

【DOI】 10.3969/j.issn.1671-6450.2023.04.016

论著·临床

机器人辅助 MIS-TLIF 对腰椎管狭窄症患者肌电图、红细胞免疫的影响

李光富, 彭丰, 吴美平, 杨威, 彭博

作者单位: 445099 湖北省恩施土家族苗族自治州中心医院中医部骨伤科

通信作者: 李光富, E-mail: liguangfu9630@163.com

【摘要】 目的 观察机器人辅助微创通道下经椎间孔腰椎椎间融合术(MIS-TLIF)对腰椎管狭窄症患者肌电图、红细胞免疫的影响。方法 选取 2019 年 10 月—2021 年 8 月恩施土家族苗族自治州中心医院中医部骨伤科收治腰椎管狭窄症患者 142 例,按随机数字表法分为 MIS-TLIF 组和机器人组,各 71 例。MIS-TLIF 组行 MIS-TLIF,机器人组行机器人辅助 MIS-TLIF。统计 2 组围术期指标、椎间融合率、融合时间、并发症及手术前后红细胞免疫[协同肿瘤红细胞花环率(ATER)、红细胞 C3b 受体(RBC-C3Br)]、左右侧肌电图[平均功率频率(MPF)、积分肌电值(EMG)]、腰椎功能[日本骨科协会腰椎评价量表(JOA)、椎间隙高度、局部 Cobb 角]。结果 机器人组术中出血量少于 MIS-TLIF 组,椎弓根螺钉置钉准确率优于 MIS-TLIF 组 [$t(U)/P = 15.884 / < 0.001, 2.563 / 0.010$];术后 1 d 机器人组 ATER、RBC-C3Br 水平高于 MIS-TLIF 组 ($t/P = 4.107 / < 0.001, 5.965 / < 0.001$);术后 6 个月 2 组左侧、右侧 MPF、EMG 及 JOA 评分、椎间隙高度均高于术前,局部 Cobb 角小于术前 ($P < 0.01$),但 2 组间比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$);2 组术后 6 个月椎体间融合率及融合时间比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$);机器人组并发症总发生率低于 MIS-TLIF 组 ($\chi^2/P = 4.351 / 0.037$)。结论 机器人辅助 MIS-TLIF 有助于减轻腰椎管狭窄症患者红细胞免疫抑制,提高椎弓根螺钉置钉准确率,降低并发症发生率,改善肌电图。

【关键词】 腰椎管狭窄症;微创通道;椎间孔腰椎椎间融合术;机器人;红细胞免疫;肌电图

【中图分类号】 R681.5+3 **【文献标识码】** A

Effect of robot-assisted MIS-TLIF on electromyography and erythrocyte immunity in patients with lumbar spinal stenosis Li Guangfu, Peng Feng, Wu Meiping, Yang Wei, Peng Bo. Department of Orthopedics and Traumatology, Enshi Autonomous Prefecture Central Hospital, Hubei Province, Enshi 445099, China

Corresponding author: Li Guangfu, E-mail: liguangfu9630@163.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of robotic assisted minimally invasive lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) on electromyography and erythrocyte immunity in patients with lumbar spinal stenosis. **Methods** From October 2019 to August 2021, 142 patients with lumbar spinal stenosis were selected from the Department of Orthopedics and Traumatology of the Department of Traditional Chinese Medicine of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture Central Hospital. They were divided into MIS-TLIF group and robot group according to random number table, with 71 patients in each group. MIS-TLIF group line MIS-TLIF, robot group line robot assisted MIS-TLIF. Perioperative indexes, interbody fusion rate, fusion time, complications, and erythrocyte immunity before and after surgery [synergetic tumor erythrocyte rosette rate (ATER), erythrocyte C3b receptor (RBC-C3Br)], left and right electromyography [mean power frequency (MPF), integral electromyography (EMG)], lumbar function [Japan Orthopedic Association Lumbar Evaluation Scale (JOA), intervertebral space height, and local Cobb angle] were counted. **Results** The intraoperative blood loss in the robot group was less than that in the MIS-TLIF group, and the accuracy of pedicle screw placement was better than that in the MIS-TLIF group [$t(U)/P = 15.884 / < 0.001, 2.563 / 0.010$]. The level of ATER and RBC-C3Br in the robot group was higher than that in the MIS-TLIF group ($t/P = 4.107 / < 0.001, 5.965 / < 0.001$) 1 day after operation. At 6 months after operation, the left and right MPF, EMG and JOA scores and intervertebral space height of the two groups were higher than those before operation, and the local Cobb angle was lower than that before operation ($P < 0.01$), but there was no statistically significant difference between the two groups ($P > 0.05$). There was no significant difference in the rate and time of interbody fusion between the two groups ($P > 0.05$). The total incidence of complications in the robot group was lower than that in the MIS-TLIF group

($\chi^2/P=4.351/0.037$)。 **Conclusion** Robot-assisted MIS-TLIF can help alleviate the erythrocyte immunosuppression in patients with lumbar spinal stenosis, improve the accuracy of pedicle screw placement, reduce the incidence of complications, and improve EMG.

【Key words】 Lumbar spinal stenosis; Minimally invasive access; Foraminal lumbar interbody fusion; Robotics; Erythrocyte immunization; Electromyography

腰椎管狭窄症好发于中老年人, 据统计, 其在 50 岁以上人群中发病率为 1.7% ~ 8.0%, 女性略高于男性^[1-2]。开放手术存在创伤大、并发症多、术后恢复慢等弊端, 近年微创术式凭借微创、出血少、恢复快等优势逐渐应用于腰椎管狭窄症, 特别是微创通道下经椎间孔腰椎椎间融合术 (MIS-TLIF), 其有效性及可行性得到诸多研究者证实^[3-4]。但有研究指出, MIS-TLIF 术中视野局限, 通道下置钉相对困难, 一定程度上增加手术创伤^[5]。脊柱机器人具有学习曲线短、置钉精准性高、射线暴露时间短等优点, 现已逐渐应用于脊柱外科领域, 但鲜见机器人辅助 MIS-TLIF 在腰椎管狭窄症中应用。本研究试图从红细胞免疫、肌电图等方面分析 2 种微创术式治疗腰椎管狭窄症的效果, 报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取 2019 年 10 月—2021 年 8 月恩施土家族苗族自治州中心医院中医部骨伤科收治腰椎管狭窄症患者 142 例, 按随机数字表法分为 MIS-TLIF 组及机器人组, 每组 71 例。2 组临床资料比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 具有可比性, 见表 1。本研究经医院医学伦理委员会审核批准 (2019WY19), 患者及家属均知情同意并签署知情同意书。

表 1 MIS-TLIF 组及机器人组腰椎管狭窄症患者临床资料比较
Tab. 1 Comparison of clinical data of patients with lumbar spinal stenosis in MIS-TLIF group and robot group

项 目	MIS-TLIF 组 (n = 71)	机器人组 (n = 71)	t/χ^2 值	P 值	
性别 [例 (%)]	男	33 (46.48)	30 (42.25)	0.257	0.612
	女	38 (53.52)	41 (57.75)		
年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	62.03 ± 4.02	60.81 ± 5.33	1.540	0.126	
病程 ($\bar{x} \pm s$, 年)	4.94 ± 0.75	5.11 ± 0.58	1.511	0.133	
体质量指数 ($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	21.53 ± 0.82	21.76 ± 0.68	1.820	0.071	
病变节段 [例 (%)]			0.326	0.850	
L ₃ /L ₄	10 (14.08)	12 (16.90)			
L ₄ /L ₅	38 (53.52)	35 (49.30)			
L ₅ /S ₁	23 (32.40)	24 (33.80)			
临床表现 [例 (%)]					
腰腿疼痛	64 (90.14)	60 (84.51)	1.018	0.313	
腰腿酸胀麻木	33 (46.48)	38 (53.52)	0.704	0.401	
间歇性跛行	12 (16.90)	15 (21.13)	0.412	0.521	
高血压 [例 (%)]	15 (21.13)	18 (25.35)	0.355	0.551	
冠心病 [例 (%)]	12 (16.90)	10 (14.08)	0.215	0.643	
糖尿病 [例 (%)]	20 (28.17)	16 (22.54)	0.595	0.440	

1.2 病例选择标准 (1) 纳入标准: 参照《外科学》诊断标准^[6], 结合 CT、MR 等影像学检查证实; 均为单节段病变; 经保守治疗 6 个月后症状无改善。(2) 排除标准: 重度骨质疏松症; 腰部手术史; 其他腰椎疾病 (腰椎不稳、胸腰椎肿瘤、强直性脊柱炎); 全身状况无法耐受手术; 凝血功能异常; 肝肾功能异常。

1.3 手术方法 机器人组行机器人辅助 MIS-TLIF, 气管插管全麻, 患者俯卧位, 在手术节段头侧间隔一节椎体棘突表皮做一纵向切口, 将 Mazor 机器人示踪器固定至棘突上, 行 3D 图像扫描, 传输至 Mazor 机器人主控台, 确定椎弓根螺钉入点、方向、直径、长度, 机器人机械臂引导下, 自病变节段棘突双侧切小口, 置入导针 4 枚, 顺攻丝向对侧经皮椎弓根内拧入 2 枚螺钉, 在术侧 2 枚导针尖作一切口, 约 3 cm, 逐级插入套管, 若遇骨性组织, 环钻扩孔, 开放工作通道, 置入椎间孔镜, 超声骨刀切除部分椎板、关节突及增生黄韧带, 注意保护椎管及神经根, 处理症状侧椎间隙, 刮除对侧椎间盘, 置入自体骨颗粒、椎间融合器, 安装连接棒, 拧紧螺钉尾帽, 反复冲洗切口, 缝合切口。MIS-TLIF 组行 MIS-TLIF, 除机器人相关操作外, 其余操作均同机器人组。2 组均未放置引流管, 术后 48 h 患者在支具保护下活动, 术后 3 个月去除支具, 期间避免腰部过伸及过屈运动。

1.4 观察指标与方法

1.4.1 围术期指标: 包括术中出血量、手术时间、住院时间、总置钉数、置钉准确率等, 置钉准确率分为 I 级 (椎弓根螺钉未突破椎弓根皮质)、II 级 (椎弓根螺钉突破椎弓根皮质, 且 ≤ 2 mm)、III 级 (椎弓根突破椎弓根皮质, 且 > 2 mm)^[7]。

1.4.2 红细胞免疫检测: 分别于术前及术后 1 d、5 d, 采集患者空腹外周静脉血 3 ml, 制备红细胞悬液, 应用酵母花环法检测协同肿瘤红细胞花环率 (ATER)、红细胞 C3b 受体 (RBC-C3Br), 试剂盒购自上海晶抗生物工程有限公司。

1.4.3 肌电图及腰椎功能检测: 分别于术前、术后 6 个月, 应用美国 Noraxon 公司 Tele Myo 2400 T 型表面肌电图仪检测左、右侧腰背伸肌群表面肌电信号, 包括平均功率频率 (MPF)、积分肌电值 (EMG); 采用日本

骨科协会腰痛评价量表(JOA)从主观症状、客观体征、日常活动限制情况、排尿功能等 4 个维度评价,总分 29 分,分值越高腰椎功能越好。应用上海医疗器械有限公司 AXGQ620 型 X 线摄影机测量局部 Cobb 角、椎间隙高度。

1.4.4 椎间融合率及融合时间:术后 6 个月由同一医生根据 CT 图像评价椎间融合情况,参照 BRIDWELL 法^[8]评价椎间融合率,分为 I 级(骨块融合重塑完全,骨小梁存在)、II 级(骨块完整,骨块重塑不完全,无透光区)、III 级(骨块完整,上方或下方出现透光区)、IV 级(骨块塌陷,吸收)。自术后至椎间融合恢复到 I 级的时间为融合时间。

1.4.5 并发症情况:记录患者并发症发生情况,包括迟发感染、切口延迟愈合、硬脊膜撕裂等。

1.5 统计学方法 采用 SPSS 22.0 软件处理数据。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 *t* 检

验;计数资料以频数或率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 *U* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组围术期指标比较 机器人组术中出血量少于 MIS-TLIF 组,椎弓根螺钉置钉准确率优于 MIS-TLIF 组($P < 0.05$)。2 组总置钉数均为 284 枚。2 组手术时间、住院时间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

2.2 2 组手术前后红细胞免疫比较 术前、术后 5 d 2 组红细胞免疫指标比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),术后 1 d 机器人组 ATER、RBC-C3Br 水平高于 MIS-TLIF 组($P < 0.01$),见表 3。

2.3 2 组手术前后肌电图比较 术后 6 个月 2 组左侧、右侧 MPF、EMG 均高于术前($P < 0.01$),术前、术后 6 个月 2 组间左侧、右侧 MPF、EMG 比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 4。

表 2 MIS-TLIF 组与机器人组腰椎管狭窄症患者围术期指标比较

Tab. 2 Comparison of perioperative indexes of patients with lumbar spinal stenosis in MIS-TLIF group and robot group

组 别	例数	术中出血量 ($\bar{x} \pm s, ml$)	手术时间 ($\bar{x} \pm s, min$)	住院时间 ($\bar{x} \pm s, d$)	置钉准确率[例(%)]		
					I 级	II 级	III 级
MIS-TLIF 组	71	191.33 ± 18.22	135.02 ± 10.34	9.02 ± 1.24	242(85.21)	31(10.92)	11(3.87)
机器人组	71	149.91 ± 12.28	133.75 ± 11.96	8.95 ± 1.33	277(97.54)	7(2.46)	0
<i>t/U</i> 值		15.884	0.677	0.324		2.563	
<i>P</i> 值		<0.001	0.500	0.746		0.010	

表 3 MIS-TLIF 组与机器人组腰椎管狭窄症患者手术前后红细胞免疫比较 ($\bar{x} \pm s, \%$)

Tab. 3 Comparison of red blood cell immunity before and after surgery between MIS-TLIF group and robot group

组 别	例数	ATER			RBC-C3Br		
		术前	术后 1 d	术后 5 d	术前	术后 1 d	术后 5 d
MIS-TLIF 组	71	63.08 ± 4.72	43.12 ± 5.03	62.24 ± 5.78	16.95 ± 4.42	11.18 ± 3.71	17.02 ± 5.34
机器人组	71	62.24 ± 5.51	46.66 ± 5.24	61.89 ± 6.12	18.18 ± 3.34	14.42 ± 2.68	17.98 ± 4.62
<i>t</i> 值		0.976	4.107	0.350	1.871	5.965	1.146
<i>P</i> 值		0.331	<0.001	0.727	0.636	0.001	0.254

注:ATER. 协同肿瘤红细胞花环率;RBC-C3Br. 红细胞 C3b 受体。

表 4 MIS-TLIF 组与机器人组腰椎管狭窄症患者肌电图比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab. 4 Comparison of EMG of patients with lumbar spinal stenosis between MIS-TLIF group and robot group

组 别	时间	MPF(Hz)		EMG($\mu V \times s$)	
		左侧	右侧	左侧	右侧
MIS-TLIF 组 (<i>n</i> = 71)	术前	38.76 ± 6.12	36.22 ± 3.87	101.89 ± 16.79	95.12 ± 8.02
	术后 6 个月	44.95 ± 7.42	44.89 ± 5.56	128.88 ± 18.13	120.95 ± 14.74
机器人组 (<i>n</i> = 71)	术前	39.44 ± 5.51	35.31 ± 4.42	103.34 ± 14.56	94.58 ± 8.81
	术后 6 个月	46.16 ± 5.48	45.52 ± 4.72	131.65 ± 16.68	122.28 ± 12.26
<i>t/PMIS-TLIF</i> 组内值		5.423/ <0.001	10.784/ <0.001	8.204/ <0.001	12.970/ <0.001
<i>t/P</i> 机器人组内值		7.286/ <0.001	13.304/ <0.001	10.774/ <0.001	15.460/ <0.001
<i>t/P</i> 术后组间值		1.105/ 0.271	0.728/ 0.468	0.947/ 0.345	0.585/ 0.560

注:MPF. 平均功率频率;EMG. 积分肌电值。

2.4 2 组手术前后腰椎功能比较 术后 6 个月 2 组 JOA 评分、椎间隙高度高于术前,局部 Cobb 角小于术前($P < 0.05$),术前、术后 6 个月 2 组间腰椎功能比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 5,图 1、2。

表 5 机器人组 MIS-TLIF 组腰椎功能比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab. 5 Comparison of lumbar function in robot group MIS-TLIF group

组别	时间	JOA 评分 (分)	局部 Cobb 角 (°)	椎间隙高度 (mm)		
					t/P	机器人组内值
MIS-TLIF 组 ($n = 71$)	术前	11.22 ± 1.87	19.12 ± 3.64	6.34 ± 1.02	9.601/ <0.001	2.689/ 0.008
	术后 6 个月	17.42 ± 5.11	12.24 ± 2.75	6.88 ± 1.35		
机器人组 ($n = 71$)	术前	10.72 ± 2.21	18.53 ± 4.52	6.25 ± 1.11	13.487/ <0.001	5.502/ <0.001
	术后 6 个月	18.63 ± 4.42	11.51 ± 3.38	7.10 ± 0.68		
t/P MIS-TLIF 组内值					1.509/ 0.134	1.412/ 0.160
t/P 机器人组内值					1.226/ 0.222	

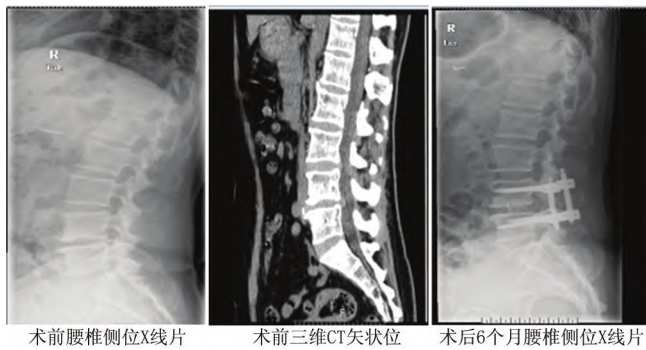


图 1 患者,男,62 岁,确诊为 L4/L5 段腰椎管狭窄症,实施机器人辅助 MIS-TLIF

Fig. 1 Patient, male, 62 years old, was diagnosed as L4/L5 lumbar spinal stenosis, and implemented robot-assisted MIS-TLIF

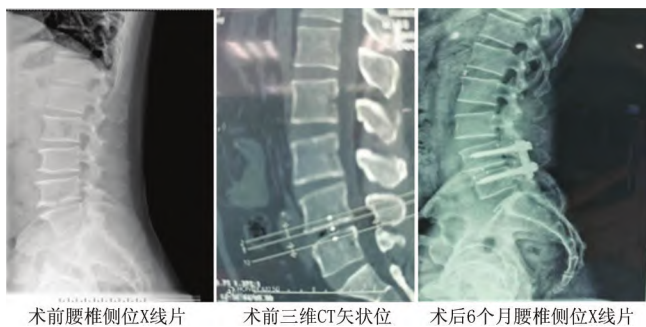


图 2 患者,女,58 岁,确诊为 L4/L5 段腰椎管狭窄症,实施 MIS-TLIF

Fig. 2 Patient, female, 58 years old, diagnosed as L4/L5 lumbar spinal stenosis, implemented MIS-TLIF

2.5 2 组椎体间融合率及融合时间比较 2 组椎体间

融合率及融合时间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 6。

表 6 MIS-TLIF 组与机器人组椎体间融合率及融合时间比较

Tab. 6 Comparison of interbody fusion rate and fusion time between MIS-TLIF group and robot group

组别	椎体间融合率[例(%)]			融合时间(月)
	I 级	II 级	III 级	
MIS-TLIF 组	42(59.15)	27(38.03)	2(2.82)	4.55 ± 0.46
机器人组	44(61.97)	26(36.92)	1(1.41)	4.60 ± 0.41
t/U 值	$U = 0.342$			$t = 0.684$
P 值	0.732			0.495

2.6 2 组并发症比较 机器人组未出现并发症,MIS-TLIF 组发生迟发感染 2 例(2.82%),切口延迟愈合 3 例(4.23%),硬脊膜撕裂 1 例(1.41%),总发生率为 8.45%,差异有统计学意义($\chi^2 = 4.351, P = 0.037$)。

3 讨论

对于腰椎管狭窄症来说,病情轻者以保守治疗为主,保守治疗无效或病情重者可考虑手术治疗,但迄今尚无标准术式。以往临床常用开放术式,近年随微创理念及微创技术普及和发展,MIS-TLIF 这一微创术式在腰椎管狭窄症中应用受到诸多脊柱外科医生青睐,主要优势体现在创伤小、椎旁肌肉损伤小、恢复快等方面^[9-10]。随着其临床应用增多,其局限性逐渐显现,如狭小工作通道中实施手术操作,术野及操作空间局限,易干扰上位神经根,诱发医源性损伤;同时手术视野的局限性可影响椎弓根螺钉置入,反复穿刺则会损伤椎旁组织,增加术中出血量,延长手术时间^[11-13]。

自 2004 年以来,机器人开始应用于脊柱疾病外科治疗,具有置钉准确、医患射线暴露少、创伤小、学习曲线短等优点。赵晓飞等^[14]将机器人辅助 MIS-TLIF、MIS-TLIF 分别应用于腰椎退行性疾病患者,结果发现前者术中出血量、椎弓根螺钉置钉准确率均优于后者。陈豪杰等^[15]研究报告,机器人辅助 MIS-TLIF 在术中出血量、置钉准确率方面改善效果优于透视下 MIS-TLIF,可用于单间隙腰椎间盘突出症的微创治疗,与上述研究观点相符。究其原因在于,机器人通过导入患者术前 CT 影像,做好术前规划,精准设计钉道,解决单纯 MIS-TLIF 术野局限的定位困难,加以其高精度及良好重复性,可减少术中透视次数,提高置钉准确率,缩短置钉时间,防止周围组织、血管及神经损伤,减少术中出血量^[16]。但亦有学者持反对意见,认为脊柱机器人辅助置钉准确率与传统徒手置钉相比并无明显差异,这可能与术者操作经验、腰椎退行性病变类型不

同有关^[17]。本研究还发现,机器人组并无并发症发生,MIS-TLIF 组出现并发症 6 例,其中切口延迟愈合 3 例,考虑与术中反复多次置钉、患者肥胖所致切口干扰过度有关,经清创缝合、换药后愈合;硬脊膜撕裂 1 例,考虑与手术视野有限、手术操作范围狭小有关,缝合后好转;迟发感染 2 例,经敏感抗生素治疗后得到改善。JOA 评分及 X 线检查均为评价腰椎管狭窄症患者腰椎功能常用手段,而肌电图检查是重要神经辅助检查,可弥补影像学检查部分不足,尤其适用于腰椎管狭窄症诊断、病情及预后评估^[18]。本研究结果发现,术后 6 个月 2 组左侧、右侧 MPF、EMG 及 JOA 评分、椎间隙高度高于术前,局部 Cobb 角小于术前($P < 0.01$),可见 2 种微创术式均能改善腰椎功能及肌电图。可能机制为,MIS-TLIF 不仅能实现椎管内充分减压,还可避免对两侧椎旁肌肉过度剥离及牵拉,保留正常组织结构,促进腰椎功能恢复。

红细胞是人体免疫防御系统主要组成部分,涉及 ATER、RBC-C3Br 等指标,可黏附多种免疫复合物,清除异物,还可通过细胞表面补体受体蛋白黏附病毒、细菌,增强机体免疫能力^[19-21]。研究表明,脊柱手术创伤及术中牵拉、疼痛等刺激均会诱发强烈身心应激反应,损伤机体免疫功能,产生红细胞免疫抑制,影响术后康复^[22-23],但其在腰椎管狭窄症微创手术中表达及作用尚不得知。本研究创新性分析 2 种微创术式对腰椎管狭窄症患者红细胞免疫的影响,发现术后 1 d 机器人组 ATER、RBC-C3Br 水平高于 MIS-TLIF 组,说明机器人辅助 MIS-TLIF 创伤小、疼痛轻,可减轻术中红细胞免疫抑制。术后 5 d 2 组各指标呈现降低趋势,且趋于术前水平,说明 2 种微创术式所致红细胞免疫抑制均为一过性,并未带来远期影响。

综上,相比于单纯 MIS-TLIF,机器人辅助 MIS-TLIF 有助于减轻腰椎管狭窄症患者红细胞免疫抑制,提高椎弓根螺钉置钉准确率,降低并发症发生率,改善肌电图。但本研究为单中心研究,样本量小,未来应多中心、多渠道选取样本,提高样本代表性,佐证本研究结论。

利益冲突:所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

李光富、彭丰:设计研究方案,实施研究过程,论文撰写;吴美平、杨威:提出研究思路,分析试验数据,论文审核;苏国义:实施研究过程,资料搜集整理,论文修改

参考文献

[1] Lai MKL, Cheung PWH, Cheung JPY, et al. A systematic review of developmental lumbar spinal stenosis [J]. *Eur Spine J*, 2020, 29 (9):2173-2187. DOI:10.1007/s00586-020-06524-2.

- [2] 疏龙飞,代飞虎,张旭,等.黄韧带整体显露技术在经皮微创通道减压术治疗中央型腰椎管狭窄症中的应用[J].*中华神经外科杂志*,2021,37(10):1008-1013. DOI:10.3760/cma.j.cn112050-20210118-00041.
- Shu LF,Dai FH,Zhang X,et al. Application of the whole exposure technique of the ligamentum flavum in the treatment of central lumbar spinal stenosis by percutaneous minimally invasive decompression [J]. *Chin J Neurosurg*, 2021, 37 (10): 1008-1013. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112050-20210118-00041.
- [3] 孙武,杨克新,罗杰,等.退行性脊柱侧凸对 MIS-TLIF 治疗腰椎管狭窄症疗效影响[J].*中国骨伤*,2021,34(10):928-933. DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2021.10.009.
- Sun W,Yang KX,Luo J,et al. Influence of degenerative scoliosis on the treatment of lumbar spinal stenosis by MIS-TLIF [J]. *Chin J Orthopa Trauma*, 2021, 34 (10): 928-933. DOI: 10. 12200/j. issn. 1003-0034. 2021. 10. 009.
- [4] Leonova ON,Cherepanov EA,Krutko AV,et al. MIS-TLIF versus O-TLIF for single-level degenerative stenosis: Study protocol for randomised controlled trial [J]. *BMJ Open*,2021,5(3):e041134. DOI:10.1136/bmjopen-2020-041134.
- [5] 林书,胡虹,万仑,等.机器人辅助下微创与传统开放经椎间孔腰椎椎体间融合治疗腰椎退行性疾病的疗效比较[J].*重庆医学*,2020,49(22):3829-3834. DOI:10.3969/j.issn.1671-8348.2020.22.032.
- Lin S,Hu J,Wan L,et al. The comparison of short-term effects of robot-guided minimally invasive and traditional open transforaminal lumbar interbody fusion in the treatment of lumbar degenerative diseases [J]. *Chongqing Med J*, 2020, 49 (22): 3829-3834. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-8348. 2020. 22. 032.
- [6] 陈孝平,汪建平.外科学[M].8版.北京:人民卫生出版社,2013:753.
- [7] 廖旭昱,周雷杰,马维虎,等. Wiltse 入路置钉联合对侧 TLIF 和传统术式治疗腰椎间盘突出症的病例对照研究 [J]. *中国骨伤*, 2021, 34 (1): 51-57. DOI: 10. 12200/j. issn. 1003-0034. 2021. 01. 010.
- Liao XY,Zhou LJ, Ma WH, et al. Wiltse approach combined with contralateral transforaminal lumbar interbody fusion and conventional surgery for lumbar disc herniation: A case-control study [J]. *Chin J Orthopa Trauma*, 2021, 34 (1): 51-57. DOI: 10. 12200/j. issn. 1003-0034. 2021. 01. 010.
- [8] 许建中,蒋电明,王爱民,等.脊柱结核再次手术原因分析及治疗方案选择 [J]. *中华骨科杂志*, 2008, 28 (12): 969-973. DOI: 10. 3321/j. issn: 0253-2352. 2008. 12. 001.
- Xu JZ,Jiang DM,Wang AM,et al. The reasons and methods of re-surgery for spinal tuberculosis-a retrospective multicenter study [J]. *Chinese Journal of Orthopaedics*, 2008, 28 (12): 969-973. DOI: 10. 3321/j. issn: 0253-2352. 2008. 12. 001.
- [9] Yu B,Zhang J,Pan J,et al. Psychological and functional comparison between minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion for single-level lumbar spinal stenosis [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13 (4): 1213-1226. DOI: 10. 1111/os. 12986.
- [10] 李锐,许财元,刘正蓬,等.经 Wiltse 入路椎间孔椎体间融合术治

- 疗腰椎滑脱合并腰椎管狭窄的疗效[J]. 局解手术学杂志, 2021, 30(2):136-141. DOI:10.11659/jjssx.06E020133.
- Li R, Xu CY, Liu ZP, et al. Effect of transforaminal lumbar interbody fusion by Wiltse approach in treatment of patients with lumbar spondylolisthesis and lumbar spinal stenosis[J]. J Reg Anat Oper Surg, 2021, 30(2):136-141. DOI:10.11659/jjssx.06E020133.
- [11] 杨波, 杨晋才, 梁智林, 等. 老年单节段退行性腰椎管狭窄症患者椎旁肌形态改变与腰椎功能障碍的相关性分析[J]. 中国医药, 2020, 15(8):1284-1287. DOI:10.3760/j.issn.1673-4777.2020.08.032.
- Yang B, Yang JC, Liang ZL, et al. Correlation analysis of paraspinal muscle morphology changes and lumbar dysfunction in elderly patients with single-segment degenerative lumbar spinal stenosis[J]. China Medicine, 2020, 15(8):1284-1287. DOI:10.3760/j.issn.1673-4777.2020.08.032.
- [12] 王朵, 张丹, 桂萍. 腰椎管狭窄症患者应用以结局为导向的强化护理干预临床观察[J]. 中国医药导报, 2022, 19(28):194-196. DOI:10.20047/j.issn1673-7210.2022.28.45.
- Wang D, Zhang D, Gui P. Clinical observation of outcome-oriented intensive nursing intervention in patients with lumbar spinal stenosis[J]. China Medical Herald, 2022, 19(28):194-196. DOI:10.20047/j.issn1673-7210.2022.28.45.
- [13] 关海森, 卫星, 张军伟, 等. 可扩张通道微创系统下经椎间孔入路腰椎椎间融合术治疗腰椎管狭窄症的疗效观察[J]. 中国临床医生杂志, 2020, 48(1):79-82. DOI:10.3969/j.issn.2095-8552.2020.01.024.
- Guan HS, Wei X, Zhang JW, et al. Observation on the effect of lumbar interbody fusion via foraminal approach under minimally invasive system with expandable channels in the treatment of lumbar spinal stenosis[J]. Chin Clin Dr, 2020, 48(1):79-82. DOI:10.3969/j.issn.2095-8552.2020.01.024.
- [14] 赵晓飞, 王红强, 高延征, 等. 机器人辅助微创通道下经椎间孔腰椎椎间融合术治疗腰椎退行性疾病临床分析[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2020, 34(2):144-147. DOI:10.13507/j.issn.1674-3474.2020.02.011.
- Zhao XF, Wang HQ, Gao YZ, et al. Robotic assisted minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar degenerative disease[J]. J Chin Pract Diag Ther, 2020, 34(2):144-147. DOI:10.13507/j.issn.1674-3474.2020.02.011.
- [15] 陈豪杰, 黄小强, 高林, 等. 机器人与透视下辅助经椎间孔椎体间融合术治疗腰椎间盘突出症的病例对照研究[J]. 中国骨伤, 2022, 35(2):101-107. DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2022.02.002.
- Chen HJ, Huang XQ, Gao L, et al. A case-control study of minimally invasive transforaminal interbody fusion with the assistance of robot and traditional fluoroscopy in the treatment of single-space lumbar disc herniation[J]. Chin J Orthopa Trauma, 2022, 35(2):101-107. DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2022.02.002.
- [16] 姜树东, 郭函, 梁得华, 等. 机器人辅助 MIS-TLIF 手术治疗腰椎退行病的初步结果[J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28(7):586-591. DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2020.07.03.
- Jiang SD, Guo H, Liang DH, et al. Primary outcomes of robot-assisted minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases[J]. Orthop J China, 2020, 28(7):586-591. DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2020.07.03.
- [17] Godzik J, Walker CT, Theodore N, et al. Minimally invasive transforaminal interbody fusion with robotically assisted bilateral pedicle screw fixation: 2-dimensional operative video[J]. Oper Neurosurg (Hagerstown), 2019, 16(3):E86-E87. DOI:10.1093/ons/opy288. PMID: 30252105.
- [18] 王晓雷, 韩奇, 王博, 等. 老年腰椎间盘突出患者椎间孔镜术中肌电图监测的应用研究[J]. 老年医学与保健, 2020, 26(5):798-799, 807. DOI:10.3969/j.issn.1008-8296.2020.05.024.
- Wang XL, Han Q, Wang B, et al. Study of electromyogram monitoring during the operation of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy for lumbar disc herniation in the elderly[J]. Geriatr Heal Care, 2020, 26(5):798-799, 807. DOI:10.3969/j.issn.1008-8296.2020.05.024.
- [19] 李慧, 闫庆新, 尚宪平, 等. 剖宫产后产褥感染患者细胞因子及红细胞免疫状态临床分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2020, 30(1):111-115. DOI:10.11816/cn.ni.2020-190194.
- Li H, Yan QX, Shang XP, et al. Clinical analysis of cytokines and erythrocyte immune status of cesarean section patients with puerperal infection[J]. Chin J Nosocomiol, 2020, 30(1):111-115. DOI:10.11816/cn.ni.2020-190194.
- [20] 刘万祥, 黄民锋, 陈远明, 等. 侧路椎间孔镜技术治疗腰椎管狭窄症的有效性和安全性[J]. 中国医药, 2019, 14(3):412-415. DOI:10.3760/j.issn.1673-4777.2019.03.024.
- Liu WX, Huang MF, Chen YM, et al. Efficacy and safety of lateral percutaneous transforaminal endoscopic discectomy in treatment of lumbar spinal stenosis[J]. China Medicine, 2019, 14(3):412-415. DOI:10.3760/j.issn.1673-4777.2019.03.024.
- [21] Ukidve A, Zhao Z, Fehnel A, et al. Erythrocyte-driven immunization via biomimicry of their natural antigen-presenting function[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2020, 28(30):17727-17736. DOI:10.1073/pnas.2002880117.
- [22] 曾云, 熊敏, 何宁, 等. 脊柱损伤患者术后切口感染病原学特征、红细胞免疫指标及降钙素原水平分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2020, 15(5):580-582. DOI:10.13350/j.issn.1672-6170.2020.04.030.
- Zeng Y, Xiong M, He N, et al. Analysis of pathogen characteristics, immune indicators, and procalcitonin levels in patients with a postoperative surgical site infection after a spinal injury[J]. Chin J Path Biol, 2020, 15(5):580-582. DOI:10.13350/j.issn.1672-6170.2020.04.030.
- [23] 程方东, 邱雪莲, 成俊, 等. 脊柱手术后深部感染患者脑脊液中红细胞免疫与促炎因子的变化研究[J]. 实用医院临床杂志, 2021, 18(4):102-105. DOI:10.3969/j.issn.1672-6170.2021.04.030.
- Cheng FD, Qiu XL, Cheng J, et al. Changes of erythrocyte immunity and pro-inflammatory factors in cerebrospinal fluid of patients with deep infection after spinal surgery[J]. Clinical Journal of Practical Hospitals, 2021, 18(4):102-105. DOI:10.3969/j.issn.1672-6170.2021.04.030.

(收稿日期:2022-10-31)