doi:10.11659/jjssx.01E022067

·临床研究·

一期后路椎管减压联合短节段内固定治疗胸腰段不稳定性爆裂骨折

吴永贵,李晋惠,牛宇飞,秦海江 (晋城市人民医院骨科二病区,山西 晋城 048000)

[摘 要] **目的** 探究一期后路椎管减压联合短节段内固定治疗胸腰段不稳定性爆裂骨折的效果。**方法** 回顾性选择于我院行一期后路椎管减压联合短节段内固定治疗的60例胸腰段不稳定性爆裂骨折患者作为观察组,另选60例行单纯短节段内固定治疗的胸腰段不稳定性爆裂骨折患者作为对照组。比较2组患者的手术相关指标;比较2组患者术前、术后即刻、术后6个月的影像学指标及疗效评估指标;采用随机行走模型评价2组患者影像学指标及疗效评估指标的改善情况;比较2组患者并发症发生情况。**结果** 2组患者椎弓根螺钉置入总数均为360枚,2组置钉准确率比较差异无统计学意义($P>0.05$);观察组患者的手术时间明显长于对照组($P<0.05$);2组患者的术中出血量、术后引流量、住院时间比较差异无统计学意义($P>0.05$)。2组患者术前、术后即刻、术后6个月的伤椎中柱高度依次升高,伤椎骨块侵入面积、伤椎椎管侵占率、节段后凸角、疼痛视觉模拟量表(VAS)评分、Oswestry功能障碍指数(ODI)均依次降低,不同时间点间的差异均具有统计学意义($P<0.05$);2组患者术前及术后6个月的影像学指标及疗效评估指标比较差异无统计学意义($P>0.05$),观察组患者术后即刻的影像学指标及疗效评估指标改善情况明显优于对照组($P<0.05$)。随机行走模型评价结果显示,观察组患者影像学指标及疗效评估指标的改善情况优于对照组。2组患者术中、术后及随访期间均未出现严重并发症。**结论** 一期后路椎管减压联合短节段内固定能够有效减压,恢复胸腰段不稳定性爆裂骨折患者的伤椎中柱高度和伤椎节段后凸角,减轻患者疼痛程度,有利于患者术后恢复,临床疗效较好,且安全性较高。

[关键词] 一期后路椎管减压;短节段内固定;胸腰段不稳定性爆裂骨折;随机行走模型

[中图分类号] R683.2 [文献标识码] A [收稿日期] 2022-01-18

One-stage posterior spinal canal decompression combined with short-segment internal fixation in the treatment of unstable burst fracture of thoracolumbar segment

WU Yong-gui, LI Jin-hui, NIU Yu-fei, QIN Hai-jiang (Second Ward of Orthopedics Department, Jincheng People's Hospital, Jincheng Shanxi 048000, China)

Abstract: Objective To explore the effect of one-stage posterior spinal canal decompression combined with short-segment internal fixation in the treatment of unstable burst fracture of thoracolumbar segment. **Methods** A total of 60 patients with unstable burst fracture of thoracolumbar segment treated with one-stage posterior spinal canal decompression combined with short-segment internal fixation in our hospital were retrospectively selected as the observation group, and another 60 patients with unstable burst fracture of thoracolumbar segment treated with simple short-segment internal fixation were selected as the control group. The operation-related indexes of the two groups were compared, and the imaging indexes and efficacy evaluation indexes before operation, immediately after operation and 6 months after operation of the two groups were compared. The improvement of imaging indexes and efficacy evaluation indexes of the two groups were evaluated by random walk model. The complications of the two groups were compared. **Results** The total number of pedicle screws placed in the two groups was 360, and there was no statistically significant difference in the accuracy of screw placement between the two groups ($P>0.05$). The operation time in the observation group was significantly longer than that in the control group ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in the intraoperative blood loss, postoperative drainage volume or hospital stay between the two groups ($P>0.05$). The heights of central column of the injured vertebrae in the two groups increased in sequence, while the bone invasion area of the injured vertebrae, the invasion rate of the injured spinal canal, the segmental kyphosis angle, the pain visual analogue scale (VAS) score and the Oswestry disability index (ODI) decreased in sequence before operation, immediately after operation and 6 months after operation ($P<0.05$), and the differences at different time points were statistically significant ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in the imaging indexes or efficacy evaluation indexes between the two groups before operation and 6 months after operation ($P>0.05$). The improvement of imaging indexes and efficacy evaluation indexes immediately after operation in the observation group were significantly better than those in the control group ($P<0.05$). The evaluation results of random walk model showed that the improvement of imaging indexes and efficacy evaluation indexes in the observation group were significantly better than those in the control group. There were no serious complications in the two groups during operation, after operation and during follow-up. **Conclusion** One-stage posterior spinal canal

[通信作者] 秦海江,E-mail:jcqbb8@163.com

decompression combined with short-segment internal fixation can effectively reduce the pressure, restore the heights of central column of the injured vertebrae and the segmental kyphosis angle of the injured vertebrae in patients with unstable burst fracture of thoracolumbar segment, and reduce the pain of the patients, which is beneficial to the postoperative recovery of patients, with good clinical efficacy and high safety.

Keywords: one-stage posterior spinal canal decompression; short-segment internal fixation; unstable burst fracture of thoracolumbar segment; random walk model

近年来,随着工业、建筑业、交通运输业的发展,相关意外事故时常发生,导致脊柱损伤的发生率呈逐年上升趋势[1]。脊柱的急性损伤是一种常见的外伤类型,对患者的生活质量影响较大,临床治疗花费较高。脊柱损伤患者中,胸腰椎是常见的骨折部位,约占90%,其中,爆裂骨折占10% ~20%,因此,胸腰段爆裂骨折是常见的脊柱损伤性疾病[2]。胸腰段爆裂骨折分为稳定性爆裂骨折和不稳定性爆裂骨折,前者是由脊柱前柱和中柱损伤导致,后者为脊柱前、中、后三柱同时损伤导致,容易出现进行性神经症状和脊柱后突[3-4]。胸腰段不稳定性爆裂骨折患者椎体后方的骨折块及椎间盘组织容易突入椎管,导致椎管狭窄、脊髓压迫,可能造成神经功能障碍,具有较高的致残率和致死率,严重影响患者的工作和生活质量,威胁患者的生命安全[5]。近年来,随着医学界对脊柱急性损伤的关注及研究不断加深,其临床治疗取得了巨大的进展。短节段椎弓根螺钉固定是目前治疗胸腰椎爆裂骨折的常用术式,可减少固定节段,避免平背畸形的发生,患者预后较好[6]。但胸腰段不稳定性爆裂骨折的手术治疗较为复杂,单纯前路或后路短节段内固定无法满足稳定三柱重建和椎管减压的需求[7]。有研究提出前后路联合治疗虽可达到充分减压和稳定三柱重建的目的,但增加了对患者机体的损伤,且手术时间较长,术中出血量较多,不利于临床推广应用[8]。一期后路椎管减压联合短节段内固定既能够完成椎管的彻底减压,又重建了脊柱三柱的稳定性,达到了前后路联合治疗的手术效果[9]。有研究证实,一期后路椎管减压联合短节段内固定能够实现严重胸腰段爆裂骨折合并脊髓损伤患者骨折部位的精准复位与彻底减压,疗效显著[10],但其应用于胸腰段不稳定性爆裂骨折中的临床研究较少,缺乏大量的临床数据支撑。本研究探讨一期后路椎管减压联合短节段内固定治疗胸腰段不稳定性爆裂骨折的疗效,以期为临床提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性选择2017年6月至2021年6月于我院行一期后路椎管减压联合短节段内固定治疗的60例胸腰段不稳定性爆裂骨折患者作为观察组,另选60例行单纯短节段内固定治疗的胸腰段不稳定性爆裂骨折患者作为对照组。2组患者的性别、年龄、致伤原因、伤及椎体、受伤至手术时间、载荷分享评分系统(load sharing scoring system, LSSS)评分[11]比较差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表1。本研究经我院医学伦理委员会审批(302165)。

纳入标准:①有高处坠落伤、交通伤、砸伤等外伤史;②胸腰段急性单节段骨折,且伤椎节段后凸角>20°;③Denis分型为A3型;④受伤至手术时间少于5 d;⑤临床资料及手术前后的影像学资料完整。排除标准:①合并弥漫性特发性骨肥厚症、强直性脊柱炎等代谢性骨病;②全身多发性骨折、脊柱骨质疏松性骨折、病理性骨折;③严重心、肝、肾疾病;④存在感染灶。

表1 2组患者一般资料比较($n=60$)

组别	年龄/岁	性别/例(%)		致伤原因/例(%)			伤及椎体/例(%)				受伤至手术时间/d	LSSS/分
		男	女	高处坠落伤	交通伤	砸伤	T_{11}	T_{12}	L_1	L_2		
对照组	44.46±4.37	38(63.33)	22(36.67)	23(38.33)	31(51.67)	6(10.00)	13(21.67)	21(35.00)	18(30.00)	8(13.33)	3.12±0.65	4.57±1.18
观察组	45.28±6.42	33(55.00)	27(45.00)	27(45.00)	28(46.67)	5(8.33)	11(18.33)	22(36.67)	16(26.67)	11(18.33)	3.23±0.57	4.68±1.24
t/χ^2	0.818	0.862		0.564			0.781				0.986	0.498
P	0.415	0.353		0.754			0.854				0.326	0.620

1.2 手术方法

对照组患者采用单纯短节段内固定治疗。患者静吸复合全身麻醉成功后取俯卧位,使腹部悬空以降低腹腔内压。C型臂X射线机透视定位患椎并标记,取腰椎后正中线作纵形切口,充分暴露骨折椎体两侧的关节突关节,根据术前X射线片的测量数据,分别置入定位针及椎弓根螺钉,先在一侧安装预弯钛棒,复位,透视满意后于另一侧安装预弯钛棒。X射线透视

显示椎弓根螺钉位置良好,伤椎中柱高度基本恢复后,于切口内留置1根引流管,缝合切口。

观察组患者采用一期后路椎管减压联合短节段内固定治疗。麻醉、切口部位、定位针及椎弓根螺钉的置入方法同对照组。随后进行椎管减压,首选关节突、椎板损伤严重或脊髓压迫严重的一侧作为减压侧,对侧采用钛棒临时固定。切除伤椎棘突、椎板、上关节突、下关节突及上下节段部分椎板缘,显露并保护上下神经根及脊髓。切除伤椎椎弓根,将硬膜前方骨折块推向前方椎体内,经椎弓根切除椎体,该侧减压满意后安装钛棒,拆除对侧钛棒并按照相同的方法进行减压。透视满意后,切口内留置1根引流管,缝合切口。

1.3 观察指标

比较2组患者的手术相关指标,包括手术时间、术中出血量、术后引流量、住院时间、椎弓根螺钉置入准确数,计算置钉准确率。

比较2组患者影像学指标,通过X射线、CT、MRI对患者术前、术后即刻及术后6个月的伤椎中柱高度、伤椎骨块侵入面积(中轴位伤椎椎弓根高度中点水平骨块侵入椎管的面积)、邻近下位椎体相同水平椎管面积、节段后凸角进行测量,计算伤椎椎管侵占率,伤椎椎管侵占率=伤椎骨块侵入面积/邻近下位椎体相同水平椎管面积×100%。

比较2组患者疗效评估指标,采用疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale,VAS)评分[12]评估患者术前、术后即刻及术后6个月的腰背部疼痛程度,总分0~10分,分值越高,表示疼痛越剧烈;采用Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index,ODI)问卷[13]调查患者术前、术后即刻、术后6个月的腰背部疼痛对日常生活的影响程度,由步行、站立、坐位、提物、旅游、性生活、生活自理、社会生活、疼痛强度、干扰睡眠10个问题组成,每个问题0~5分,总分0~50分,ODI=(所得总分/5)×回答问题数量×5×100%。

比较2组患者术中、术后及随访期间并发症发生情况。

1.4 统计学方法

采用SPSS 22.0软件分析数据。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本t检验,组内多个时间点指标比较采用F检验;计数资料以率(%)表示,组间比较采用χ^2检验。采用ORACLE 10g工具评价2组患者影像学指标及疗效评估指标的随机行走模型。检验水准$\alpha=0.05$,$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者手术相关指标比较

观察组患者的手术时间明显长于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$);观察组共置入360枚椎弓根螺钉,置钉准确率为98.61%,对照组共置入360枚椎弓根螺钉,置钉准确率为96.94%,2组比较差异均无统计学意义($P>0.05$);2组患者的术中出血量、术后引流量、住院时间比较差异均无统计学意义($P>0.05$),见表2。

表2 患者手术相关指标比较($n=60$)

组别	手术时间/min	术中出血量/mL	术后引流量/mL	置钉准确率/%	住院时间/d
对照组	86.32±16.13	208.14±35.14	102.47±25.96	96.94	6.82±2.17
观察组	95.47±18.46	221.39±38.45	111.32±23.51	98.61	7.14±2.06
t/χ^2	2.891	1.970	1.957	2.301	0.828
P	0.005	0.051	0.053	0.129	0.409

2.2 患者手术前后影像学指标比较

2组患者术前、术后即刻、术后6个月的伤椎中柱高度依次升高,伤椎骨块侵入面积、伤椎椎管侵占率、节段后凸角依次减少/降低,不同时间点间的差异均具有统计学意义($P<0.05$);2组患者术前及术后6个月的影像学指标比较差异无统计学意义($P>0.05$),观察组患者术后即刻的伤椎中柱高度明显高于对照组,伤椎骨块侵入面积、伤椎椎管侵占率、节段后凸角明显小/低于对照组,差异均具有统计学意义($P<0.05$),见表3。

2.3 患者手术前后疗效评估指标比较

2组患者术前、术后即刻、术后6个月的VAS评分、ODI均依次降低,不同时间点间的差异具有统计学意义($P<0.05$);2组患者术前及术后6个月的VAS评分、ODI比较差异无统计学意义($P>0.05$);观察组患者术后即刻的VAS评分、ODI明显低于对照组,差异均具有统计学意义($P<0.05$),见表4。

2.4 随机行走模型评价2组患者各临床指标的改善情况

观察组患者影像学指标及疗效评估指标的改善情况均优于对照组,见图1。

表 3 2 组患者手术前后影像学指标比较($\bar{x} \pm s$,$n=60$)

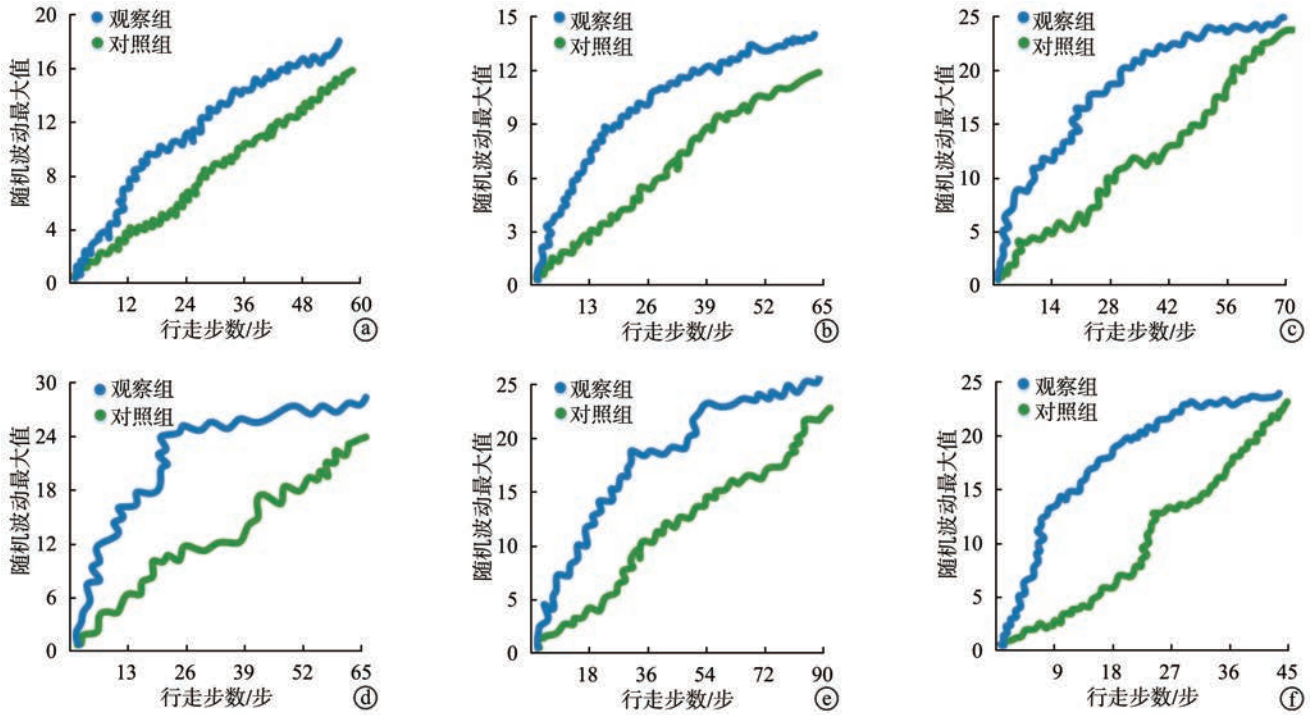
组别		伤椎中柱高度/mm	伤椎骨块侵入面积/mm^2	伤椎椎管侵占率/%	节段后凸角/°
对照组	术前	17.39 ± 4.03	98.41 ± 23.18	46.55 ± 19.02	26.13 ± 5.94
	术后即刻	19.13 ± 4.25 *	75.46 ± 20.18 *	26.35 ± 5.84 *	7.85 ± 1.72 *
	术后 6 个月	21.65 ± 4.62 *#	35.14 ± 10.69 *#	13.62 ± 4.16 *#	3.37 ± 0.85 *#
	F	5.382	5.784	7.864	22.897
	P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
观察组	术前	17.22 ± 3.46	100.76 ± 22.45	47.32 ± 18.64	26.28 ± 6.02
	术后即刻	20.56 ± 4.17 *△	67.39 ± 19.05 *△	20.13 ± 5.69 *△	6.12 ± 1.69 *△
	术后 6 个月	21.77 ± 4.54 *#	34.28 ± 11.12 *#	12.97 ± 4.21 *#	3.15 ± 0.76 *#
	F	4.775	8.779	10.807	24.975
	P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*:与同组术前比较,$P<0.05$;#:与同组术后即刻比较,$P<0.05$;△:与对照组术后即刻比较,$P<0.05$

表 4 2 组患者手术前后疗效评估指标比较($\bar{x} \pm s$,$n=60$)

组别	VAS 评分/分			ODI/%		
	术前	术后即刻	术后 6 个月	术前	术后即刻	术后 6 个月
对照组	6.24 ± 1.25	4.68 ± 1.16 *	1.71 ± 0.65 *#	42.36 ± 4.58	27.52 ± 4.43 *	8.42 ± 2.75 *#
观察组	6.51 ± 1.32	3.24 ± 1.02 *	1.58 ± 0.59 *#	42.85 ± 4.79	22.48 ± 4.26 *	7.54 ± 2.61 *#
t	1.150	7.221	1.147	0.573	6.352	1.798
P	0.252	<0.001	0.254	0.568	<0.001	0.075

*:与同组术前相比,$P<0.05$;#:与同组术后即刻相比,$P<0.05$



a:伤椎中柱高度;b:伤椎骨块侵入面积;c:伤椎椎管侵占率;d:节段后凸角;e:VAS 评分;f:ODI

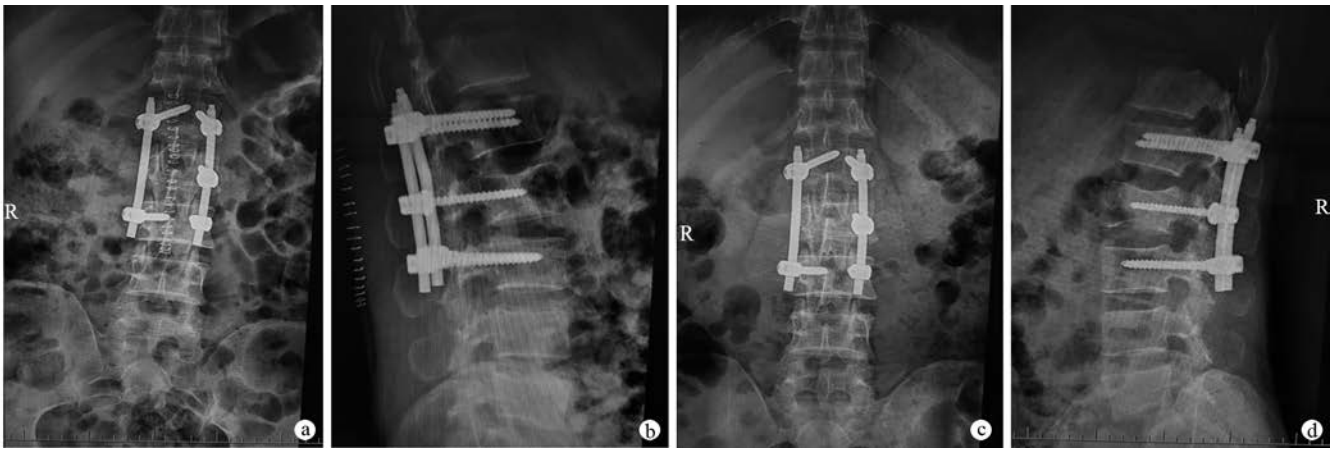
图 1 2 组患者各临床指标的随机行走模型

2.5 患者并发症发生情况比较

2 组患者术中均未出现脊髓损伤或大出血等严重并发症,术后均未出现血肿形成及切口感染等并发症,随访期间均未出现内固定松动、移位、断裂等并发症。

2.6 典型病例

患者,男,47 岁,因交通伤导致 L_1 椎体不稳定性爆裂骨折,入院后行一期后路椎管减压联合短节段内固定治疗,术后 6 个月骨折愈合良好(图 2)。



a:术后即刻正位X射线片;b:术后即刻侧位X射线片;c:术后6个月正位X射线片;d:术后6个月侧位X射线片

图2 典型病例影像资料

3 讨论

脊柱骨折是创伤骨科的常见疾病,随着社会的发展,高能量损伤的发生率不断升高,包括交通伤、高处坠落伤、砸伤等,导致脊柱骨折的发生率呈逐年上升趋势[14]。胸腰段爆裂骨折是脊柱骨折的常见类型,是由于胸腰段缺乏肋骨保护,脊柱受到轴向暴力、屈曲或旋转力的作用导致的椎体粉碎性骨折,可使患者疼痛、卧床不起,继而引发下肢深静脉血栓、肺部感染、褥疮等并发症,且由于脊柱的正常序列被破坏,还会引起神经功能障碍,严重影响患者的生活质量[15]。脊柱分为前、中、后三柱,根据不同的脊柱损伤分为胸腰段稳定性爆裂骨折和胸腰段不稳定性爆裂骨折,前者为脊柱前柱和中柱骨折,后者为前、中、后三柱同时骨折。由于胸腰段脊柱的特殊解剖位置及其独特的生物力学特性,使得胸腰段不稳定性爆裂骨折的治疗较为困难。外科手术治疗胸腰段不稳定性爆裂骨折的目的在于解除椎管内压迫,重建脊柱的稳定性,改善神经功能,防止远期疼痛、脊柱畸形、继发性损伤等并发症的发生。后路复位椎弓根螺钉内固定是目前治疗胸腰段骨折的经典手术方式,治疗效果较好,但仍存在一定局限性,常发生术后椎体高度丢失及内固定疲劳失效、断裂等[6]。而一期后路椎管减压联合短节段内固定有望解决这一问题,完成椎管的彻底减压和脊柱三柱的稳定性重建[9],但其在胸腰段不稳定性爆裂骨折中的治疗鲜见研究。因此,本研究探讨一期后路椎管减压联合短节段内固定治疗胸腰段不稳定性爆裂骨折的效果,以期为临床提供参考。

中柱包括椎间盘、后半椎体及后纵韧带,其完整性在维持脊柱的稳定性中发挥着重要的作用。由于造成胸腰段不稳定性爆裂骨折的暴力来自Y轴的轴向压缩,可能还有沿着Z轴的旋转力量的参与,导致骨折块爆散,使不稳定的椎间盘组织及椎体后方的骨折块突入椎管内,造成椎管占位,伤椎骨块的侵入面积及侵入率越大/高,马尾神经及脊髓受到的压迫越严重,神经功能障碍的发生率越高,因此,及时有效地减少伤椎骨块的侵入面积及降低侵入率是降低神经功能障碍发生率的关键[16]。测量节段后凸角是临床上常用的评价胸腰椎矢状面畸形程度的方法,节段后凸角越大,提示胸腰段畸形越严重[4]。本研究中,观察组和对照组患者术后即刻及术后6个月的伤椎中柱高度明显高于术前,伤椎骨块侵入面积、伤椎椎管侵占率及节段后凸角明显小/低于术前,表明两种手术方法均能够复位侵入椎管的骨块,重建脊柱三柱的稳定性。本研究结果还显示,观察组患者术后即刻的上述影像学检查指标改善情况明显优于对照组,表明一期后路椎管减压联合短节段内固定治疗能够快速改善胸腰段不稳定性爆裂骨折患者的临床症状,有利于患者术后恢复,提高患者的生活质量。

疼痛是导致胸腰段不稳定性爆裂骨折患者卧床不起、焦虑和抑郁等不良情绪及影响患者生活质量的重要原因;而ODI是评估腰背部疼痛对患者日常生活质量影响程度的有效指标。本研究中,观察组和对照组患者术后即刻及术后6个月的VAS评分、ODI较术前均明显下降,表明两种手术方法均能够明显减轻胸腰段不稳定性爆裂骨折患者的疼痛程度,改善患者的生活质量。本研究结果还显示,观察组患者术后即刻的VAS评分及ODI明显低于对照组,表明一期后路椎管减压联合短节段内固定治疗能够更加快速地缓解患者的疼痛,有利于患者术后恢复及早期下床进行康复训练。

手术的安全性评估也是手术决策的关键内容。本研究中,观察组患者手术时间明显长于对照组,但2组术中出血量、术后引流量及住院时间无明显差异。考虑为尽管联合后路椎管减压的手术时间较前路椎管减压明显缩短,但后路椎管减压过程中需要切除椎板,仍需要花费一定的时间,因此整体手术时间较单纯短节段内固定延长。本研究中,2组患者术中均无脊髓损伤或大出血等严重并发症发生,术后无血肿形成及切口感染,随访期间未出现内固定松动、移位、断裂等并发症,表明两种手术安全性均较高。

为保证一期后路椎管减压联合短节段内固定治疗胸腰段不稳定性爆裂骨折的疗效及安全性,术中还需要注意以下几点操作:①保留前纵韧带及其部分椎体前柱结构,不仅可以对手术操作过程中过度旋转、牵张脊柱起到保护作用,还可防止大血管等前方重要组织的损伤及骨块向前方移位时的脱落;②行后路椎管减压时,需先固定一侧,防止减压过程中损伤患者脊髓;③椎弓根螺钉置入时,为避免损伤神经根,术中应准确测量置入椎弓根螺钉的长度,防止术后脊柱畸形及椎体高度丢失。

综上所述,一期后路椎管减压联合短节段内固定能够有效减压,恢复胸腰段不稳定性爆裂骨折患者的伤椎中柱高度和伤椎节段后凸角,减轻患者疼痛程度,有利于患者术后恢复,临床效果良好,且安全性较高。

[参考文献]

[1] Gao Q,Zhang Z,Shao T,et al. Predictor of surgical outcomes in ankylosing spondylitis cervical spinal fracture:an at least 2 years follow-up retrospective study[J]. Spine (Phila Pa 1976),2021,46(1):E31-E36. doi:10.1097/BRS.0000000000003754.

[2] Shen J,Yang Z,Fu M,et al. The influence of topical use of tranexamic acid in reducing blood loss on early operation for thoracolumbar burst fracture:a randomized double-blinded controlled study[J]. Eur Spine J,2021,30(10):3074-3080. doi:10.1007/s00586-020-06626-x.

[3] Filgueira ÉG,Imoto AM,Silva H,et al. Thoracolumbar burst fracture:mccormack load-sharing classification-systematic review and single arm meta-analysis[J]. Spine (Phila Pa 1976),2021,46(9):E542-E550. doi:10.1097/BRS.0000000000003826.

[4] Seo DK,Kim CH,Jung SK,et al. Analysis of the risk factors for unfavorable radiologic outcomes after fusion surgery in thoracolumbar burst fracture:what amount of postoperative thoracolumbar kyphosis correction is reasonable? [J]. J Korean Neurosurg Soc,2019,62(1):96-105. doi:10.3340/jkns.2017.0214.

[5] Ko S,Jung S,Song S,et al. Long-term follow-up results in patients with thoracolumbar unstable burst fracture treated with temporary posterior instrumentation without fusion and implant removal surgery:follow-up results for at least 10 years[J]. Medicine (Baltimore),2020,99(16):e19780-e19786. doi:10.1097/MD.0000000000019780.

[6] Kapoen C,Liu Y,Bloemers FW,et al. Pedicle screw fixation of thoracolumbar fractures:conventional short segment versus short segment with intermediate screws at the fracture level:a systematic review and meta-analysis[J]. Eur Spine J,2020,29(10):2491-2504. doi:10.1007/s00586-020-06479-4.

[7] Liang C,Liu G,Liang G,et al. Healing pattern classification for thoracolumbar burst fractures after posterior short-segment fixation[J]. BMC Musculoskelet Disord,2020,21(1):373-382. doi:10.1186/s12891-020-03386-z.

[8] Huang Z,Hu C,Tong Y,et al. Percutaneous pedicle screw fixation combined with transforaminal endoscopic spinal canal decompression for the treatment of thoracolumbar burst fracture with severe neurologic deficit:a case report[J]. Medicine (Baltimore),2020,99(21):e20276. doi:10.1097/MD.0000000000020276.

[9] 陶春生,孙培锋,胡 健,等. 一期后路椎管减压联合脊柱稳定性重建手术治疗严重胸腰椎爆裂骨折的疗效观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2019,34(11):1153-1154. doi:10.7531/j.issn.1672-9935.2019.11.010.

[10] 高 杰,竺得洲,王 浩,等. 后路经侧前方椎管减压结合伤椎置钉短节段固定治疗严重胸腰椎爆裂骨折合并脊髓损伤[J]. 中国骨伤,2020,33(12):1128-1133. doi:10.12200/j.issn.1003-0034.2020.12.009.

[11] Alan N,Donohue J,Ozpinar A,et al. Load-sharing classification score as supplemental grading system in the decision-making process for patients with thoracolumbar injury classification and severity 4[J]. Neurosurgery,2021,89(3):428-434. doi:10.1093/neuros/nyab179.

[12] Hu X,Ma W,Chen J,et al. Posterior short segment fixation including the fractured vertebra combined with kyphoplasty for unstable thoracolumbar osteoporotic burst fracture[J]. BMC Musculoskelet Disord,2022,21(1):566. doi:10.1186/s12891-020-03576-9.

[13] Hughes H,Carthy AM,Sheridan GA,et al. Thoracolumbar burst fractures:a systematic review and meta-analysis comparing posterior-only instrumentation versus combined anterior-posterior instrumentation [J]. Spine (Phila Pa 1976),2021,46(15):E840-E849. doi:10.1097/BRS.0000000000003934.

[14] Li WJ,Guo LX. Influence of different postures under vertical impact load on thoracolumbar burst fracture[J]. Med Biol Eng Comput,2020,58(11):2725-2736. doi:10.1007/s11517-020-02254-1.

[15] Jordan MC,Jansen H,Meffert RH,et al. Comparing porous tantalum fusion implants and iliac crest bone grafts for spondylodesis of thoracolumbar burst fractures:prospectice cohort study[J]. Sci Rep,2021,11(1):17409. doi:10.1038/s41598-021-96400-w.

[16] Zhou F,Yang S,Liu J,et al. Finite element analysis comparing short-segment instrumentation with conventional pedicle screws and the Schanz pedicle screw in lumbar 1 fractures[J]. Neurosurg Rev,2020,43(1):301-312. doi:10.1007/s10143-019-01146-9.

(编辑:贺绍梅)