者在术后后凸矫正的丢失上较后者明显。虽然作者在文中并未探究这种差异的原因,但我们分析可能的因素有:进行椎间融合时,作者采用的是自体的单面皮质的

髂骨及松质骨,其植骨量有限,同时爆裂骨折导致终板严重破裂,并且后方仅采用短节段固定,导致固定后的整体生物力学强度不足;而行胸腔镜辅助下的前路手术时,作者切除了椎体的骨折部分及邻近的椎间盘,且部分患者采用的是可调式的人工椎体进行重建,其可能提供了更高强度的支撑从而减少后凸矫正的丢失。在本研究中,虽然大部分患者的损伤主要累及椎间盘平面,但仍有部分患者存在骨性终板破裂及部分椎体骨质碎裂的现象,将融合器置入其中是否会出现融合器下沉及融合失败是术前重点考虑的。根据 Tempel 等^[18]的研究,融合器下沉与脊柱融合术后的翻修存在密切关系。但在实际随访中,我们发现所有患者均获得了良好的骨性融合且也无明显的后凸矫正丢失。考虑其原因可能与后路长节段固定、严格的病例选取、良好的终板处理及融合器支撑有关。

尽管采用经椎间孔减压椎间融合治疗胸腰椎骨折脱位取得了良好的临床及影像学结果,但好的结果是建立在选择合适病例的基础上的,该技术在部分患者中的应用仍有一定限制,包括椎体碎裂严重,椎管内广泛的骨性占位,经椎间孔入路难以实现彻底减压及有效的前中柱重建;终板破损严重,对植入的融合器或植骨块难以形成有效的支撑;骨折脱位平面位于椎体内,而邻近间盘完整;完全性的骨折脱位且外伤时间超过 3 周的患者。

对于主要累及椎间盘及终板平面的胸腰椎骨折脱位,采用后路经椎间孔减压椎间融合技术治疗不仅可以避免前路或前后联合入路所致的并发症,减少手术创伤,并可以通过联合后方融合固定,实现三柱重建及获得良好的生物力学稳定性,减少内固定失败的可能。此外,该术式可以实现对神经结构彻底减压并且在术中操作时减少对其干扰,有助于神经功能的恢复及减少术中神经损伤发生的可能。本研究的缺点在于是回顾性研究,纳入的病例数较少且缺少对照组。而且随访时间也需要进一步增加。

参考文献

- [1] Kanna RM, Shetty AP, Rajasekaran S. Posterior fixation including the fractured vertebra for severe unstable thoracolumbar fractures [J]. *Spine J*, 2015, 15(2): 256-264.
- [2] Feng Z, Xiaoqing C, Xiangdong C, et al. Surgery for severe thoracolumbar fracture dislocation via a posterior approach [J]. *J Clin Neurosci*, 2015, 22(12): 1954-1958.
- [3] Hao D, Wang W, Duan K, et al. Two-year follow-up evaluation of surgical treatment for thoracolumbar fracture-dislocation [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39(21): E1284-E1290.
- [4] Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25(22): 2940-2952.
- [5] Ditunno JF Jr, Young W, Donovan WH, et al. The international standards booklet for neurological and functional classification of spinal cord injury. American Spinal Injury Association [J]. *Paraplegia*, 1994, 32(2): 70-80.
- [6] Hsieh CT, Chen GJ, Wu CC, et al. Complete fracture-dislocation of the thoracolumbar spine without paraplegia [J]. *Am J Emerg Med*, 2008, 26(5): 633.
- [7] Stancic MF, Gregorovic E, Nozica E, et al. Anterior decompression and fixation versus posterior reposition and semirigid fixation in the treatment of unstable burst thoracolumbar fracture: prospective clinical trial [J]. *Croat Med J*, 2001, 42(1): 49-53.
- [8] 叶辉, 陈其昕. 经皮微创椎弓根螺钉内固定与开放手术治疗胸腰椎骨折临床疗效比较 [J]. *中国骨伤*, 2017, 30(2): 105-109. YE H, CHEN QX. Comparative study of minimally invasive percutaneous pedicle screw fixation and open surgery in the treatment of thoracolumbar fractures [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2017, 30(2): 105-109. Chinese with abstract in English.
- [9] 韩雷, 全仁夫, 胡云根, 等. 胸腰椎骨折前路内固定研究进展 [J]. *中国骨伤*, 2018, 31(7): 679-683. HAN L, QUAN RF, HU YG, et al. Advanced progress on the treatment of anterior approach to the thoracolumbar vertebral fractures [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2018, 31(7): 679-683. Chinese with abstract in English.
- [10] Hitchon PW, Torner J, Eichholz KM, et al. Comparison of anterolateral and posterior approaches in the management of thoracolumbar burst fractures [J]. *J Neurosurg Spine*, 2006, 5(2): 117-125.
- [11] Parker JW, Lane JR, Karakovic EE, et al. Successful short-segment instrumentation and fusion for thoracolumbar spine fractures: a consecutive 41/2-year series [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25(9): 1157-1170.
- [12] Zhang S, Thakur JD, Khan IS, et al. Anterior stabilization for unstable traumatic thoracolumbar spine burst fractures [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2015, 130: 86-90.
- [13] Schnake KJ, Stavridis SI, Kandziora F. Five-year clinical and radiological results of combined anteroposterior stabilization of thoracolumbar fractures [J]. *J Neurosurg Spine*, 2014, 20(5): 497-504.
- [14] Jeon CH, Lee HD, Lee YS, et al. Is It beneficial to remove the pedicle screw instrument after successful posterior fusion of thoracolumbar burst fractures [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40(11): E627-E633.
- [15] de Kunder SL, van Kuijk SMJ, Rijkers K, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) versus posterior lumbar interbody fusion (PLIF) in lumbar spondylolisthesis: a systematic review and meta-analysis [J]. *Spine J*, 2017, 17(11): 1712-1721.
- [16] Fang X, Fan S, Zhao X. Application of transforaminal lumbar interbody fusion in old thoracolumbar fracture and dislocation [J]. *J Spinal Cord Med*, 2011, 34(6): 612-615.
- [17] Schmid R, Lindtner RA, Lill M, et al. Combined posteroanterior fusion versus transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) in thoracolumbar burst fractures [J]. *Injury*, 2012, 43(4): 475-479.
- [18] Tempel ZJ, McDowell MM, Panczykowski DM, et al. Graft subsidence as a predictor of revision surgery following stand-alone lateral lumbar interbody fusion [J]. *J Neurosurg Spine*, 2018, 28(1): 50-56.