

· 临床研究论著 ·

显微镜辅助下微创经椎间孔椎间融合术治疗单节段腰椎退变性疾病的临床疗效

丁子毅 王栋 李苇航 张世磊 袁斌 闫铭

【摘要】 目的 探讨显微镜辅助下微创经椎间孔椎间融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)治疗单节段腰椎退变性疾病的临床疗效及安全性。方法 回顾性分析 2017 年 1 月至 2018 年 1 月我院收治的 73 例腰椎退变性疾病病人的临床资料,其中行 Loupe 辅助下 MIS-TLIF 的 40 例纳入 Loupe 组,行显微镜辅助下 MIS-TLIF 的 33 例纳入显微镜组。比较两组病人手术前后腰部疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、手术时间、手术切口长度、射线暴露次数、术中出血量、术后引流量、术后下地时间、术后住院时间、术后椎间植骨融合率、并发症情况以及住院相关费用等。结果 两组病人均完成至少 2 年的随访,随访时间为(27.5±2.6)个月(24~36 个月)。两组病人的手术时间、切口长度、射线暴露次数、术中出血量、腰腿痛 VAS 评分、ODI、椎间植骨融合率、住院费用以及并发症发生率比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。显微镜组有 1 例置钉失败病人。两组术后各有 1 例出现神经根激惹,各有 1 例浅表性切口感染,局部缝线崩开。显微镜组术后引流量、术后下地时间以及术后住院时间均少于 Loupe 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。显微镜组术后颈部 VAS 评分明显低于 Loupe 组($P < 0.05$),但腰部 VAS 评分较 Loupe 组高($P < 0.05$)。结论 显微镜辅助下 MIS-TLIF 治疗腰椎退行性疾病较 Loupe 辅助下 MIS-TLIF 具有更彻底的术中止血、更少的术后引流量、更早下地和更快出院以及明显改善术者术后颈部不适等优势,近期临床疗效相当。

【关键词】 腰椎退变性疾病;经椎间孔椎间融合术;显微外科手术;Loupe

Clinical efficacy of microscope-assisted MIS-TLIF in the treatment of single-segment degenerative diseases of the lumbar spine. DING Zi-yi, WANG Dong, LI Wei-hang, ZHANG Shi-lei, YUAN Bin, YAN Ming. Department of Orthopaedics, the First Affiliated Hospital of Air Force Medical University of PLA (Xijing Hospital), Xi'an 710032, China

Corresponding author: YAN Ming, E-mail: spineyanming@163.com

【Abstract】 Objective To discuss the clinical efficacy as well as safety of microscope-assisted minimally invasive-transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) in the treatment of single-segment lumbar degenerative diseases. **Methods** Data of 73 cases of lumbar degenerative diseases from January 2017 to January 2018 admitted at our hospital were analyzed retrospectively, among which, 40 cases undergoing the treatment of Loupe-assisted MIS-TLIF served as Loupe group, and 33 cases given the treatment of microscope-assisted MIS-TLIF as microscope group. Different parameters were compared between the two groups, including visual analogue scale (VAS) of low back pain and leg pain before and after operation, Oswestry disability index (ODI), operation time, surgical incision, radiation exposure times, intraoperative blood loss, postoperative drainage, postoperative landing time, postoperative hospital stay, postoperative interbody fusion rate, complications, hospitalization expenses. **Results** All patients in both two groups were followed up for at least 2 years, with a follow-up period of (27.5±2.6) months (24-36 months). There was no significant difference between the two groups in operation time, incision length, radiation exposure times, intraoperative blood loss, VAS score of low back pain and leg pain, ODI, fusion rate, hospitalization expenses and complications (all $P > 0.05$). There was 1 case of failed nail placement in the microscope group, 1 case of symptoms of nerve root irritation in each group and 1 case of superficial incision infection and local suture collapse in each group. The postoperative

drainage volume, postoperative landing time and postoperative hospital stay in microscope group were significantly decreased as compared with those in Loupe group (all $P < 0.05$). The postoperative neck discomfort in the microscope group was significantly alleviated compared to Loupe group ($P < 0.05$), but the waist discomfort in the microscope group was slightly increased compared to the Loupe group ($P < 0.05$).

Conclusion Compared with Loupe - assisted MIS - TLIF in the treatment of lumbar degenerative disease, microscope-assisted MIS-TLIF has the advantages like more thorough intraoperative hemostasis, less postoperative drainage, earlier landing time as well as faster discharge time, and significant improvement of postoperative neck discomfort of patients. Additionally, the short-term clinical efficacy of these two groups was similar.

【Key words】 Lumbar degenerative disease; Transforaminal intervertebral fusion; Microsurgery; Loupe

腰椎退变性疾病是导致病人腰腿痛的常见原因,也是脊柱手术最常见的病因之一^[1]。对于经正规保守治疗3个月无效的病人即考虑手术治疗^[2]。微创经椎间孔椎间融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)治疗单节段腰椎退变性疾病,通过管状扩张器经Wiltse入路^[3]直达病变节段的关节突关节,与传统开放TLIF手术治疗相比,可有效减少多裂肌的剥离与牵拉损伤,避免术后肌肉萎缩,减少术后慢性腰背部疼痛的发生^[4]。

Loupe具有携带方便、照明良好、有一定的放大倍数等优势,早已被我院脊柱医生作为常规脊柱手术的辅助工具;而显微镜因其具有使手术视野更清晰、手术操作更精细的特点逐渐在脊柱外科得到更为广泛的应用^[5-6]。与Loupe相比,显微镜具有更高的放大倍数,更佳的清晰度以及更好的人体工学特点^[7],从服务医生及病人两个角度出发,显微镜是否可以作为MIS-TLIF常规的辅助工具值得我们进一步研究。

因此,本研究通过回顾性分析比较显微镜辅助下MIS-TLIF与Loupe辅助下MIS-TLIF治疗单节段腰椎退变性疾病的临床疗效以及术者的应用体验,探讨显微镜辅助下MIS-TLIF治疗单节段腰椎退变性疾病的临床疗效及安全性。

资料与方法

一、纳入标准和排除标准

纳入标准:①临床确诊为腰椎间盘突出症、腰椎

管狭窄症、腰椎节段性不稳、Meyerding I度或II度退行性腰椎滑脱症;②症状为腰痛和(或)单侧下肢疼痛、麻木、肌力减退等,经3~6个月正规保守治疗无缓解甚至加重者;③病人术后随访资料完整、无丢失;④责任节段为单节段;⑤病人骨密度检查及相关影像学检查资料完整,并有2年完整随访资料。

排除标准:①全身肿瘤骨转移、腰椎肿瘤、椎管内占位等脊柱肿瘤病人;②合并椎体、椎间隙、椎管内以及椎旁感染者;③合并脊柱侧弯,Cobb角 $> 10^\circ$ 的病人;④出血、凝血功能障碍、肝肾功能异常者;⑤严重骨质疏松,T值 ≤ -3.5 SD,或合并骨质疏松性骨折;⑥先天性脊柱发育畸形。

二、一般资料

2017年1月至2018年1月入住我院的符合纳入、排除标准的73例单节段腰椎退变性疾病病人纳入研究。33例行显微镜辅助下MIS-TLIF的病例纳入显微镜组,其中男18例,女15例,年龄为(45.9 \pm 7.8)岁(33~63岁);病变类型:腰椎滑脱症6例、腰椎管狭窄症7例、腰椎间盘突出症20例。40例行Loupe辅助下MIS-TLIF的病例纳入Loupe组,其中男22例,女18例,年龄为(47.4 \pm 9.0)岁(26~61岁);病变类型:腰椎滑脱症4例,腰椎管狭窄症11例,腰椎间盘突出症25例。两组病人的年龄、性别、退变类型及病变节段比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$,表1)。

三、手术方法

(一)显微镜辅助下MIS-TLIF

病人全身麻醉,俯卧位,胸、腹部及双踝前垫长

表1 两组病人的一般临床资料比较

组别	例数	性别 (男/女,例)	年龄 ($\bar{x} \pm s$,岁)	退变类型(例)			病变节段(例)		
				腰椎滑脱症	腰椎管狭窄症	腰椎间盘突出症	L _{3/4}	L _{4/5}	L _{5/S₁}
显微镜组	33	18/15	45.9 \pm 7.8	6	7	20	5	18	10
Loupe组	40	22/18	47.4 \pm 9.0	4	11	25	7	21	12
$t(\chi^2)$ 值	-	0.002	-0.774		1.184			0.075	
P值	-	0.969	0.442		0.553			0.963	

海绵枕。“C”型臂 X 线机透视定位手术节段双侧椎弓根体表位置并标记手术切口。沿减压侧棘突旁开 2 cm 处作一长为 3.5~4.0 cm 的切口,于多裂肌及最长肌间隙进入;用导针触及责任节段的关节突关节,逐级扩张,放置 Quadrant 通道,根据病人体表至椎板表面深度选择 5、6、7 cm 不等可扩张通道设备,并用固定架固定于手术床。再次透视确定减压节段无误。通道下显露减压椎间隙、上下关节突关节及上下部分椎板。放置显微镜至合适位置,术中根据具体需求调整放大倍数至 4~8 倍。镜下超声骨刀切除手术节段单侧下关节突关节及上关节突尖部,椎板咬钳咬除上关节突内侧缘,咬除上下部分椎板,充分显露椎间孔;棉片保护硬膜及减压侧神经根,对受压神经根及硬膜行充分减压;常规处理椎间隙,并将咬除的自体骨粒密集填入椎间隙及椎间融合器内,打入融合器至合适位置;拧入 2 枚万向椎弓根螺钉后透视定位确保内固定及融合器位置良好。术中操作图详见图 1。

同法于对侧棘突旁开 2 cm 纵行切开,切口长度为 3.5~4.0 cm,用导针触及对侧责任节段的关节突关节,逐级扩张,同法安放 Quadrant 通道,适度撑开,显露对侧进钉点。置入 2 枚万向椎弓根螺钉,安装

内固定棒及螺帽稳固固定后,“C”型臂 X 线机透视定位,确定内固定及融合器位置满意、腰椎生理曲度合适。切口留置负压引流管 1 根,逐层缝合。

(二) Loupe 辅助下 MIS-TLIF

手术方式基本同上,区别为术者在手术工作通道建立完成后使用 Loupe 辅助进行手术操作,不使用显微镜。

椎弓根螺钉、椎间融合器均为上海三友公司产品,微创通道选用美敦力公司 MASR Quadrant 可扩张通道微创手术系统,显微镜采用德国蔡司 PENTERO 800 手术显微镜,可调节放大倍数为 0~15 倍。

四、术后康复

两组术后处理方法一致。常规使用抗生素至术后 24~48 h,术后 24 h 引流量 < 50 mL 时拔出引流管,复查腰椎正侧位 X 线片,拔管当天开始佩戴腰围逐渐下地活动,下地活动无不适、血常规降至正常、无发热者遂予办理出院。3 个月内均在腰围保护下下地活动,1 个月后开始逐渐增加腰背肌功能锻炼。

五、随访及评价指标

(一) 临床疗效评价

术后定期门诊随访,配合微信、电话记录观察指标。门诊于术后 3 个月、6 个月、1 年、2 年常规复查

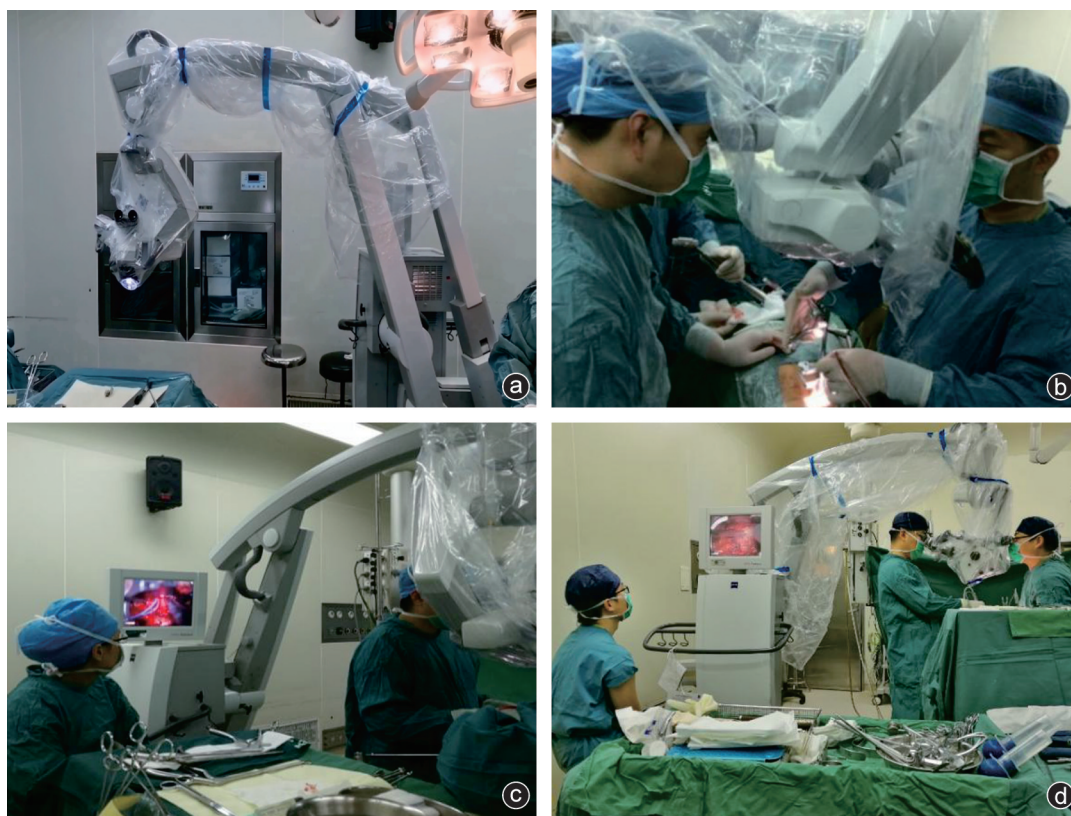


图 1 显微镜辅助下 MIS-TLIF 术中图片 a: 脊柱显微镜外观; b: 主刀医生与助手配合行显微镜辅助下 MIS-TLIF 手术; c: 器械护士通过显示屏实时转播,更好地配合手术; d: 学生在台下观摩学习手术

腰椎正侧位、过伸过屈位X线片,于术后1年、2年复查腰椎三维CT。收集两组手术时间、手术切口长度、术中出血量、射线暴露次数、术后引流量、术后下地时间、术后住院时间、并发症以及有无神经根刺激;收集术前、术后7d、术后3个月、术后1年及术后2年病人腰腿部疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分及Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI);收集病人住院总费用、材料费;记录术者手术前后颈部、腰部VAS评分。

(二)影像学评价

基于术后1d、3个月、6个月、1年、2年随访X线片评估有无断钉、断棒、螺钉松动、融合器移位等内固定并发症。术后1年、2年根据Bridwell融合评价等级系统^[8]判断椎间植骨融合率,以Bridwell 1级、2级判定为融合,3级、4级判定为不融合。

六、统计学方法

应用SPSS 23.0统计学软件(IBM公司,美国)对数据进行统计分析。所有数据使用Shapiro-Wilk检验正态性,服从或近似服从正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,若方差齐采用独立样本t检验进行组间比较,方差不齐采用t'检验进行组间比较,多个时间点间VAS评分和ODI的比较采用单因素方差分析。计数资料的比较采用 χ^2 检验。以P < 0.05为差异有统计学意义。

结 果

一、临床疗效比较

两组病人均顺利完成手术,均有2年完整随访

资料,随访时间为(27.5±2.6)个月(24~36个月)。显微镜组的术后引流量、术后下地时间及术后住院时间均显著低于Loupe组,差异均有统计学意义(P均 < 0.05),但两组的手术时间、切口长度、射线暴露次数、术中出血量及住院费用(包括耗材相关费用及住院总费用)比较,差异均无统计学意义(P均 > 0.05),详见表2。

显微镜组与Loupe组病人术后各随访时间的腰痛、腿痛VAS评分及ODI均显著低于术前,差异均有统计学意义(P均 < 0.05),但两组间各时间点的腰痛、腿痛VAS评分及ODI比较,差异均无统计学意义(P均 > 0.05)。详见表3~5。

两组均未出现硬膜破裂、神经根损伤、融合器移位、下沉等并发症。其中显微镜组有1例置钉失败病人,术后出现下肢肌力减退,予重新置钉处理,术后病人神经功能恢复良好。术后两组各有1例病人出现神经根刺激症状,予非甾体类抗炎药抗炎、消肿、营养神经对症处理后均在5d内得到缓解。术后2组各有1例病人伤口出现浅表性感染、局部缝线崩开,通过使用抗生素、定期伤口换药后均愈合。术后1年,显微镜组融合率为96.97%(32/33),Loupe组融合率为95.00%(38/40),术后2年两组融合率均为100%。两年随访过程中均未发现内固定断裂、脱出、移位等并发症。详见表6。

典型病例见图2。

二、主观感受比较

主刀医生无颈椎病及腰椎间盘突出病史,术前均无颈痛及腰痛情况,术前术者颈痛及腰痛VAS评

表2 两组病人围手术期观察指标($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	手术时间 (min)	切口长度 (cm)	射线暴露次数 (次)	术中出血量 (mL)	术后引流量 (mL)	术后下地时间 (d)	住院相关指标		
								术后住院时间 (d)	耗材相关费用 (元)	住院总费用 (元)
显微镜组	33	203.3±38.6	7.9±0.5	13.2±3.5	153.0±90.1	47.9±23.4	2.0±0	3.5±0.6	46 738.4±1 988.8	67 057.1±3 369.9
Loupe组	40	219.9±41.1	7.9±1.0	12.9±2.9	151.8±97.9	69.6±52.0	2.2±0.4	3.9±0.6	48 890.5±7 678.3	66 043.1±8 440.5
t(t')值	-	-1.760	-0.139	0.335	0.058	-2.366	-2.876	-2.294	-1.705	0.696
P值	-	0.083	0.890	0.738	0.954	0.021	0.006	0.025	0.095	0.490

表3 两组病人手术前后腰痛VAS评分比较($\bar{x} \pm s$,分)

组别	例数	术前	术后7d	术后3个月	术后12个月	术后24个月	F值	P值
显微镜组	33	5.03±1.23	2.21±0.80*	0.9±0.8*	0.33±0.48*	0.27±0.45*	203.208	<0.001
Loupe组	40	5.60±1.82	2.15±0.95*	1.2±0.9*	0.55±0.55*	0.28±0.45*	167.326	<0.001
t(t')值	-	-1.583	0.301	-1.806	-1.795	-0.210	-	-
P值	-	0.118	0.764	0.075	0.077	0.983	-	-

注:与同组术前比较,*P < 0.05

表 4 两组病人手术前后腿痛 VAS 评分比较($\bar{x}\pm s$, 分)

组别	例数	术前	术后 7 d	术后 3 个月	术后 12 个月	术后 24 个月	F 值	P 值
显微镜组	33	6.61±0.99	1.61±0.89*	1.21±0.81*	0.67±0.74*	0.39±0.6*	320.031	<0.001
Loupe 组	40	6.08±1.76	1.55±1.11*	1.13±1.04*	0.68±0.66*	0.58±1.2*	147.912	<0.001
t(t')值	-	1.619	0.234	0.391	-0.051	-0.801	-	-
P 值	-	0.110	0.816	0.697	0.959	0.400	-	-

注:与同组术前比较,* $P < 0.05$ 表 5 两组病人手术前后 ODI 比较($\bar{x}\pm s$, 分)

组别	例数	术前	术后 3 个月	术后 12 个月	术后 24 个月	F 值	P 值
显微镜组	33	49.52±8.08	25.36±2.28*	10.67±3.05*	9.09±3.76*	493.314	<0.001
Loupe 组	40	49.90±8.69	25.55±2.43*	10.85±2.78*	9.33±3.22*	568.240	<0.001
t(t')值	-	-0.196	-0.336	-0.269	-0.286	-	-
P 值	-	0.845	0.738	0.789	0.775	-	-

注:与同组术前比较,* $P < 0.05$

表 6 两组病人术后融合率及术后并发症比较[例(%)]

组别	例数	椎间融合		术后并发症	
		1 年	2 年	置钉失败	切口感染
显微镜组	33	32(96.97)	33(100)	1(3.03)	1(3.03)
Loupe 组	40	38(95.00)	40(100)	0(0)	1(2.50)
χ^2 值	-	0.178	-	1.299	0.019
P 值	-	0.673	1.000	0.268	0.890

分均为 0 分。Loupe 组主刀医生术后颈痛 VAS 评分为(2.6±0.8)分,显微镜组得分明显低于 Loupe 组,为(0.5±0.7)分;但显微镜组主刀医生术后腰痛 VAS 评分为(2.0±0.9)分,高于 Loupe 组的(1.3±0.7)分;两组间颈痛、腰痛 VAS 评分比较,差异均有统计学意义($t=-11.779, P < 0.001; t=3.885, P < 0.001$)。

讨 论

1982 年, Harms 等^[9]提出经椎间孔入路腰椎椎间融合技术(TLIF),因为该技术在术中不需要牵拉神经根,而使得这项技术得到迅速推广。然而开放腰椎后路 TLIF 手术对肌肉的损伤仍然影响着该融合技术的远期疗效^[10]。与腰椎融合技术同步发展的还有微创脊柱外科技术。2003 年, Foley 等^[11]使用经皮及通道技术完成 MIS-TLIF 技术,该技术通过椎旁入路解决了脊柱后路的微创入路问题,减少了腰椎后路常规手术对椎旁肌的牵拉和剥离,获得了很好的临床疗效^[12]。在显微镜辅助 MIS-TLIF 与传统 TLIF 手术对比研究中发现,显微镜辅助 MIS-TLIF 具有术中减压、止血更彻底,术后功能恢复更快,术后

腰部疼痛更轻、术后并发症更少等优点^[13-14]。MIS-TLIF 在提供和传统 TLIF 手术一样充分的减压和坚强固定的前提下,还具有创伤小、失血少、并发症少、下地活动更早等优势,减少了术后下肢静脉血栓、术后感染和血肿等继发性损伤的发生率,对于加速康复至关重要。

然而因管状牵开器的使用,导致 MIS-TLIF 工作空间有限,视野小,照明不足,使得手术操作难度增大,助手配合更加困难^[15]。而 Loupe 因其具有携带方便、可以提供一定的照明和放大作用而受到脊柱外科医生的青睐,已成为我院脊柱外科医生行脊柱手术常规的手术辅助工具,解决了因通道导致的视野有限、照明不足等问题,但助手配合困难的问题无法得到解决。除此之外, Loupe 一定程度上增加了主刀医生头部负重,加之长时间低头手术,对主刀医生颈椎带来不利影响。另外, Omar 等^[16]发现,显微镜与 Loupe 相比,并不会增加腰椎手术的感染概率。

本研究中,显微镜组的术后引流量、术后下地时间、术后住院时间均明显少于 Loupe 组(P 均 < 0.05),说明显微镜辅助下 MIS-TLIF 在术中止血更为

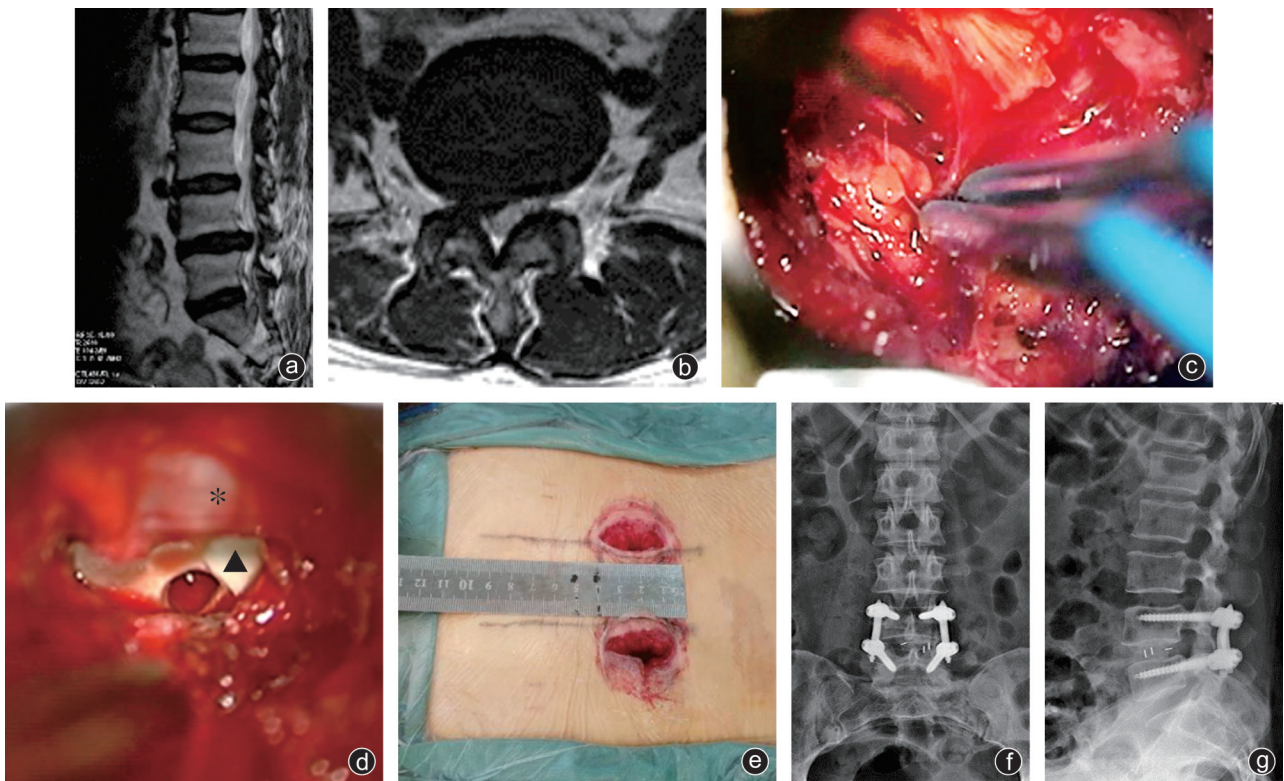


图2 病人,女,45岁,因腰痛并右下肢放射痛半年,加重3个月入院,行显微镜辅助下L_{4/5} MIS-TLIF手术 a:术前矢状位MRI示L_{4/5}水平椎间隙变窄,椎间盘突出;b:术前轴位MRI示L_{4/5}椎间盘中央偏右突出,压迫神经根及部分硬膜囊骨粒的融合器,结构清晰,更安全;c:镜下双极准确到达椎管内静脉丛出血位置,止血更精确、彻底;d:显微镜下置入填满自体骨粒的融合器,结构清晰,更安全(*为神经根,▲为融合器);e:术后切口长度约为3.7 cm、3.5 cm;f、g:术后腰椎正侧位X线片示内固定位置良好

彻底。这是因为显微镜放大倍数及光源亮度较Loupe优势明显,对于某些细小的血管可以达到更精确的止血。

显微镜与Loupe各自的优缺点总结分析如下。

1. 显微镜具有更充足的光源、更好的照明。显微镜可以根据术中实际情况调节光源强度,相较Loupe而言,显微镜可以减少术者长时间在镜下操作的眼部疲劳感。同时主刀医生与助手享受共轴视野,更利于主刀医生与助手之间的配合。

2. 显微镜具有可调节的、甚至更高的放大倍数。显微镜较Loupe而言可以更佳清晰地分辨组织结构,止血更加彻底。而Loupe是一个固定倍数的放大镜,不能根据手术中实际情况来改变放大倍数,对于细小的、位置较深或距离神经根及硬膜囊较近的血管止血相对困难。因此显微镜组有效减少了病人术后切口引流量。

3. 显微镜具有可变的焦距。显微镜因其焦距可变,使得术者不需更换体位即可进行舒适的镜下操作,而Loupe为定焦放大镜头,对于较深或较浅的操作部位,则需要通过调节手术床或颈部姿势来获得一个良好的手术姿态,这会使得Loupe组术者在术

后更容易出现颈部不适。因此,显微镜的使用,使得主刀及助手不必长时间低头手术,改善了主刀和助手的人体工学,降低了术后主刀医生及助手颈痛的发生。然而,从随访中可以发现,主刀医生及助手腰痛发生情况有一定程度增加,考虑系长时间保持一个固定的站姿引起。

4. 显微镜具有显示器,可实时显示主刀视野,护士及学生均可实时了解主刀手术操作情况,更便于护士手术配合,增加手术效率同时也有助于学生带教,降低学生学习曲线。

然而,对于显微镜来说,因其较为昂贵的价格,以及需要与之相匹配的手术器械,是阻碍其在基层医院广泛应用的主要因素。

综上所述,显微镜辅助下MIS-TLIF治疗腰椎退变性疾病在其不会额外增加病人住院期间治疗费用的基础上,具有更彻底的术中止血,更少的术后引流量、更早下地及更快出院的优势,符合加速康复外科(ERAS)理念^[17],值得推广。

参 考 文 献

[1] Qaseem A, Wilt TJ, McLean RM, et al. Clinical guidelines commit-

- tee of the American College of Physicians. Noninvasive treatments for acute, subacute, and chronic low back pain: a clinical practice guideline from the American College of Physicians [J]. *Ann Intern Med*, 2017, 166(7): 514-530.
- [2] Amundsen T, Weber H, Nordal HJ, et al. Lumbar spinal stenosis: conservative or surgical management?: A prospective 10-year study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25(11): 1424-1435.
- [3] Wiltse LL, Bateman JG, Hutchinson RH, et al. The paraspinous sacrospinalis-splitting approach to the lumbar spine [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1968, 50(5): 919-926.
- [4] Zhao J, Zhang S, Li X, et al. Comparison of minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar disc herniation: a retrospective Cohort study [J]. *Med Sci Monit*, 2018, 24: 8693-8698.
- [5] 张文志, 段丽群, 尚希福, 等. 显微镜辅助下微创经椎间孔腰椎椎间融合术治疗腰椎退行性疾病的疗效观察 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2013, 27(3): 268-273.
- [6] 卢文灿, 莫家栋, 陈奋勇, 等. 显微镜在微创经椎间孔腰椎椎间融合术中的应用价值 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2019, 12(7): 509-514.
- [7] Park JY, Kim KH, Kuh SU, et al. Spine surgeon's kinematics during discectomy, part II: operating table height and visualization methods, including microscope [J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(5): 1067-1076.
- [8] Bridwell KH, Lenke LG, McEneaney KW, et al. Anterior fresh frozen structural allografts in the thoracic and lumbar spine: do they work if combined with posterior fusion and instrumentation in adult patients with kyphosis or anterior column defects? [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1995, 20: 1410-1418.
- [9] Harms J, Rolinger H. [A one-stager procedure inoperative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion] [J]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 1982, 120(3): 343-347.
- [10] 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-E560.
- [11] Foley KT, Holly LT, Schwender JD. Minimally invasive lumbar fusion [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, 28(15 Suppl): S26-S35.
- [12] Bin Abd Razak HR, Dhoke P, Tay KS, et al. Single-level minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion provides sustained improvements in clinical and radiological outcomes up to 5 years postoperatively in patients with neurogenic symptoms secondary to spondylolisthesis [J]. *Asian Spine J*, 2017, 11(2): 204-212.
- [13] 张永峰, 张世磊, 袁斌, 等. 显微镜辅助下经椎间孔椎间融合微创治疗腰椎退行性疾病的临床疗效比较 [J]. *中华解剖与临床杂志*, 2018, 23(3): 198-202.
- [14] Goldstein CL, Macwan K, Sundararajan K, et al. Perioperative outcomes and adverse events of minimally invasive versus open posterior lumbar fusion: meta-analysis and systematic review [J]. *J Neurosurg Spine*, 2016, 24(3): 416-427.
- [15] Kunert P, Kowalczyk P, Marchel A. Minimally invasive microscopically assisted lumbar discectomy using the METRx X-Tube system [J]. *Neurol Neurochir Pol*, 2010, 44(6): 554-559.
- [16] Omar A, Ecternacht S, Kurucan E, et al. Do surgical site infection rates differ among microscope-assisted versus loupe-assisted lumbar discectomies? [J]. *Clin Spine Surg*, 2020, 33(4): E147-E150.
- [17] 张志成, 杜培, 孟浩, 等. 腰椎后路短节段手术加速康复外科实施流程专家共识 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2019, 12(6): 401-409.

(收稿日期: 2020-11-14)

(本文编辑: 陈姗姗)

引用格式

丁子毅, 王栋, 李苇航, 等. 显微镜辅助下微创经椎间孔椎间融合术治疗单节段腰椎退行性疾病的临床疗效 [J]. *骨科*, 2021, 12(2): 121-127. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.02.005.