

骨 科 学

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002691

经皮椎弓根螺钉固定结合髂肋肌外侧入路直接前方减压治疗 Denis B 型腰椎爆裂性骨折

李修洋¹, 徐希彦², 丁雪勇², 文 涛²

(1. 重庆市第七人民医院骨科, 重庆 400054; 2. 重庆市第五人民医院/中国科学院大学重庆仁济医院骨科, 重庆 400062)

【摘要】目的:采用后路经皮螺钉固定结合髂肋肌外侧旁入路行椎管内直接前方减压的手术方式, 治疗有神经损伤症状的腰椎 Denis B 型爆裂性骨折, 评估该术式的临床效果和应用价值。**方法:**28 例单节段 Denis B 型腰椎爆裂骨折患者接受该手术, 涉及节段 L1~3。先采用后方短节段经皮固定椎体及上下相邻椎体, 再从髂肋肌外侧旁, 经髂肋肌与腰方肌间隙, 通过椎间孔到达椎后方的上终板附近, 直接推顶复位及取除椎管前方占位的骨块直接减压。术后随访 18 个月, 从影像学 and 临床疗效进行评估。**结果:**采用该术式完成全部纳入患者的手术。平均手术时间为 (152.1 ± 27.1) min, 术中出血量为 (137.8 ± 42.0) mL。影像指标中, 伤椎后凸 Cobb 角由术前的 $34.0^\circ \pm 6.2^\circ$ 恢复至术后 18 个月的 $9.7^\circ \pm 2.7^\circ$; 伤椎前缘高度百分比由 $(43.3 \pm 9.4)\%$ 恢复至 $(66.3 \pm 7.5)\%$; 椎管矢状径占比由 $(54.7 \pm 8.3)\%$ 恢复至 $(10.9 \pm 4.2)\%$ 。疗效评估指标中, 视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 由术前的 (6.1 ± 1.2) 分降至 (1.4 ± 1.0) 分, Oswestry 功能障碍指数 (oswestry disability index, ODI) 由 86.1 ± 4.2 降至 27.3 ± 12.3 , 美国脊髓损伤协会 (American Spinal Injury Association, ASIA) 神经功能评级情况也明显改善。**结论:**腰椎后路经皮椎弓根螺钉短节段固定, 结合髂肋肌外侧旁入路进行椎管前方直接减压, 治疗 Denis B 型腰椎爆裂性骨折效果确切。这种新的微创减压入路能进行有效的椎管内前方直接减压, 与经皮螺钉固定相结合的手术方式具有进一步研究和应用的价值。

【关键词】髂肋肌; 经皮椎弓根螺钉固定; 神经减压; 微创手术; 腰椎骨折**【中图分类号】**R683.2**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2020-05-18

Percutaneous pedicle screw fixation combined with the lateral iliocostalis approach for direct anterior decompression in Denis type B lumbar fractures

Li Xiuyang¹, Xu Xiyan², Ding Xueyong², Wen Tao²

(1. Department of Orthopedics, The Seventh People's Hospital of Chongqing;

2. Department of Orthopedics, The Fifth People's Hospital of Chongqing/Chongqing Renji Hospital of University of Chinese Academy of Sciences)

【Abstract】Objective: To treat Denis type B lumbar burst fractures with symptoms of nerve injury by percutaneous pedicle screw fixation combined with the lateral iliocostalis approach for direct anterior decompression, and to evaluate the clinical effect and application value of this operation. **Methods:** Twenty-eight patients with single-segmental Denis type B lumbar burst fractures underwent this operation, involving L1-3 segments. At first, the patients underwent percutaneous three-segment fixation and anterior direct decompression by reduction or/and removal of fragments in spinal canal. Then, the posterolateral intermuscular approach for anterior direct spinal canal decompression started from the lateral side of the iliocostalis, passed through the gap between the iliocostalis and quadratus lumborum, and reached the posterior part of injured vertebra at the level of the upper endplate through the intervertebral foramen. The patients were followed up for 18 months, and the imaging and clinical efficacy were observed and evaluated. **Results:** All patients received the operation by this method. The mean operation time was (152.1 ± 27.1) min, and the blood loss during the operation was (137.8 ± 42.0) mL. According to the imaging makers, the Cobb angle of kyphosis recovered from $(34.0^\circ \pm 6.2^\circ)$ preoperatively to $(9.7^\circ \pm 2.7^\circ)$ 18 months after operation ($P < 0.05$); the height ratio of the anterior edge of the injured vertebra, recovered from $(43.3 \pm 9.4)\%$ to $(66.3 \pm 7.5)\%$ ($P < 0.05$); and the ratio of sagittal diameter of spinal canal, recovered from $(54.7 \pm 8.3)\%$ to $(10.9 \pm 4.2)\%$ ($P < 0.05$). For the curative effect evaluation indexes, significant improvements in visual analogue scale (VAS)

作者介绍: 李修洋, Email: champllee@qq.com,

研究方向: 脊柱外科。

通信作者: 徐希彦, Email: xxyand@126.com。

基金项目: 重庆市卫健委课题 2017 年面上资助项目 (编号: 2017MSXM155)。

优先出版: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20201105.0841.004.html>

(2020-11-06)

[(6.1 ± 1.2) vs. (1.4 ± 1.0), $P < 0.05$], Oswestry disability index (ODI) [(86.1 ± 4.2) vs. (27.3 ± 12.3), $P < 0.05$], and American Spinal Injury Association (ASIA) scores were also notably improved. **Conclusion:** Posterior percutaneous pedicle screw fixation combined with lateral iliocostalis bypass for direct anterior decompression in the spinal canal is effective in the treatment of type Denis B lumbar burst fractures. The posterolateral intermuscular approach is minimally invasive and effective for anterior direct decompression of the spinal canal. This new operation has potential in clinical application.

[Key words] iliocostalis; percutaneous pedicle screw fixation; nerve decompression; minimally invasive surgery; lumbar fractures

腰椎爆裂性骨折是椎体在压缩载荷下发生的损伤,这种损伤常导致中柱的骨折块向后方移位,导致椎管狭窄,引起脊髓、神经根受压,出现神经损伤症状^[1-2]。对于伴有神经功能障碍的腰椎爆裂性骨折,在使用内固定重建脊柱稳定性的同时,也进行椎管减压以帮助神经功能恢复^[3]。然而,如何在经皮椎弓根螺钉固定的同时,予以可靠、有效、微创的直接椎管减压仍然是一个挑战。

本研究使用后路经皮螺钉微创固定技术,并联合髂肋肌外侧旁入路,在相关微创手术器械的帮助下,即以后外侧小切口进入,通过髂肋肌与腰方肌的肌肉间隙,斜向深面,经椎间孔到达伤椎上终板处的椎管前方,推顶复位和(或)去除占位的骨折块以完成椎管内前方直接减压,来完成 Denis B 型腰椎爆裂性骨折患者的手术处理,观察其治疗效果。

1 对象与方法

1.1 患者选择标准

纳入标准:L1~3 的 Denis B 型爆裂性骨折患者;后纵韧带损伤或者椎管内骨折块有翻转;不完全性运动功能障碍;ASIA 分级 C 级或 D 级;后凸 Cobb 角小于 45°;受伤时间 1~3 周。

排除标准:无神经损伤表现的爆裂性骨折;既往有脊柱外伤、手术史;累及 2 个或以上椎体的爆裂性骨折;陈旧性骨折;凝血功能异常;相邻椎间盘有严重退变或者损伤;年龄大于 55 岁。

本研究符合重庆市第五人民医院人体试验伦理委员会所制定的伦理学标准,已通过伦理委员会批准(批准号:2017CQSDWRMYEC-09)。已告知纳入患者,患者已了解该项研究的内容、流程,完全了解其受益及风险,已获得患者书面知情同意。

1.2 一般资料

共 28 例,男性 17 例,女性 11 例,年龄 27~55 岁,平均年龄 43.0 岁。损伤节段:L1 15 例,L2 10 例,L3 3 例。致伤原因:高处坠落伤 11 例,车祸伤 10 例,跌伤 7 例。受伤到接受手术

的时间为 7~19 d。患者经 X 线、CT 扫描和 MRI 检查,明确为新近发生的单节段 Denis B 型腰椎爆裂性骨折。CT 证实椎管内骨折块部分翻转或 MRI 明确后纵韧带不连续。

1.3 手术方法

俯卧位进行手术,腹部悬空,控制性降压。第一步,用经皮椎弓根螺钉技术完成后方固定,固定节段包括伤椎及其上、下相邻 1 个椎体;第二步,经一侧髂肋肌外侧旁切口进行直接前方椎管减压,即经椎间孔下部到达伤椎后部的上终板附近,直接处理椎管前方的占位骨折块。

研究中手术病例由同一位高年资骨科医师完成,利用光导纤维手术头灯及放大镜、微创手术牵开器等器械完成减压操作。手术减压过程为:定位伤椎上终板水平,在后正中线旁开 4~5 cm 纵向皮肤切口,暴露髂肋肌外侧缘(图 1),将整个竖脊肌向内侧牵开,放置微创手术牵开器(图 2、图 3)。以与水平面 35°~40°的角度斜向内下方^[4],经椎间孔下部,并适当尾倾,到达伤椎的上终板处,在发出神经根的腋部(Kambin 安全三角内)进行减压操作,处理突入椎管的骨块。该过程在神经电生理监测下完成,以减少脊髓或神经损伤的风险,保证安全。根据椎管内骨折块情况,处理方式包括:将相对较大、比较完整的骨折块推顶复位、取出相对较小的游离骨折块(图 4)。根据术中情况,可扩大椎间孔下部空间以利于操作,即利用磨钻去除部分上关节突前份和下位椎弓根上部骨质。术中避免损伤椎间孔前外部腹侧纵向走行的腰升静脉,同时需要处理椎间孔内静脉出血,尤其是对椎间孔静脉下属支的电凝止血,以免影响视野。

旁切口选择神经损伤症状重的一侧或者椎管占位相对重的一侧。在处理 L1 爆裂骨折时,可能会受到第 12 肋骨的遮挡,此时向内牵拉髂肋肌,并通过调整微创手术牵开器推开浮肋,能完成操作。此外,由于 L1 椎体水平存在脊髓圆锥,在椎管内操作时,应密切监测神经电生理变化,勿需强行取出对侧较大的骨折块,可采用推顶复位。术毕在此旁切口内放置引流管 1 根。如术中减压操作困难,则退出该研究,采用传统后路椎板切除的直接减压方式。

1.4 术后处理

术后切口内引流管在 24~48 h 内拔除。术后第 2 天行双侧直腿抬高练习,床上加强腰背肌锻炼,2 周左右后佩戴胸腰背支具起床活动,胸腰支具保护 3 个月。随访 18 个月,如患者有取出内固定要求,酌情在 18 个月后进行。

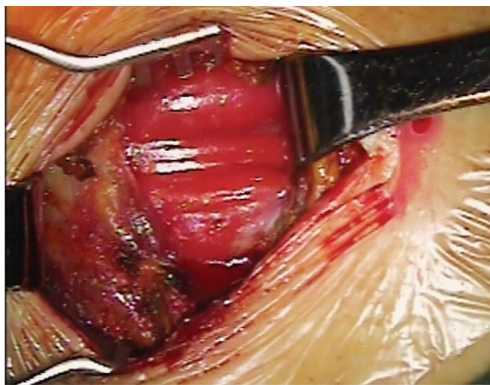


图 1 暴露髂肋肌外侧

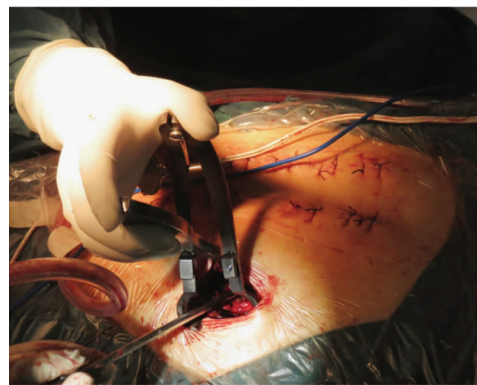


图 2 放置微创手术牵开器

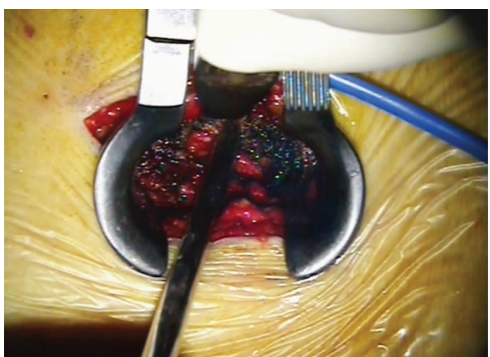


图 3 通道内操作(可扩张通道,图中底部直径约 2 cm)

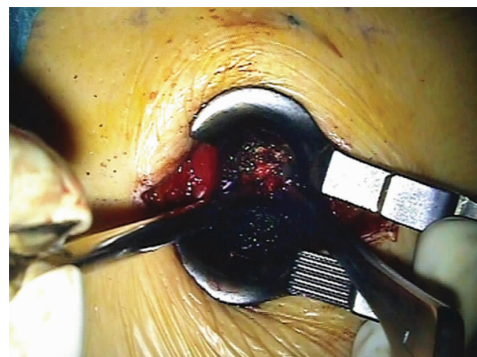


图 4 使用椎板咬骨钳取出游离骨块

1.5 观察指标

1.5.1 一般指标 包括手术时间、术中出血量。

1.5.2 影像学指标 术前、术后即刻、术后 18 个月伤椎后凸 Cobb 角的变化,伤椎前缘高度比值和椎管矢状径占位比值。

1.5.3 疗效评估指标 术前、术后 12 个月、术后 18 个月的视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)和 Oswestry 功能障碍指数(oswestry disability index, ODI),以及术前和术后 18 个月的美国家庭损伤协会(American Spinal Injury Association, ASIA)神经功能评分。

其中,伤椎前缘高度比值=伤椎前缘的高度/相邻上下椎体前缘高度的平均值 $\times 100\%$;椎管占位比值=椎管损失的最大矢状径/相邻上下椎管最大矢状径的平均值 $\times 100\%$ 。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 22.0 统计软件。计量资料数据以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,利用 t 检验判断 2 组间的差别;计数资料比较采用非参数统计方法,即 Wilcoxon 秩和检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 手术相关情况

28 例患者接受手术,未发生因操作困难而改用后方传统直接减压的病例。1 例发生术后脑脊液漏,留置引流管 6 d 后渗漏减少而拔管。1 例发生 L1 神经根损伤,表现为相应支

配区痛觉减退,4 个月时完全恢复。手术切口 I 期愈合,未发生切口感染等情况。随访期间未发生内固定物断裂、松动、脊柱畸形明显加重等情况。手术时间为(152.1 ± 27.1) min,术中出血量为(137.8 ± 42.0) mL。

2.2 影像学情况

术后即刻和术后 18 个月的各项指标与术前比较,有统计学差异($P<0.05$)。各指标在术后 18 个月与术后即刻比较,有统计学差异($P<0.05$)。分析原因:后凸 Cobb 角和椎体前缘高度百分比变化考虑与负重后部分丢失有关。而椎管矢状径占位比术后 18 个月时较之术后即刻时继续减小,考虑与椎管重塑有关^[9]。具体结果见表 1。

表 1 影像学指标

时间点	后凸 Cobb 角 $I(^{\circ})$	椎体前缘高度 百分比/%	椎管矢状径 占位比/%
术前	34.0 ± 6.2	43.3 ± 9.4	54.7 ± 8.3
术后即刻	9.0 ± 2.6	67.7 ± 8.1	16.7 ± 4.8
术后 18 个月	9.7 ± 2.7	66.3 ± 7.5	10.9 ± 4.2
P_1 值	0.000	0.000	0.000
P_2 值	0.000	0.000	0.000
P_3 值	0.006	0.001	0.000

注: P_1 值为术后即刻与术前比较; P_2 值为术后 18 个月与术前比较; P_3 值为术后 18 个月与术后即刻比较

2.3 临床疗效

疼痛 VAS 评分和反映功能的 ODI 在术后都较术前有

明显改善, 术后 18 个月较术后 12 个月又有进一步改善 (表2)。ASIA 神经功能 C 级和 D 级的 28 例患者中, 有 16 人恢复到 E 级的正常水平 (表 3), 采用 Wilcoxon 秩和检验, 结果表明有统计学差异 ($P=0.000$)。

表 2 疼痛和功能指标

时间点	VAS	ODI
术前	6.1 ± 1.2	86.1 ± 4.2
术后 12 个月	2.0 ± 0.8	28.4 ± 12.9
术后 18 个月	1.4 ± 1.0	27.3 ± 12.3
P_1 值	0.000	0.000
P_2 值	0.000	0.000
P_3 值	0.003	0.002

注: P_1 值为术后 12 个月与术前比较; P_2 值为术后 18 个月与术前比较; P_3 值为术后 18 个月与术后 12 个月比较

表 3 ASIA 神经功能评级

功能级别	C 级	D 级	E 级
术前	8	20	0
术后 18 个月	2	10	16

2.4 典型病例

女性, 38 岁, 诊断为 Denis B 型 L2 爆裂性骨折 ASIA C 级, 行经皮短节段固定、髂肋肌外侧切口直接椎管前方减压手术。术后 18 个月恢复至 Frankel E 级。辅助检查 (术前、术后) 如图 5 至图 11 所示。术后 1 周的切口如图 12 所示。



图 5 术前矢状位 CT

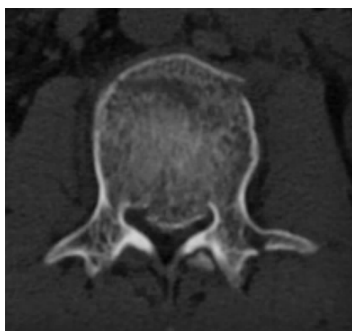


图 6 术前横断面 CT



图 7 术前矢状位 MRI



图 8 术后矢状位 CT



图 9 术后即刻横断面 CT

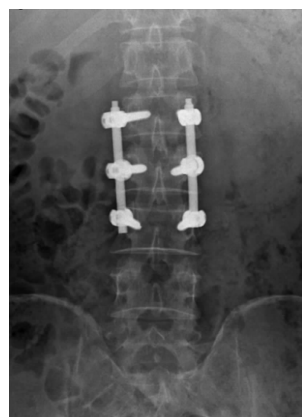


图 10 术后正位 X 线片



图 11 术后侧位 X 线片



图 12 术后手术切口

3 讨论

Denis B 型腰椎爆裂性骨折累及椎体上终板部分,后上缘游离骨块突入椎管,引起神经损伤^[6]。传统手术方法是后路正中入路进行固定和直接减压^[7]。直接减压可以经前路手术,但创伤较大、并发症相对较多,常采用竖脊肌、多裂肌等肌肉剥离,进行椎板切除。这样的操作会破坏骨性结构,造成不稳定,同时损伤脊神经的后内侧支和节段动脉后支,导致椎旁肌的失神经支配后萎缩和缺血性萎缩,出现平背畸形和顽固性腰背疼痛等不良情况^[8-9]。临床研究已证实,脊柱肌肉的萎缩和功能丧失,导致 20%~40% 的腰椎后路手术患者出现术后失败综合征(failed back surgery syndrome, FBSS)^[10-12]。因此,脊柱微创外科手术的研究越来越重视减少入路相关的肌肉和后方韧带结构复合体(posterior ligamentous complex, PLC)的损伤等问题^[13-14]。脊柱后路经皮螺钉固定技术^[15-16]就是根据这一理念发展起来的微创固定技术。但对于来自椎管前方的占位,这种微创技术只能以间接方式进行减压,减压程度有限,而且不适合椎管前方占位明显、骨折块有翻转、受伤时间超过 1 周以上或者后柱有损伤的患者。而对于此类伴神经损伤的患者,出于对医疗安全和创造最大神经恢复条件的角度出发,不少医生仍然会选择直接减压。基于此,本研究提出髂肋肌旁入路进行直接的椎管前方减压,将其与经皮螺钉固定技术结合,用于处理椎管前方占位明显、合并神经损伤的 Denis B 型腰椎爆裂性骨折,以期探索一种既能固定又能直接减压的微创术式。

髂肋肌是竖脊肌的组成部分之一,位于其最外侧(图 13)。竖脊肌与其深面的多裂肌等是脊柱动力

稳定性的重要因素,也是传统后路手术中损伤最大的肌肉组织,是手术保护的要点^[18]。对于髂肋肌外侧旁入路,本课题组已完成了前期的应用解剖学相关研究,获得了开展临床手术的基础^[4]。

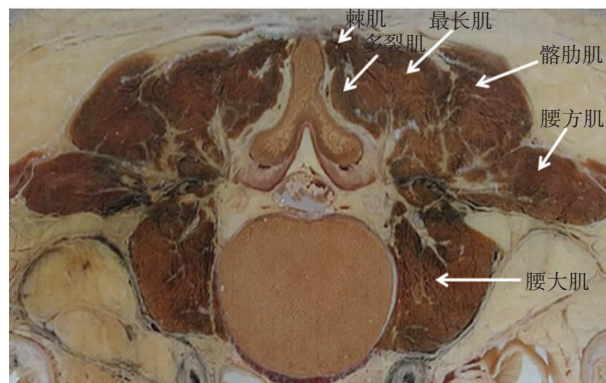


图 13 上腰椎水平的椎旁肌横断面图示

髂肋肌旁入路具有以下优势:从髂肋肌外侧缘通过其与腰方肌的间隙进入,避免了对肌肉的分离和牵拉;在 Kambin 三角内经过椎间孔,进入椎管内操作,可以最大限度地保留 PLC 的完整性;能直接到达椎管前方,适合处理来自椎管前方的占位,对硬膜囊、神经根干扰小。此外,与目前进行 TLIF 手术的 Wiltse 入路^[19-20]相比,虽然两者都是肌肉间隙入路,但髂肋肌外侧入路更靠外,不需要切除小关节突,而小关节突作为后柱的稳定结构,承担 10%~20% 的脊柱压力载荷^[21]。对于未做融合的爆裂性骨折,保留关节突对脊柱的稳定性具有积极意义,本研究中的髂肋肌旁入路能避免这一缺陷。

本研究中的手术方式较传统后路开放手术时间增加,主要是由更多的 X 线透视和有限的操作空间导致。尽管如此,因为小切口和肌间隙分离暴露,出血量仍在比较理想的范围内。该手术方式能有效纠正椎管后凸 Cobb 角、恢复椎体前缘高度,也能明显减少椎管的矢状径占位率。术后的 VAS、ODI 值明显降低,说明该术式遗留的疼痛、功能障碍少,体现了其对椎旁肌及后柱结构损伤小的优势。ASIA 神经功能分级也证实了术后神经功能恢复的明显效果。以上结果表明,这种术式能够同时进行微创的固定和直接前方减压,在纠正脊柱畸形、解除椎管占位、恢复脊髓功能等方面效果明确。

本研究选择的病例受伤到接受手术的时间大于 1 周,同时存在后纵韧带损伤或有骨块部分翻转,其原因是这一类患者间接复位的效果欠佳,常需要

直接减压。同时,排除了相邻椎间盘有严重退变或者损伤者,是由于该类患者很可能需要增加融合手术的操作。研究涉及的椎体节段包括 L1~3,是由于腰椎的爆裂性骨折大多数发生在上段,同时该入路需经过椎间孔,而上位腰椎的椎间孔空间较大,具备条件。选择 55 岁以下的患者,是尽可能排除骨质疏松的影响。对于运动功能完全丧失的 ASIA 评级为 A 级和 B 级的患者,出于临床试验安全性的角度考虑暂未纳入。此外,对于后凸 Cobb 角大于 45° 的患者,临床上常常予以长节段固定或联合前柱的植骨融合,从研究的一致性角度考虑,故予以排除。

经皮螺钉固定结合髂肋肌外侧旁入路进行减压,适合于上段腰椎 Denis B 型爆裂性骨折,对于累及下终板的骨折类型不适用。本研究样本量较少,该手术操作对术者的解剖熟悉程度和临床技术要求相对较高,并需要特殊的牵开通道、显微头灯及神经电生理监测仪等器械。但这种后外侧、肌肉间隙的减压入路,提供了一种新的可行、微创的直接减压方式,拓宽了后路经皮椎弓根螺钉固定的适用范围,具有应用价值,值得继续探索和完善。

参 考 文 献

- [1] Rabb CH, Hoh DJ, Anderson PA, et al. Congress of neurological surgeons systematic review and evidence-based guidelines on the evaluation and treatment of patients with thoracolumbar spine trauma: operative versus nonoperative treatment[J]. Neurosurgery, 2019, 84(1): E59-E62.
- [2] Panteliadis P, Musbahi O, Muthian S, et al. A comparison of three different methods of fixation in the management of thoracolumbar fractures[J]. Int J Spine Surg, 2018, 12(1): 1-7.
- [3] Wood KB, Li W, Lebl DR, et al. Management of thoracolumbar spine fractures[J]. Spine J, 2014, 14(1): 145-164.
- [4] 徐希彦, 晏铮剑, 黄帆, 等. 竖脊肌旁入路经椎间孔行椎管减压的应用解剖学研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2013, 27(4): 409-413.
- [5] 吴文斌, 宋文慧, 赵卫东, 等. 胸腰椎爆裂骨折术后椎管内骨块吸收回纳的相关因素分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2018, 28(3): 200-205.
- [6] Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1983, 8(8): 817-831.
- [7] Howard BM, Sribnick EA, Dhall SS. Complete neurologic recovery of spinal cord injury after posterior transpedicular reconstruction for traumatic lumbar burst fracture[J]. Spine J, 2013, 13(2): 204-205.
- [8] Liu J, Pang Z, Xu W, et al. Comparison of pedicle fixation by the Wiltse approach and the conventional posterior open approach for thoracolumbar fractures, using MRI, histological and electrophysiological analyses of the multifidus muscle[J]. Eur Spine J, 2017, 26(5): 1506-1514.
- [9] Cawley DT, Alexander M, Morris S. Multifidus innervation and muscle assessment post-spinal surgery[J]. Eur Spine J, 2014, 23(2): 320-327.
- [10] Thomson S. Failed back surgery syndrome—definition, epidemiology and demographics[J]. Br J Pain, 2013, 7(1): 56-59.
- [11] Bokov A, Isrelov A, Skorodumov A, et al. An analysis of reasons for failed back surgery syndrome and partial results after different types of surgical lumbar nerve root decompression[J]. Pain Physician, 2011, 14(6): 545-557.
- [12] Baber Z, Erdek MA. Failed back surgery syndrome: current perspectives[J]. J Pain Res, 2016, 9: 979-987.
- [13] 李玉伟, 王海蛟, 崔巍, 等. 保留后方韧带复合体的腰椎融合术远期疗效观察[J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(1): 56-60.
- [14] Wu CC, Jin HM, Yan YZ, et al. Biomechanical role of the thoracolumbar ligaments of the posterior ligamentous complex: a finite element study[J]. World Neurosurg, 2018, 12: e125-133.
- [15] Scaramuzzo L, Tamburrelli FC, Piervincenzi E, et al. Percutaneous pedicle screw fixation in polytrauma patients[J]. Eur Spine J, 2013, 22(S6): S933-S938.
- [16] Dahdaleh NS, Smith ZA, Hitchon PW. Percutaneous pedicle screw fixation for thoracolumbar fractures[J]. Neurosurg Clin N Am, 2014, 25(2): 337-346.
- [17] Wood KB, Buttermann GR, Phukan R, et al. Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit: a prospective randomized study with follow-up at sixteen to twenty-two years[J]. J Bone Joint Surg Am, 2015, 97(1): 3-9.
- [18] Gille O, Jolivet E, Dousset V, et al. Erector spinae muscle changes on magnetic resonance imaging following lumbar surgery through a posterior approach[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2007, 32(11): 1236-1241.
- [19] Junhui L, Zhengbao P, Wenbin X, et al. Comparison of pedicle fixation by the Wiltse approach and the conventional posterior open approach for thoracolumbar fractures, using MRI, histological and electrophysiological analyses of the multifidus muscle[J]. Eur Spine J, 2017, 26(5): 1506-1514.
- [20] Ge DH, Stekas ND, Varlotta CG, et al. Comparative analysis of two transforaminal lumbar interbody fusion techniques: open TLIF versus Wiltse MIS TLIF[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2019, 44(9): E555-560.
- [21] Sharma M, Langrana NA, Rodriguez J. Role of ligaments and facets in lumbar spinal stability[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1995, 20(8): 887-900.

(责任编辑:唐秋姗)