

· 临床论著 ·

椎管狭窄合并腰椎失稳与滑脱的 MED 内镜辅助融合[△]

徐翔, 吴一民, 李树文, 杜志才, 白明, 王宇鹏, 赵健, 孟格栋, 于英楠, 张德宝, 银和平*

(内蒙古医科大学第二附属医院脊柱外科中心 C 区, 内蒙古呼和浩特 010030)

摘要: [目的] 比较显微内镜椎间盘切除系统 (microendoscopic discectomy, MED) 辅助下微创经椎间孔腰椎体间融合术 (minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF) 治疗椎管狭窄合并腰椎失稳与滑脱的临床效果。[方法] 回顾性分析 2005 年 5 月—2018 年 5 月, 本院应用内镜 MIS-TLIF 治疗椎管狭窄 935 例患者的临床资料。依据术前影像诊断, 462 例伴腰椎失稳, 另外 473 例伴腰椎滑脱。比较两组围手术期、随访及影像学结果。[结果] 两组均顺利完成手术, 无严重并发症。两组在手术时间、切口总长度、术中失血量、术后引流量、下地行走时间、切口愈合等级及住院时间的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。随时间推移, 两组患者的 VAS 和 ODI 评分均显著下降 ($P<0.05$)。术后 1 个月时失稳组的 VAS 和 ODI 评分显著优于滑脱组 ($P<0.05$), 但是, 术后 6、12、48 个月两组上述指标的差异已无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 两组间椎弓钉置入的准确性的 Gertzbein-Robbins 评级差异无统计学意义 ($P>0.05$)。与术后 6 个月相比, 术后 48 个月两组 BSF 融合评级显著改善 ($P<0.05$); 相应时间点两组间 BSF 融合评级的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] 内镜 MIS-TLIF 治疗椎管狭窄合并腰椎失稳或腰椎滑脱均可取得满意的临床效果, 具有视野清晰, 操作准确的优点。

关键词: 椎管狭窄, 腰椎失稳, 腰椎滑脱, 显微内镜椎间盘切除系统, 微创经椎间孔腰椎体间融合术

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2022) 10-0865-06

Microendoscopic discectomy system assisted minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for spinal stenosis accompanied with lumbar instability versus spondylolisthesis // XU Xiang, WU Yi-min, LI Shu-wen, DU Zhi-cai, BAI Ming, WANG Yu-peng, ZHAO Jian, MENG Ge-dong, YU Ying-nan, ZHANG De-bao, YIN He-ping. Spinal Surgery Center, The Second Affiliated Hospital, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010030, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical outcomes of microendoscopic discectomy system (MED) assisted minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) for spinal canal stenosis accompanied with lumbar instability (LI) versus lumbar spondylolisthesis (LS). [Methods] From May 2005 to May 2018, a total of 935 patients received MED assisted MIS-TLIF for spinal canal stenosis in our hospital. According to preoperative radiographs, 462 patients were diagnosed of LI accompanied, while the remaining 473 patients had LS. The perioperative, follow-up and imaging documents were compared between the two groups. [Results] All patients in both groups were operated on successfully without serious complications. There were no significant differences between the two groups in terms of operative time, total incision length, intraoperative blood loss, postoperative drainage, walking time, incision healing and hospital stay ($P>0.05$). The VAS and ODI scores decreased significantly over time in both groups ($P<0.05$), which in the LI group were significantly better than those in the LS group at 1 and 6 months postoperatively ($P<0.05$), but became not significantly different between the two groups at 12 and 48 months after surgery ($P>0.05$). Radiographically, there was no significant difference in term of Gertzbein-Robbins scales for the accuracy of pedicle placement between the two groups ($P>0.05$). Compared with that 6 months postoperatively, BSF fusion classification significantly upgraded in both groups at 48 months after surgery ($P<0.05$), however, there were no statistically significant differences in BSF classification between the two groups at the any corresponding time points ($P>0.05$). [Conclusion] The MED assisted MIS-TLIF does achieve satisfactory clinical outcomes for spinal stenosis accompanied with both lumbar instability and lumbar spondylolisthesis, and has the advantages of accurate operation under clear vision.

Key words: spinal canal stenosis, lumbar instability, lumbar spondylolisthesis, microendoscopic discectomy (MED) system, minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF)

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.10.02

[△]基金项目:内蒙古自治区科学技术计划项目

作者简介:徐翔,主治医师,博士,研究方向:微创脊柱,(电话)15847118574,(电子信箱)416488832@qq.com

*通信作者:银和平,(电话)13947189200,(电子信箱)nmgyhp0471@126.com

腰椎失稳与腰椎滑脱症多见于中老年人群，主要病因是椎间盘退变，下腰椎长期反复负重应力积累所致，早期以腰疼、腰因为主要症状，渐进性出现下肢麻木或间歇性跛行步态^[1, 2]。对保守治疗无效者腰椎融合术是主要治疗方式，而融合术有多种术式。其中，经微创椎间孔腰椎间融合术（minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF）是目前最常用的术式之一，它是经椎间孔由外向内，显露 Kambin 三角，在邻近椎管侧方完成的椎间融合方法^[3-6]，其优点是融合操作对椎管内环境干扰小，融合笼架由行走根和出口根间置入椎间隙，对硬膜及马尾神经影响较小^[7-11]。

1997年美国 Foley^[12]发明显微内镜椎间盘切除系统（microendoscopic discectomy, MED）系统及经扩张通道下完成 mis-TLIF 的微创腰椎融合手术，由固定管状通道发展到可扩张的 X-TUBE 及 QUADRANT 等，可在成像清晰的内镜或显微镜下进行，2001年后 Foley^[13]又报告了后路经皮置入椎弓根螺钉微创固定系统即 SEXTANT，开创了可视化微创腰椎融合的新时代。2005年5月—2018年5月，作者对462例失稳与473例滑脱患者行显微内窥镜辅助下 mis-TLIF，现将两组临床治疗效果的比较报告如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准：（1）反复腰腿痛，伴有单侧或双侧下肢疼痛，间歇性跛行；（2）经3个月以上保守治疗无效；（3）影像检查符合椎管狭窄症，伴有腰椎失稳或腰椎滑脱。

排除标准：（1）腰椎滑脱 Meyerding 分度为Ⅱ度以上的；（2）严重骨质疏松与肥胖者；（3）具有心脑血管合并症不能耐受手术，如精神异常、凝血功能障碍等；（4）合并椎间隙感染与肿瘤者；（5）3个节段以上失稳伴椎管狭窄者。

1.2 一般资料

回顾性分析2005年5月—2018年5月于本院应用MED辅助下 mis-TLIF 术治疗腰椎退行性病患者的临床资料。共935例患者符合上述标准，纳入本研究。按术前影像诊断分为两组，失稳组462例，滑脱组473例。两组术前一般资料见表1，两组患者在年龄、性别、BMI、病程以及责任节段差异均无统计学意义（ $P>0.05$ ）。本研究经过医院伦理协会审批，所有患者均签署知情同意书。

表1 两组术前一般资料与比较

指标	失稳组 (n=462)	滑脱组 (n=473)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	61.10±3.97	61.15±4.53	0.725
性别 (例, 女/男)	175/287	181/292	0.903
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	24.96±2.21	25.29±2.69	0.105
病程 (年, $\bar{x} \pm s$)	2.34±0.47	2.30±0.50	0.334
节段 (例, L _{3/4} /L _{4/5} /L ₅ S ₁)	10/221/78	23/456/141	0.673

1.3 手术方法

所有患者均在MED辅助下行 mis-TLIF 术。首先透视定位责任节段，在上下4个椎弓根置钉体表标记（图1a）。于责任节段症状重的一侧，棘突旁开2.5~3.0cm与皮纹平行行2cm切口，于切口 midpoint 下方纵向切开深筋膜并钝性分开肌肉间隙深达关节突关节表面，逐级置管扩张建立工作通道（图1b）。镜下清除关节突关节表面软组织，双极电凝止血，显露关节突关节（图1c）。于关节突外缘插针透视定位（图1d）。分别使用大口径环锯、弧形骨刀、直口骨刀、枪钳及椎间孔减压钳（专利号：ZL201821109311.1）由椎间孔外向椎间孔内切除关节突关节1/2部分，充分显露 Kambin 三角及椎间盘，在自动神经牵开器（专利号：ZL201110252413.5）的保护下切开纤维环（图1e）。分别用逐级绞刀、角度刮匙和髓核钳彻底清除髓核组织，显露至上下骨性终板。向椎间隙植入自体骨粒，或人工骨粒+BMP（图1f），再置入椎间融合笼架（图1g）。再次镜下探查，若残留有椎管狭窄，倾斜工作通道，镜下切除症状侧残余上关节突、椎板及黄韧带。减压侧镜下行椎弓根穿刺，透视下置入导丝，退镜，置入椎弓钉；其余3个椎弓根在透视引导下，行经皮穿刺，置入椎弓钉。经皮置入双棒，调整并紧固钉-棒系统，完成固定，影像检查确定内固定位置良好（图1h）。L形神经剥离器探查头尾及左右两侧椎管，确认神经压迫完全解除。取出工作通道，放置引流管，闭合手术切口。

1.4 评价指标

记录围手术期资料，包括手术时间、切口总长度、术中失血量、术后引流量、下地行走时间、切口愈合等级以及住院时间。在术后1、6、12及48个月进行随访，采用疼痛视觉模拟评分（visual analogue scale, VAS）和 Oswestry 功能障碍指数（Oswestry disability index, ODI）评价临床效果。行影像检查，按 Gertzbein-Robbins 等^[14, 15]的标准评估椎弓钉置入的准确性，并评估融合笼架的位置。此外，评估滑脱复位情况。采用 Brantigan, Steffee 和 Fraser (BSF) 标准

评价椎间融合^[16, 17]: BSF-I 级: 出现椎体间隙塌陷和吸收, 植骨下沉、透光、囊性变、内固定松动、椎体滑脱等现象, 即影像学假关节; BSF-II 级: 出现通过椎间融合器并连接上下终板的骨小梁, 在融合器内见完全横断的透亮带, 即影像学锁定假关节;

BSF-III 级: 在 CT 重建矢状位或冠状位均观察到融合器内或外出现连接椎体上下终板的完全连续的骨小梁, 水平位观察到周围出现广泛的成骨现象, 即影像学融合。

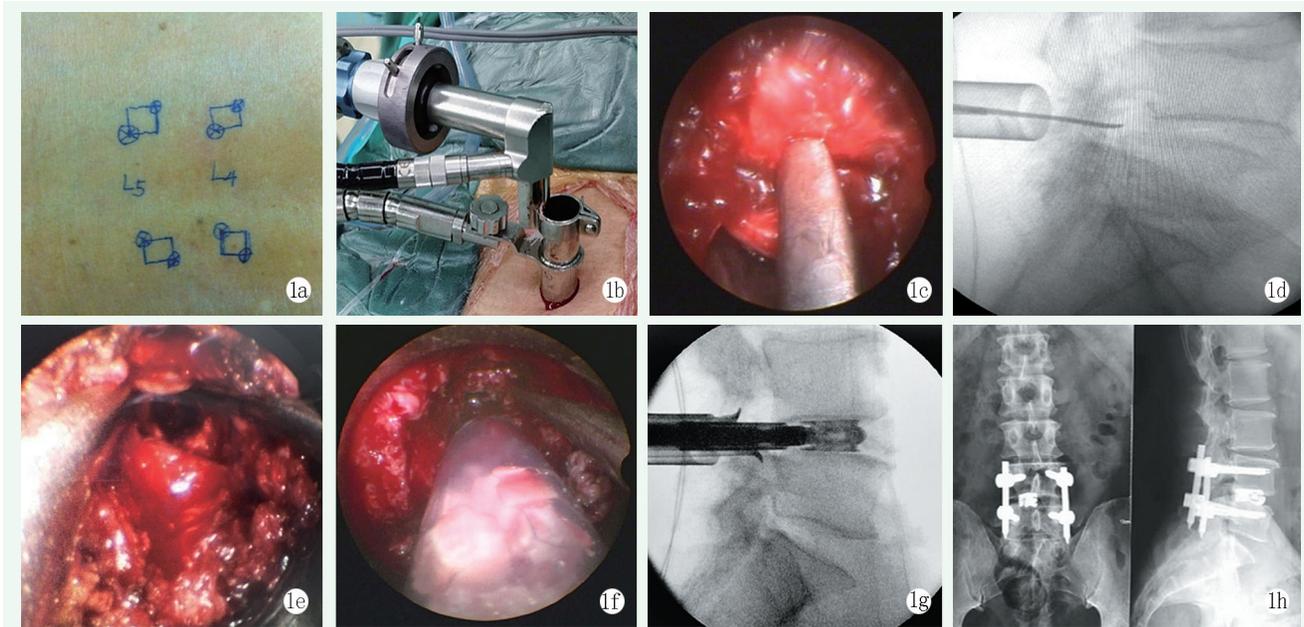


图 1 显微内窥镜辅助下 mis-TLF 1a: 术前透视下, 体表标记椎弓根置钉位置 1b: 融合侧建立工作通道 1c: 镜下显露关节突关节 1d: 关节突外缘插针透视定位 1e: 用大口径环锯、弧形骨刀、直口骨刀开窗, 显露椎间隙, 切除椎间盘 1f: 椎间植入自体骨粒, 或人工骨粒+BMP 1g: 置入融合笼架 1h: 完成椎弓钉-棒系统固定

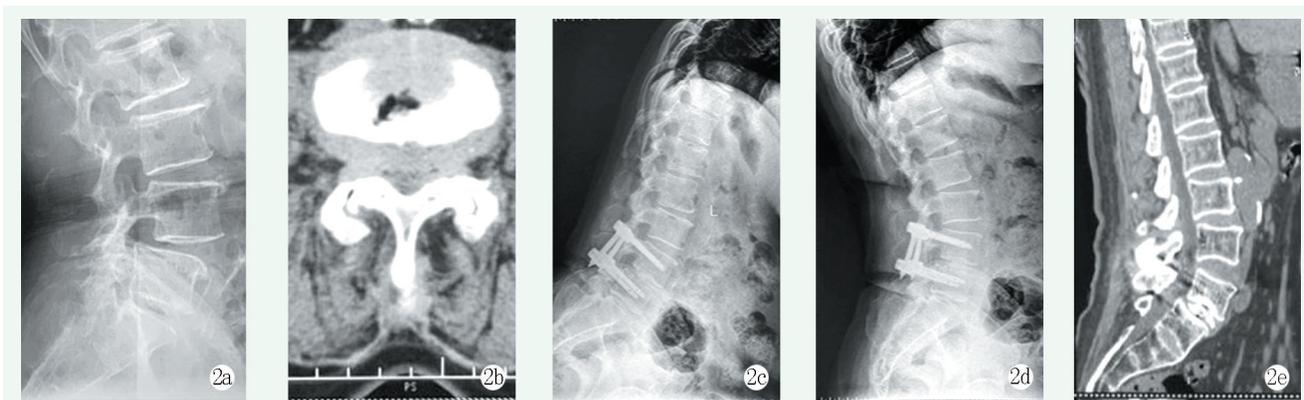


图 2 患者, 男, 54 岁, 腰疼伴双下肢疼痛 3 年, 间歇性跛行 1 年 2a: 术前侧位 X 线片示 L_{4/5} 退行性滑脱 II 度 2b: 术前横切面 CT 显示 L_{4/5} 椎管狭窄 2c, 2d: 术后 2 年腰椎过伸过屈位侧位 X 线片示 L_{4/5} 椎体对良好, 已骨性融合, 内定物位置好 2e: CT 矢状面重建, 显示椎间融合

2 结果

2.1 围手术期情况

两组患者均顺利完成手术, 术中无严重并发症。两组患者围手术期资料见表 2, 两组手术时间、切口总长度、术中失血量、术后引流量、下地行走时间、切口愈合等级以及住院时间的差异均无

统计学意义 ($P>0.05$)。住院期间, 滑脱组发生 35 例并发症, 包括下肢麻木不适 5 例, 硬膜撕裂 5 例, 表浅感染 20 例, 局部血肿 4 例, 深部感染 1 例。失稳组发生 32 例并发症, 包括下肢麻木不适 4 例, 硬膜撕裂 4 例, 表浅感染 18 例, 局部血肿 5 例, 深部感染 1 例。两组均未发生死亡、肺动脉栓塞等严重并发症。

表 2 两组围手术期资料与比较

指标	失稳组 (n=462)	滑脱组 (n=473)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	39.71±8.55	39.64±8.54	0.904
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	5.87±0.66	5.82±0.49	0.197
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	74.10±27.28	74.28±27.17	0.990
术后引流量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	21.01±2.45	21.24±2.76	0.147
下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	5.20±1.04	5.24±1.07	0.256
切口愈合等级 (例, 甲/乙/丙)	443/18/1	452/20/1	0.967
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	7.28±0.63	7.34±0.63	0.079

2.2 随访结果

两组患者均获随访 48 个月以上。随访过程中, 失稳组 462 例中, 9 例行翻修, 其原因为钉棒移位或断裂 8 例, 深部感染清创 1 例。滑脱组 473 例中, 11 例行翻修, 其原因为钉棒移位或断裂 10 例, 深部感染清创 1 例。两组随访资料见表 3。随时间推移, 两组 VAS 和 ODI 评分均显著下降 ($P<0.05$)。术前两组间 VAS 和 ODI 评分差异无统计学意义 ($P>0.05$), 术后 1 个月时失稳组的 VAS 和 ODI 评分显著优于滑脱组 ($P<0.05$), 术后 6、12 与 48 个月两组 VAS 和 ODI 评分的差异已无统计学意义 ($P>0.05$)。

表 3 两组随访结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	时间点	失稳组 (n=462)	滑脱组 (n=473)	P 值
VAS 评分 (分)	术前	7.01±0.44	7.05±0.40	0.144
	术后 1 个月	3.42±0.63	3.59±0.63	<0.001
	术后 6 个月	2.63±0.80	2.71±0.82	0.129
	术后 12 个月	1.88±0.57	1.92±0.60	0.287
	术后 48 个月	1.38±0.58	1.45±0.66	0.079
	P 值	<0.001	<0.001	
ODI 评分 (%)	术前	43.73±1.83	43.74±1.78	0.900
	术后 1 个月	22.90±1.75	23.21±1.86	0.010
	术后 6 个月	15.45±1.04	15.42±0.99	0.612
	术后 12 个月	12.93±1.24	12.94±1.24	0.923
	术后 48 个月	7.27±0.86	7.35±1.00	0.177
	P 值	<0.001	<0.001	

2.3 影像评估

术后影像显示滑脱组 473 例中, 完全复位 430 例, 部分复位 40 例, 滑移无改变 3 例。两组患者椎弓钉置入准确性评估结果见表 4。两组间椎弓钉置入的准确性的 Gertzbein-Robbins 评级差异无统计学意义 ($P>0.05$)。术后影像显示两组椎间融合笼架和钉棒位置均满意, 无严重位置不良者。

表 4 两组椎弓钉置入准确性 Gertzbein-Robbins 评级结果 [钉数 (%)] 与比较

评级	失稳组 (n=1 848 钉)	滑脱组 (n=1 892 钉)	P 值
A	1 710 (92.53)	1 742 (92.07)	0.597
B	82 (4.44)	86 (4.55)	0.873
C	40 (2.16)	44 (2.33)	0.740
D	8 (0.43)	10 (0.53)	0.673
E	8 (0.43)	10 (0.53)	0.673

定期影像复查显示椎间融合和内固定改变结果

见表 5, 与术后 6 个月相比, 术后 48 个月两组 BSF 融合评级显著升级 ($P<0.05$); 相应时间点两组间 BSF 融合评级的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。与术后 6 个月相比, 术后 48 个月两组内固定不良改变有所增加, 但差异无统计学意义 ($P>0.05$); 相应时间点两组间内固定物变化的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

3 讨论

腰椎滑脱与腰椎失稳是临床中较常见的腰椎疾病, 腰椎失稳主要以反复腰痛为主要症状, 下肢症状较轻, 而腰椎滑脱以腰部疼痛伴随下肢疼痛为主要症状。常规传统融合手术由于切口较大, 剥离肌肉过程中, 对肌肉损伤较严重, 容易发生慢性腰疼的症状^[18]。而近二十年来, 可视化微创化理念与技术广泛应用于临床, 而脊柱微创技术以盘镜和孔镜

技术更具代表性^[19, 20]。目前固定通道内镜下 mis-TLIF+经皮椎弓根螺钉内固定术有三种可视化技术,即显微镜、椎间盘镜和孔镜辅助技术^[21]。显微镜是最理想的三维可视成像,多用于开放或扩张通道中,因设备昂贵和视野遮挡与偏心专用手术器械的要求,在直径 20 mm 的固定工作通道内操作有一定困难,只有少数经过规范培训学习,有丰富临床实践经验的专业医师才能熟练完成。椎间盘镜和孔镜均为二维可视成像,前者是 1997 年美国神经外科医生 Foley 等^[12]研发并报告。近 20 年来椎间盘镜在亚洲广泛应用,以日本和中国最为普遍。从单纯腰椎间盘突出症经椎板间入路髓核摘除,到颈、胸及腰椎管狭窄症的开窗减压,倾斜工作通道后也可有限有效完成单侧入路双侧减压。椎间盘镜具有较强的优势:(1)切口

小:融合入路切口 2 cm,置钉切口 10 mm,所以手术时间短,出血少;(2)融合与固定均经肌肉间隙同心圆逐级扩张,对多裂肌及脊神经背内侧支影响轻微;(3)20 mm 工作通道镜下成像画面可有效显示 Kambin 三角解剖内容,镜下可以显示一次完成融合全程操作,不用另外更换工作套管;(4)在 Kambin 三角区可放置较大体积的融合器(高度:11~13 mm)斜行进入椎间盘内,即使术后发生松移或退出,也是经此三角而出,并不会压迫马尾神经,可能会对出口根和行走根有轻度刺激,如下肢麻木,行走或负重时出现,休息后缓解,多能忍受,不影响生活自理,需取出时也容易;(5)工作套管可灵活调整所需方向和角度;(6)64 倍成像可更清晰看见椎管减压情况,减压更彻底。

表5 两组影像评估结果与比较

指标	时间点	失稳组 (n=462)	滑脱组 (n=473)	P 值
BSF 分级 (例, I/II/III)	术后 6 个月	202/260/0	210/263/0	0.836
	术后 48 个月	15/102/345	16/123/334	0.360
	P 值	<0.001	<0.001	
内固定物 (例, 正常/移位/断裂)	术后 6 个月	458/3/1	468/4/1	0.941
	术后 48 个月	453/5/4	463/5/5	0.956
	P 值	0.312	0.246	

本文通过失稳组与滑脱组对比发现,两组手术用时较短、手术切口较小、术中失血量较少。而且术后患者可以较早的下地活动,切口愈合较好。由于微创所造成的肌肉损伤较小,两组术后腰背肌无力综合征的发生率较低。而对于椎弓钉置入的准确性,通过影像学利用 Gertzbein-Robbins 评级来进行评估,两组椎间融合笼架和钉棒位置均满意,无严重位置不良者。而且通过远期影像学的随访,进行腰椎融合术后融合率的评估,利用 BSF 标准进行评价,术后腰椎 CT 三维重建发现,术后 2 年,两组融合术后在 CT 重建矢状位或冠状位均观察到融合器内或外出现连接椎体上下终板的完全连续的骨小梁,水平位观察到周围出现广泛的成骨现象,基本达到 BSF III 级融合,两组融合率接近。而与传统融合手术相比较,融合率也基本相近^[22, 23]。

综上所述,两组手术创伤小,出血少,恢复快,腰背肌无力综合征发生率低,而且两组的疗效和融合率较高,与传统手术融合率接近,改善了患者的生活质量^[24-26]。

参考文献

- [1] Ferrari S, Vanti C, Piccarreta R, et al. Pain, disability, and diagnostic accuracy of clinical instability and endurance tests in subjects with lumbar spondylolisthesis [J]. J Manipulative Physiol Ther, 2014, 37 (9): 647-659.
- [2] Hayashi K, Toyoda H, Terai H, et al. Comparison of minimally invasive decompression and combined minimally invasive decompression and fusion in patients with degenerative spondylolisthesis with instability [J]. J Clin Neurosci, 2018, 57 (1): 79-85.
- [3] 银和平, 李树文, 吴一民, 等. 显微内窥镜技术 10 年应用经验与思考 [J]. 脊柱外科杂志, 2012, 10 (1): 3-5.
- [4] 朱勇, 赵宏, 邱贵兴. 腰椎不稳的诊断和治疗进展 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2009, 19 (2): 150-153.
- [5] 孙武, 朱立国, 杨克新, 等. 退行性腰椎侧凸椎管狭窄两种椎间融合术比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (21): 1939-1944.
- [6] Sayari AJ, Patel DV, Yoo JS, et al. Device solutions for a challenging spine surgery: minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS TLIF) [J]. Expert Rev Med Devices, 2019, 16 (4): 299-305.
- [7] Seng C, Siddiqui MA, Wong KP, et al. Five-year outcomes of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: a matched-pair comparison study [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2013, 38 (23): 2049-2055.
- [8] Vazan M, Gempt J, Meyer B, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion versus open transforaminal lumbar in-

- terbody fusion: a technical description and review of the literature [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2017, 159 (6): 1137-1146.
- [9] Xie Q, Zhang J, Lu F, et al. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion in obese patients: a meta-analysis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2018, 19 (1): 15.
- [10] Qin R, Liu B, Zhou P, et al. Minimally invasive versus traditional open transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of single-level spondylolisthesis grades 1 and 2: a systematic review and meta-analysis [J]. *World Neurosurg*, 2019, 122 (2): 180-189.
- [11] Yang Y, Liu ZY, Zhang LM, et al. Microendoscopy-assisted minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases: 5-year outcomes [J]. *World Neurosurg*, 2018, 116: e602-e610.
- [12] Foley KT, Holly LT, Schwender JD. Minimally invasive lumbar fusion [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, 28 (15 Suppl): S26-S35.
- [13] Foley KT, Gupta SK, Justis JR, et al. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine [J]. *Neurosurg Focus*, 2001, 10 (4): E10.
- [14] Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1990, 15 (1): 11-14.
- [15] 茅剑平, 张琦, 范明星, 等. 机器人辅助与徒手置入椎弓根螺钉在经椎间孔腰椎椎间融合术中的对比研究 [J]. *中国微创外科杂志*, 2019, 19 (6): 481-484.
- [16] Brantigan JW, Steffee AD. A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion. Two-year clinical results in the first 26 patients [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1993, 18 (14): 2106-2107.
- [17] Son HJ, Jo YH, Ahn HS, et al. Outcomes of lumbar spinal fusion in super-elderly patients aged 80 years and over: Comparison with patients aged 65 years and over, and under 80 years [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100 (31): e26812.
- [18] 陈斌彬, 毛克亚, 韩振川, 等. 微创经椎间孔腰椎植骨融合术与开放后路腰椎植骨融合术治疗腰椎滑脱症的疗效比较 [J]. *解放军医学院学报*, 2019, 40 (2): 101-105.
- [19] 陈思圆. 微创经椎间孔腰椎体间融合术治疗腰椎管狭窄合并腰椎不稳症的临床效果 [C]: 国际数字医学会数字中医药分会成立大会暨首届数字中医药学术交流会, 中国广东珠海, 2016.
- [20] 白世明, 刘中收. 椎旁肌间隙入路微创经椎间孔腰椎体间融合术治疗腰椎滑脱的临床效果 [J]. *河南医学研究*, 2020, 29 (18): 3313-3315.
- [21] Chen K, Chen H, Zhang K, et al. O-arm navigation combined with microscope-assisted MIS-TLIF in the treatment of lumbar degenerative disease [J]. *Clin Spine Surg*, 2019, 32 (5): E235-E240.
- [22] Peng P, Chen K, Chen H, et al. Comparison of O-arm navigation and microscope-assisted minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and conventional transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar isthmic spondylolisthesis [J]. *J Orthop Translat*, 2020, 20 (1): 107-112.
- [23] Lv Y, Chen J, Chen J, et al. Three-year postoperative outcomes between MIS and conventional TLIF in 1-segment lumbar disc herniation [J]. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 2017, 26 (3): 168-176.
- [24] 滕海军, 郭志良, 鲁海江, 等. Quadrant 通道下微创治疗军人腰椎峡部不连并滑脱的疗效观察 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (3): 275-278.
- [25] 俞海明, 姚学东, 李毅中, 等. 脊柱内镜辅助斜外侧椎间融合术治疗腰椎退变性疾病 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (3): 268-272.
- [26] 杨佳宁, 赵胜军, 赵丽丽, 等. 微创通道下 MIS-TLIF 联合经皮椎弓根螺钉治疗腰椎滑脱症的临床疗效观察 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (3): 273-276.

(收稿:2021-11-01 修回:2022-03-14)
(同行评议专家: 吴天定 段春岳)
(本文编辑: 郭秀婷)