

· 临床论著 ·

Wiltse入路与后正中入路经椎间孔椎体间融合的比较

班超^{1,2}, 刘杰², 王盼², 龙浩², 张洋², 盛勃闻², 叶川^{1*}

(1. 贵州医科大学附属医院骨科, 贵州贵阳 550004; 2. 贵阳市第四人民医院脊柱外科, 贵州贵阳 550002)

摘要: [目的] 探讨 Wiltse 入路与后正中入路经椎间孔腰椎融合术 (transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF) 治疗腰椎管狭窄症的临床疗效。[方法] 回顾分析 2021 年 11 月—2022 年 9 月本院收治的 40 腰椎管狭窄症患者的临床资料, 根据医患沟通结果, 19 例采用 W-TLIF, 21 例采用传统后正中入路 TLIF, 比较两组临床及多裂肌检查资料。[结果] 两组均顺利完成手术, 两组手术时间、切口总长度、术中出血量、术后引流量、术中透视次数的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。W-TLIF 组地行走时间显著早于后正中 TLIF 组 [(2.3±0.8) d vs (4.0±1.1) d, $P<0.05$]。随访时间平均 (7.1±0.9) 个月, 随时间推移, 两组 VAS 及 ODI 评分均显著减少 ($P<0.05$)。术后 6 个月 W-TLIF 组 VAS [(1.0±0.5) vs (2.0±1.0), $P=0.013$] 及 ODI 评分 [(11.6±1.8) vs (16.0±3.7), $P<0.001$] 均显著优于 TLIF 组 ($P<0.05$)。多裂肌检测方面, 与术前相比, 两组术后 1、3、6 个月 LMCSA、MUAP 均显著减小 ($P<0.05$), DPR 无显著变化 ($P>0.05$)。术前两组 LMCSA、MUAP 的差异均无统计学意义 ($P>0.05$); 术后 6 个月 W-TLIF 组 LMCSA [(510.8±54.9) mm² vs (280.7±32.2) mm², $P<0.05$] 和 MUAP [(504.4±58.1) μV vs (313.7±71.0) μV, $P<0.05$] 均显著大于 TLIF 组。术后相应时间点 W-TLIF 组多裂肌失神经电位出现率均显著低于 TLIF 组 ($P<0.05$)。[结论] W-TLIF 组对多裂肌损伤低于后正中 TLIF 组, 可减轻疼痛, 有利于早期康复。

关键词: 腰椎管狭窄, 经椎间孔椎体间融合, 肌间隙入路, 多裂肌

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 18-1657-06

Transforaminal lumbar interbody fusion through Wiltse approach versus traditional posterior midline approach // BAN Chao^{1,2}, LIU Jie², WANG Pan², LONG Hao², ZHANG Yang², SHENG Bo-wen², YE Chuan¹. 1. Department of Orthopedics, The Affiliated Hospital, Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China; 2. Department of Spinal Surgery, The Fourth People's Hospital of Guiyang City, Guiyang 550002, China

Abstract: [Objective] To evaluate the clinical efficacy of Wiltse approach transforaminal lumbar interbody fusion (W-TLIF), by comparison with the traditional posterior midline approach transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) in the treatment of lumbar spinal stenosis. **[Methods]** A retrospective study was conducted on 40 patients who received TLIFs for lumbar spinal stenosis in our hospital from November 2021 to September 2022. According to doctor-patient communication, 19 patients were treated with W-TLIF, while other 21 patients were treated with traditional TLIF. The clinical and multifidus examination data of the two groups were compared. **[Results]** All patients in both groups had corresponding surgical procedures performed successfully without significant differences in operation time, total incision length, intraoperative blood loss, postoperative drainage volume, and intraoperative fluoroscopy times between the two groups ($P>0.05$), while the patients in the W-TLIF group resumed postoperative ambulation significantly earlier than those in the TLIF group [(2.3±0.8) days vs (4.0±1.1) days, $P<0.05$]. With time of the follow-up period lasted for (7.1±0.9) months on a mean, the VAS and ODI scores were significantly decreased in both groups ($P<0.05$). The W-TLIF group were significantly better than the TLIF group 6 months after operation in terms of VAS score [(1.0±0.5) vs (2.0±1.0), $P=0.013$] and ODI score [(11.6±1.8) vs (16.0±3.7), $P<0.001$]. Regarding multifidus detection, the lean multifidus cross sectional area (LMCSA) and motor unit action potential (MUAP) were significantly decreased in both groups 1, 3 and 6 months after operation compared with those before operation ($P<0.05$), while the denervated potential ratio (DPR) remained unchanged ($P>0.05$). Although there were no significant differences in LMCSA and MUAP between the two groups before surgery ($P>0.05$), the W-TLIF group was significantly superior to the TLIF group in terms of LMCSA [(510.8±54.9) mm² vs (280.7±32.2) mm², $P<0.05$] and MUAP [(504.4±58.1) μV vs (313.7±71.0) μV, $P<0.05$] 6 months postoperatively, additionally, the former was also significantly better than the latter in term of DPR at all time points postoperatively accordingly ($P<0.05$). **[Conclusion]** The Wiltse approach TLIF has

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.18.05

作者简介:班超,主治医师,在读硕士,研究方向:脊柱外科,(电话)15285052777,(电子信箱)23916093@qq.com

* 通信作者:叶川,(电话)13984822777,(电子信箱)545255355@qq.com

lower damage to the multifidus muscle than the traditional posterior midline approach TLIF, which does reduce pain and is conducive to early rehabilitation.

Key words: lumbar spinal stenosis, transforaminal lumbar interbody fusion, intermuscular space approach, multifidus

腰椎退行性疾病发病率逐年增加^[1-2]。随着认识的深入,手术方式也倾向微创。虽然在减压、固定、恢复脊柱序列的原则下,不同手术方式均能达到同等疗效,但减少组织剥离及周围脊神经刺激,加速患者康复,仍是今后研究热点^[3, 4]。

传统后正中入路经椎间孔腰椎间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)是脊柱外科成熟的术式,有学习曲线短、术中解剖暴露充分的优点^[5]。但随着对软组织认识的增加,如何保留脊柱旁软组织的完整性,减少破坏,已成为共同追求的目标。传统后正中 TLIF 需完全剥离多裂肌,显露术区结构,对脊柱多裂肌及后柱骨-韧带复合体结构造成损伤,甚至损伤脊神经背支,导致术后顽固性腰痛、邻近节段失稳及退变等,更甚者出现严重功能障碍^[6]。

腰椎多裂肌对维持腰椎稳定性有重要作用^[7]。尽可能保留多裂肌,对于快速康复有重要作用^[8, 9]。Wiltse 入路经椎间孔腰椎融合术(Wiltse approach transforaminal lumbar interbody fusion, W-TLIF),从最长肌、多裂肌间隙进入,减少多裂肌剥离及牵拉,保护了椎旁软组织,减少了创伤^[10-12]。虽该手术具备解剖学优势,但是针对此手术方式研究还表浅于术后疼痛、出血等层面,对更深层次的神经损害改变及椎旁软组织损害缺乏相关全面数据。为探讨 W-TLIF 入路的临床价值,本研究收集 2021 年 11 月—2022 年 9 月,分别采用 W-TLIF 与传统后正中 TLIF 治疗单节段腰椎管狭窄症 40 例患者的临床资料,比较两种术式围手术期情况、腰背部疼痛、功能障碍情况、多裂肌损伤程度及术后多裂肌神经电生理变化等,为临床医师在选择手术方式时提供一定参考。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准:(1)单节段腰椎管狭窄症符合行 TLIF 术适应证;(2)保守治疗无效;(3)单侧症状。

排除标准:(1)存在脊柱畸形、椎体滑脱、椎旁肌广泛脂肪变性萎缩者;(2)腰椎手术史、糖尿病、感染及肿瘤患者;(3)术前多裂肌神经电生理存在失神经电位;(4)合并运动神经元病。

1.2 一般资料

回顾性分析 2021 年 11 月—2022 年 9 月,在本院手术治疗单节段腰椎管狭窄症患者的临床资料,共 40 例符合上述标准,纳入本研究。依据术前医患沟通结果,19 例采用 W-TLIF,21 例采用传统后正中入路 TLIF。两组患者一般资料见表 1,两组年龄、性别、BMI、病程、狭窄节段的差异均无统计学意义($P>0.05$)。本研究经医院伦理委员会批准,所有患者均签署知情同意书。

表 1 两组患者术前一般资料比较

Table 1 Comparison of preoperative general data between the two groups

指标	W-TLIF 组 (n=19)	TLIF 组 (n=21)	P 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	59.8±9.7	57.8±9.1	0.283
性别(例,男/女)	8/11	14/7	0.962
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	25.9±3.4	26.4±2.6	0.420
病程(月, $\bar{x} \pm s$)	32.9±25.2	40.7±29.6	0.504
节段(L _{4/5} /L ₅ S ₁)	13/6	16/5	0.583

1.3 手术方法

W-TLIF 组:全麻、俯卧位,后正中切口切开皮肤、皮下,暴露腰背筋膜。分别于棘突旁侧切开腰背筋膜,找出最长肌与多裂肌肌间隙,分离至椎板和关节突。责任间隙上下双侧置入椎弓钉。牵开患侧多裂肌及最长肌,暴露手术区域,去除上椎体下椎板 1/3 及下关节突、下椎体上关节突内缘及上缘,分离关节囊及黄韧带,小心分离神经根,减压神经根管及侧隐窝,探查椎间孔区域,见神经根松弛,暴露椎间盘行切除术。打磨上下终板,试模测量,自体碎骨粒填入椎间隙,取合适的椎间笼架填入骨粒,置入椎间隙,检查位置满意,将连接棒与椎弓根钉连接固定,正侧位透视位置满意。放置负压引流。术后 24 h 引流量<50 ml,拔除引流管。

TLIF 组:全麻、俯卧位,后正中切口切开皮肤、皮下。正中切开腰背筋膜,紧贴棘突剥离双侧肌肉至显露椎板和关节突。责任间隙上下双侧置入椎弓钉。切除下责任间隙黄韧带和部分椎板,以及症状侧部分关节突,显露椎管,小心分离神经根,减压神经根管及侧隐窝,探查椎间孔区域,见神经根松弛。暴

露椎间盘行切除术，打磨上下终板，试模测量。自体碎骨粒填入椎间隙，取合适的椎间笼架填入骨粒，置入椎间隙，检查位置满意，将连接棒与椎弓根钉连接固定，正侧位透视位置满意。放置负压引流。术后 24 h 引流量 < 50 ml，拔除引流管。

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、术中出血量、术后引流量、术中透视次数、下地行走时间。采用疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scales, VAS)^[13]、Oswestry 功能障碍指数问卷表 (Oswestry disability index, ODI)^[14] 评价临床效果。行 MRI 检查，采用 PHILIPS Intellispace Portal (V7.0.7.40410) 系统软件，在平扫图像上圈画不规则多裂肌轮廓进行自动测量多裂肌横截面积 (lean multifidus cross sectional area, LMCSA)^[15, 16]，选用减压侧同层面多裂肌分别测量 2 次后取平均值，即得到 LMCSA。采用 Nicolet Viking Quest 神经电生理检测仪器肌电检测多裂肌运动单位电位值 (motor unit action potential, MUAP)^[17, 18]，并观察多裂肌失神经电位情况，计算失神经电位出现率 (denervation potential ratio, DPR)，即失神经病例数/总例数。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 *t* 检验；组内时间点比较采用单因素方差分析；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-Whitney *U* 检验，组内比较采用多个相关资料的 Friedman 检验。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

两组均顺利完成手术，术中无大出血、死亡等严重并发症。两组术后各出现 3 例下肢酸胀不适，无肌力及浅感觉减退，复查未见异常，考虑为神经水肿，对症脱水后改善。两组共出现 4 例脂肪液化，均未出现感染，换药后愈合。

两组临床资料见表 1。两组在手术时间、切口总长度、术中出血量、术后引流量、术中透视次数的差异均无统计学意义 (*P* > 0.05)。但 W-TLIF 组下地行走时间显著早于后正中 TLIF 组 (*P* < 0.05)。

所有患者均获随访 6.2~8.1 个月，平均 (7.1 ± 0.9) 个月，随时间推移，两组腰痛 VAS 及 ODI 评分

均显著减少 (*P* < 0.05)。术前两组腰痛 VAS、ODI 评分差异均无统计学意义 (*P* > 0.05)，但是术后 3、6 个月 W-TLIF 组腰痛上述评分显著优于 TLIF 组 (*P* < 0.05)。

表 2 两组患者临床资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

Table 2 Comparison of clinical data between the two groups

指标	W-TLIF 组 (n=19)	TLIF 组 (n=21)	<i>P</i> 值
手术时间 (min)	129.4 ± 14.4	135.4 ± 14.0	0.695
切口总长度 (cm)	11.3 ± 1.5	10.9 ± 1.0	0.504
术中出血量 (ml)	135.2 ± 34.5	233.3 ± 72.3	0.077
术后引流量 (ml)	96.6 ± 24.2	117.6 ± 18.5	0.697
术中透视次数 (次)	19.7 ± 3.6	18.0 ± 3.7	0.340
下地行走时间 (d)	2.3 ± 0.8	4.0 ± 1.1	0.004
腰痛 VAS 评分 (分)			
术前	7.7 ± 0.6	7.4 ± 1.0	0.353
术后 3 个月	1.3 ± 0.4	2.6 ± 0.9	<0.001
术后 6 个月	1.0 ± 0.5	2.0 ± 1.0	0.013
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	
ODI 评分 (%)			
术前	61.1 ± 4.3	60.7 ± 5.6	0.822
术后 3 个月	14.3 ± 2.1	21.9 ± 4.7	<0.001
术后 6 个月	11.6 ± 1.8	16.0 ± 3.7	<0.001
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	

2.2 多裂肌检测

两组患者多裂肌检测结果见表 3，与术前相比，两组术后 1、3、6 个月 LMCSA、MUAP 均显著减小 (*P* < 0.05)，DPR 无显著变化 (*P* > 0.05)。术前两组 LMCSA、MUAP 的差异均无统计学意义 (*P* > 0.05)。术后 1、3、6 个月，W-TLIF 组 LMCSA、MUAP 均显著大于 TLIF 组 (*P* < 0.05)。术后相应时间点 W-TLIF 组 DPR 显著少于 TLIF 组 (*P* < 0.05) (图 1, 2)。

3 讨论

脊柱退变性疾病术后残留顽固的下腰痛常严重影响患者生活^[19]。引起下腰痛原因很多，主流观点之一为脊神经背侧支受累^[20]，表现为 MUAP 下降及失神经电位出现 (正锐波及纤颤电位)，提示存在神经损伤。如何尽可能避免，已然成为研究热点。W-TLIF 术采用自然间隙入路，保留多裂肌附着点，同时减少其剥离、牵拉，从而可减少脊神经背侧支的损伤^[21]。本研究重点探讨通过影像学、电生理学和症

状学、围手术期情况相结合的方式论述 W-TLIF 术 的疗效证据及特点。

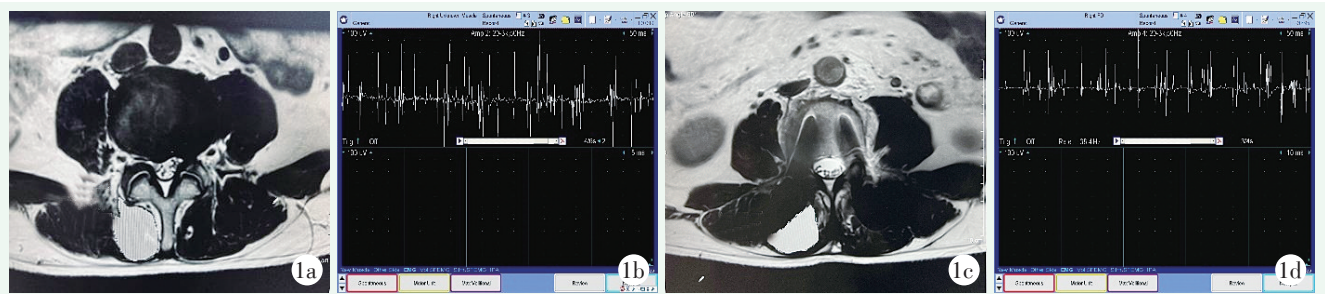


图 1 患者,男,59 岁, L_{4/5} 椎管狭窄症行 W-TLIF 术。1a: 术前测量 MRI 右侧 L_{4/5} 多裂肌横截面积; 1b: 术前肌电检测见右侧 L_{4/5} 多裂肌 MUAP 正常; 1c: 术后 6 个月 MRI 示右侧 L_{4/5} 多裂肌横截面积较术前丢失较少; 1d: 术后 6 个月肌电检测见 L_{4/5} 右侧多裂肌 MUAP 基本正常。

Figure 1. A 59-year-old male underwent W-TLIF for lumbar 4-5 spinal stenosis. 1a: Preoperative measurement of the L_{4/5} transverse area of the right multifidus muscle on MRI. 1b: Preoperative electromyography showed that the MUAP of the L_{4/5} right multifidus muscle was normal. 1c: MRI 6 months after surgery showed slight loss of cross-sectional area of the L_{4/5} right multifidus muscle compared with that before surgery. 1d: The MUAP of the right L_{4/5} multifidus muscle was basically normal 6 months after surgery.

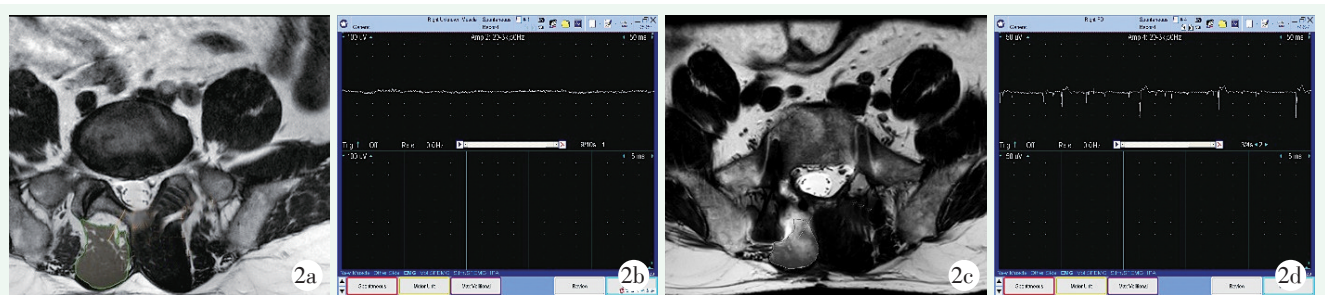


图 2 患者,男,58 岁, L₅S₁ 椎管狭窄症行后正中入路 TLIF 术。2a: 术前 MRI 测量 S₁ 右侧多裂肌横截面积; 2b: 术前肌电检测示右侧 S₁ 多裂肌未见失神经电位; 2c: 术后 6 个月 MRI 示右侧 S₁ 多裂肌横截面积丢失明显, 炎症水肿明显; 2d: 术后 6 个月肌电检测见右侧 S₁ 多裂肌存在失神经电位。

Figure 2. A 58-year-old male underwent posterior median approach TLIF for L₅S₁ spinal stenosis. 2a: Preoperative MRI measurements of the cross-sectional area of the L₅S₁ right multifidus muscle. 2b: Preoperative electromyography showed no denervated potential in the L₅S₁ right sacral multifidus muscle. 2c: MRI showed significant cross-section loss of the L₅S₁ right multifidus muscle with significant inflammation and edema 6 months after surgery. 2d: Electromyography showed denervation potential in the L₅S₁ right multifidus muscle 6 months after surgery.

本研究经术后 6 个月随访发现, Wiltse 组术后 3、6 个月的 LMCSA 显著大于后正中入路组。经 MRI 比较, Wiltse 组术前术后对比多裂肌仅有部分缩小, 术后 6 个月较术后 3 个月术区 LMCSA 继发丢失少, 且术中棘突多裂肌附着点得到保留, 虽术后 1、3 个月的 L₅ 右侧多裂肌 MUAP 相对术前减少, 但术后 3 个月较术后 1 个月呈改善趋势, 术后 6 个月 L₅ 右侧多裂肌 MUAP 相较术前变化不大, 早期右侧多裂肌 MUAP 有所减少, 提示功能一定程度受损, 后期 L₅ 右侧多裂肌见正常电位, MUAP 正常, 说明功能得到逐步恢复。大量数据对比表明, Wiltse 组 MUAP 的恢复优于 TLIF 组。而传统后正中 TLIF 组, 术后 LMC-

SA 较术前明显丢失, 说明手术创伤大。且术后 3、6 个月也有进一步萎缩趋势, 多裂肌棘突附着点已被完全破坏, 多裂肌失去正常肌纹理, 考虑发生萎缩同时, 多裂肌纤维瘢痕愈合。半年随访时仍存在炎症水肿信号, 说明恢复差。同时, 后正中入路组更多病例的肌电图持续存在正锐波及纤颤电位, 提示后正中 TLIF 组发生了更多的多裂肌失神经改变, 结合文献报道, 神经支配与肌肉营养和丰厚的关系^[22], 说明后正中入路组更易导致脊神经背侧支损害。综合对比指标分析, Wiltse 术在降低多裂肌损伤、保护多裂肌运动功能、减少多裂肌去神经化方面, 具有显著优势。

表 3 两组患者多裂肌检测结果与比较
Table 3 Comparison of assay data of multifidus muscle between the two groups

指标	W-TLIF 组 (n=19)	TLIF 组 (n=21)	P 值
LMCSA (mm ² , $\bar{x} \pm s$)			
术前	573.9±54.2	519.7±63.4	0.426
术后 6 个月	510.8±54.9	280.7±32.2	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
MUAP (μV , $\bar{x} \pm s$)			
术前	568.2±65.5	530.8±59.3	0.470
术后 1 个月	394.3±106.0	112.9±23.9	<0.001
术后 3 个月	458.8±71.1	190.0±50.5	<0.001
术后 6 个月	504.4±58.1	313.7±71.0	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
DPR [例 (%)]			
术后 1 个月	5 (26.3)	13 (61.9)	0.024
术后 3 个月	3 (15.7)	13 (61.9)	0.003
术后 6 个月	2 (10.5)	9 (42.9)	0.022
P 值	0.428	0.358	

脊神经背侧支的损伤引起多裂肌失神经支配，导致其萎缩及功能不良，是导致腰痛的重要因素^[23, 25]。本研究中，得益于 W-TLIF 组术中组织剥离少、脊神经背侧支暴露及损伤小，其有对多裂肌电生理影响小、术后正常电传导及功能恢复快的优点。多裂肌得到良好的神经支配和营养，进而恢复迅速，其 LMCSA 维持稳定，使得其在术后 1、3、6 个月 VAS 评分中优势显著。此外，因 W-TLIF 组的低疼痛、少出血、小创伤的优点，术后 ODI 指数恢复更理想。结合 VAS 评分及 ODI 指数分析，W-TLIF 组患者能更好更快康复，获得更好的早中期生活质量。与此同时，两组手术时间、切口长度、术中出血量、术中透视次数及术后引流量方面差异无统计学意义 ($P>0.05$)，说明此手术并不比经典后正中入路复杂，且 W-TLIF 组患者术后还能够更好更快的下地活动，更能加快康复。

综上所述，本研究结果显示 Wiltse 术治疗腰椎管狭窄症，能取得良好的临床疗效，可显著降低对多裂肌的损伤，有效避免多裂肌的失神经支配、变性、萎缩、纤维瘢痕的形成等，从而更好地帮助患者快速康复，有效降低术后腰背部相关并发症的发生率，是一种值得推广的手术方式。

参考文献

[1] Jensen RK, Jensen TS, Koes B, et al. Prevalence of lumbar spinal stenosis in general and clinical populations: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Spine J*, 2020, 29 (9) : 2143–2163. DOI: 10.1007/s00586-020-06339-1.

[2] Jon L, Christy T. Management of lumbar spinal stenosis [J]. *BMJ*, 2016, 352 (8041) : h6234. DOI: 10.1136/bmj.h6234.

[3] 褚立, 顾少光, 刘志强, 等. 肌间隙入路减压融合治疗腰椎管狭窄症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (9) : 789–793. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.09.05.

Chu L, Gu SG, Liu ZQ, et al. Decompression and instrumented fusion through intramuscular approach for lumbar spinal stenosis [J]. *Orthop J Chin*, 2021, 29 (9) : 789–793. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.09.05.

[4] 王斌, 郭东哲, 夏晨, 等. 椎旁肌间隙入路手术治疗单节段腰椎管狭窄症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (23) : 2139–2143. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.23.07.

Wang B, Guo DZ, Xia C, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion through Wiltse approach for single-segment degenerative lumbar spinal stenosis [J]. *Orthop J Chin*, 2020, 28 (23) : 2139–2143. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.23.07.

[5] 张磊, 方向前, 赵兴, 等. 经椎间孔单侧入路双侧减压融合内固定术治疗腰椎管狭窄症的近期疗效观察 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2017, 31 (5) : 519–526. DOI: 10.7507/1002-1892.201612131.

Zhang L, Fang XQ, Zhao X, et al. Short-term effectiveness of transforaminal unilateral approach for bilateral decompression in lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar spinal stenosis [J]. *Chin J Reparat Reconstr Surg*, 2017, 31 (5) : 519–526. DOI: 10.7507/1002-1892.201612131.

[6] 徐森明, 覃兴乐. 多裂肌退变与脊柱疾病的关系研究进展 [J]. *中国康复医学杂志*, 2022, 37 (5) : 709–713. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2022.05.026.

Xu SM, Qin XL. Research progress on the relationship between multifidus degeneration and spinal diseases [J]. *Chin J Rehabil Med*, 2022, 37 (5) : 709–713. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2022.05.026.

[7] Banno T, Arima H, Hasegawa T, et al. The effect of paravertebral muscle on the maintenance of upright posture in patients with adult spinal deformity [J]. *Spine Deform*, 2019, 7 (1) : 125–131. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.06.008.

[8] Kim KT, Lee SH, Suk KS, et al. The quantitative analysis of tissue injury markers after mini-open lumbar fusion [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31 (6) : 712–716. DOI: 10.1097/01.brs.0000202533.05906.ea.

[9] 王世栋, 邓雪飞, 尹宗生, 等. 腰椎后路椎旁肌间隙入路的解剖学与影像学观察 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2013, 23 (3) : 257–262. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.3.257.5.

Wang SD, Deng XF, Yin ZS, et al. The anatomical and radiological observation of the paraspinal intermuscular space for paramedian approach to the lumbar spine [J]. *Chin J Spine Spinal Cord*, 2013, 23 (3) : 257–262. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.3.257.5.

- [10] Wiltse LL, Bateman JG, Hutchinson RH, et al. The paraspinous splitting approach to the lumbar spine [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1968, 50 (5) : 919-926. DOI: 10.1097/00003086-197303000-00009.
- [11] Stevens KJ, Spenciner DB, Griffiths KL, et al. Comparison of minimally invasive and conventional open posterolateral lumbar fusion using magnetic resonance imaging and retraction pressure studies [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2006, 19 (2) : 77-86. DOI: 10.1097/01.bsd.0000193820.42522.d9.
- [12] 程勇泉, 鲁凯伍, 姚欣强, 等. 椎旁肌间隙和传统入路混合手术治疗腰椎退行性疾病 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (9) : 795-799. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.09.06.
Cheng YQ, Lu KW, Yao XQ, et al. Wiltse approach and conventional approach for treatment of lumbar degenerative disease [J]. *Orthop J Chin*, 2017, 25 (9) : 795-799. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.09.06.
- [13] Fukui M, Chiba K, Kawakami M, et al. Japanese Orthopaedic Association Cervical Myelopathy Evaluation Questionnaire (JOAC-MEQ) : part 4. Establishment of equations for severity scores. Subcommittee on low back pain and cervical myelopathy, evaluation of the clinical outcome committee of the Japanese Orthopaedic Association [J]. *J Orthop Sci*, 2008, 13 (1) : 25-31. DOI: 10.1007/s00776-007-1194-2.
- [14] Fairbank J, Couper J, Davies J, et al. The Oswestry low back pain questionnaire [J]. *Physiotherapy*, 1980, 66 (8) : 271-273.
- [15] Faur C, Patrascu JM, Haragus H, et al. Correlation between multifidus fatty atrophy and lumbar disc degeneration in low back pain [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019, 20 (1) : 414. DOI: 10.1186/s12891-019-2786-7.
- [16] Hildebrandt M, Fankhauser G, Meichtry A, et al. Correlation between lumbar dysfunction and fat infiltration in lumbar multifidus muscles in patients with low back pain [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2017, 18 (1) : 12. DOI: 10.1186/s12891-016-1376-1.
- [17] Boelderl A, Daniaux H, Kathrein A, et al. Danger of damaging the medial branches of the posterior rami of spinal nerves during a dorsomedian approach to the spine [J]. *Clin Anat*, 2002, 15: 77. DOI: 10.1002/ca.1099.
- [18] Macnab I, Cuthbert H, Godfrey CM. The incidence of denervation of the sacropinalis muscles following spinal surgery [J]. *Spine*, 1977, 2: 294. DOI: 10.1097/00007632-197712000-00009.
- [19] Hartvigsen J, Hancock MJ, Kongsted A, et al. What low back pain is and why we need to pay attention [J]. *Lancet (London, England)*, 2018, 391 (10137) : 2356-2367. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)30480-X.
- [20] 丁浩, 金新蒙, 杭栋华, 等. 腰椎管狭窄症经关节突减压术后新发腰腿痛的原因 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (14) : 1327-1329. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.14.18.
Ding H, Jin XM, Hang DH, et al. New-onset pain secondary to transforaminal lumbar decompression: the occurrence and reason [J]. *Orthop J Chin*, 2021, 29 (14) : 1327-1329. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.14.18.
- [21] 单建林, 张志成, 陈萌萌, 等. 腰椎手术 Wiltse 入路准确进入多裂肌与最长肌间隙的解剖学基础 [J]. *中国临床解剖学杂志*, 2021, 39 (6) : 631-634. DOI: 10.13418/j.issn.1001-165x.2021.06.001.
Shan JL, Zhang ZC, Chen MM, et al. Anatomical basis of Wiltse approach in lumbar operation entering the interspace between multifidus muscle and longissimus muscle [J]. *Chin J Clin Anat*, 2021, 39 (6) : 631-634. DOI: 10.13418/j.issn.1001-165x.2021.06.001.
- [22] 张珊珊, 吴文, 韩秀兰, 等. 慢性腰痛患者深层多裂肌 EMG 信号时频特征变化 [J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34 (6) : 642-647. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2019.06.004.
Zhang SS, Wu W, Han XL, et al. Time-frequency analysis of EMG signals of the deep lumbar multifidus in patients with chronic low back pain [J]. *Chin J Rehabil Med*, 2019, 34 (6) : 642-647. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2019.06.004.
- [23] Huang Q, Li D, Yokotsuka N, et al. The intervention effects of different treatment for chronic low back pain as assessed by the cross-sectional area of the multifidus muscle [J]. *Phys Ther Sci*, 2013, 25 (7) : 811-813. DOI: 10.1589/jpts.25.811.
- [24] 胡鸢, 乔明, 唐金树, 等. 腰椎后路融合术后腰痛患者椎旁肌电生理的研究 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2014, 3 (9) : 705-709. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2014.09.016.
Hu Y, Qiao M, Tang JS, et al. A study on the electrophysiology of paraspinal muscles in patients with low back pain after lumbar posterior fusion surgery [J]. *Chin J Bone Joint*, 2014, 3 (9) : 705-709. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2014.09.016.
- [25] 翁峰标, 周建新, 杨立文, 等. 后路减压融合术后持续腰痛的发生率及危险因素 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (21) : 1921-1926. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.21.01.
Weng FB, Zhou JX, Yang LW, et al. Incidence and risk factors of persistent low back pain subsequent to posterior decompression and instrumented fusion for lumbar disc herniation [J]. *Orthop J Chin*, 2019, 27 (21) : 1921-1926. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.21.01.

(收稿:2023-03-11 修回:2023-07-12)

(同行评议专家: 李世梁, 赵伟峰, 丁一)

(本文编辑: 郭秀婷)