

微创经椎间孔腰椎椎体间融合术中预弯钛棒对临床疗效的影响

吴伟¹ 罗先进^{1△} 余森²

[摘要] **目的:**评价预弯钛棒在单节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合术(MIS-TLIF)中脊柱矢状位序列及患者自评临床疗效的影响。**方法:**回顾性分析2020年1月至2022年4月连续完整随访2年以上的单节段腰椎病变患者,均开展微创经椎间孔腰椎椎体间融合手术,根据术中预弯操作分为预弯钛棒组(51例)和非预弯钛棒组(43例)。术后2年测量影像学参数,包括矢状位偏移(SVA)、胸椎后凸角(TK)、胸腰联合角(TLJ)、腰椎前凸角(LL)、骨盆入射角(PI)、骨盆倾斜角(PT)、骶骨倾斜角(SS)、椎间高度(DH)、融合节段角(FSA)。临床疗效评估包括围术期指标(手术时间、术中出血量)及问卷评分——疼痛视觉模拟量表(VAS)评分和Oswestry功能障碍指数(ODI)评分。**结果:**所有患者获得2年以上随访,两组患者术后2年随访时腰椎前凸角、骶骨倾斜角、骨盆倾斜角较术前显著改善,差异有统计学意义($P < 0.05$),矢状位偏移、胸椎后凸角、胸腰联合角与术前对比差异无统计学意义($P > 0.05$)。2年随访时两组患者局部矢状位参数(椎间高度、融合节段角)较术前显著增大,差异有统计学意义($P < 0.05$)。患者自评临床疗效VAS评分和ODI评分较术前明显改善,差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者手术时间、术中出血量、脊柱-骨盆矢状位参数、椎间高度、VAS评分、ODI评分组间比较差异无统计学意义($P > 0.05$),预弯钛棒组融合节段角改善程度较非预弯钛棒组明显(4.62 ± 3.47 比 2.63 ± 3.12 , $P = 0.005$)。**结论:**微创经椎间孔腰椎椎体间融合术可以重建腰椎前凸角,减少骨盆后倾位代偿。即使是在单节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合手术中,预弯钛棒是必要的,可以更好地重建融合节段角。

[关键词] 预弯钛棒;微创经椎间孔腰椎椎体间融合术;脊柱矢状位序列

[中图分类号] R687.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2025)06-0056-07

DOI: 10.20085/j.cnki.issn1005-0205.250610

The Effect of Pre-Bent Titanium Rod Contour on the Clinical Efficacy in Minimally Invasive Surgery-Transforaminal Lumbar Interbody Fusion

WU Wei¹ LUO Xianjin^{1△} YU Miao²

¹Chongqing Liangjiang New District People's Hospital, Chongqing 401121, China;

²The Second Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400030, China.

Abstract Objective: To analyse the effect of rod contouring on spinal-pelvic sagittal parameters and 2-year follow-up clinical outcomes in single-segment minimally invasive surgery-transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF). **Methods:** A retrospective analysis was performed on 94 patients with single-segment lumbar degenerative disease who underwent MIS-TLIF surgery from January 2020 to April 2022. The patients were divided into the contouring rod group ($n=51$) and the non-contouring rod group ($n=43$). Radiological measurements of spinal-pelvic and focus sagittal parameters, including: sagittal vertical axis (SVA), thoracic kyphosis (TK), thoracolumbar junction (TLJ), lumbar lordosis (LL), pelvic incidence (PI), pelvic tilt (PT), and sacral slope (SS), disc height (DH) and fused segmental angle (FSA). Operation time, intraoperative blood loss, visual analogue scale (VAS) and Oswestry disability index (ODI) scores were used to evaluate clinical outcomes. **Results:** According to spinal-pelvic parameters, LL, SS and PT significantly improved ($P < 0.05$), while SVA, TK and TLJ were not significantly changed at the 2-

¹ 重庆两江新区人民医院(重庆, 401121)

² 陆军军医大学第二附属医院

△通信作者 E-mail: 2330065540@qq.com

year follow-up in both groups ($P > 0.05$). The DH and FSA were significantly increased in both groups ($P < 0.05$). According to clinical outcomes, VAS and ODI scores of two groups were significantly ameliorated than preoperative data ($P < 0.05$). There were no significant differences between groups in operation time, intraoperative blood loss, global and sagittal parameters, VAS and ODI scores ($P > 0.05$). The recovery degree of fused segmental angle in the contouring rod group was significantly increased compared with that in the non-contouring rod group (4.62 ± 3.47 vs 2.63 ± 3.12 , $P = 0.005$). **Conclusion:** MIS-TLIF can effectively reconstruct lumbar lordosis and reduce the compensation of backward pelvic tilt. Even in single segment MIS-TLIF, pre-bending titanium rods are necessary to better reconstruct the FSA.

Keywords: titanium rod contoured; minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion; spinal sagittal alignment

钛棒作为脊柱内固定的重要组成部分起着坚固内固定的作用^[1-2]。在脊柱矫形和长节段腰椎融合术中,可通过调整其曲度以重建脊柱冠状位及矢状位序列^[3-6]。微创经椎间孔腰椎椎体间融合术(MIS-TLIF)近年来广泛应用于腰椎退行性疾病患者中,且报道证实其安全、有效^[7-10]。单节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合术中应用的钛棒长度较短、预弯程度受限,因此预弯钛棒对于改善脊柱-骨盆矢状位序列效果未知。本研究回顾性分析 94 例行单节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合术的手术患者,探讨术中预弯钛棒的必要性,现报告如下。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

按照病例筛选流程,选取 2020 年 1 月至 2022 年 4 月本院收治的符合纳入标准的 94 例患者,开展单节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合术(山东威高材料股份有限公司, Premier, 5.5 系统)。将术中行预弯钛棒操作的患者纳入预弯钛棒组,无预弯操作的患者纳入非预弯钛棒组。

1.2 纳入标准

1)临床确诊为单间隙的腰椎管狭窄、腰椎滑脱、腰椎不稳的退行性腰椎疾病患者;2)保守治疗 3 个月以上症状无改善者;3)于本院开展 L_{4/5} 节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合手术;4)有术前、术后 2 年及以上随访的影像学数据(全脊柱正侧位 X 线片, CT 片);5)有术前及术后 2 年随访的视觉模拟量表(VAS)评分和 Oswestry 功能障碍指数(ODI)评分。

1.3 排除标准

1)既往有腰椎手术史;2)Ⅱ度以上腰椎滑脱;3)合并脊柱畸形;4)术前或术后影像学检查及随访资料不全。

1.4 方法

1.4.1 手术方法 全身麻醉,患者取俯卧位,C 臂机透视下确定双侧 L₄、L₅ 椎弓根体表投影,常规消毒铺巾。定位 L₄ 椎弓根外缘 9 点钟(3 点钟)方向,透视下采用 Jamshidi 套管针穿刺,后前位透视穿刺针头抵达椎弓根内侧壁后行侧位透视,透视证实穿刺针头穿过

椎弓根到达椎体后缘后,取下针芯,置入导针。同样方法置入双侧 L₅ 导针。于单侧 L₄、L₅ 导针之间切开皮肤长约 3 cm,逐层切开皮下及深筋膜,置入逐级扩张微创通道。通道建立后,首先显露 L_{4/5} 关节突关节,然后切除关节突关节及增生肥厚黄韧带,显露椎间盘。对于合并中央椎管狭窄者,可在术侧椎管减压完毕后,倾斜微创通道,切除对侧肥厚黄韧带并潜行扩大骨性椎管。用椎间绞刀及刮匙逐步切除椎间盘组织及上下椎体软骨终板。椎间隙处理完毕后植入自体、异体骨粒及椎间融合器,顺导针置入椎弓根螺钉。根据术中是否开展连接棒预弯操作,预弯钛棒组置入预弯连接棒,非预弯钛棒组置入直棒。透视见位置满意后,逐层关闭切口。

1.4.2 影像学观察指标 所有患者术前、术后 2 年随访时摄全脊柱正侧位 X 线片以评估脊柱-骨盆矢状位参数及局部矢状位参数。脊柱-骨盆矢状位参数测量方法如下:矢状位偏移(Sagittal Vertical Axis, SVA)为过 C₇ 椎体中点的铅垂线至骶骨后角的水平距离,铅垂线在骶骨后角之前为正值,在骶骨后角之后为负值;胸椎后凸角(Thoracic Kyphosis, TK)为 T₄ 上终板切线与 T₁₂ 下终板切线之间的夹角;胸腰联合角(Thoracolumbar Junction, TLJ)为 T₁₁ 上终板切线与 L₂ 下终板切线之间的夹角;腰椎前凸角(Lumbar Lordosis, LL)为 L₁ 上终板切线与 S₁ 上终板切线之间的夹角;骨盆入射角(Pelvic Incidence, PI)为骶骨终板垂直平分线与骶骨终板中点至股骨头中点连线之间的夹角;骨盆倾斜角(Pelvic Tilt, PT)为骶骨终板中点至股骨头中点连线与垂线的夹角;骶骨倾斜角(Sacral Slope, SS)为骶骨终板切线与水平线的夹角。融合节段参数:包括椎间高度(Disc Height, DH)为融合椎体间(椎间隙前缘高度+椎间隙后缘高度)/2;融合节段角(Fused Segmental Angle, FSA)为 L₄ 椎体上终板和 L₅ 椎体下终板之间的夹角。测量示意图 1 和图 2。此外,笔者将预弯钛棒的角度评估纳入进行测量,测量方法为钛棒顶点至钛棒头端、尾端之间的夹角。

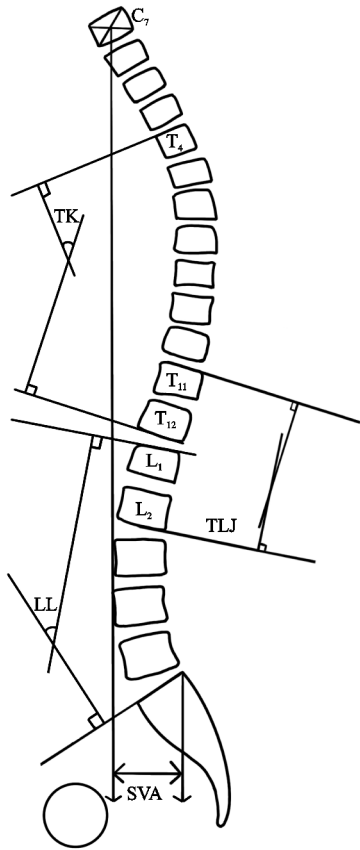


图1 脊柱-盆骨矢状位参数测量图

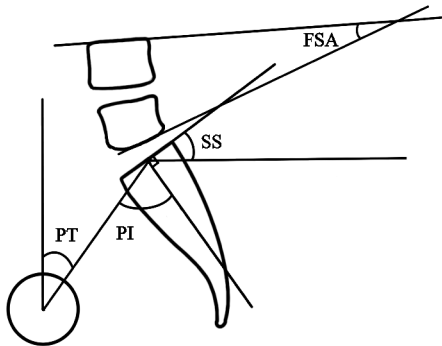


图2 局部矢状位参数测量图

图 3(ab)显示 L₄ 滑脱患者行微创经椎间孔腰椎椎体间融合术前及术后的脊柱全长侧位片,患者采用预弯连接棒。影像学检查可见滑脱复位满意,融合节段角由 8°恢复至 15°,椎间高度由 5.1 mm 恢复至 8.5 mm,整体矢状位序列也由术前失平衡恢复至平衡状态。图 3(cd)为 L_{4/5} 腰椎管狭窄症患者行微创经椎间孔腰椎椎体间融合术前及术后脊柱全长侧位片,显示患者采用直的钛棒。影像学提示融合节段角由 15.9°提高至 19.7°,椎间高度由 7.3 mm 恢复至 9.1 mm,术后脊柱矢状位序列维持满意。

图 4(ab)采用预弯连接棒,图 4(cd)采用直棒。对于整体矢状位序列而言,术前术后均无明显改变,弯棒患者对于融合节段角的改善效果更明显。

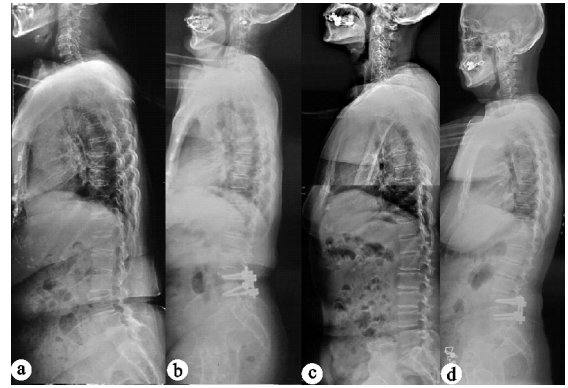


图3 直棒和预弯棒典型病例对比 1

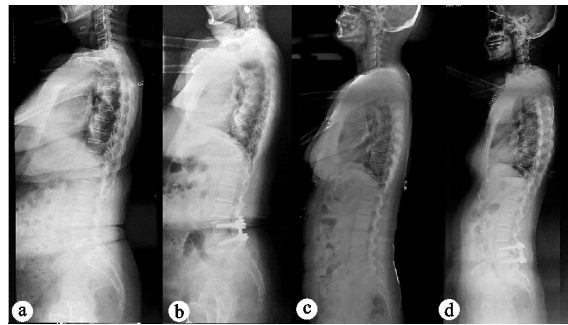


图4 直棒和预弯棒典型病例对比 2

图 5(ab)采用预弯连接棒,图 5(cd)采用直棒。对于整体矢状位序列而言,术前术后均无明显改变,弯棒患者对于融合节段角的改善效果更显著。

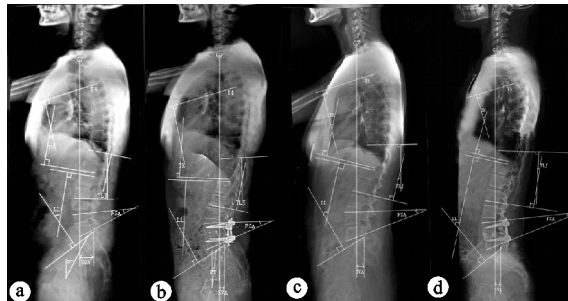


图5 直棒和预弯棒典型病例对比 3

1.4.3 随访及疗效评价标准 根据患者病例记录,收集患者围手术期临床资料,包括手术时间及术中出血量。分别于术前及术后 2 年门诊随访时评估患者自评临床疗效,采用 ODI 评分和 VAS 评分评价患者疼痛缓解及术后功能恢复情况。本研究通过脊柱全长 X 线片评价两组患者腰椎融合术术后相邻节段退变 (Adjacent Segment Degeneration, ASD) 发生率,采用标准为:1)邻近节段椎间高度丢失>10%;2)相邻节段椎体向前或者向后滑移超过 4 mm。记录并对临床两组患者融合率及 Cage 沉降度进行评估:1)融合率评估依据改良型 Brantigan 评分判断:0 分,椎间植骨吸收,椎间隙高度下降,椎体未融合;1 分,大部分椎间植骨未见连续骨痂,但骨量较术后椎间植骨量增多;2 分,椎间存在 50%连续骨痂,但椎间植骨区存在较多

透亮线;3分,椎间融合良好,但存在少许透亮线;4分,完全融合,出现连续骨痂,对于改良型 Brantigan 评分^[11]≥3分者判定为术后融合。2)Cage 沉降度的评估方法按照 Marchi L 标准^[12],根据术后 Cage 沉降陷入椎体程度分为 4 级:0 级,0%~24%;1 级,25%~49%;2 级,50%~74%;3 级,75%~100%。

1.5 统计学方法

应用 SPSS 23.0 统计软件进行统计学分析,计量资料数据经检验均符合正态分布,用 $\bar{x} \pm s$ 形式表示。

比较组内、组间计量资料数据分别行组内配对 *t* 检验和组间 *t* 检验。计数资料数据采用卡方检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 一般资料

预弯钛棒组共 51 例,其中男 19 例,女 32 例,平均年龄为(56.3±11.8)岁。非预弯钛棒组共 43 例,其中男 18 例,女 25 例,平均年龄为(54.0±9.5)岁。两组患者基线资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。

表 1 患者一般资料

	预弯棒组(n=51)	未预弯棒组(n=43)	P
年龄/岁	56.31±11.79	54.02±9.53	0.309
性别	男/例	19	0.403
	女/例	32	
吸烟	是/例	38	0.487
	否/例	13	
术前诊断	腰椎不稳/例	5	0.552
	腰椎管狭窄症/例	28	
	腰椎滑脱症/例	18	
病程/月	36.73±35.91	29.59±29.55	0.302
随访时间/月	29.31±2.75	30.16±4.53	0.267

预弯连接棒对临床疗效及围手术期指标的影响见表 2,所有患者均顺利完成手术并获得 2 年及以上时间随访,两组患者手术时间及术中出血量组间差异均无统计学意义($P>0.05$),且术中、术后均未输血。预

弯钛棒组 1 例患者出现术中硬脊膜撕裂,于术中行硬脊膜缝合术,术后间断夹闭引流管,未见明显脑脊液漏,经保守治疗后治愈。非预弯钛棒组术后 2 例患者出现切口感染,予以换药、抗感染 2 周后愈合。

表 2 预弯连接棒对临床疗效及围手术期指标的影响

	预弯棒组	未预弯棒组	P
术前临床疗效	腰疼 VAS 评分/分	6.12±1.62	0.461
	腿疼 VAS 评分/分	5.98±1.73	0.734
	ODI 评分/分	23.22±5.62	0.167
术后临床疗效	腰疼 VAS 评分/分	2.22±1.69 ¹⁾	0.904
	腿疼 VAS 评分/分	1.84±1.49 ¹⁾	0.788
	ODI 评分/分	11.41±7.06 ¹⁾	0.412
术中出血量/mL	110.59±65.50	106.28±52.23	0.729
手术时间/min	214.27±58.40	198.47±46.71	0.156

注:1)组内术后与术前比较, $P<0.05$ 。

2.2 影像学参数评估

预弯连接棒对脊柱-骨盆矢状位参数的影响见表 3,预弯钛棒组平均角度为 8.32°±2.70°,非预弯钛棒组为 0°。两组患者术前脊柱-骨盆矢状位参数及椎间高度、椎间融合角组间对比差异均无统计学意义($P>0.05$)。针对脊柱-骨盆矢状位影像学参数,两组患者术后腰椎前凸角、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角均较术前显著改善,差异有统计学意义($P<0.05$),而矢状位偏移、胸椎后凸角、胸腰联合角、骨盆入射角与术前比较差异无统计学意义($P>0.05$),组间比较各脊柱-骨盆矢状位参数差异无统计学意义($P>0.05$)。预弯连接棒对局部矢状位参数的影响见表 4,针对局部矢状位

影像学参数,两组患者术后椎间高度和融合节段角均较术前显著改善,差异有统计学意义($P<0.05$),且预弯钛棒组对于融合节段角的改善程度较非预弯钛棒组大(4.62±3.47 比 2.63±3.12, $P=0.005$)。

2.3 临床疗效评估

同组患者术后与术前腰疼 VAS 评分、腿疼 VAS 评分及 ODI 评分比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。术前及术后 2 年两组患者腰疼 VAS 评分、腿疼 VAS 评分及 ODI 评分组间比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表 2。

椎体融合率结果显示预弯钛棒组术后融合率为 96.08%(49/51),非预弯钛棒组术后融合率为

表3 预弯连接棒对脊柱-骨盆矢状位参数的影响($\bar{x}\pm s$)

脊柱-骨盆矢状位参数		预弯棒组($n=51$)	未预弯棒组($n=43$)	P
C ₇ 矢状位平衡	术前/(°)	23.13±43.53	15.87±54.63	0.476
	术后/(°)	16.40±34.23	10.39±29.87	0.371
	$P^{1)}$	0.103	0.293	
胸椎后凸角	术前/(°)	28.89±5.87	27.44±8.89	0.365
	术后/(°)	29.07±6.78	28.06±7.56	0.499
	$P^{1)}$	0.634	0.459	
胸腰联合角	术前/(°)	4.98±6.75	5.32±7.44	0.812
	术后/(°)	5.65±7.71	5.86±6.05	0.889
	$P^{1)}$	0.211	0.380	
腰椎前凸角	术前/(°)	43.99±10.03	44.15±9.50	0.938
	术后/(°)	51.38±12.53	50.97±8.50	0.850
	$P^{1)}$	<0.001	<0.001	
骨盆入射角	术前/(°)	52.75±8.17	52.87±9.61	0.944
	术后/(°)	52.88±8.47	53.12±9.54	0.895
	$P^{1)}$	0.310	0.414	
骶骨倾斜角	术前/(°)	31.51±7.26	30.01±7.26	0.320
	术后/(°)	36.45±8.93	35.30±7.63	0.508
	$P^{1)}$	<0.001	<0.001	
骨盆倾斜角	术前/(°)	21.25±6.84	22.71±8.62	0.362
	术后/(°)	16.52±6.32	17.89±6.55	0.303
	$P^{1)}$	<0.001	<0.001	

注: P 为预弯连接棒组与未预弯连接棒组组间对比; $P^{1)}$ 为组内术后与术前对比。

表4 预弯连接棒对局部矢状位参数的影响

局部矢状位参数		预弯棒组($n=51$)	未预弯棒组($n=43$)	P
椎间高度	术前/mm	6.55±1.96	7.18±1.83	0.109
	术后/mm	9.21±2.53	9.64±1.93	0.363
	差值/mm	2.66±2.27	2.46±2.03	0.647
	$P^{1)}$	<0.001	<0.001	
节段融合角	术前/(°)	15.71±2.65	16.64±4.21	0.201
	术后/(°)	20.33±4.84	19.26±3.38	0.225
	差值/(°)	4.62±3.47	2.63±3.12	0.005
	$P^{1)}$	<0.001	<0.001	

注: P 为预弯连接棒组与未预弯连接棒组组间对比; $P^{1)}$ 为组内术后与术前对比。

97.67%(42/43),组间比较差异无统计学意义($P>0.05$),提示预弯棒对融合率无影响(见表2)。Cage沉降率结果显示,预弯钛棒组G0级46例,G1级4例,G2级1例,G3级0例;非预弯钛棒组G0级39例,G1级3例,G2级1例,G3级0例;两组比较差异无统计学意义($P>0.05$),提示术后2年随访时,预弯钛棒对Cage沉降无影响(见表5)。

表5 Cage沉降和椎间融合(例)

观察指标	预弯棒组	未预弯棒组	P
	($n=51$)	($n=43$)	
Cage 沉降	G0	46	0.782
	G1	4	
	G2	1	
	G3	0	
椎间融合(融合/非融合)	49/2	42/1	0.954

3 讨论

早在1994年,Dubousset等^[13]提出了经济圆锥(Cons of Economy)概念,描述了脊柱矢状面平衡在维持姿势和躯体稳定性中的作用。腰椎退行性疾病可引起脊柱矢状位参数改变,诱发脊柱矢状位代偿级联反应。脊柱矢状位代偿机制复杂,其主要目的是允许患者站立并保持直立位置。随着退行性疾病的进展,脊柱经历平衡、代偿下平衡、失代偿后失平衡阶段^[14]。局部矢状位参数首先受到影响包括椎间高度、椎间Cobb角等改变^[15]。腰椎前凸减少^[13]被认为是整体脊柱矢状位失衡的第一步,为了改善上述情况,脊柱继而出现胸椎后凸减小、矢状位偏移前移和骨盆后倾(骶骨倾斜角减小、骨盆倾斜角增大)等脊柱-骨盆矢状位代偿性改变。Glassman等^[16]认为重建正常的矢状位平衡对于任何脊柱融合手术都至关重要,通过融合手术

重建或维持正常矢状位参数与疼痛缓解、功能恢复、生活质量提高密切相关^[17]。有研究报道^[18],大多数腰椎退行性疾病患者术前矢状位失平衡属于功能性失代偿,通过短节段固定融合手术即可恢复矢状位平衡。对于单节段腰椎融合手术而言,Lim 等^[8]证实重建局部矢状位参数(椎间高度、椎间孔高度),恢复正常的腰椎前凸角对临床疗效至关重要。既往研究表明,对于腰椎管狭窄症术前合并脊柱矢状位失平衡者,单节段腰椎后路椎间融合术(PLIF)可改善整体矢状位失平衡^[9]。孙欣等^[19]回顾性分析 86 例轻度峡部裂型腰椎滑脱症患者行单节段腰椎融合手术,结果显示脊柱-骨盆矢状位参数较术前显著改善。Ould-Slimane 等^[20]研究进一步证实单节段腰椎融合手术可以重建腰椎前凸角、恢复骨盆后倾等代偿级联反应。本研究结果显示微创经椎间孔腰椎椎体间融合术后椎间高度、融合节段角较术前明显改善。对于整体脊柱-骨盆矢状位参数而言,腰椎前凸角增大、骨盆后倾代偿恢复(骶骨倾斜角增大,骨盆倾斜角减小)。因此,笔者认为单节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合术可以改善局部矢状位参数,且通过恢复腰椎前凸角、减少骨盆后倾代偿以维持或重建脊柱矢状位平衡。

预弯钛棒在治疗脊柱畸形、骨折及长节段腰椎退行性病变中,可帮助改善脊柱冠状位及矢状位参数。单节段腰椎微创经椎间孔腰椎椎体间融合手术中,由于钛棒长度和预弯曲度受限,预弯钛棒对改善脊柱矢状位参数的影响未知。Voor 等^[21]进行尸体研究,结果显示短节段预弯钛棒对于改善整体腰椎前凸角的效果甚微,本研究探索预弯钛棒对于整体矢状位参数的影响,结果同样显示钛棒预弯对于整体脊柱-骨盆矢状位参数无明显影响。笔者认为整体脊柱-骨盆矢状位参数的重建受多因素影响,而单节段钛棒受到长度和预弯程度的制约,对于腰椎前凸角的影响较小,对于由腰椎前凸减少继发的代偿性矢状位参数改变也无明显影响。

局部影像学参数受到内固定系统的影响更大,改善局部矢状位参数对于单节段腰椎融合手术而言同样具备较高临床价值^[8]。本实验进一步探讨预弯钛棒对于局部矢状位参数(椎间盘高度及融合节段角)的影响,椎间高度的恢复与椎间融合器密切相关,研究表明^[22-23]不同类型的 Cage 对于椎间高度的改善有着不同的效果,而暂无报道预弯钛棒对椎间高度的影响。本研究结果显示,两组患者均恢复了椎间盘高度,而组间比较差异无统计学意义。本研究显示,当保证 Cage 型号及放置位置一致时,单纯预弯钛棒对椎间高度无明显影响。黄志海等^[24]制作单节段腰椎滑脱尸体标本,证明手术节段椎间前凸角的纠正与上下椎弓根螺

钉之间矢状面夹角和钛棒折弯曲度相关。本研究结果同样显示预弯钛棒组的融合节段角的改善程度较非预弯钛棒组更大($4.62^{\circ} \pm 3.47^{\circ}$ 比 $2.63^{\circ} \pm 3.12^{\circ}$)。本研究首次发现预弯钛棒有助于恢复局部脊柱矢状位参数,并发现钛棒预弯的角度与节段融合前凸角恢复程度相关,提示在单节段腰椎融合手术中,医者也需要重视连接棒的预弯。

钛棒预弯完成后顺导针置入双侧椎弓根螺钉及钛棒,需将钛棒凸面朝向腹侧前方,锁紧系统。但对于判断预弯角度的具体方法仍需深入研究,笔者目前仅能定性判断预弯角度大小,暂时没有定量判断预弯角度的方法,后续研究可以采用不同预弯角度的钛棒进行比较(如 5° , 10°),这将在之后的研究中进一步完善。实际操作过程中,钛棒在锁紧系统后可产生角度偏移,需重新调整,延长了手术时间,增加了术中透视次数。此外,术中内固定钛棒反复调试扭折后,强度及抗疲劳性等生物力学效应均减弱^[25]。本研究中预弯钛棒组手术时间为(214.27 ± 58.40)min,较非预弯钛棒组手术时间(198.47 ± 46.71)min长,但差异无统计学意义。笔者认为由于本组手术操作均由微创手术经验丰富的高年资医生完成,因此可一定程度减少调整钛棒方向的手术时间,而对于处于学习曲线中的年轻医生,置入、调节预弯的钛棒方向可能需要花费更多手术时间。

对于 Cage 沉降率和融合率的观察也有相应结果,两组 Cage 沉降率和融合率差异均无统计学意义,提示预弯钛棒对 Cage 沉降率和椎间融合率无明显影响。但由于本研究术后采用 X 线片评估 Cage 沉降率及椎间融合率,可能存在较大测量误差,后续研究应在 CT 或 MRI 上更准确地测量上述指标。

单节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合术的临床疗效已经得到广泛证实,本研究也显示两组患者均获得了彻底减压、坚固固定和融合,术后患者自评临床疗效较术前显著改善。单节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合术中预弯钛棒对于临床疗效的影响尚无报道,本研究对比预弯钛棒组与非预弯钛棒组术后 2 年临床疗效,结果显示两组患者腰、腿痛 VAS 评分及 ODI 评分差异无统计学意义,证明单节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合术中预弯钛棒作为单变量因素对于腰椎退行性病变患者术后 2 年临床疗效无明显影响。

综上所述,在单节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合手术中,预弯钛棒对整体矢状位序列无明显影响,但可更好地重建融合节段角,且不会增加手术时间,因此推荐术中预弯钛棒。

参考文献

- [1] VERMA K, BONIELLO A, RIHN J. Emerging techniques for posterior fixation of the lumbar spine[J]. J Am

- Acad Orthop Surg, 2016, 24(6):357-364.
- [2] YOSHIHARA H. Rods in spinal surgery: a review of the literature[J]. Spine J, 2013, 13(10):1350-1358.
- [3] SIKORA-KLAK J, UPASANI V V, ILHARREBORDE B, et al. Three-dimensional analysis of spinal deformity correction in adolescent idiopathic scoliosis: comparison of two distinct techniques[J]. Childs Nerv Syst, 2021, 37(2):555-560.
- [4] BOWDEN D, MICHIELLI A, MERRILL M, et al. Systematic review and meta-analysis for the impact of rod materials and sizes in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine Deform, 2022, 10(6):1245-1263.
- [5] KLUCK D, NEWTON P O, SULLIVAN T B, et al. A 3D parameter can guide concave rod contour for the correction of hypokyphosis in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2020, 45(19):E1264-E1271.
- [6] LEE W C, PARK J Y, KIM K H, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion in multilevel: comparison with conventional transforaminal interbody fusion[J]. World Neurosurg, 2016, 85:236-243.
- [7] TANASANSOMBOON T, ROBINSON J E 3rd, ANAND N. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: strategies for creating lordosis with a posterior approach[J]. Neurosurg Clin N Am, 2023, 34(4):643-651.
- [8] LIM J K, KIM S M. Radiographic results of minimally invasive (MIS) lumbar interbody fusion (LIF) compared with conventional lumbar interbody fusion[J]. Korean J Spine, 2013, 10(2):65-71.
- [9] BRATELJ D, JASZCZUK P, CAPONE C, et al. Lumbar reconstruction with hyperlordotic cages: prediction of neuroforaminal height in comparison to established age and sex dependent reference values[J]. Heliyon, 2024, 10(3):e25670.
- [10] KOUYOUMDJIAN P, MANSOUR J, HAIGNÈRE V, et al. Hip-spine relationship between sagittal balance of the lumbo-pelvi-femoral complex and hip extension capacity: an EOS evaluation in a healthy Caucasian population[J]. Global Spine J, 2024, 14(1):265-271.
- [11] BRANTIGAN J W, STEFFEE A D, LEWIS M L, et al. Lumbar interbody fusion using the Brantigan I/F cage for posterior lumbar interbody fusion and the variable pedicle screw placement system: two-year results from a food and drug administration investigational device exemption clinical trial[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(11):1437-1446.
- [12] MARCHI L, ABDALA N, OLIVEIRA L, et al. Radiographic and clinical evaluation of cage subsidence after stand-alone lateral interbody fusion[J]. J Neurosurg Spine, 2013, 19(1):110-118.
- [13] DUBOUSSET J, HADDAD F, ZELLER R, et al. La dysplasie ischio-vertébrale (un dangereux syndrome pour la moëlle épinière) ischio-vertebral dysplasia (a dangerous syndrome for the spinal cord) [J]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1994, 80(7):610-619.
- [14] LE HUEC J C, CHAROSKY S, BARREY C, et al. Sagittal imbalance cascade for simple degenerative spine and consequences: algorithm of decision for appropriate treatment[J]. Eur Spine J, 2011, 20 (Suppl 5):699-703.
- [15] ZHAO Y, JIA J, LIU W, et al. Influence of contoured versus straight rod on clinical outcomes and sagittal parameters in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) at L_{4/5} level: more than 5 years follow-up[J]. J Orthop Sci, 2020, 25(1):89-95.
- [16] GLASSMAN S D, BERVEN S, BRIDWELL K, et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(6):682-688.
- [17] JOHNSON R D, VALORE A, VILLAMINAR A, et al. Sagittal balance and pelvic parameters: a paradigm shift in spinal surgery[J]. J Clin Neurosci, 2013, 20(2):191-196.
- [18] 刘新宇, 贾军. 腰椎管狭窄症脊柱-骨盆矢状位参数研究进展[J]. 山东大学学报(医学版), 2019, 57(5):30-35.
- [19] 孙欣, 曾荣, 李广盛, 等. 微创及开放椎间融合术治疗轻度峡部裂型腰椎滑脱症脊柱-骨盆矢状位参数变化及疗效的对比研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2015, 29(12):1504-1509.
- [20] OULD-SLIMANE M, LENOIR T, DAUZAC C, et al. Influence of transforaminal lumbar interbody fusion procedures on spinal and pelvic parameters of sagittal balance[J]. Eur Spine J, 2012, 21(6):1200-1206.
- [21] VOOR M J, ROBERTS C S, ROSE S M, et al. Biomechanics of in situ rod contouring of short-segment pedicle screw instrumentation in the thoracolumbar spine[J]. J Spinal Disord, 1997, 10(2):106-116.
- [22] WU C, BIAN H, LIU J, et al. Effects of the cage height and positioning on clinical and radiographic outcome of lateral lumbar interbody fusion: a retrospective study[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1):1075.
- [23] DIMARIA S, KARAMIAN B A, SIEGEL N, et al. Does interbody cage lordosis and position affect radiographic outcomes after single-level transforaminal lumbar interbody fusion? [J]. Clin Spine Surg, 2022, 35(9):E674-E679.
- [24] 黄志海, 王正安, 徐跃根, 等. 胸腰椎钉棒角度距离测量仪的研制及在腰椎滑脱手术复位中的研究[J]. 中华实验外科杂志, 2015, 32(1):129-131.
- [25] DEMURA S, MURAKAMI H, HAYASHI H, et al. Influence of rod contouring on rod strength and stiffness in spine surgery[J]. Orthopedics, 2015, 38(6):e520-e523.