

Quadrant 通道辅助下 MIS-TLIF 术与传统 PLIF 术治疗巨大腰椎间盘突出疗效对比

贾鹏,孔祥清*,孟纯阳,张卫红

(济宁医学院附属医院脊柱外科,山东 济宁 272000)

摘要:目的 比较 Quadrant 通道系统下经椎间孔椎间植骨融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)与传统的后路椎间盘植骨融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)治疗巨大腰椎间盘突出症的临床效果,并评价 MIS-TLIF 技术的安全性和有效性。**方法** 2016年1月至2019年8月收治巨大腰椎间盘突出症患者55例,其中男36例,女19例,年龄35~68岁,平均(51.1±9.7)岁。对照组24例采用传统 PLIF 方法,观察组31例采用 Quadrant 通道系统 MIS-TLIF 方法,比较两组术中出血量、术后引流量、住院天数,所有患者均在术前、术后、随访过程中进行腰痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、日本骨科协会评分(Japanese orthopaedic association, JOA)和椎间高度指数并比较两组间差异,评价治疗效果。**结果** 两组在术中出血量、术后引流量、术后住院时间比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者均获得随访,随访时间6个月,与对照组比较,观察组术后3个月、术后6个月的VAS及ODI均降低,差异有统计学意义($P < 0.05$)。观察两组术后JOA评分及术后6个月的椎间高度指数,两组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** MIS-TLIF 技术具有术中出血量少、恢复快、术后早期腰背部肌肉疼痛改善明显等优势,能获得与传统开放 PLIF 相近的疗效,是一种可供临床选择的理想微创手术方式。

关键词:巨大腰椎间盘突出;微创;单边固定;脊柱融合术

文章编号: 1008-5572(2020)09-0829-05

中图分类号: R681.5*7

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文献标识码: B



腰椎间盘突出症是临床最常见的退行性疾病之一,突出的椎间盘组织进入椎管超过椎管矢状径50%即可称为巨大椎间盘突出^[1]。该型保守治疗效果欠佳,经典的手术方法是后路椎间盘植骨融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF),该术式在临床上已得到广泛应用,但存在一些缺点,如应力集中,导致邻近节段退变加速;手术创伤大,增加了手术风险;术后瘢痕粘连较重,难以翻修^[2],远期患者容易出现腰椎慢性疼痛,椎旁肌肉的失神经支配导致肌肉萎缩,术后恢复时间长,影响术后远期恢复效果^[3],探索新的术式势在必行。

2002年Foley等^[4]和Holly等^[5]开创经椎间孔椎间植骨融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)后,该术式以其手术创伤小、术中出血少、住院时间短、术后效果确实等优点^[6],迅速被医患双方广泛接受^[7]。目前国内许多医院已经开展该术式,手术效果是否达到预期值得我们研究。所以,我们回顾2016年1月至2019年8月期间在济宁医学院附属医院脊柱外科住院的55例巨大腰椎间盘突出患者,分别采用微创 Quadrant 通道辅助下 MIS-TLIF 技术及传统 PLIF 技术的治疗方法,采用

引流量、术后住院时间、术后腰痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、日本骨科协会评分(Japanese orthopaedic association, JOA)、术后椎间高度指数等指标对两种术式的疗效进行比较,旨在探讨该通道辅助下 MIS-TLIF 技术的临床疗效、安全性及有效性,为该手术方式应用提供参考,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入标准:(1)椎间盘巨大突出,经保守治疗3个月无效;(2)典型腰痛并伴单侧下肢的神经根性症状及体征;(3)腰椎间盘突出退变明显需要行椎间植骨融合;(4)无其他手术禁忌证且患者及家属同意参加入组并参与本次研究。排除标准:(1)严重骨质疏松;(2)腰椎滑脱、退变性侧弯、畸形或既往有腰椎手术病史;(3)腰椎肿瘤、炎症及结核;(4)重度腰椎管狭窄需行全椎板减压或双侧神经根受压需要双侧减压;(5)合并内科疾病不能耐受手术。

根据以上标准,收集我科自2016年1月至2019年8月手术治疗的巨大腰椎间盘突出患者55例,其中男36例,女19例;年龄为35~68岁,平均(51.1±9.7)岁。所有病例均为

* 本文通讯作者:孔祥清

贾鹏,孔祥清,孟纯阳,等. Quadrant 通道辅助下 MIS-TLIF 术与传统 PLIF 术治疗巨大腰椎间盘突出疗效对比[J]. 实用骨科杂志, 2020, 26(9): 829-832; 842.

腰痛伴下肢一侧疼痛。术前常规完善腰椎正侧位及过伸过屈位 X 线、CT 及 MRI 检查,所选病例均为 L_{4~5} 单节段突出,采用随机数余数分组法分组,其中 24 例行传统 PLIF 术,

31 例行微创 Quadrant 通道辅助下 MIS-TLIF 术。以上手术均由同一名高年资副主任医师完成,患者的术前资料比较差异均无统计学意义,见表 1。

表 1 两组术前基本资料及术前 1 天查体评估比较

组别	n	性别(例)		年龄(岁)	椎间高度指数	VAS 评分(分)	ODI (%)	JOA 评分(分)
		男	女					
对照组	24	16	8	52.2±10.1	7.51	6.5±0.8	28.6±4.4	9.55±0.72
观察组	31	20	11	50.3±9.9	7.31	6.8±0.8	27.2±4.5	9.60±0.81
t 值		0.208		0.065	0.393	1.246	0.906	4.465
P 值		0.644		0.893	0.697	0.222	0.371	0.653

1.2 手术方法 手术方法选取传统的 PLIF 手术与通道 MIS-TLIF 手术进行对比;所有患者均常规采取全身麻醉,取患者俯卧位,腹部悬空。

1.2.1 对照组(传统 PLIF 组) 取后正中切口依次切开皮肤、皮下、深筋膜,紧贴棘突向双侧剥离椎旁肌至关节突外缘,透视定位后在上下腰椎各置入 4 枚椎弓根螺钉,切除病变节段上位腰椎的部分椎板,行患侧开窗,切除黄韧带及下位腰椎上关节突内缘。将硬膜囊、神经根牵向一侧,彻底清除椎间盘和软骨终板,将切下的自体骨粒植入椎间隙夯实,行打压植骨,放置钛棒后固定,再次透视内固定及融合器位置,确认无误后放置引流管 2 根,检查切口内无活动性出血后逐层缝合切口。

1.2.2 观察组(通道 MIS-TLIF 组) 根据体表标志,以目的节段椎间盘为中心取棘突旁 3cm 处纵行切开长约 3 cm 切口,依次切开皮肤、皮下组织,皮下分离显露腰背筋膜,钝性分离多裂肌间隙,插入扩张套管逐级扩张,插入扩张叶片并纵向撑开,建立呈“喇叭口状”的手术工作通道,再次透视确认为目的节段。连接冷光源,清除通道视野中椎板及关节突表面的软组织,自此过程中需注意止血,避免出血影响视野,暴露目的节段的上下椎板和关节突。制备钉道,以定位针标记,透视为钉道位置无误后骨蜡封堵备用。咬除部分上关节突、下关节突及上位椎板下半外侧部分,切除黄韧带使神经根及硬脊膜获得减压,刮除上、下椎体终板,将切下的自体骨粒填充椎间隙,打压植骨。在预留钉道拧入合适大小的椎弓根螺钉,钛棒固定,透视确定内植物及椎体位置,满意后取出扩张管道,冲洗伤口并放置负压引流管,逐层缝合切口。

1.3 观察指标 记录两组手术情况,包括术中出血量、术后引流量、术后住院时间等。比较术前 1 d、术后 3 个月、术后 6 个月的腰痛 VAS、ODI、JOA 评分。记录患者术中术后并发症的发生情况。术后 6 个月行 X 线检查,测量责任间隙的椎间高度指数,椎间高度指数=(椎间隙中部的高度+椎间隙前缘的高度+椎间隙后缘的高度)/所测椎间隙上位椎体中部的矢状径×3,观察术后内固定位置和融合情况,评估患者手术前后腰痛及恢复情况。

1.4 统计学方法 采用统计软件 SPSS 22.0 对数据进行分析,计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示,采用配对 t 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

两组术中出血量、术后引流量、术后住院时间等比较,差异有统计学意义(P<0.05,见表 2)。

表 2 两组术中出血量、术后引流量、住院天数的比较($\bar{x} \pm s$)

组别	术中出血量(mL)	术后引流量(mL)	住院天数(d)
对照组	158.2±32.9	182.6±52.2	8.8±1.3
观察组	62.7±16.2	56.1±13.4	5.2±0.6
t 值	10.64	9.63	10.24
P 值	<0.05	<0.05	<0.05

两组术前 1 d、术后 3 个月、术后 6 个月的 VAS、ODI、JOA 评分比较结果显示:与术前 1 d 比较,对照组术后 3 个月、术后 6 个月,观察组术后 3 个月、术后 6 个月的 VAS 及 ODI 评分均降低,且观察组均优于对照组,差异有统计学意义(P<0.05);JOA 评分较术前均好转,观察组与对照组差异无统计学意义(P>0.05,见表 3)。

表 3 两组手术前后 VAS、ODI、JOA 评分比较($\bar{x} \pm s$)

组别	VAS(分)			ODI(%)			JOA(分)		
	术前 1 d	术后 3 个月	术后 6 个月	术前 1 d	术后 3 个月	术后 6 个月	术前 1 d	术后 3 个月	术后 6 个月
对照组	6.5±0.8	3.1±0.6	1.8±0.9	28.6±4.4	16.5±2.1	10.8±2.4	9.55±0.72	20.05±1.28	26.73±2.94
观察组	6.8±0.8	2.2±0.6	0.8±0.6	27.2±4.5	10.1±2.4	6.4±1.6	9.60±0.81	19.56±1.95	25.69±2.86
t 值	1.246	3.979	3.366	0.9064	8.069	6.689	4.465	10.268	13.359
P 值	>0.05	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05	<0.05	>0.05	>0.05	>0.05

对照组术前1天椎间高度指数为7.51,术后6个月为11.70;观察组术前1d为7.31,术后6个月为11.90,两组椎间高度指数相比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。

两组患者术中均未出现神经根损伤、定位错误等,术后切口愈合顺利,均未出现椎弓根螺钉断裂、松动,均未出现植骨粒吸收未融合等并发症。

典型病例为一48岁男性患者,主诉为“腰痛并左下肢疼痛、麻木2周”,术前诊断为腰椎间盘突出症,查体可知患者

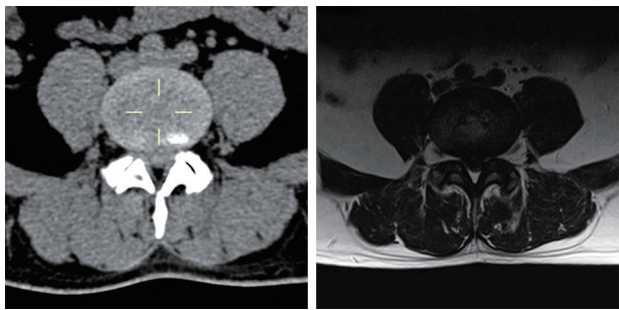


图1 术前CT及MRI示椎间盘巨大突出,突出方向中央偏左

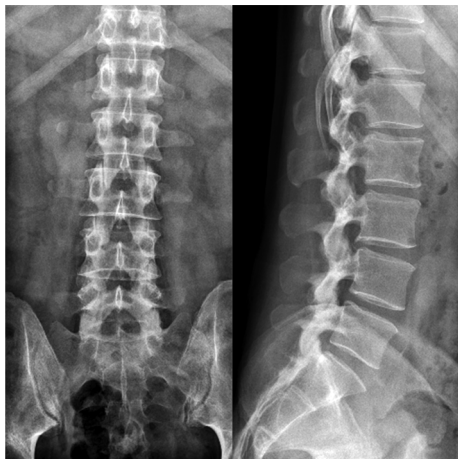


图2 术前腰椎X线片示L₄₋₅椎间隙变窄

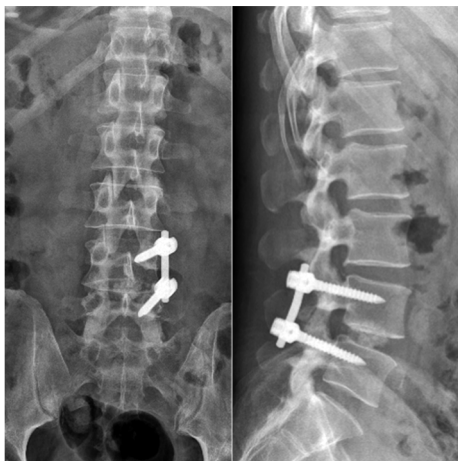


图3 术后6个月腰椎X线片示内固定位置合适,椎间融合良好,椎间隙无明显下沉

左小腿外侧及足背部感觉减退,肌力未见异常,CT、MRI均显示L₄₋₅椎间盘突出。经Quadrant通道系统MIS-TLIF治疗后,6个月随访正侧位X线片示钉棒固定完好,椎间隙无明显下沉,椎间植骨未见明显吸收,手术前后影像学资料见图1~3。

3 讨论

腰椎间盘突出症是最常见的腰椎退行性疾病之一,巨大腰椎间盘突出占有相当大的比例,突出的巨大椎间盘压迫硬膜囊、神经根,患者可出现单侧或双侧坐骨神经症状,严重者可出现马尾综合征^[8]。如果行单纯开窗髓核摘除或椎间孔镜、显微内镜辅助下单纯摘除术式操作难度大,神经损伤、手术风险高,发生并发症的概率明显增高^[9],并且髓核摘除过多容易引起椎间隙高度丢失,椎间隙加速退变,导致出现椎间盘突出复发、椎体失稳、医源性滑脱等^[10-11]。传统上治疗巨大腰椎间盘突出症的方法是行PLIF手术,术中将椎旁肌自附着点剥离,以便充分显露术野,对椎旁肌造成严重损伤,术中出血多、破坏正常结构多,术后时有腰背肌萎缩等并发症发生。远期经常有患者出现顽固性腰部慢性疼痛或其他较难受的不适感。随着脊柱微创外科的发展,利用微创手段去替代传统手术成为当今脊柱外科的发展潮流^[12-13]。本次研究中,通过MIS-TLIF术式,经多裂肌间隙建立工作通道^[14-15],自然间隙入路,血管分布少,不切断肌肉,不剥离肌肉组织及韧带附着点,术后肌肉组织出现瘢痕组织较少,减少术中出血、术后渗血,并且入路远离棘突侧,能够减少硬膜囊、神经根的过度牵拉,降低术中出现脑脊液漏、神经损伤的概率^[15-17],亦明显降低术后肌肉组织去神经化和缺血坏死,最大限度减少椎旁肌萎缩等不良后果的发生概率,术后腰部肌肉力量下降较轻。6个月随访证明,本术式有效避免了医源性腰椎不稳和顽固性腰背痛的发生^[18-19]。林斌等^[20]对102例腰痛患者应用单侧椎弓根钉固定和传统后正中入路双侧椎弓根钉固定进行了比较,发现微创单侧脊柱椎弓根钉固定具有手术时间短、出血量少等优点,并发症发生率无明显升高,是一种安全可行的治疗方法。本研究通过对55例患者的资料搜集、随访,分析术中出血量、术后引流量、术后住院时间等较为直观的指标评价手术创伤及恢复情况,通过随访手术前后VAS评分、ODI评分、JOA评分、椎间高度指数等,得出Quadrant通道系统MIS-TLIF技术可有效缓解患者疼痛,术后功能障碍评分均明显改善,取得满意的神经恢复效果,证明手术效果理想。但是本次研究随访时间稍短,应继续随访,以期发现更深层次的优点与缺点。

目前制约Quadrant通道系统MIS-TLIF技术发展、普及的主要因素有两点:一是微创操作空间狭小,手术难度大。

虽然 MIS-TLIF 术相较传统开放手术有许多优势,但是微创通道操作空间狭小、解剖标志不能完全暴露,各个手术节点的标志不易辨认,给操作者带来困难,学习曲线陡峭^[21]。需要积累大量开放、微创手术经验方能触类旁通,熟练掌握该技术式。本次研究的主刀医师积累了大量的开放手术经验并熟练掌握了椎间盘镜、椎间孔镜等技术后才开始本次研究,并根据手术经验,体会了以下几点注意事项:(1)通道指向必须精准。在 C 臂机引导下腰椎正侧位透视,在正位片上通道需在关节突位置,在侧位片上通道的中轴线指向病变椎间隙下缘,并将通道稍尾倾,可获得满意的视野;(2)预置钉理念。在 C 臂机的帮助下置入定位钉,在获得满意的位置及方向后,先拔出定位钉,以骨蜡暂时封堵入钉点,行减压操作后再行置钉,此举目的是减少椎弓根螺钉钉尾对减压操作的遮挡影响;(3)严格止血。通道中操作空间狭小,轻微的出血即可导致视野不清,故在钝性分离多裂肌、暴露关节突过程中,应注意同时行双极电凝止血。二是目前尚有很多脊柱外科医师对单侧固定存在疑虑,对于选择单侧还是双侧固定存在以下三点争议:(1)内固定的强度;(2)生物力学问题;(3)邻椎病的发生率。虽然 Schleicher 等^[22]证实单侧椎弓根螺钉内固定生物力学强度明显低于双侧椎弓根螺钉内固定,但能够达到脊柱稳定所需的生物力学强度。Chen 等^[23]采用猪类脊柱标本比较了多种椎弓根钉+融合器的固定组合,得出结论:单侧椎弓根钉加椎间融合可以提供足够的稳定性。何蔚^[24]等在成人新鲜尸体标本上研究腰椎单侧及双侧椎弓根螺钉固定结合椎间融合的生物力学变化,结果显示,单节段单侧椎弓根螺钉固定结合椎间融合模型生物力学性能优良,固定强度适中,为固定融合节段及邻近节段提供了理想的力学环境。大量研究已经证实:坚强固定与术中脊柱结构的损伤程度是加速邻近节段退变的 2 个重要原因^[25]。单侧固定刚度适中,在保证脊柱稳定性的同时能够避免双侧椎弓根钉坚强固定术后加速相邻节段退变的潜在危险,并且单侧固定肌肉、韧带损伤小,稳定结构破坏小,仅破坏一侧的邻近关节突,相对于双侧组的破坏减少了一半^[26-27],在减少创伤的同时也降低了患者的经济压力,极大地节约医疗资源。

综上所述,Quadrant 通道系统 MIS-TLIF 术治疗腰椎间盘突出症具有创伤小、疗效确切、安全性好的特点,在熟练掌握操作技术的前提下是一种值得临床推广的微创手术方式。但目前国内各级医院的脊柱外科对微创均表现出极大的热情,技术层面参差不齐,硬件保障设施差别巨大,现阶段微创技术尚在发展阶段,MIS-TLIF 技术尚无统一的手术标准,对于复杂性腰椎退变性性疾病的治疗,应针对患者的病情制订个

体化治疗方案,在保证患者安全的前提下以获得最佳的治疗效果,切忌为了追求“微创”而手术。

参考文献:

- [1] 胡有谷,吕成昱,陈伯华.腰椎间盘突出症的区域定位[J].中华骨科杂志,1998,18(1):14-16.
- [2] Tsuang FY, Tsai JC, Lai DM. Effect of lordosis on adjacent levels after lumbar interbody fusion, before and after removal of the spinal fixator: a finite element analysis[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2019, 20(1):470.
- [3] Tonomura H, Hatta Y, Mikami Y, et al. Magnetic resonance imaging evaluation of the effects of surgical invasiveness on paravertebral muscles after muscle-preserving interlaminar decompression (MILD) [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(2):E76-E82.
- [4] Foley KT, Holly LT, Schwender JD. Minimally invasive lumbar fusion[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(15 Suppl):S26-S35.
- [5] Holly LT, Schwender JD, Rouben DP, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: indications, technique, and complications[J]. Neurosurg Focus, 2006, 20(3):E6.
- [6] 张惠城,刘展亮,杨志发,等.经皮椎间孔镜治疗腰椎管狭窄症的可行性分析[J].骨科,2015,6(4):210-212.
- [7] 张海龙,顾昕,贺石生,等.微创经椎间孔椎体间融合术与开放手术治疗腰椎滑脱症的疗效比较[J].中华骨科杂志,2011,31(10):1088-1092.
- [8] Edmond CYU, Shetty A, Craig PRS, et al. An observation of massive lumbar disc prolapse[J]. J Spine Surg, 2018, 4(3):583-587.
- [9] Satoh I, Yonenobu K, Hosono N, et al. Indication of posterior lumbar interbody fusion for lumbar disc herniation[J]. J Spinal Disord Tech, 2006, 19(2):104-108.
- [10] Gao X, Tang K, Xia Y, et al. Efficacy analysis of percutaneous endoscopic lumbar discectomy combined with PEEK rods for giant lumbar disc herniation: A Randomized controlled study[J]. Pain Res Manag, 2020; 3401605. Doi:10.1155/2020/3401605.
- [11] Tomonori M, Mitsunori Y, Yoshinori T, et al. Do we have adequate flexion-extension radiographs for evaluating instability in patients with lumbar spondylolisthesis[J]. Spine, 2020, 45(1):48-54.
- [12] 周跃,王健,初同伟,等.内窥镜下经 X-Tube 单侧和双侧腰椎椎弓根螺钉固定的疗效评价[J].中华创伤杂志,2007,23(9):654-658.
- [13] 张绍东,王宸,陈辉,等.微创经椎间孔椎间融合术治疗腰椎退行性疾病[J].中华外科杂志,2009,47(2):112-115.

能有效降低患者痛苦等优点,适应于股骨转子间骨折手术固定,但治疗时需根据患者骨折的特点,术前仔细准备,进行个体化设计,术中操作注意要点,术后根据骨折类型合理康复锻炼,减少并发症的发生。

参考文献:

[1] Jain R, Basinski A, Kreder HJ. Nonoperative treatment of hip fractures[J]. *Int Orthop*, 2003, 27(1): 11-17.

[2] 白梅. 股骨近端防旋髓内钉内固定治疗老年股骨转子间骨折[J]. *临床骨科杂志*, 2018, 21(2): 201-202.

[3] 蒋恺, 秦涛, 麻文谦, 等. PFNA-II 及 InterTan 系统治疗股骨转子间骨折疗效评价[J]. *实用骨科杂志*, 2012, 18(2): 123-126.

[4] Calderazzi F, Pompili M, Carolla A, et al. Gamma nail TM in pertrochanteric fractures in elderly patients: is anatomical reduction necessary? A preliminary study[J]. *Acta Biomed*, 2015, 86(3): 260-266.

作者简介: 孙俊(1979—), 男, 副主任医师, 宿松县中医院骨科, 246500。

(上接第 832 页)

[14] 李四波, 陈晓春, 姜海涛, 等. Quadrant 通道下经 Wiltse 入路治疗胸腰段单椎体爆裂性骨折临床疗效分析[J]. *实用骨科杂志*, 2018, 24(12): 1057-1060.

[15] 王栋, 文杰, 薛文, 等. MIS-TLIF 技术联合经皮椎弓根螺钉内固定治疗腰椎布氏杆菌病[J]. *实用骨科杂志*, 2020, 26(3): 248-251.

[16] 徐教, 毛克亚, 王岩, 等. 单节段微创经椎间孔腰椎体间融合术后放置引流管必要性的研究[J]. *中国矫形外科杂志*, 2013, 21(15): 1491-1496.

[17] Peng CW, Yue WM, Poh SY, et al. Clinical and radiological outcomes of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *Spine*, 2009, 34(13): 1385-1389.

[18] 朱辉, 原超, 张文财, 等. MIS-TLIF 与 TLIF 治疗单节段腰椎退行性疾病疗效比较[J]. *实用骨科杂志*, 2017, 23(6): 547-550.

[19] Shunwu F, Xing Z, Fengdong Z, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar diseases[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(17): 1615-1620.

[20] 林斌, 林秋燕, 何明长, 等. 经 Quadrant 通道单侧椎弓根固定椎体间融合治疗腰椎退行性疾病[J]. *中国骨伤*, 2012, 25(6): 468-473.

[21] Lee KH, Yeo W, Soeharno H, et al. Learning curve of a complex surgical technique: minimally invasive

[5] 王波, 吴鹏, 刘长松, 等. 股骨转子间骨折手术并发症分析[J]. *实用骨科杂志*, 2016, 22(12): 1124-1127.

[6] 林伟鹏, 叶劲, 邹仲兵, 等. 闭合复位内固定治疗老年股骨转子间骨折术后内固定失败的影响因素分析[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2016, 18(7): 625-629.

[7] 焦竞, 熊元, 王俊文, 等. 亚洲型股骨近端防旋髓内钉固定治疗股骨转子间骨折术后大腿痛的原因分析[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2017, 19(8): 685-690.

[8] 范为民. 老年髌部骨折的再思考[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2015, 17(2): 93-94.

[9] 刘承鸿, 陈震东, 黄世桥, 等. 股骨近端防旋髓内钉内固定与髌关节置换治疗高龄骨质疏松性股骨转子间骨折患者的疗效及围术期处理[J]. *中国老年学杂志*, 2018, 38(13): 3149-3151.

收稿日期: 2020-04-03

transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2014, 27(7): E234-E240.

[22] Schleicher P, Beth P, Ottenbacher A, et al. Biomechanical evaluation of different asymmetrical posterior stabilization methods for minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion [J]. *J Neurosurg Spine*, 2008, 9(4): 363-371.

[23] Chen HH, Cheung HH, Wang WK, et al. Biomechanical analysis of unilateral fixation with interbody cages[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(4): 92-96.

[24] 何蔚, 张桦, 何海龙, 等. 腰椎单侧及双侧椎弓根螺钉固定椎间融合器的生物力学研究[J]. *解放军医学杂志*, 2009, 34(4): 405-408.

[25] Colloca CJ, Keller TS, Moore RJ, et al. Validation of a noninvasive dynamic spinal stiffness assessment methodology in an animal model of intervertebral disc degeneration [J]. *Spine*, 2009, 34(18): 1900-1905.

[26] 韦武, 宁金沛, 梁柱德, 等. 单侧椎弓根钉结合椎间融合器融合治疗腰椎间盘突出症疗效分析[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2014, 29(9): 926-927.

[27] 邵高海, 焦春燕, 余雨, 等. 单侧椎弓根螺钉置入并椎间融合对邻近椎间盘节段退变的影响[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2011, 15(13): 2317-2321.

收稿日期: 2020-03-18

作者简介: 贾鹏(1984—), 男, 主治医师, 济宁医学院附属医院脊柱外科, 272000。