

临床论著

侧入路微创椎间融合结合后路短节段固定治疗
胸腰段骨折的初步临床疗效李 想^{1,2}, 洪 毅^{1,2}, 张军卫^{1,2}, 唐和虎^{1,2}, 吕 振^{1,2}, 陈世铮^{1,2}, 关 骅^{1,2}

(1 首都医科大学康复医学院 100068; 2 中国康复研究中心北京博爱医院脊柱外科 100068)

【摘要】目的:探讨侧入路微创椎间融合结合后路短节段椎弓根螺钉内固定治疗累及三柱的胸腰段骨折的初步临床疗效。方法:2009 年 10 月~2012 年 9 月,采用后路短节段椎弓根螺钉内固定结合二期侧入路微创椎间融合技术治疗符合入选标准的累及三柱的胸腰段骨折患者 12 例,包括男 10 例,女 2 例,平均年龄 33 ± 9.4 岁(21~47 岁)。所有患者首先接受后路短节段椎弓根钉内固定,2 周后接受侧入路微创椎间融合重建脊柱前中柱稳定性。侧入路微创椎间融合采用自行设计的工作通道,融合节段包括 T11/12 4 例, T12/L1 节段 5 例, L1/2 节段 3 例。分别记录前后路手术的手术时间、手术出血量及手术相关并发症情况。在术前、术后以及末次随访时分别采用 ASIA 2011 标准以及 Cobb 角评价患者神经功能情况以及矫正维持情况。末次随访时采用 Suk 标准评价植骨融合情况。结果:后路手术时间平均 125.8 ± 29.0 min,手术出血量平均 460.5 ± 88.1 ml;侧入路微创椎间融合手术时间平均 127.1 ± 21.7 min,手术出血量平均 185.8 ± 62.3 ml。侧入路椎间融合相关手术并发症包括术后穿刺侧胸胸 1 例,穿刺侧神经根损伤 1 例。随访时间平均 12.75 ± 4.6 个月。患者术前平均 Cobb 角 $31^\circ\pm 8.7^\circ$,侧入路椎间融合术后平均 Cobb 角 $5.1^\circ\pm 3.5^\circ$,随访过程中平均矫正丢失 $4.3^\circ\pm 2.1^\circ$ 。末次随访时骨性融合 8 例(66.7%),可疑融合 4 例(33.3%),无植骨不融合及假关节病例;术前不完全损伤者中有 5 例出现至少 1 个级别的神经功能提高,其他患者神经功能无改善;无内固定失败病例。结论:侧入路微创椎间融合结合后路短节段固定治疗累及三柱的胸腰段骨折可取得满意的治疗效果,是否可作为传统前后路开放手术的替代或补充有待更多病例更长时间观察。

【关键词】胸腰椎骨折;侧入路椎间融合;脊柱微创;短节段固定

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2014.05.05

中图分类号:R683.2 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2014)-05-0400-07

The preliminary results of minimally invasive lateral lumbar interbody fusion combined with posterior short-segment instrumentation for thoracolumbar fractures/LI Xiang, HONG Yi, ZHANG Junwei, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2014, 24(5): 400-406

【Abstract】 Objectives: To evaluate the clinical outcomes of minimally invasive lateral lumbar interbody fusion(LLIF) combined with posterior short-segment instrumentation for thoracolumbar fractures. Methods: From October 2009 to September 2012, twelve patients with thoracolumbar fractures who met the inclusion criteria were treated with posterior short-segment pedicle instrumentation combined with delayed minimally invasive LLIF. There were 10 males and 2 females with a mean age of 33 ± 9.4 years (21-47 years). All the patients underwent posterior short-segment pedicle instrumentation as the initial treatment. Minimally invasive LLIF was performed within two weeks after the posterior procedure, under the assistance of self-designed working-tunnel. The levels of LLIF included T11/12 in 4 patients, T12/L1 in 5 and L1/2 in 3. The evaluation index included average operation time, average blood loss and complication associated with the surgery. ASIA impairment scale(2011) and Cobb angle were used to evaluated the neurological function and the loss of correction preoperatively, postoperatively and at final follow-up, respectively. The status of fusion was evaluated according to Suk's criteria at final follow-up. Results: All the patients tolerated the operation well. The mean operation time and blood loss of the posterior procedure was 125.8 ± 29 minutes and 460 ± 88.1 ml, respectively,

第一作者简介:男(1977),主治医师,医学博士,研究方向:脊柱外科、脊柱脊髓损伤

电话:(010)87569065 E-mail:muzixiangxin@sina.com

通讯作者:洪毅 E-mail:hongyihyy@163.com

while 127.1 ± 21.7 minutes and 185.8 ± 62.3 ml, respectively for the minimally invasive LLIF procedure. Hemopneumothorax was noted in 1 case after the minimally invasive LLIF procedure. One patient presented with neurological deficit after LLIF procedure. The mean follow-up period was 12.75 ± 4.6 months. The mean Cobb angle improved from $31^\circ \pm 8.7^\circ$ preoperatively to $5.1^\circ \pm 3.5^\circ$ postoperatively. At final follow-up a mean of $4.3^\circ \pm 2.1^\circ$ of loss of correction was noted. Solid fusion was achieved in 8 patients (66.7%) and probable fusion was in 4 patients (33.3%). Five patients with incomplete spinal cord injury achieved at least one grade of neurological function improvement, others had no change. No implant failure was noted. **Conclusions:** Posterior short-segment pedicle instrumentation combined with minimally invasive LLIF is effective for indicative thoracolumbar fractures, if it can be used for an alternative or complementary treatment for conventional wide-open combined anterior and posterior approaches, needs more cases and longer observation.

[Key words] Thoracolumbar fractures; Lateral interbody fusion; Minimally invasive spine surgery; Short-segment instrumentation

[Author's address] School of Rehabilitation Medicine, Capital Medical University, Beijing, 100068, China

胸腰段(T11~L2)骨折的治疗历来存在较大争议。后路短节段椎弓根螺钉内固定是目前治疗胸腰段骨折最常采用的办法^[1-5]。但由于缺乏前路支撑,在随访过程中有可能出现矫正丢失以及内固定失败^[6-8]。因此对于累及三柱的严重爆裂性骨折或屈曲牵张型损伤,多数学者建议在后路短节段固定术后附加前路支撑及重建^[2,4,9]。传统胸腰段前路重建手术入路复杂,手术创伤大,手术相关并发症发生率较高^[10,11],目前在胸腰段骨折的治疗中受到一定程度的限制^[12]。腰椎侧入路椎间融合技术(lateral lumbar interbody fusion, LLIF)是近年来出现的新的前路微创椎间融合方法,可有效避免传统前路开放手术的各种弊端^[13,14]。目前此项技术在胸腰椎退变性疾病中取得了满意的治疗效果^[14-18],但有关其在脊柱骨折中的应用报道较少^[19]。我科自 2009 年 10 月至今前瞻性采用侧入路微创椎间融合结合后路短节段固定治疗三柱损伤的胸腰段骨折患者 16 例,其中 12 例患者获得半年以上的随访。本研究拟通过对此 12 例患者临床资料的总结,评价上述方法在胸腰段骨折中的治疗效果。

1 资料和方法

1.1 一般资料

入选标准:(1)年龄 18~60 岁;(2)累及三柱的胸腰段骨折(T11~L2);(3)爆裂骨折患者应无后纵韧带断裂(CT 提示无翻转骨块),骨折脱位患者前方应以间盘损伤为主;(4)合并神经损伤;(5)临床资料完整,随访时间 6 个月以上。排除标准:(1)年龄 <18 岁或 >60 岁;(2)骨质疏松性椎体骨折或其他原因所致病理性骨折;(3)脊髓腹侧占位

明显,单纯后路手术无法充分减压;(4)无神经功能损害者。

自 2009 年 10 月以来,我科对符合上述标准的 16 例胸腰段骨折患者均采用后路短节段椎弓根钉内固定结合二期侧入路微创椎间融合的治疗方法,其中 12 例患者获得半年以上的随访。包括男 10 例,女 2 例,平均年龄 33 ± 9.4 岁(21~47 岁)。损伤机制包括交通肇事伤 7 例,高处坠落伤 4 例,重物砸伤 1 例。骨折累及节段包括 T12 节段 4 例, L1 节段 5 例, L2 节段 3 例;骨折类型根据 Denis 分型^[19]包括爆裂骨折 4 例,坐骨骨折 1 例,骨折脱位 7 例;根据 AO 分型^[20]包括 A3 型 4 例, B1 型 2 例, B2 型 6 例。前路椎间融合节段包括 T11/L2 4 例, T12/L1 5 例, L1/2 3 例。术前神经损伤程度按 ASIA 2011 标准^[21]判断, A 级 4 例, B 级 1 例, C 级 4 例, D 级 3 例。

1.2 手术方式

1.2.1 后路短节段椎弓根钉内固定 所有患者首先接受后路手术,固定范围包括损伤水平上下各 1 个节段,在伤椎椎弓根完整的情况下尽可能置入螺钉。由于本组病例均存在神经损害,因此术中同时行后路椎板切除椎管减压。对于存在脱位者术中予复位,此外不作特殊的撑开及加压操作,主要依靠连接棒的预弯及术中转棒来恢复脊柱序列关系。后路横突或椎板间植骨融合的范围局限在拟行二期椎间融合的节段。

1.2.2 侧入路微创椎间融合 二期侧入路微创椎间融合一般安排在后路手术后 2 周之内。手术在全麻下进行,术中患者取右侧卧位,利用 C 型臂 X 线机透视确定拟手术节段间盘中心并在对应的左侧胸腹壁皮肤上进行标记。根据我们开放手术

的经验及文献^[10,22]报道结果,T11/12 和 T12/L1 节段椎间融合采用经胸腔入路,L1/2 椎间融合采用腹膜后入路。经胸腔入路者术中采用单肺通气技术,在进入胸腔之前夹闭一侧通气管使手术侧肺萎陷。于标记点处沿肋间隙作长约 4cm 斜形切口,切开胸膜进入胸腔。将导针沿胸壁向椎体侧方滑移并插入拟手术节段椎间隙。插入导针的过程中可同时利用剥离子向腹侧和尾侧推开膈肌以避免导针插入腹膜后间隙。C 型臂 X 线机透视确认位置后即可经导针插入自制的无创序列组织扩张器。

该自制无创组织扩张器共分 5 级,最末级扩张器外径 24mm。倒数第二级扩张器(内径 20mm)分两种,一种末端平滑,用于组织扩张;另一种末端有 2 个尖齿,用于固定在手术节段椎间隙的邻近椎体侧方。手术在最末级扩张器和带尖齿扩张器共同组成的工作通道内进行。术中利用我科已有的 Joimax 椎间孔镜的物镜和光源系统进行照明及观察伤口深部情况,同时该工作通道还可同时容纳普通椎间融合的手术器械。这样术者就可以利用常规的椎间融合器械,同时在直视和镜下视野的辅助下完成间盘切除。由于手术目的主要为提供椎间支撑而非矫形,因此术中无需切除对侧纤维环,同时应注意保持后方纤维环的完整性。一般选择比最终试模略大一号的椎间融合器(强生,Depuy,Concorde),填充好同种异体骨后置入椎间。于切口后方同肋间隙约腋后线水平另作切口插入普通伤口引流管,逐层缝合伤口后进行鼓肺,若提示有持续性漏气则将伤口引流管更换为胸腔引流管。否则留置普通伤口引流管直到 24h 引流量小于 50ml^[22](图 1)。

L1/2 椎间融合者采用腹膜后入路^[22]。自 T10/11 椎间隙(一般多平对 L1/2 椎间)分离并进入腹膜后间隙,除第 1 例患者采用单一切口外,为避免穿刺过程中损伤膈肌及胸腹腔脏器,后期进行的 L1/2 椎间融合者采用 Ozgur 等^[13]的方法,即在穿刺部位的切口后下方另作一 3cm 左右的小切口,经此切口可伸入食指并分离出腹膜后间隙,再以此为指引经穿刺部位插入导针和工作套筒。椎间盘处理方法同上述。术毕于腹膜后置引流管一根,逐层缝合肌层及皮肤。

1.2.3 术后处理 患者在二期侧入路椎间融合术后拔除引流管即可佩戴胸腰骶支具离床活动,支

具佩戴至术后 3 个月。

1.3 评价指标

1.3.1 临床评价指标 记录每次手术的手术时间、术中出血量以及围手术期并发症的发生情况。在术前、二期侧入路椎间融合术后即刻以及末次随访时采用 ASIA 2011 标准^[24]评价患者神经功能情况。

1.3.2 影像学评价指标 所有患者在术前、二期侧入路椎间融合术后 2 周以及末次随访时拍摄胸腰段正侧位片,以骨折上位节段椎体上终板和骨折下位节段椎体下终板为标准,测量局部 Cobb 角。同时观察内固定情况,以出现内固定松动、移位、断裂以及随访过程中矫正丢失超过 10°为内固定失败的评价标准^[6]。根据末次随访时拍摄的 X 线,采用 Suk 等^[23]的标准评价椎间植骨融合情况。“骨性融合”的标准为终板和植骨块之间有连续骨痂通过,同时动力位角度变化小于 4°;“可疑融合”的标准为终板和植骨块之间可能有骨痂通过,同时动力位角度变化小于 4°;“未融合”的标准为双侧存在可见的缝隙、植骨块塌陷,同时动力位角度变化大于 4°。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 12.0 软件进行统计学处理。对于术前、二期侧入路椎间融合术后以及随访时 Cobb 角变化情况采用单因素方差分析进行比较,进一步的两两比较采用 SNK 法(Student-Newman-Kelus)。P<0.05 认为有统计学意义。

2 结果

所有患者均顺利完成手术,两次手术间隔时间平均 10.4±2.8d(7~14d)。随访时间平均 12.75±4.6 个月(6~20 个月)。

2.1 临床评价指标

手术时间及出血量:后路手术时间平均 125.8±29.0min(95~180min),手术出血量平均 460.5±88.1ml(350~620ml);侧入路椎间融合手术时间平均 127.1±21.7min(100~170min),手术出血量平均 185.8±62.3ml(100~300ml)。

手术并发症:1 例患者术后出现肺部并发症。该患者为 L1/2 骨折脱位,初次手术行后路 L1-3 短节段椎弓根钉内固定,术后病情平稳。二期侧入路椎间融合方式为左侧腹膜后经腰大肌入路 L1/2 椎间融合。患者术后第 3 天出现左侧胸痛,

伴胸闷、憋气。行胸片及肺 CT 检查提示左侧胸腔积液积气,经胸腔穿刺后确认为胸腔积血,考虑为术中穿透膈肌致肺部损伤。予放置胸腔闭式引流管后血气胸未继续进展,最终症状缓解。

1例患者术前为 T12 完全性脊髓损伤,行侧入路 T12/L1 节段椎间融合。术后左侧感觉平面上升至 T11。因术中确认后方纤维环完整,因此考虑为穿刺过程中损伤 T12 神经根所致。末次随访时左侧 T12 节段感觉功能有部分恢复,脊髓损伤级别无改善。

神经功能情况:末次随访时,术前为 A 级损伤者神经功能均无改善,不完全损伤者有 5 例患者出现至少 1 个级别的神经功能提高(表 1)。

2.2 影像学评价指标

Cobb 角变化情况:本组患者术前 Cobb 角平均 $31^{\circ} \pm 8.7^{\circ}$ ($15^{\circ} \sim 40^{\circ}$),二期侧入路椎间融合术后即刻 Cobb 角平均 $5.1^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$ ($-2^{\circ} \sim 8^{\circ}$),末次随访时 Cobb 角平均 $9.4^{\circ} \pm 1.9^{\circ}$ ($6^{\circ} \sim 12^{\circ}$)。单因素方差分析结果显示 $P < 0.01$,提示三组间有统计学差异。进一步采用 SNK 法进行两两比较提示,术前 Cobb 角与术后 Cobb 角 ($P < 0.01$)、术前 Cobb 角与末次随访 Cobb 角 ($P < 0.01$) 之间均存在显著性差异,而术后 Cobb 角与末次随访 Cobb 角之间无统计学差异 ($P = 0.064$)。

植骨融合情况:末次随访时骨性融合 8 例,可疑融合 4 例。无内固定失败及假关节形成(图 2)。

表 1 本组患者术前及随访时 ASIA 分级情况

Table 1 The neurological function at preoperative and final follow-up

术前 ASIA 分级 ASIA impairment scale at preoperative	例数 (n)	末次随访时 ASIA 分级 (n) ASIA impairment scale at final follow-up (n)				
		A	B	C	D	E
A	4	4				
B	1			1		
C	4			1	2	1
D	3				2	1

3 讨论

3.1 采用椎间盘切除进行胸腰段前路重建的理论依据

缺少前路支撑是胸腰段骨折后路短节段固定术后发生矫正丢失及内固定失败的主要原因^[6,7]。

有学者试图通过经伤椎椎弓根植骨^[24]以及注射骨水泥^[25]的方法提高骨折椎体的支撑能力,以减少后路内固定失败的几率,但临床疗效报道差别较大^[26]。

目前越来越多的研究结果显示,后路短节段固定术后发生塌陷的部位主要在椎间隙而非椎体。Oner 等^[27]随访了 63 例胸腰椎骨折患者的 MRI 资料,结果发现髓核可经终板裂隙进入骨折椎体的松质骨内,一方面可加速椎间盘组织的退变,另一方面也会阻止骨折椎体的愈合,是导致术后矫正丢失的主要原因。Wang 等^[8]采用后路短节段固定治疗 27 例胸腰椎骨折患者,经过 2 年随访发现,术后发生矫正丢失的部位主要在椎间隙,骨折椎体即使在内固定取出后仍能维持较好的椎体高度。Haschtmann 等^[28]发现终板骨折可诱发椎间盘细胞发生凋亡,是导致椎间盘退变的主要原因。上述研究结果提示,通过间盘切除椎间融合提高椎间隙的支撑能力,有可能为减少后路短节段术后内固定失败的发生率提供新的治疗策略。

3.2 胸腰段椎间融合方式的选择

实现椎间融合的方式主要有后路椎间融合和前路椎间融合两种。Schmid 等^[29]采用后路椎间融合 (PLIF/TLIF) 的方法治疗胸腰椎骨折患者 82 例,手术距伤后时间平均 3.4d (0~28d),经过平均 15.5 个月的随访融合率达到 83%,矫正丢失平均 3.3° ($0^{\circ} \sim 21^{\circ}$)。术中出血量平均 790ml (300~3400ml),2 例患者术后因硬膜外血肿导致神经损害加重而接受翻修手术,1 例患者因术中大量出血而被迫终止手术,二期行前路椎间融合。上述结果提示胸腰段骨折患者伤后早期行后路椎间融合有面临术中大量出血的风险。

前路开放手术的主要问题在于创伤大、入路复杂、影响患者肺功能以及手术相关并发症发生几率高^[10-12]。而且对于合并神经损伤的胸腰段骨折患者由于术后卧床时间相对较长,更增加了发生肺部以及手术相关并发症的风险^[11,30]。

腰椎侧入路椎间融合技术 (lateral lumbar interbody fusion, LLIF) 是近年来出现的新的前路微创椎间融合方法,可有效避免前路开放手术的各种弊端。目前 LLIF 常与后路椎弓根螺钉技术联合使用,在胸腰椎疾病,包括退变性脊柱侧凸^[15,22]、腰椎间盘突出性疾病^[15,31]、腰椎滑脱^[15]、融合术后邻近节段退变^[22]、脊柱感染^[22,32]、脊柱肿瘤^[22]中均

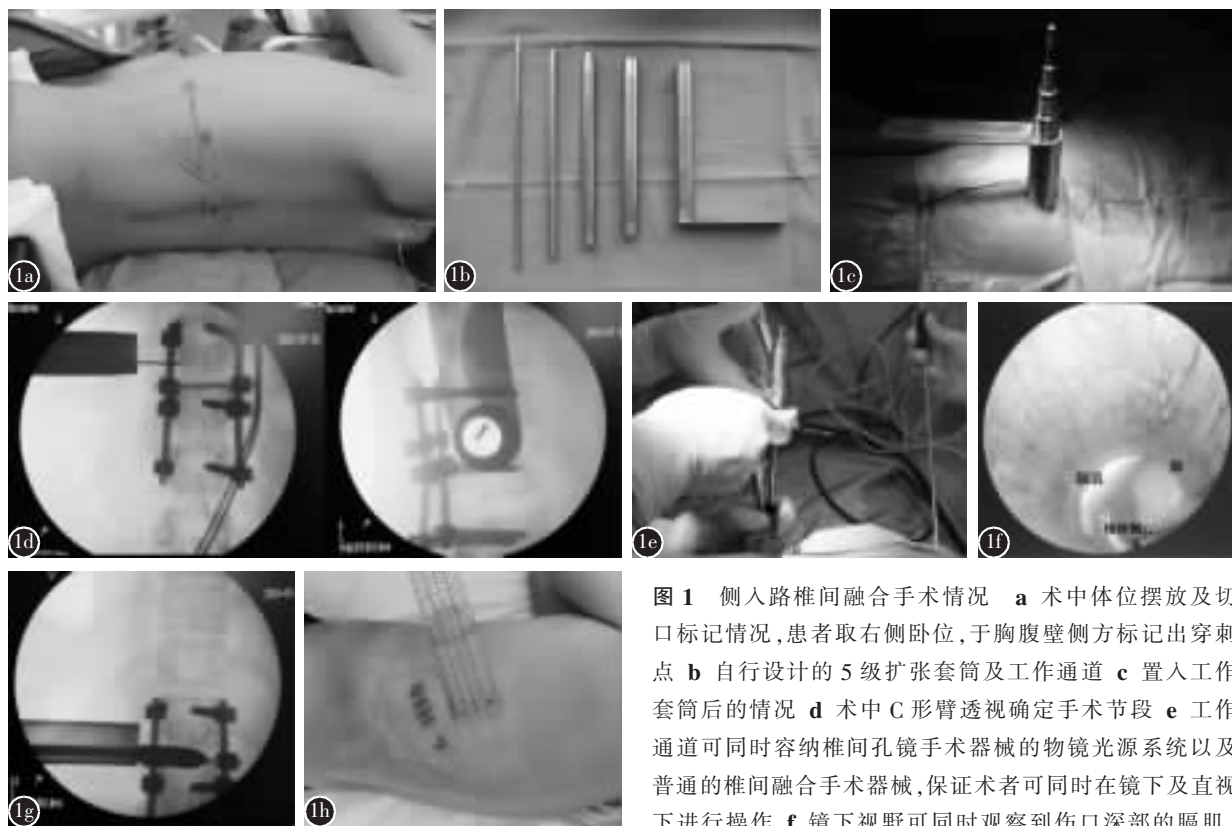


图 1 侧入路椎间融合手术情况 a 术中体位摆放及切口标记情况,患者取右侧卧位,于胸腹壁侧方标记出穿刺点 b 自行设计的 5 级扩张套筒及工作通道 c 置入工作套筒后的情况 d 术中 C 形臂透视确定手术节段 e 工作通道可同时容纳椎间孔镜手术器械的物镜光源系统以及普通的椎间融合手术器械,保证术者可同时在镜下及直视下进行操作 f 镜下视野可同时观察到伤口深部的膈肌、

肺脏及椎体侧方 g 打入试模,确定假体大小 h 术后手术切口情况

Figure 1 Intraoperative photographs of minimally invasive LLIF procedure **a** Patient's position and incision before operation **b** Self-designed tissue retractor and working tunnel **c** Insertion of the working tunnel **d** Identify the fusion level with C-arm fluoroscopy **e** The working tunnel can accommodate the endoscopy and illumination system and interbody fusion instrumentation simultaneously which improve the safety of the operation **f** diaphragm, lung and lateral aspect of the vertebral body in endoscope view **g** Insertion of the model and identify the size of the cage **h** The skin incision of minimally invasive LLIF with about 4.0 cm in length

得到了广泛的应用并取得了满意的治疗效果。考虑到前路稳定性重建在脊柱骨折治疗中的重要作用,我们认为这项技术对于胸腰段骨折也可以取得良好的治疗效果。本研究结果验证了我们的设想。

3.3 与以往文献研究结果的比较

本研究结果显示,LLIF 结合后路短节段固定手术时间平均 253min,术中出血量 646ml;除早期 1 例患者出现血胸外,未出现其他手术相关并发症;随访过程中矫正丢失平均 4.3°,未出现内固定失败病例;无植骨不融合及假关节形成病例。这一结果与 Tofuku 等^[10]报道的结果基本一致。Verlaan 等^[33]通过对现有文献的系统回顾发现,单纯后路短节段固定术后平均矫正丢失为 7.6°,内固定失败率达 11%;前后路联合手术虽然可以将矫正丢失以及内固定失败率分别降至 5.9°和 5%,但其中

位手术时间和手术出血量分别达到 412min 和 1453ml,有 7%患者需要接受翻修手术。通过与上述结果对比我们发现,LLIF 结合后路短节段固定在临床疗效方面要优于单纯后路短节段固定,与传统前后路联合手术疗效相当;同时在手术安全性,主要包括手术时间、手术出血量和手术并发症发生率方面,要优于传统前后路联合手术。这说明分减压的屈曲牵张型胸腰段骨折患者,前方结构应以间盘损伤为主,对应 AO 分型主要为 B1.1 和 B2.2 型。三柱损伤的爆裂骨折患者若接受此种手术,终板结构需保持相对完整,否则容易出现 cage 塌陷。但目前对于单纯终板损伤程度的判断还缺乏量化的评价指标,更多依靠手术医生的经验判断^[29]。同时由于本研究中使用的为非 LLIF 专用 cage,因此术中应尽可能使用比最终试模略大一号的假体,同时后路尽可能行伤椎固定,以减少

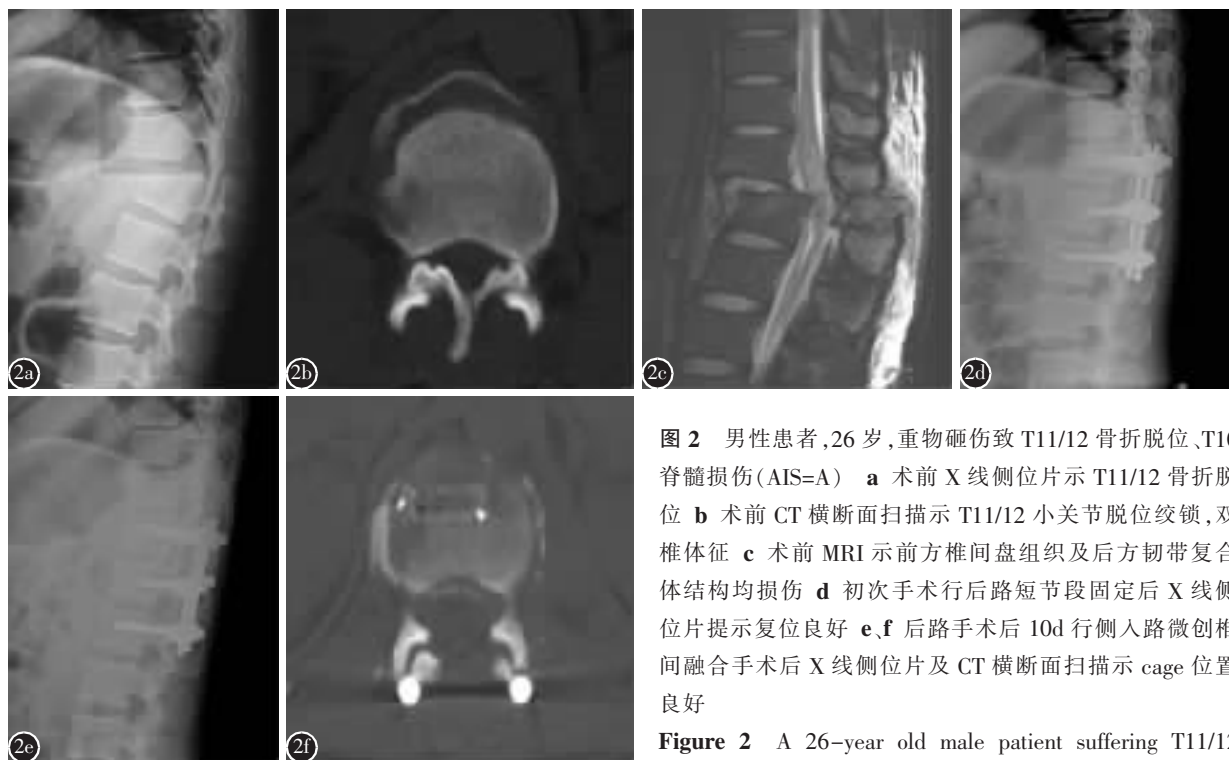


图 2 男性患者, 26 岁, 重物砸伤致 T11/T12 骨折脱位、T10 脊髓损伤 (AIS=A) a 术前 X 线侧位片示 T11/T12 骨折脱位 b 术前 CT 横断面扫描示 T11/T12 小关节脱位绞锁, 双椎体征 c 术前 MRI 示前方椎间盘组织及后方韧带复合体结构均损伤 d 初次手术后后路短节段固定后 X 线侧位片提示复位良好 e、f 后路手术后 10d 行侧入路微创椎间融合手术后 X 线侧位片及 CT 横断面扫描示 cage 位置良好

Figure 2 A 26-year old male patient suffering T11/T12 fracture and dislocation with T10 spinal cord injury (AIS=A)

A) a Preoperative lateral X-ray film showed flexion-distraction injury at T11/T12 segments b Preoperative CT scan showed locked facet joint at T11/T12 segments c Preoperative T2-weighted fat-suppressed sagittal MRI film showed injury of the PLC and intervertebral disc d Posterior short-segment instrumentation was performed as the initial treatment and postoperative lateral X-ray film showed the alignment was restored well e, f Minimally invasive LLIF was performed 10 days after the posterior procedure, postoperative lateral X-ray and CT scan showed good position of the cage

术后 cage 移位的可能。

3.4 本研究的局限性

由于 LLIF 是近年才出现的新的微创脊柱融合技术, 因此从手术安全性角度考虑, 本组病例均采用了分期手术的方式。相信随着手术经验的积累和手术技术的提高, 可以通过一期手术完成后路短节段固定和 LLIF, 减少患者的住院时间和医疗费用, 缩短术后康复时间。同时本研究只是有关 LLIF 治疗胸腰段骨折的初步临床结果, 纳入的病例数较少, 且随访时间较短, 其长期的临床疗效还有待进一步观察。

4 参考文献

1. Gelb D, Ludwig S, Karp JE, et al. Successful treatment of thoracolumbar fractures with short-segment pedicle instrumentation [J]. J Spinal Disord Tech, 2010, 23(5): 293-301.
2. Oner FC, Wood KB, Smith JS, et al. Therapeutic decision making in thoracolumbar spine trauma [J]. Spine, 2010, 35(21 Suppl): S235-S244.

3. Alpentaki K, Bano A, Pasku D, et al. Thoracolumbar burst fractures: a systematic review of management [J]. Orthopedics, 2010, 33(6): 422-429.
4. Vaccaro AR, Lim MR, Hurlbert RJ, et al. Surgical decision making for unstable thoracolumbar spine injuries: results of a consensus panel review by the Spine Trauma Study Group [J]. J Spinal Disord Tech, 2006, 19(1): 1-10.
5. Parker JW, Lane JR, Karaikovic EE, et al. Successful short-segment instrumentation and fusion for thoracolumbar spine fractures: a consecutive 41/2-year series [J]. Spine, 2000, 25(9): 1157-1170.
6. McLain RF, Sparling E, Benson DR. Early failure of short-segment pedicle instrumentation for thoracolumbar fractures: a preliminary report [J]. J Bone Joint Surg Am, 1993, 75(2): 162-167.
7. Kramer DL, Rodgers WB, Mansfield FL. Transpedicular instrumentation and short-segment fusion of thoracolumbar fractures: a prospective study using a single instrumentation system [J]. J Orthop Trauma, 1995, 9(6): 499-506.
8. Wang XY, Dai LY, Xu HZ, et al. Kyphosis recurrence after posterior short-segment fixation in thoracolumbar burst fractures [J]. J Neurosurg Spine, 2008, 8(3): 246-254.

9. Bence T, Schreiber U, Grupp T, et al. Two column lesions in the thoracolumbar junction: anterior, posterior or combined approach? A comparative biomechanical in vitro investigation [J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(6): 813–820.
10. Tofuku K, Koga H, Ijiri K, et al. Combined posterior and delayed staged mini-open anterior short-segment fusion for thoracolumbar burst fractures [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25(1): 38–46.
11. Chen ZW, Ding ZQ, Zhai WL, et al. Anterior versus posterior approach in the treatment of chronic thoracolumbar fractures [J]. *Orthopedics*, 2012, 35(2): e219–e224.
12. Allain J. Anterior spine surgery in recent thoracolumbar fractures: An update [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2011, 97(5): 541–554.
13. Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, et al. Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion [J]. *Spine J*, 2006, 6 (4): 435–443.
14. Berjano P, Lamartina C. Far lateral approaches (XLIF) in adult scoliosis [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22 Suppl 2: S242–S253.
15. Sharma AK, Kepler CK, Girardi FP, et al. Lateral lumbar interbody fusion: clinical and radiographic outcomes at 1 year: a preliminary report [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2011, 24(4): 242–250.
16. Isaacs RE, Hyde J, Goodrich JA, et al. A prospective, non-randomized, multicenter evaluation of extreme lateral interbody fusion for the treatment of adult degenerative scoliosis: perioperative outcomes and complications [J]. *Spine*, 2010, 35(26 Suppl): S322–S330.
17. Rodgers WB, Gerber EJ, Patterson J. Intraoperative and early postoperative complications in extreme lateral interbody fusion: an analysis of 600 cases [J]. *Spine*, 2011, 36(1): 26–32.
18. Caputo AM, Michael KW, Chapman TM, et al. Extreme lateral interbody fusion for the treatment of adult degenerative scoliosis [J]. *J Clin Neurosci*, 2013, 20(11): 1558–1563.
19. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries [J]. *Spine*, 1983, 8(8): 817–831.
20. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, et al. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries [J]. *Eur Spine J*, 1994, 3(4): 184–201.
21. Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury (revised 2011) [J]. *J Spinal Cord Med*, 2011, 34(6): 535–546.
22. Karikari IO, Nimjee SM, Hardin CA, et al. Extreme lateral interbody fusion approach for isolated thoracic and thoracolumbar spine diseases: initial clinical experience and early outcomes [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2011, 24(6): 368–375.
23. Suk SI, Lee CK, Kim WJ, et al. Adding posterior lumbar interbody fusion to pedicle screw fixation and posterolateral fusion after decompression in spondylolytic spondylolisthesis [J]. *Spine*, 1997, 22(2): 210–219, 219–220.
24. Alanay A, Acaroglu E, Yazici M, et al. Short-segment pedicle instrumentation of thoracolumbar burst fractures: does transpedicular intracorporeal grafting prevent early failure? [J]. *Spine*, 2001, 26(2): 213–217.
25. 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.
26. Verlaan JJ, Diekerhof CH, Buskens E, et al. Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: a systematic review of the literature on techniques, complications, and outcome [J]. *Spine*, 2004, 29(7): 803–814.
27. Oner FC, van der Rijt RR, Ramos LM, et al. Changes in the disc space after fractures of the thoracolumbar spine [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1998, 80(5): 833–839.
28. Haschtmann D, Stoyanov JV, Gedet P, et al. Vertebral endplate trauma induces disc cell apoptosis and promotes organ degeneration in vitro [J]. *Eur Spine J*, 2008, 17(2): 289–299.
29. Schmid R, Krappinger D, Seykora P, et al. PLIF in thoracolumbar trauma: technique and radiological results [J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(7): 1079–1086.
30. Lin B, Chen ZW, Guo ZM, et al. Anterior approach versus posterior approach with subtotal corpectomy, decompression, and reconstruction of spine in the treatment of thoracolumbar burst fractures: a prospective randomized controlled study [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2011 Jun 1. [Epub ahead of print]
31. Acosta FL, Liu J, Slimack N, et al. Changes in coronal and sagittal plane alignment following minimally invasive direct lateral interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar disease in adults: a radiographic study [J]. *J Neurosurg Spine*, 2011, 15(1): 92–96.
32. Ha KY, Kim YH, Seo JY, et al. Percutaneous posterior instrumentation followed by direct lateral interbody fusion for lumbar infectious spondylitis [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2013, 26(3): E95–E100.
33. Verlaan JJ, Diekerhof CH, Buskens E, et al. Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: a systematic review of the literature on techniques, complications, and outcome [J]. *Spine*, 2004, 29(7): 803–814.

(收稿日期: 2013-12-19 末次修回日期: 2014-01-28)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)