

极外侧椎体间融合术治疗腰椎退行性疾病的近期疗效及安全性评价

何磊 戎利民 董健文 刘斌 陈瑞强 谢沛根 冯丰 杨补

【摘要】 目的 探讨极外侧椎体间融合术(extreme lateral interbody fusion, XLIF)治疗腰椎退行性疾病的近期疗效及安全性。**方法** 回顾性分析2009年9月至2013年1月采用XLIF手术治疗的16例腰椎退行性疾病患者的病例资料,男6例,女10例;年龄36~82岁,平均62岁。腰椎失稳症9例,腰椎管狭窄症7例。所有病例在接受XLIF手术的同时均辅助后路经皮椎弓根钉棒系统固定,其中单节段、双节段和三节段融合者分别为11例、4例和1例。采用疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)和Macnab标准进行疗效评价;通过腰椎正侧位X线片和CT扫描观察融合情况,并记录手术时间、术中出血量和围手术期并发症。**结果** 单个节段完成椎间盘处理并植入融合器的平均手术时间为75 min,平均术中失血量为83 ml。2例患者术后即出现大腿麻木和屈髋乏力,未行特殊处理,2周后症状消失。所有患者均获得随访,随访时间6~48个月,平均15个月。术后6个月腰痛、腿痛VAS评分较术前平均降低4.6、3.1分,ODI指数较术前平均改善50%,差异有统计学意义。Macnab疗效评定:优9例、良5例、可2例,优良率87.5%(14/16)。术后6个月4例完全融合、11例部分融合、1例未融合;随访12个月以上的8例中7例于术后1年完全融合、1例部分融合,融合率87.5%(7/8)。**结论** XLIF手术安全可行,近期疗效好,可用于治疗腰椎退行性疾病。

【关键词】 脊柱融合术;腰椎;椎间盘退行性变

【证据等级】 治疗性研究IV级

Short-term clinical outcomes and safety evaluation of extreme lateral interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative diseases He Lei, Rong Limin, Dong Jianwen, Liu Bin, Chen Ruiqiang, Xie Peigen, Feng Feng, Yang Bu. Department of Spine Surgery, Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510630, China

【Abstract】 Objective To investigate the short-term clinical effect and safety of extreme lateral interbody fusion (XLIF) for the treatment of lumbar degenerative diseases. **Methods** Sixteen patients (6 males and 10 females) with an average age of 62 (36 to 82) years were included, consisting of lumbar spinal instability in 9 cases and lumbar spinal stenosis in 7 cases. All patients had undergone XLIF procedure with posterior percutaneous pedicle screw fixation from September 2009 to January 2013. The fusion level was one in 11 cases, two in 4 cases, and three in 1 case. The visual analogue scale (VAS), Oswestry disability index (ODI) and Macnab criteria were used to assess the clinical effect postoperatively while X-ray and CT were used to evaluate the fusion. The operation time, blood loss and postoperative complications were also analyzed. **Results** Mean operation time and blood loss for discectomy and interbody placement was 75 min and 83 ml per level. We found transient thigh numbness and weakness of hip flexor in 2 cases, which resumed automatically within 2 weeks. All patients were followed up for an average of 15 (6 to 48) months. The VAS score was 4.6 and 3.1 lower in back pain and leg pain while ODI score was 50% lower in six months postoperatively. According to the Macnab criteria, the excellent and good rate was 87.5%. There were 4 complete fusion cases and 11 partial fusion cases in 6 months. 7 cases out of 8 achieved complete fusion while 1 case achieved partial fusion after 12 months. The fusion rate was 87.5%. **Conclusion** XLIF can provide a satisfactory short-term outcome for the treatment of lumbar degenerative diseases.

【Key words】 Spinal fusion; Lumbar vertebrae; Intervertebral disc degeneration

腰椎椎体间融合术已广泛应用于腰椎退行性疾病的治疗。传统后路椎间融合术需广泛剥离肌肉和韧带,造成椎间关节与后方韧带结构破坏及对硬膜囊与神经根的过度刺激;术后椎旁肌肉缺血、

挛缩、神经支配缺失,硬膜外粘连和继发性脊柱失稳使腰椎手术失败综合征的风险增加。腰椎手术失败综合征的发生率为10%~40%^[1],表现为持续的或复发的腰背痛、伴或不伴下肢根性痛。而前路椎间融合术则存在发生大血管与内脏损伤及男性逆行射精等并发症的风险,并发症发生率高达38.3%^[2]。

极外侧椎体间融合术(extreme lateral interbody fusion, XLIF)与传统前路及后路椎间融合术最大的

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2014.01.009

基金项目:广东省科技计划项目(2011B090400078)

作者单位:510630 广州,中山大学附属第三医院脊柱外科

通信作者:戎利民, E-mail: ronglimin@21cn.com

区别是经腹膜后腰大肌纤维侧方入路,建立工作通道时导针及初级扩张管位于病变椎间盘侧位中心点,融合器由扩张通道置入椎间隙。XLIF手术无须过多剥离及牵拉腹膜、大血管及神经,也不会损伤前方椎间盘纤维环结构和前纵韧带,不切除对限制腰椎背伸及轴向旋转运动起重要作用的椎间小关节,可明显减少常规前路及后路手术的相关并发症^[3]。该方法允许最大面积与体积的椎间融合器植入,融合器占据椎间隙前中部,从左至右横跨整个椎间隙,坐落于上、下终板周围骨质处,从而分散终板载荷应力,减少融合器下沉;能提供更好的融合环境,有效恢复椎间孔高度及矢状位、冠状位轴线,间接恢复神经根管容积,具有良好的间接减压作用和较高的融合率;学习曲线短,且手术时间较前路腹腔镜手术明显缩短^[3-5]。生物力学研究证实,单纯植入椎间融合器虽然能有效减小腰椎总体活动度,但并不能提供可靠、持久的稳定效果以维持椎间隙高度;而辅助应用外侧钢板或椎弓根钉棒固定可显著增加节段稳定性^[6-7]。

XLIF手术由于从侧方分离扩张腰大肌纤维,手术通道与腹腔脏器、血管及交感干距离较远,不涉及对这些解剖结构的暴露与牵拉,但有可能损伤腰大肌内腰丛^[8-10]。其症状包括术后一过性大腿前方麻木或疼痛,少数患者有下肢肌力下降;大部分患者无须干预,6周左右即可自行恢复。腰丛损伤的发生率文献报道差异较大,为1%~60.1%^[11-12],是XLIF手术最主要且被报告最多的并发症,也是引起术者广泛关注的并发症^[9-10]。解剖学研究证实,腰丛随椎间隙下移逐渐向椎间隙腹侧移行,在L_{1,2}~L_{3,4}间隙腰丛行走于椎间盘侧位中心点后方区域,而在L_{4,5}间隙则移行至椎间盘侧位中心点附近或前方^[13-14]。有研究证实术后大腿麻木的主要原因是工作通道建立和扩张过程中腰丛受到向前方的过度持久牵拉^[9-10]。特别是建立的工作通道位于腰丛后方将导致神经丛组织张力增大,牵拉损伤风险增加。适当前移工作通道在一定程度上可减少腰丛损伤。尤其在L_{4,5}间隙,由于腰丛位置前移,除建立入路时导针穿刺易损伤神经外,通道很可能位于腰丛后方,使该节段并发神经损伤的发生率最高^[15]。

到目前为止,XLIF手术在国外已广泛应用于腰椎退行性疾病的外科治疗,包括退行性侧凸的矫形治疗^[9,12]。适应证的限制和较高的神经损害并发症发生率,使其在国内未能得以普及。XLIF手术在国人腰椎退行性疾病中的临床应用报道较少,因此

其适应证的选择、临床疗效及安全性成为脊柱外科医生关注的问题。有鉴于此,本研究将XLIF手术初步应用于腰椎退行性疾病的治疗,并对通道建立技术进行改良,以期减少工作通道对神经的损伤。本文回顾性分析采用XLIF手术治疗的16例腰椎退行性疾病患者的资料,研究目的是:(1)评估XLIF手术的近期疗效和微创优越性,探讨XLIF手术应用于腰椎退行性疾病的适应证;(2)评价XLIF术式的安全性,分析其操作要点和注意事项,减少与手术入路相关的并发症的发生。

资料与方法

一、一般资料

2009年9月至2013年1月16例腰椎退行性疾病患者接受XLIF手术。男6例,女10例;年龄36~82岁,平均62岁。病史2个月~10年,平均5年。腰椎失稳症9例,腰椎管狭窄症7例。

纳入标准:(1)主要表现为腰痛,伴或不伴下肢神经根性疼痛或间隙性跛行,(2)保守治疗6个月以上无效,(3)影像学资料提示中央管或椎间孔狭窄。排除标准:(1)L₅/S₁椎间盘病变(行XLIF手术时入路受髂嵴遮挡),(2)腰椎退行性侧凸合并明显的旋转畸形,(3)先天性椎管狭窄、椎弓根短、非包容性椎间盘突出、严重的关节突病变或骨赘形成(椎间盘钙化、后纵韧带骨化、后方终板骨赘、关节突滑膜囊肿等),(4)严重的中央型椎管狭窄、中度或重度腰椎滑脱等需要直接减压者。

本组单纯腰痛8例,腰痛伴下肢神经根性疼痛或间隙性跛行8例。均有棘突和棘间压痛,叩痛阴性,跟趾背伸肌力4级2例,膝反射减弱2例。直腿抬高试验均阴性,病理征阴性。

腰椎X线片示椎间隙狭窄,过伸过屈位提示腰椎不稳9例,术前椎管造影均提示椎管狭窄;腰椎CT或MRI示椎间盘退变,软组织源性狭窄(椎间盘膨出、椎间盘塌陷伴椎间孔高度丢失,软组织如后方纤维环、黄韧带致椎管内占位)和腰椎轴线异常(侧方、前方滑脱或退行性侧凸)导致中央管或椎间孔狭窄。

所有病例在接受XLIF手术的同时均辅助后路经皮椎弓根螺钉系统固定,其中单节段、双节段和三节段融合者分别为11例、4例和1例。

二、手术方法

(一)极外侧椎体间融合术

患者全麻,标准90°右侧卧位,调整腰桥以张开

髂嵴至肋缘间距,髋关节屈曲。根据术前透视确认并标记切口位于左侧腋中线病变椎间盘的中心点或稍偏前。切口长30 mm,切开皮肤及深筋膜,以手指经肌层钝性分离至腹膜后间隙,触及椎体侧方。

经切口插入导针和初级扩张管,透视确认导针和初级扩张管位于病变椎间盘侧位中心点或偏前位置(L_{4,5}间隙通常位于椎间盘前、中1/3交界处,图1a)。依次逐级递增旋转插入扩张管,分离扩张腰大肌肌束,使其到达椎间盘侧面(图1b)。扩张管在腰大肌前、中1/3间走行,使腰丛位于扩张通道后方(图1c)。

置入通道管,连接自由臂,固定工作通道,撑开工作通道,暴露椎体及椎间盘侧方,撑开后的工作通道不超越椎体前后缘(图1d)。再次直视下确认腰丛未被卷入手术通道内,并透视确认通道位置准确。切开病变椎间盘侧方纤维环,逐级刮除椎间盘及上、下终板至软骨下骨(图1e)。注意避免过度处理终板,以免造成术后植骨与融合器下沉。处理椎间盘需贯通至对侧,并采用Cobb剥离器松解对侧纤维环。

试模并确认融合器型号,将自体骨(9例)或人工骨材料(7例,山西奥瑞生物材料有限公司,中国)填入椎间融合器。将融合器植入椎间隙,其长轴朝向对侧。透视下确认融合器位置完全占据椎间隙前、中部且边缘被上、下终板边缘硬骨质覆盖(图1f)。

(二)后路经椎弓根钉棒内固定

改俯卧位,透视下确认椎体椎弓根穿刺点。通常以透视标准正位椎体及其相邻椎体双侧椎弓根卵圆形影外缘连线与该椎体横突中线的交点为穿刺点。用空心穿刺套管针穿刺椎弓根,经空心穿刺针置入导针于椎弓根内。取出穿刺针,将经皮椎弓根钉沿左、右侧椎弓根穿刺口的导针拧入椎体。透视确认椎弓根钉位置良好,取出导针。自一端切口沿肌层深处置入预弯棒,并确认其位于椎弓根钉槽内,拧入螺帽固定,透视确认固定良好(图2)。

(三)术后处理

术后常规使用消炎镇痛药,术后第1天预防性静脉滴注抗生素,术后3天内使用激素预防神经水肿。术后第1天拔除引流,术后第2~3天即可佩戴支具下地活动并行功能锻炼,术后第7天伤口拆线出院。嘱患者术后1个月、3个月、6个月、12个月及以后每年定期随访一次,对临床疗效进行评估并摄腰椎正侧位X线片,其中术后6个月、术后12个月摄腰椎CT片观察植骨融合情况。

三、观察指标及疗效评价标准

记录手术时间、术中出血量、围手术期并发症及手术前后症状缓解情况。采用疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)^[16]和Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)^[17]对手术前后患者疼痛程度和腰椎功能进行评价。疼痛VAS评分0分为无痛,1~3分为能忍受的轻微疼痛,4~6分为疼痛影响睡眠,7~10分为难以忍受的剧痛。ODI评分0~20%、21%~40%和41%~60%分别表示轻度、中度和重度功能障碍,61%~80%为拄拐或跛行,81%~100%则提示无法下床活动。

根据Macnab标准^[18]评估疗效:优,症状完全消失,恢复原来的工作和生活;良,偶有疼痛,能从事较轻工作;可,症状减轻,仍有疼痛,影响正常工作和生活;差,治疗前后无差别,甚至加重,需进一步手术干预。根据Percy和Burrough^[19]的X线片评价标准判断骨性融合,即融合节段出现椎体前方、侧方连续骨桥连接或椎间连续骨小梁通过,且未出现融合节段透光影、植骨下沉、终板和植骨界面间隙、内固定松动等假关节表现。根据Shah等^[20]的CT评价标准判断骨性融合,即终板界面、融合器外出现桥接骨骨小梁及桥接骨骨小梁穿越融合器。X线片和CT判断融合情况结果不符时以CT判断结果为准。

四、统计学方法

采用SPSS 16.0统计软件(SPSS,美国)进行统计学处理。治疗前后疼痛VAS评分和ODI指数的比较采用自身配对设计资料 t 检验,检验水准 α 值取双侧0.05。

结 果

一、一般情况

单个节段完成椎间盘处理并植入融合器的手术时间为70~85 min,平均75 min;术中失血量为50~150 ml,平均83 ml。

所有患者均获得随访,随访时间6~48个月,平均15个月,其中8例随访时间超过12个月。术后6个月时腰痛、腿痛VAS评分分别较术前平均降低4.6、3.1分,ODI指数较术前平均改善50%,差异有统计学意义(表1)。术后症状均明显改善,腰腿痛症状缓解或消失,日常生活自理能力(坐、站立、行走)及社会活动能力恢复。末次随访时Macnab疗效评定:优9例、良5例、可2例,优良率87.5%(14/16)。5例患者诉腰背部仍有轻微酸胀感,口服非甾体消炎

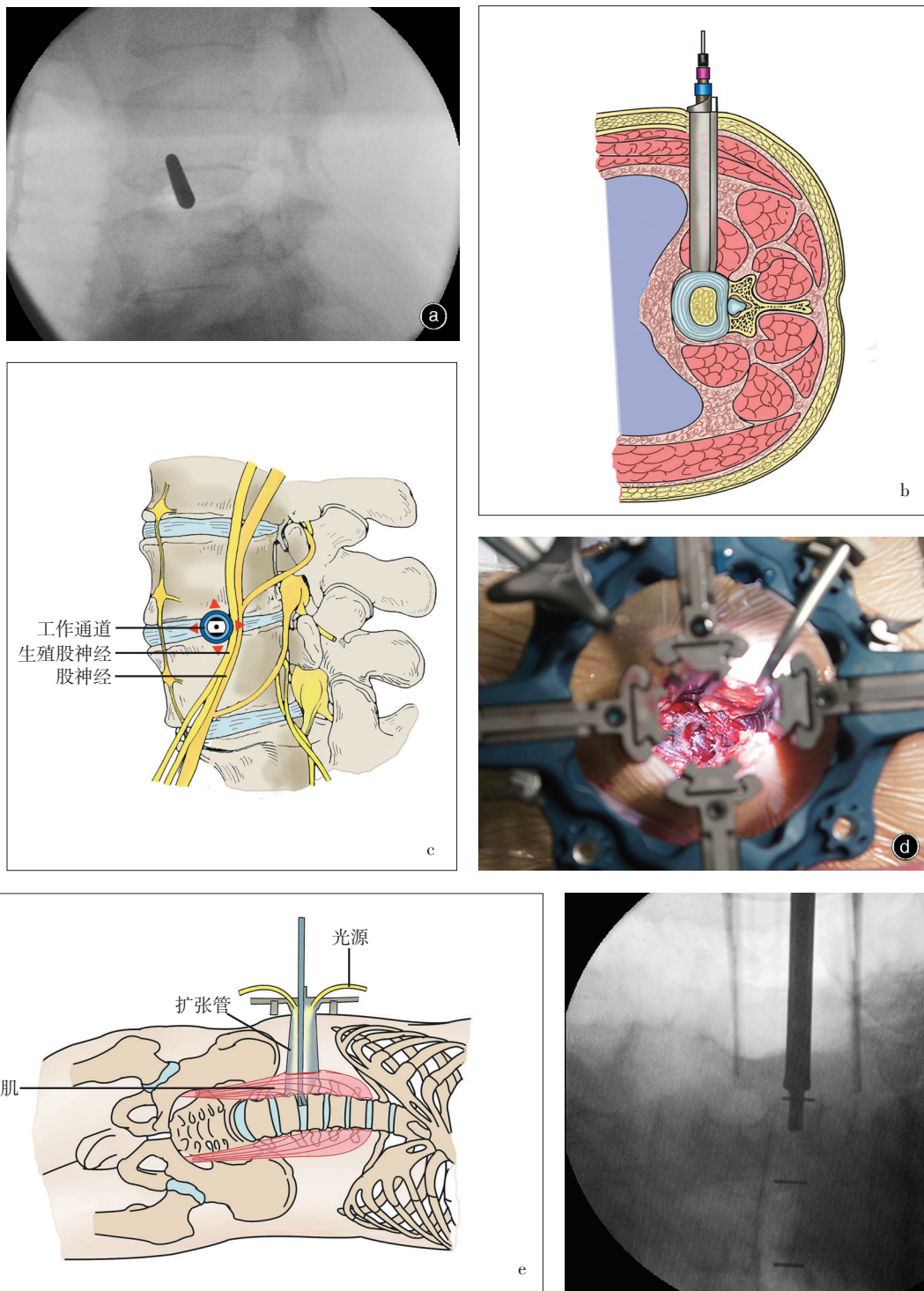


图1 极外侧椎体间融合术手术示意图 a 经切口插入导针和初级扩张管,侧位透视显示初级扩张管位于椎间盘中心点偏前的位置 b 于腹膜后间隙依次逐级递增旋转插入扩张管,分离扩张腰大肌肌束,使其到达椎间盘侧面,建立工作通道 c 建立的工作通道位于腰丛前方(侧位椎间盘中心点或偏前),可减少对神经的牵拉 d 扩张管道,充分暴露椎体及椎间盘侧方 e 在工作通道下切除椎间盘,处理终板 f 术中透视显示融合器由工作通道植入椎间隙

镇痛药和肌肉松弛药物可缓解。

二、骨性融合情况

术后6个月腰椎正侧位X线片和腰椎CT提示4例完全融合,11例部分融合,1例未见融合。其中2例X线提示完全骨性融合,CT提示部分融合,融合

情况判定为部分融合。

随访超过12个月的8例术后1年腰椎X线片和CT提示7例完全融合、1例部分融合,融合率87.5%(7/8)。1例随访期间始终未见融合。该例为L_{4,5}椎管狭窄症,行极外侧入路L_{4,5}椎管减压、椎间cage植

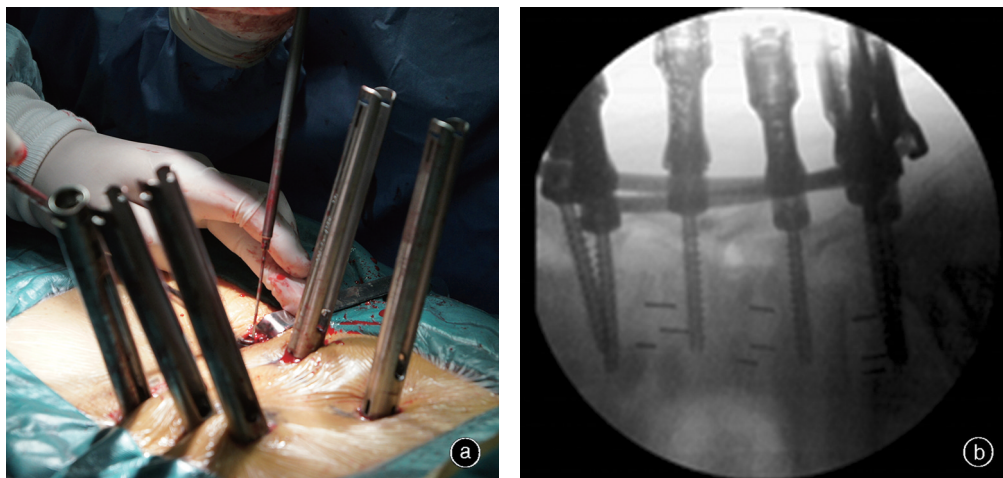


图2 后路经皮椎弓根钉棒内固定术 a 经皮椎弓根钉沿左、右侧椎弓根穿刺口拧入椎体 b 术中透视显示经皮椎弓根钉棒在位,固定良好

表1 腰椎退行性疾病患者XLIF手术前后临床疗效的比较($\bar{x}\pm s$, 16例)

指标	术前	术后6个月	t值	P值
腰痛VAS(分)	6.8±1.1	2.2±0.4	15.4	0.00
腿痛VAS(分)	4.4±1.4	1.3±0.4	8.3	0.00
ODI(%)	64.5±9.0	13.9±2.6	21.0	0.00

骨融合及后路双侧经皮椎弓根钉棒内固定术,术后患者依从性差,1周后即下床负重,未规律佩戴支具。未融合考虑与过早负重有关。

三、并发症

2例L_{4,5}间隙XLIF术后即出现大腿麻木、屈腿乏力,未经特殊处理,2周后症状自行消失。随访期间无一例患者出现内植物、螺钉断裂及下沉,终板骨折,假关节形成及椎间隙感染等并发症(图3,4)。

讨 论

一、XLIF手术治疗腰椎退行性疾病的疗效

XLIF作为一种全新的微创融合术式,操作简单,学习曲线短。有研究表明,传统前路椎体间融合术的平均手术时间约150 min,后路椎体间融合术约132~153 min;前路手术平均术中出血量约242 ml,后路手术约125~738 ml^[21-23]。而本组病例单个节段完成椎间盘处理并植入融合器的平均手术时间为75 min,平均术中失血量为83 ml。XLIF手术时间、术中出血量均较传统前路、后路手术减少,术中创伤更小。患者术后第2~3天即可佩戴支具下地活动,可早期开始功能锻炼,术后恢复快。术后第7天伤口拆线出院,住院时间短。

针对XLIF应用于腰椎退行性疾病治疗的长期疗效的文献报道不多。Ozgun等^[24]的一项2年临床

随访研究显示,末次随访时疼痛VAS评分较术前降低37%,ODI较术前改善39%,根据ODI评分的改善定义疗效,优良率71%。Berjano等^[25]平均1年的随访研究提示腰痛、腿痛VAS评分较术前平均降低4.6、3.7分,ODI评分较术前平均降低27.7%,临床疗效优良率92%。本研究中病例术后6个月时腰痛、腿痛VAS评分较术前平均降低4.6、3.1分,ODI指数较术前平均改善50%,优良率87.5%,术前腰腿痛或间歇性跛行均缓解。这一结果说明XLIF间接减压效果确切,对大多数中央管和侧隐窝狭窄的腰椎退行性疾病均有效,尤其适用于软组织源性狭窄和腰椎轴线异常导致中央管或椎间孔狭窄的病例。本组2例采用术中椎管造影,并与术前椎管造影对比判断间接减压效果。在植入融合器后椎管容积恢复,手术节段双侧神经根显影,术后神经受压症状明显改善。XLIF术中椎管造影的应用能够直观地评价椎管间接减压效果,判断直接减压的必要性。但其应用价值仍需增加样本量来进一步进行评估。

脊柱节段的稳定有利于提高植骨融合率,避免植入物塌陷或移位。因此,本组病例在单纯极外侧入路植入椎间融合器的同时均辅助后路椎弓根内固定系统。生物力学研究证实,后路椎弓根钉棒系统固定的稳定性最高,尤其适合于多节段XLIF病例^[6-7]。但缺点是增加了手术创伤与时间。选择后路经皮椎弓根螺钉系统可在一定程度上减少手术创伤,有利于术后恢复。本组病例在辅助后路经皮椎弓根螺钉系统内固定同时,采用自体松质骨或人工骨材料行椎间植骨,增加了手术节段的稳定性。4例于术后6个月完全融合,11例部分融合;随访12个月以上的8例中7例于术后1年完全融合,1例部

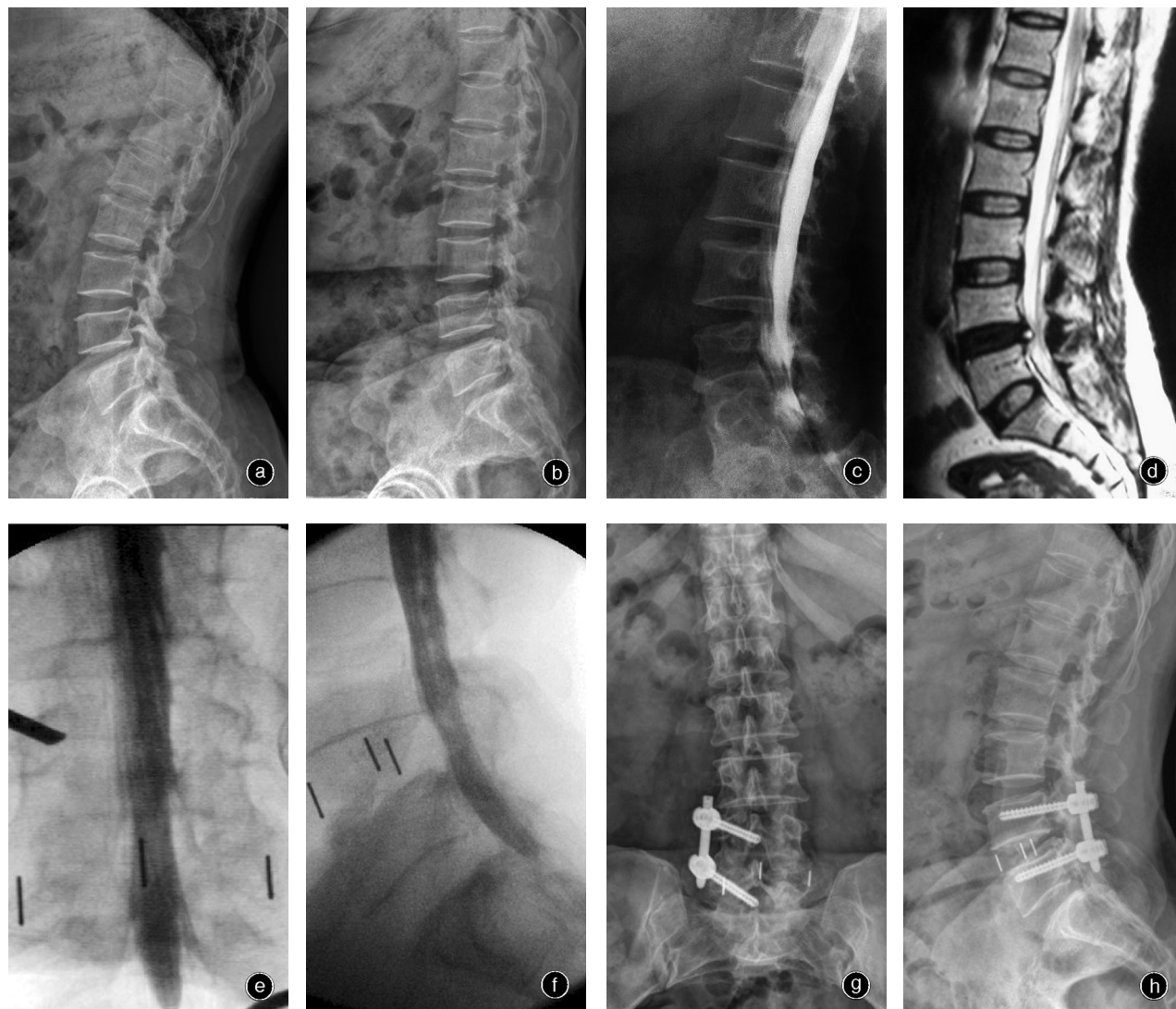


图3 女,45岁,腰痛伴双下肢酸痛10年 a, b 术前过伸过屈位X线片示腰椎退行性变,未见明显不稳 c 术前椎管造影示L_{4,5}节段椎管狭窄 d 术前T₂WI示L_{4,5}椎间盘退变,L_{4,5}间隙小关节突增生内聚,黄韧带增厚 e, f 行极外侧入路L_{4,5}椎管减压、椎间cage植骨融合及后路单侧经皮椎弓根钉棒内固定术,术中椎管造影示植入融合器后椎管容积恢复,手术节段双侧神经根显影,间接减压效果确切 g, h 术后1年正侧位X线片示内固定位置良好,未见松动、断裂,可见融合迹象

分融合,融合率87.5%,具有较高的近期融合率。

二、手术操作注意事项

为避免发生一过性神经损伤等与手术入路相关的并发症,在手术操作中应注意以下几个方面。

(1)正确摆放患者体位,保持屈髋可松弛腰大肌,减少扩张操作对腰大肌产生的损伤。

(2)在建立手术入路前,术者应在直视下仔细观察术野中与神经相似的组织,可用神经探子向椎间盘后方钝性剥离腰大肌及神经。

(3)建立工作通道时,应准确定位病变椎间盘侧位中心点。处理下腰椎间隙特别是L_{4,5}间隙时,导针及扩张管的初始位置应适当前移,放置于病变椎间盘侧位中心点偏前(理想位置在椎间盘前、中1/3交界处),确保建立的扩张通道位于腰丛前方,扩

张过程中神经保持松弛状态易被分离,从而降低腰丛受损的风险。扩张管应沿导针垂直进入,并确认工作通道由腹膜后间隙进入病变椎间盘,尽量减小扩张通道的直径、缩短通道下手术时间,撑开后的工作通道不应超越椎体前后缘。

(4)通过对通道建立技术进行改良(导针及扩张管的初始位置前移)及术中X线透视辅助,即使在无神经监测的情况下,也可以安全建立XLIF通道。本组均未使用术中神经监测,仅2例L_{4,5}节段手术后观察到一过性神经损伤症状,考虑与术中扩张通道牵拉腰大肌和腰丛时间过长有关。同时也说明实时神经监测对L_{4,5}节段手术的重要性。由于腰丛位置前移,在L_{4,5}节段即使通过改良通道建立技术也存在腰丛一过性损伤的风险。在L_{4,5}节段通道

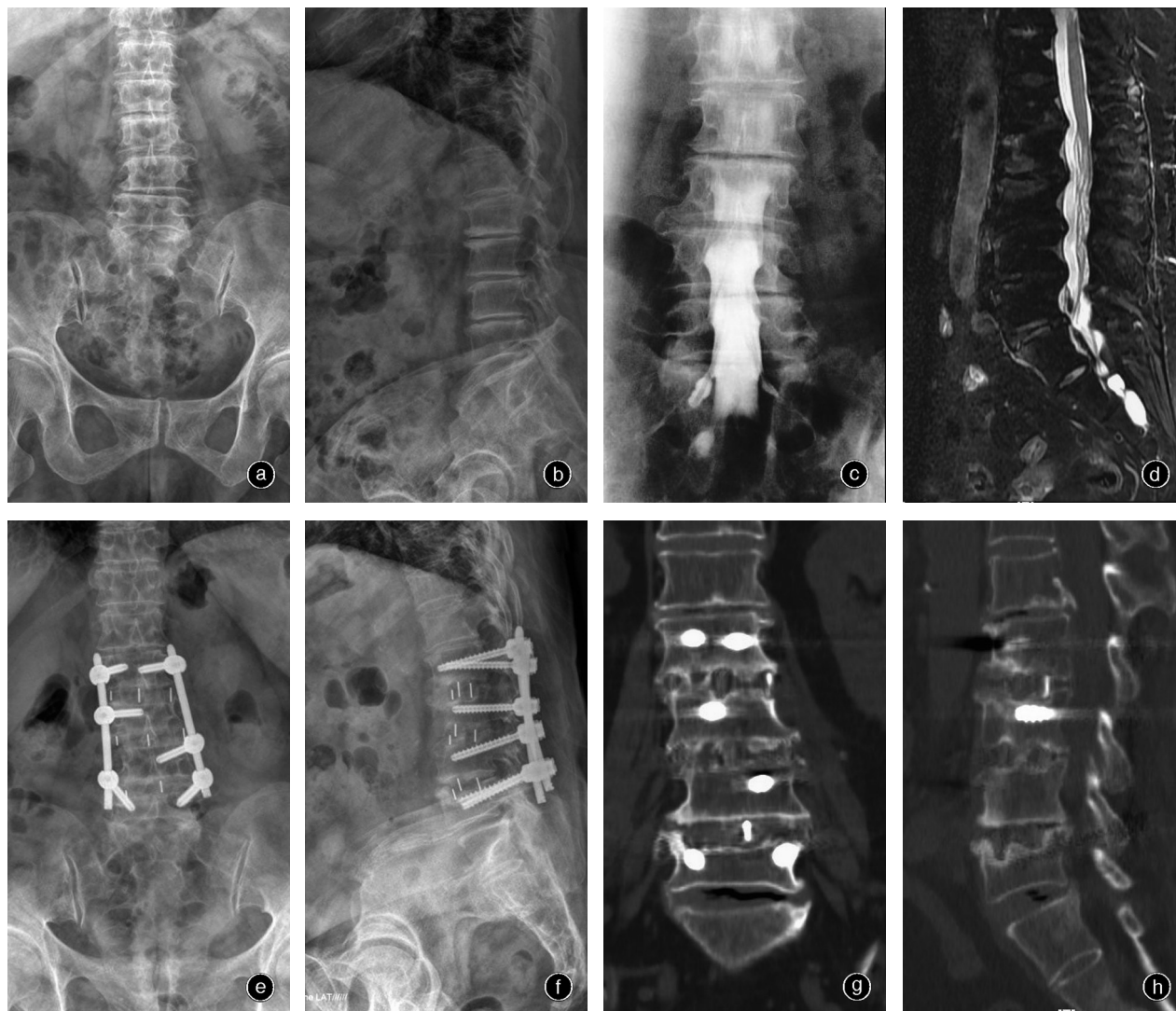


图4 女,71岁,腰痛伴间歇性跛行10年余 a, b 术前正侧位X线片示腰椎退行性变,L_{2,3}、L_{3,4}、L_{4,5}间隙狭窄,腰椎退行性侧凸 c 术前椎管造影示L_{2,3}、L_{3,4}、L_{4,5}节段椎管狭窄 d 术前T₂WI示L₂₋₃、L₃₋₄、L₄₋₅椎间盘退变,小关节突增生内聚,黄韧带增厚,节段椎管狭窄 e, f 行极外侧入路L_{2,3}、L_{3,4}、L_{4,5}椎管减压、椎间cage植骨融合及后路经皮椎弓根钉棒内固定术,术后6个月正侧位X线片示内固定良好,未见松动、断裂,可见融合迹象 g, h 术后6个月CT示L_{2,3}、L_{3,4}、L_{4,5}间隙减压与内固定位置良好,椎体间完全骨性融合

建立过程中的实时神经监测可在一定程度上降低腰丛损伤的发生率^[3,26]。应用神经监测可使神经损伤发生率降低至小于1%^[26]。监测记录小于10 mA时提示操作与神经过近,小于5 mA则提示损伤神经的风险性大,需仔细确认术野的软组织甚至需改变手术入路。

(5)建立通道后,处理病变椎间盘需贯通至对侧,处理椎间盘和放置融合器的操作应小心谨慎,避免伤及对侧血管和神经。

三、本研究的局限性

本研究为XLIF手术治疗腰椎退行性疾病的初步应用观察,结果证实XLIF手术创伤小、术后恢复快、症状改善明显、对软组织源性狭窄和腰椎轴线异常的腰椎退行性疾病安全有效。但本组例数较

少,随访时间较短,XLIF手术的中远期疗效、适应症的选择及潜在的并发症仍需要长期的临床观察。

参 考 文 献

- [1] 董健,李超. 腰椎手术失败综合征[J]. 中华骨科杂志, 2012, 32(10): 984-989.
- [2] Rajaraman V, Vingan R, Roth P, et al. Visceral and vascular complications resulting from anterior lumbar interbody fusion [J]. J Neurosurg, 1999, 91(1 Suppl): S60-64.
- [3] 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.
- [4] Knight RQ, Schwaegler P, Hanscom D, et al. Direct lateral lumbar interbody fusion for degenerative conditions: early complication profile[J]. J Spinal Disord Tech, 2009, 22(1): 34-37.
- [5] Arnold PM, Anderson KK, McGuire RA Jr. The lateral trans-

- poas approach to the lumbar and thoracic spine: a review [J]. Surg Neurol Int, 2012, 3 Suppl 3: S198-215.
- [6] Kim SM, Lim TJ, Paterno J, et al. Biomechanical comparison: stability of lateral - approach anterior lumbar interbody fusion and lateral fixation compared with anterior - approach anterior lumbar interbody fusion and posterior fixation in the lower lumbar spine [J]. J Neurosurg Spine, 2005, 2(1): 62-68.
- [7] Laws CJ, Coughlin DG, Lotz JC, et al. Direct lateral approach to lumbar fusion is a biomechanically equivalent alternative to the anterior approach: an in vitro study [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37(10): 819-825.
- [8] Benglis DM, Elhamady MS, Levi AD, et al. Minimally invasive anterolateral approaches for the treatment of back pain and adult degenerative deformity [J]. Neurosurgery, 2008, 63(3 Suppl): S191-196.
- [9] Youssef JA, McAfee PC, Patty CA, et al. Minimally invasive surgery: lateral approach interbody fusion: results and review [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(26 Suppl): S302-311.
- [10] Rodgers WB, Gerber EJ, Patterson J. Intraoperative and early postoperative complications in extreme lateral interbody fusion: an analysis of 600 cases [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(1): 26-32.
- [11] Rodgers WB, Cox CS, Gerber EJ. Experience and early results with a minimally invasive technique for anterior column support through eXtreme Lateral Interbody Fusion: XLIF [J]. US Musculoskeletal Review, 2007, 2(1): 28-32.
- [12] Anand N, Rosemann R, Khalsa B, et al. Mid-term to long-term clinical and functional outcomes of minimally invasive correction and fusion for adults with scoliosis [J]. Neurosurg Focus, 2010, 28(3): E6.
- [13] Uribe JS, Arredondo N, Dakwar E, et al. Defining the safe working zones using the minimally invasive lateral retroperitoneal transpoas approach: an anatomical study [J]. J Neurosurg Spine, 2010, 13(2): 260-266.
- [14] Guérin P, Obeid I, Bourghli A, et al. The lumbosacral plexus: anatomic considerations for minimally invasive retroperitoneal transpoas approach [J]. Surg Radiol Anat, 2012, 34(2): 151-157.
- [15] Banagan K, Gelb D, Poelstra K, et al. Anatomic mapping of lumbar nerve roots during a direct lateral transpoas approach to the spine: a cadaveric study [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(11): E687-691.
- [16] Collins SL, Moore RA, Mcquay HJ. The visual analogue pain intensity scale: what is moderate pain in millimetres [J]? Pain, 1997, 72(1-2): 95-97.
- [17] Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(22): 2940-2952.
- [18] Macnab I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve - root involvement in sixty - eight patients [J]. J Bone Joint Surg Am, 1971, 53(5): 891-903.
- [19] Percy M, Burrough S. Assessment of bony union after interbody fusion of the lumbar spine using a biplanar radiographic technique [J]. J Bone Joint Surg Br, 1982, 64(2): 228-232.
- [20] Shah RR, Mohammed S, Saifuddin A, et al. Comparison of plain radiographs with CT scan to evaluate interbody fusion following the use of titanium interbody cages and transpedicular instrumentation [J]. Eur Spine J, 2003, 12(4): 378-385.
- [21] Smith WD, Christian G, Serrano S, et al. A comparison of perioperative charges and outcome between open and mini-open approaches for anterior lumbar discectomy and fusion [J]. J Clin Neurosci, 2012, 19(5): 673-680.
- [22] Tian NF, Wu YS, Zhang XL, et al. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: a meta-analysis based on the current evidence [J]. Eur Spine J, 2013, 22(8): 1741-1749.
- [23] Zhou ZJ, Zhao FD, Fang XQ, et al. Meta-analysis of instrumented posterior interbody fusion versus instrumented posterolateral fusion in the lumbar spine [J]. J Neurosurg Spine, 2011, 15(3): 295-310.
- [24] Ozgur BM, Agarwal V, Nail E, et al. Two-year clinical and radiographic success of minimally invasive lateral transpoas approach for the treatment of degenerative lumbar conditions [J]. SAS Journal, 2010, 4(2): 41-46.
- [25] Berjano P, Balsano M, Buric J, et al. Direct lateral access lumbar and thoracolumbar fusion: preliminary results [J]. Eur Spine J, 2012, 21 Suppl 1: S37-42.
- [26] Uribe JS, Vale FL, Dakwar E. Electromyographic monitoring and its anatomical implications in minimally invasive spine surgery [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(26 Suppl): S368-374.

(收稿日期: 2013-08-11)

(本文编辑: 万瑜)