

新型牵开器辅助腰椎 Wiltse 入路脊柱内镜下椎板减压椎间融合术:技术要点与初步结果

单修祺,李佳奇,孙亚澎,侯丽媛,张 为*

(河北医科大学第三医院脊柱三科,河北 石家庄 050051)

[摘要] 目的 对新型牵开器辅助腰椎 Wiltse 入路脊柱内镜下椎板减压椎间融合术进行初步探索。方法 回顾性分析 2024 年 11—12 月河北医科大学第三医院收治的单节段腰椎退行性疾病患者 7 例的手术数据,采用新型牵开器辅助 Wiltse 入路结合脊柱内镜完成椎板减压和椎间融合,记录手术时间、术中出血量、术后疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、血清肌酸激酶(creatinine kinase, CK)水平及影像学评估结果。结果 所有患者手术均顺利完成,手术时间 87~152 min,术中出血量 40~100 mL,术后引流量 20~70 mL,术后卧床时间 0~2 d,术后住院时间 1~3 d。术后下肢痛和腰痛 VAS 评分显著降低,术后 24 h 和术后 72 h 的血清 CK 水平比术前升高,术后 MRI 多裂肌横截面积(cross-sectional area, CSA)平均下降 10.1%。结论 椎板减压椎间融合术结合 Wiltse 入路与脊柱内镜技术,优化肌间隙通道,减少软组织损伤,提高手术可视化,术后恢复良好。初步结果显示其安全性和可行性较优,但仍需大规模研究进一步验证其长期疗效及适应证范围。

[关键词] 椎间盘退行性变;脊柱融合术;Wiltse 入路 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2025.04.002

[中图分类号] R681.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2025)04-0379-07

腰椎融合手术是脊柱外科中常见的手术方法之一,广泛应用于因腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄、腰椎滑脱等退行性腰椎疾病的治疗。早在 20 世纪 50 年代,Cloward^[1]首次提出了腰后路椎间融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)。随后,Harms 等^[2]在 1982 年提出了经椎间孔入路腰椎椎间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)。然而,传统开放手术入路需要正中扩大皮肤切口、广泛剥离以及长时间牵拉腰背肌,这常常导致椎旁肌群出现缺血、损伤、坏死和去神经化等一系列病理改变。这种肌损伤可能引发术后“融合病”^[3],即影像学上融合成功但患者出现慢性术后下腰痛的症状^[4]。1968 年,Wiltse 等^[5]首次提出了通过腰椎多裂肌与最长肌肌间隙进入的全新入路,这种技术旨在最大程度地保护后方骨性结构和韧带复合体的完整性及避免椎旁肌组织的损伤,从而实现椎间融合手术微创化。后来,Wiltse 对该技术进行了改进,使其更广泛的应用于其他腰椎疾病的治疗。大量研究表明,Wiltse 入路在治疗退行性腰椎疾病

中具有显著优势。此外,该技术还被用于胸腰椎骨折、胸椎间盘突出、脊柱结核以及退变性腰椎侧凸的治疗^[6]。初步研究结果显示,与传统正中入路相比,Wiltse 入路下的腰椎椎间融合术可有效降低术中对椎旁肌的损伤,降低椎旁肌内压、减少椎旁肌水肿、在降低失血量、血清肌酸激酶(creatinine kinase, CK)水平,减轻术后腰痛等方面具有明显优势^[7-8]。然而,由于多裂肌的阻挡,通过这一间隙显露腰椎管仍然具有一定的难度,进而使减压操作变得困难^[9]。脊柱内镜技术可否结合 Wiltse 入路的优势,在此设想上本团队在原有肌间隙入路拉钩^[10]基础上设计并研发了一款新型自动牵开器,在国内首次尝试腰椎 Wiltse 入路脊柱内镜下椎板减压椎间融合术,并成功进行了 7 例单节段腰椎退行性疾病的腰椎 Wiltse 入路单通道非同轴内镜下椎板减压椎间融合术,短期效果良好。报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2024 年 11—12 月河北医科大学第三医院收治的单节段腰椎退行性疾病患者 7 例,其中男性 2 例,女性 5 例,年龄 35~74 岁,所有患者均接受了应用新型自动牵开装置下的 Wiltse 入路手术,并由同一位主刀医生完成。术前均采集了详细病史并进行体格、影像学检查,统计体重指数、手术节段等相关数据,患者均符合腰椎椎间融合

[收稿日期]2025-02-05

[基金项目]河北省重点研发计划项目(22377708D)

[作者简介]单修祺(1994—),男,河北石家庄人,河北医科大学第三医院医师,医学硕士,从事脊柱外科疾病诊治研究。

* 通信作者。E-mail:zhangweiat430@sina.com

手术指征。见表1。

本研究经河北医科大学第三医院医学伦理委员会批准通过。

表1 患者一般资料

病例号	性别	年龄(岁)	体重指数	节段
1	男	44	25.6	L4~5
2	男	51	20.4	L4~5
3	女	48	24.2	L4~5
4	女	50	18.7	L4~5
5	女	35	16.5	L4~5
6	女	74	26.3	L4~5
7	女	48	22.9	L4~5

本研究使用了新型牵开器,该设计已经获得专利(专利号:ZL202020770404.X),并转化企业生产,该牵开器采用U形支撑柱,使用了直径5.0 mm撑开钉,使用牵开器时于目标节段尾端钉道植入撑开螺钉,置入撑开器后锁定。原有拉钩相比,新款自动牵开器取消了多裂肌侧把手,于最长肌和多裂肌侧

分别增加了一个活动关节,活动关节可根据术中需要自由转动及调节角度,可在不对最长肌造成过度牵拉的情况下,推挤多裂肌至中线方向,提拉多裂肌,从而清晰显露目标区域。新款自动牵开器于多裂肌侧拉钩处增加了一个置入通道,可搭配内镜系统或光源系统使用(图1)。于两侧拉钩分别设置了进水及出水口,新型自动拉钩通过减少牵拉力集中点,降低肌肉损伤风险,同时保留了Wiltse入路的微创优势,该装置另一创新点在于留有内镜接口,未来可结合光源和内镜系统,通过进出水口连接进水管,可完成水介质内镜或空气介质内镜双重转换,进一步提升手术效率和视野,该装置简化了操作步骤,特别适用于下腰椎手术,使得单一术者即可顺利完成手术。在此基础上,将Wiltse入路及脊柱内镜技术相结合,提出了新型牵开器辅助腰椎Wiltse入路脊柱内镜下椎板减压椎间融合术这一新术式。



图1 新型牵开器大体像

A.新型牵开器放置;B.俯视图,新增改动;C.侧视图,新型牵开器较原有牵开器改动

1.2 手术过程 患者取俯卧位,气管插管全身麻醉下操作。使用C臂X光机透视定位目标椎体,使用超声确定最长肌与多裂肌肌间隙位置,沿后正中线旁开2 cm处做4~6 cm的皮肤切口,于超声定位处逐层切开皮肤、皮下组织和腰背筋膜;使用手指钝性分离多裂肌和最长肌之间的肌间隙以显露关节突根部;在透视引导下置入上位椎体同侧椎弓根螺钉,下位椎体置入定位针,透视下确认位置良好,取出下位椎体定位针,于下位椎体相应位置上关节突根部外缘植入牵开器撑开螺钉,并使用新型自动牵开装置进一步扩展肌间隙;连接关节镜内镜系统,内镜下使用等离子电极沿椎板下骨膜分离多裂肌至棘突基底,显露手术区域后镜下完成椎板部分切除、关节突减压和黄韧带切除;镜下清除病变椎间盘和软骨终板后,将椎间融合器水平植入椎体前中部,融合器内填充自体骨、人工骨和骨形成蛋白。完成固定后,取出自动牵开装置,取出下位椎体处牵开器撑开螺钉,

透视引导下置入下位椎体椎弓根螺钉1枚,连接钉棒并锁紧螺钉。以同样方式于对侧植入椎弓根螺钉2枚,透视确认固定位置良好后连接钉棒并锁紧螺钉。最后,放置引流管并分层缝合切口(图2)。

1.3 术后评估指标 ①记录术中及术后失血量(mL)、手术时间(h)及住院时间(d)。②生化指标检测:术前和术后24 h、72 h检测血清CK水平,正常范围为20~200 U/L,用于评估手术相关肌损伤。③疼痛及功能评估:采用视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)评估患者术前24 h及术后24 h的腰痛和下肢痛情况,④MRI评估:在术前24 h及术后24 h随访时进行MRI扫描,选择目标椎体上中下的椎间盘横断面图像,在同一位技师操作下,利用数字图像处理软件分析多裂肌的横截面积(cross-sectional area, CSA)(图3),得出患者术前及术后平均CSA。

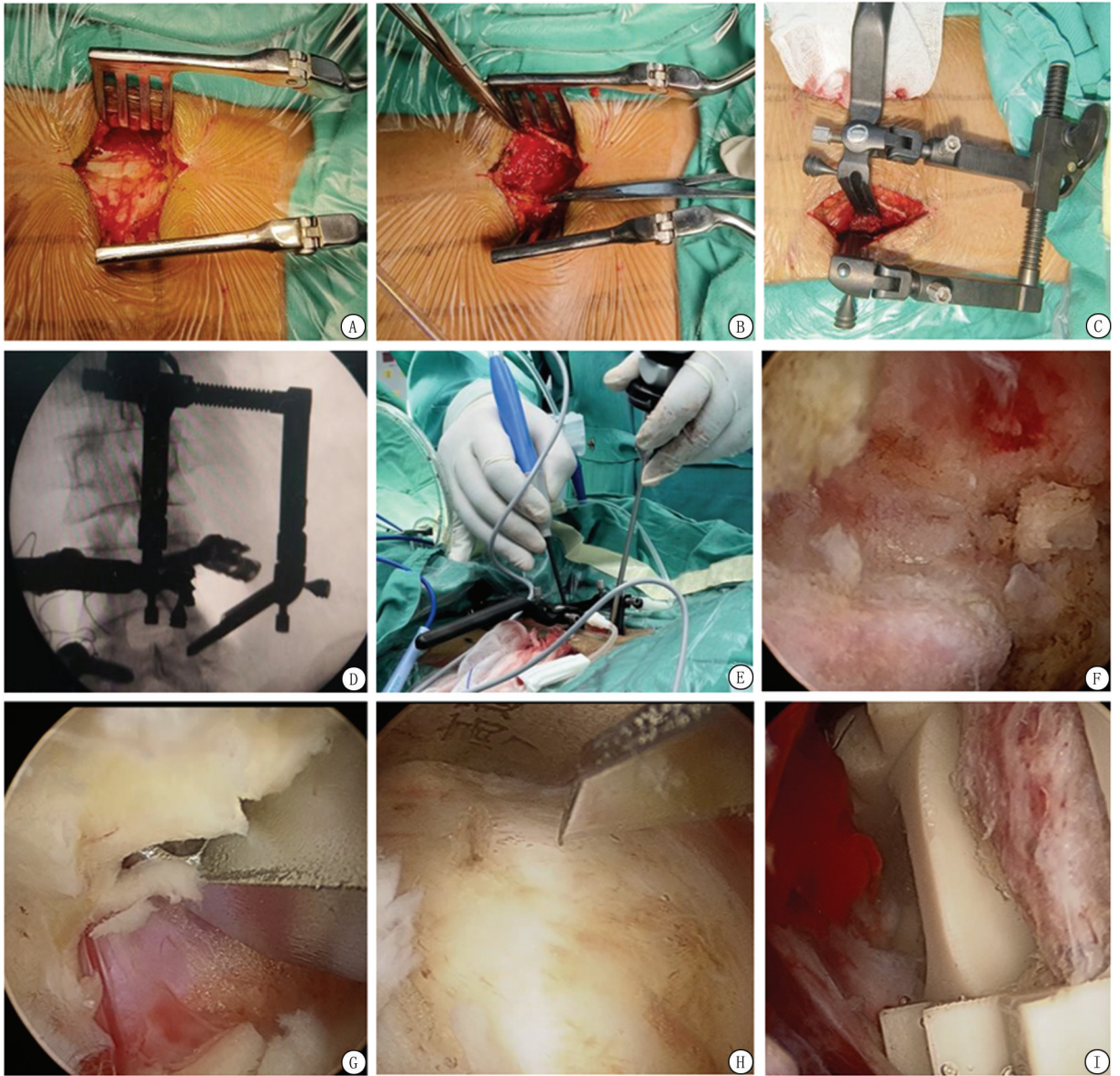


图2 术中情况

A. 术中暴露情况; B. 术中暴露情况; C. 新型牵开器; D. 术中置钉后新型牵开器术中透视情况; E. 术中新型撑开器辅助镜下操作; F. 镜下下关节突去除; G. 术中黄韧带去除; H. 切除间盘; I. 融合器植入

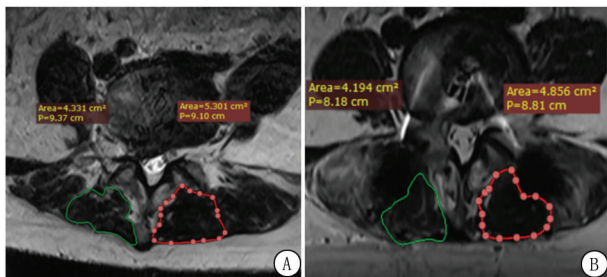


图3 横截面积测量

A. 术前; B. 术后

2 结 果

7例患者均顺利完成手术,无中转开放手术,7例手术时间为87~152 min,术中出血量40~100 mL,术后引流量20~70 mL,术后卧床时间为

0~2 d,术后住院时间1~3 d。手术基本信息见表2。7例患者下肢痛和腰痛VAS评分均较术前显著降低,术后24 h、48 h、72 h血清CK水平较术前升高,术后观察发现,随访期间,术后多裂肌CSA平均比术前仅降低了10.1%。见表3。CT显示,所有患者椎弓根外均无螺钉错位。术前24 h及术后24 h腰椎MRI对比发现,Wiltse入路对多裂肌的损伤较小,术后最长肌可见部分水肿。可以观察到Wiltse入路中肌CSA较术前减少较少(图4)。

表 2 患者术中术后情况

病例号	手术时间(min)	术中失血量(mL)	术后引流量(mL)	术后卧床时间(d)	术后住院时间(d)
1	152	100	70	2	3
2	112	70	50	1	2
3	98	70	40	1	2
4	106	60	30	0	1
5	92	40	20	0	1
6	135	80	40	2	3
7	87	50	30	1	2

表 3 术前、术后 VAS、CK、CSA 水平

病例号	下肢痛 VAS 评分(分)		腰痛 VAS 评分(分)		CK(U/L)				CSA(cm ²)	
	术前	术后	术前	术后	术前	术后 24 h	术后 48 h	术后 72 h	术前 24 h	术后 24 h
1	7	2	3	3	22	77	68	70	8.3	7.5
2	8	2	4	2	32	67	56	—	12.7	12.2
3	9	1	3	3	28	54	55	—	8.8	8.0
4	7	1	2	2	26	46	—	—	5.6	5.3
5	6	1	3	2	45	83	—	—	4.9	4.9
6	7	1	5	2	39	62	52	54	7.2	6.3
7	8	2	6	3	27	78	47	—	4.9	4.4

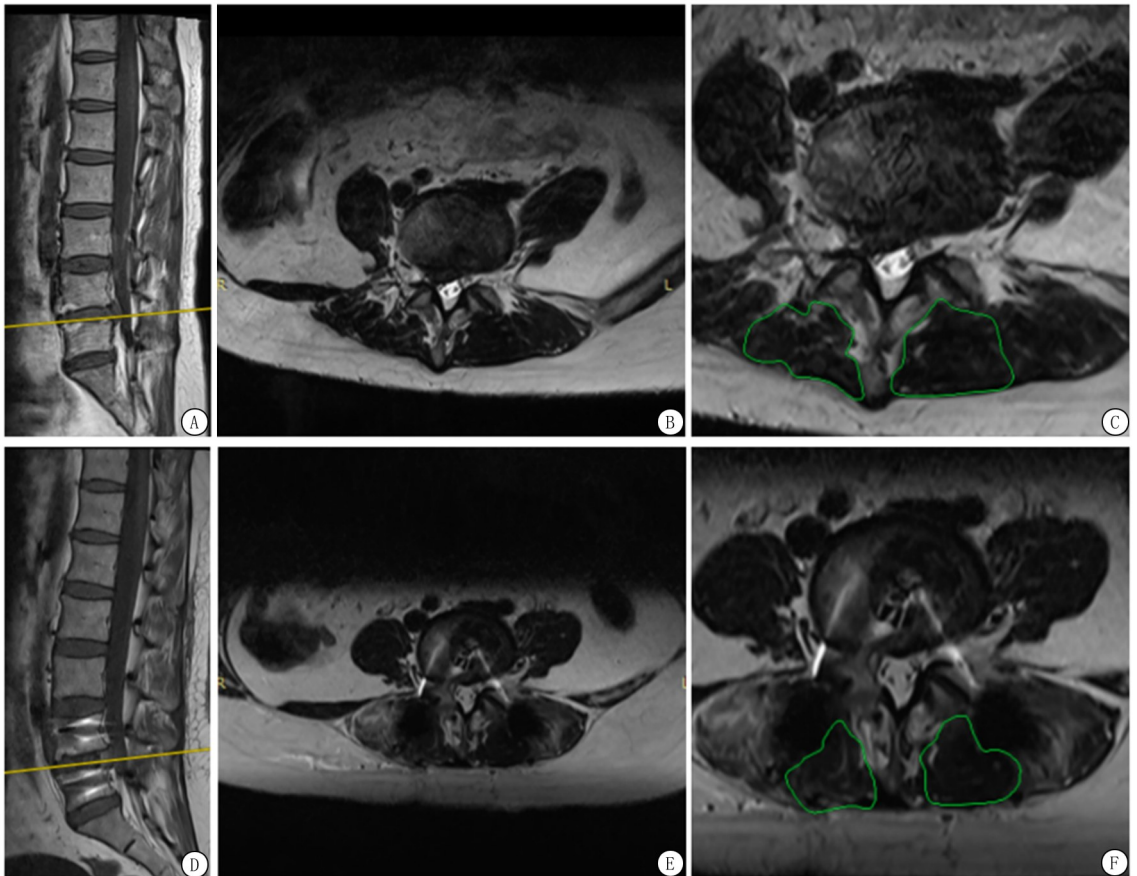


图 4 患者术前术后 MRI

A.术前 MRI T2 加权矢状位像;B.术前横断面 MRI;C.术前多裂肌 CSA;D.术后 MRI T2 加权矢状位像;E.术后横断面 MRI;F.术后多裂肌 CSA

3 讨 论

腰椎周围的主要肌分为两大类:前群肌包括腰大肌和腰方肌,后群肌包括多裂肌和骶棘肌。在腰椎后外侧区域,多裂肌、最长肌、髂腰肌及腰方肌之

间形成了三个独立的肌间隙。最长肌纤维相对较少,与内侧的多裂肌之间形成了一个清晰的肌间隙,该间隙含少量脂肪组织,且无血管或神经穿过,便于钝性分离^[11]。

在过去 20 年中,微创腰椎椎体间融合术因其在

治疗多种腰椎疾病中的优越性而备受推崇。各种微创技术,如微创经椎间孔腰椎椎间融合术(minimally invasive surgery transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)、直接侧方腰椎椎间融合术、斜侧腰椎椎间融合术和前路腰椎椎间融合术等,均在追求微创目标^[12]。然而,这些微创技术本身也各有其局限性^[13]。随后提出了在传统椎间融合技术上结合了脊柱内镜技术,近年来单边双通道内镜下经椎间孔入路椎间融合术(unilateral biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion, UBE-TLIF)^[14],脊柱分体内镜经椎间孔入路椎间融合术及全脊柱内镜下椎间融合术技术^[15-16],通过小切口和内镜可视化引导,进行神经减压、椎间盘切除和融合植骨,具有全内镜可视,出血量少,微创化,减少术后疼痛,肌损伤小等优势,但由于全内镜操作,术者学习曲线较长,且植骨量受限,患者术后融合相对受影响。

尽管 Wiltse 入路已被广泛应用于腰椎手术,然而 Wiltse 手术入路传统上使用半椎板拉钩来暴露手术视野。该拉钩由助手固定在关节突外侧缘^[17],并将最长肌牵拉至外侧缘,内侧使用膀胱拉钩牵拉多裂肌^[18]。而在肌发达或肥胖患者中,由于膀胱拉钩无法完全牵开多裂肌,且术中需要多人辅助,术中可能出现多裂肌遮挡手术视野并影响手术操作。

3.1 初步结果 尽管本研究样本量较小,但接受腰椎 Wiltse 入路脊柱内镜下椎板减压椎间融合术的 7 例患者均取得了较好的临床疗效。由于新型牵开器的保护及脊柱内镜下操作,术中仅剥离患侧的旁开肌, Wiltse 入路对减少软组织损伤,保留对侧肌肉的结构完整性以及后方正中韧带具有明显优势,从而降低术后旁开肌瘢痕化及局部去神经萎缩的发生率^[19],进而减少顽固性术后腰痛的风险^[20]。所有患者的腰痛及下肢放射痛均显著缓解。

在传统手术方法中,多裂肌最容易受到影响,并且肌损伤后血清 CK 水平会显著升高。因此,血清 CK 水平通常被选用来评估术后早期肌损伤^[21]。研究发现,手术后血清 CK 活性增加,在术后第 1 天达到峰值,然后持续下降,并在第 5 天基本恢复正常^[8]。本研究结果显示, Wiltse 入路脊柱内镜下椎板减压椎间融合在术后第 1 天和第 3 天的血清 CK 水平虽有升高但均处于正常范围内,与 Kim 等^[22]报道的结果类似。

通过 MRI T2 加权图像后期信号强度的变化评估肌损伤程度^[23],本研究观察到 Wiltse 入路中肌肉 CSA 较术前减少较少,结合文献中的结果,进一步

证实, Wiltse 方法比传统入路 TLIF, 脊柱内镜融合等方式对肌的损伤更小。但先前研究表明^[24], 常规腰椎术后肌肉因水肿引起的肿胀可能持续长达 10 个月, 由于观察时间较短, 这需要长期随访持续研究 Wiltse 入路内镜下融合对多裂肌的持续影响。

Wiltse 入路在椎弓根固定中能够减少术后肌肉间的死腔, 减少缝合的张力, 避免术后感染。此外, Wiltse 入路减少了骨性结构的切除, 保留了对侧椎板和关节突关节, 同时维持椎管的结构完整性。

3.2 Wiltse 入路脊柱内镜融合术的优势 本研究在新型牵开器辅助下将 Wiltse 入路椎间融合术与脊柱内镜相结合, 这是国内首次提出, 且进行的第一次实践研究——腰椎 Wiltse 入路脊柱内镜下椎板减压椎间融合术, 现有的 Wiltse 肌间隙入路 TLIF 手术由于肌间隙定位不清, 现有工具受限, 对多裂肌保护不足, 对后方脊柱肌造成了较大损害, 术中由于多裂肌遮挡, 术中视野较差, 对椎板及黄韧带去除不足, 无法通过棘突根部过顶至椎管对侧, 手术减压效果较差, 仅适合单纯腰椎间盘突出症患者。对腰椎滑脱或严重腰椎管狭窄的适应证有限, 影响手术效果, 在处理复杂病例时可能不如传统后路或 UBE-TLIF 等更具可视化优势的入路更有效。UBE-TLIF 在降低手术创伤、减少术后疼痛和加快术后康复方面展现出明显优势^[25]。然而, 该技术仍然存在一定的局限性。首先, UBE-TLIF 具有较陡峭的学习曲线, 术者需要较长时间掌握双通道内镜操作和术中解剖识别技巧。此外, 术中持续冲洗虽然有助于保持术野清晰, 但可能影响止血效果, 增加手术时间^[26]。另一方面, 该技术的植骨量受限, 由于局部自体骨获取不足, 术后融合率可能略低于传统开放 TLIF^[27-28], 同时操作中需用肌肉剥离器剥离肌肉, 造成椎旁肌损伤, 患者术后短期均有肌疼痛症状。

通过 Wiltse 传统入路结合内镜可视化技术, 相较于传统后路入路, Wiltse 入路利用肌间隙进入目标节段, 避免了 PLIF、TLIF、MIS-TLIF 等对竖脊肌群的广泛剥离, 从而减少术中出血和术后肌萎缩, 降低慢性腰背痛的发生率^[29]。此外, 内镜技术的引入为术者提供了高清放大视野, 与 UBE-TLIF 相比, Wiltse 入路内镜融合术式采用肌间隙入路方式, 暴露至手术节段关节突外侧, 可在镜下操作前直视下完成置钉, 与经皮椎弓根钉置入相比, 直视下操作缩短手术时间, 减少经皮置钉隐性出血, 由于手术节段下位椎体上关节突置入撑开钉, 提前置钉未影响术中手术操作。通过新型牵开器牵开肌肉, 替代

UBE-TLIF 造腔操作,避免对肌剥离损伤,直视下入路结合内镜单通道操作,且操作工具采用开放手术工具,更利于术者镜下辨识结构及操作,缩短了术者学习时间,有助于精细操作进行神经根减压、终板处理及融合器植入,减少术中出血。水介质及空气介质交替使用,避免了 UBE-TLIF 术中硬脊膜破裂需停止冲洗,转为开放手术操作,提高了手术的安全性和精准性。

本研究还发现,新型牵开器辅助结合内镜操作,与传统 Wiltse 入路相比棘突根部暴露更充分,该技术可以“过顶”方式实现单侧入路,达到双侧减压,使椎管减压更加彻底,达到与 UBE-TLIF 相同效果。因此,Wiltse 入路结合脊柱内镜技术是一种兼具微创性、可视化及稳定性的脊柱手术方案,在腰椎退行性疾病的治疗中具有广阔的临床应用前景。

3.3 Wiltse 入路内镜融合术式的局限性 尽管该技术在减少手术创伤、操作简便,加快术后康复及降低慢性腰背痛方面展现出明显优势,但其应用仍受到多方面限制,尤其在适应证选择、术中操作空间、终板处理、学习曲线及术后融合质量等方面存在一定挑战。

首先,由于 Wiltse 入路采用后外侧入路方式,主要适用于单节段或双节段的轻中度腰椎退行性疾病^[30],如腰椎管狭窄、椎间盘突出症及轻度腰椎滑脱(Meyerding I ~ II 级)。然而,对于严重腰椎滑脱(Meyerding III 级及以上)、中央型椎管狭窄或骨质疏松患者,该入路的局限性较为突出。特别是对于严重滑脱患者,Wiltse 入路难以提供足够的矢状面调整能力,可能影响术后脊柱稳定性。而对于中央型椎管狭窄,由于其手术通道主要位于椎间孔及侧隐窝区域,减压范围有限,可能无法实现充分的硬膜囊及双侧侧隐窝减压。其次,术中操作空间受限,可能影响融合器植入及终板处理。Wiltse 入路的角度相对较窄,即使内镜下操作,术中融合器(Cage)植入仍受到一定限制^[31],在椎间隙塌陷或需要矢状面调整的患者中,该入路难以实现最佳的融合器摆放。此外,由于结合脊柱内镜技术,相较于 PLIF、TLIF 等开放手术时间及学习曲线仍较长。在脊柱内镜辅助下,术者需在有限的操作空间内完成彻底的软骨终板去除,这对手术技巧和经验要求较高。Wiltse 入路结合脊柱内镜需要术者熟练掌握内镜下解剖辨识、终板处理及神经减压技术。此外,术中出血可能影响视野清晰度,进一步增加手术难度。

最后,术后融合质量和长期稳定性仍需进一步研究。与 UBE-TLIF 相似,Wiltse 入路结合脊柱内

镜的早期融合率可能低于传统开放 TLIF^[28],尤其在骨量不足或终板处理不充分的患者中,可能导致融合延迟或假关节形成。未来可尝试改良牵开器,通过结合软质内镜,或机器人辅助导航技术,进一步优化术式及术野。

本研究在国内及国际上首次提出了新型牵开器辅助下 Wiltse 入路脊柱内镜下椎板减压椎间融合术,并进行了第一次初步探索研究,该手术在减少手术创伤、优化术后恢复方面具有一定优势,但在适应证、术中操作、学习时间及融合质量等方面仍存在一定局限性。未来,可以进一步改良和优化新型牵开器,为新术式进行更多的随机对照试验和长期随访研究,以进一步验证该术式的长期稳定性和优越性。

[参考文献]

- [1] Cloward RB. The treatment of ruptured lumbar intervertebral disc by vertebral body fusion. III. Method of use of banked bone[J]. *Ann Surg*, 1952, 136(6): 987-992.
- [2] Harms J, Rolinger H. A one-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses; dorsal traction-reposition and anterior fusion(author's transl)[J]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 1982, 120(3): 343-347.
- [3] Sihvonen T, Herno A, Paljärvi L, et al. Local denervation atrophy of paraspinal muscles in postoperative failed back syndrome[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1993, 18(5): 575-581.
- [4] Onesti ST. Failed back syndrome[J]. *Neurologist*, 2004, 10(5): 259-264.
- [5] Wiltse LL, Bateman JG, Hutchinson RH, et al. The paraspinal sacrospinalis-splitting approach to the lumbar spine[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1968, 50(5): 919-926.
- [6] Tuttle J, Shakir A, Choudhri HF. Paramedian approach for transforaminal lumbar interbody fusion with unilateral pedicle screw fixation; technical note and preliminary report on 47 cases[J]. *Neurosurg Focus*, 2006, 20(3): E5.
- [7] Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery: a histologic and enzymatic analysis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1996, 21(8): 941-944.
- [8] Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H. Changes in serum creatine phosphokinase MM isoenzyme after lumbar spine surgery[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1997, 22(9): 1018-1023.
- [9] Chang J, Cao J, Huang Z, et al. Comparison of the modified Wiltse's approach with spinal minimally invasive system and traditional approach for the therapy of thoracolumbar fracture[J]. *J Biomed Res*, 2020, 34(5): 379-386.
- [10] Liu H, Li J, Sun Y, et al. A comparative study of a new retractor-assisted WILTSE TLIF, MIS-TLIF, and traditional PLIF for treatment of single-level lumbar degenerative diseases[J]. *Orthop Surg*, 2022, 14(7): 1317-1330.
- [11] McGill SM, Grenier S, Kavcic N, et al. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine [J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2003, 13(4): 353-359.

- [12] Osman SG. Endoscopic transforaminal decompression, interbody fusion, and percutaneous pedicle screw implantation of the lumbar spine: a case series report[J]. *Int J Spine Surg*, 2012, 6: 157-166.
- [13] Jacquot F, Gastambide D. Percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: is it worth it? [J]. *Int Orthop*, 2013, 37(8): 1507-1510.
- [14] Heo DH, Son SK, Eum JH, et al. Fully endoscopic lumbar interbody fusion using a percutaneous unilateral biportal endoscopic technique: technical note and preliminary clinical results[J]. *Neurosurg Focus*, 2017, 43(2): E8.
- [15] Wang MY, Grossman J. Endoscopic minimally invasive transforaminal interbody fusion without general anesthesia: initial clinical experience with 1-year follow-up[J]. *Neurosurg Focus*, 2016, 40(2): E13.
- [16] Wang YT, Wu XT, Chen H, et al. Endoscopy-assisted posterior lumbar interbody fusion in a single segment[J]. *J Clin Neurosci*, 2014, 21(2): 287-292.
- [17] Shen X, Li FT, Cheng YQ, et al. Comparison of a novel hand-held retractor-assisted transforaminal lumbar interbody fusion by the wiltse approach and posterior TLIF: a one-year prospective controlled study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2024, 25(1): 142.
- [18] Lee CW, Yoon KJ, Ha SS. Comparative analysis between three different lumbar decompression techniques (microscopic, tubular, and endoscopic) in lumbar canal and lateral recess stenosis: preliminary report [J]. *Biomed Res Int*, 2019, 2019: 6078469.
- [19] Yanik B, Keyik B, Conkbayir I. Fatty degeneration of multifidus muscle in patients with chronic low back pain and in asymptomatic volunteers: quantification with chemical shift magnetic resonance imaging[J]. *Skeletal Radiol*, 2013, 42(6): 771-778.
- [20] Tandon R, Kiyawat V, Kumar N. Clinical correlation between muscle damage and Oswestry disability index score after open lumbar surgery: does open surgery reduce functional ability? [J]. *Asian Spine J*, 2018, 12(3): 518-523.
- [21] Baird MF, Graham SM, Baker JS, et al. Creatine-kinase and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery [J]. *J Nutr Metab*, 2012, 2012: 960363.
- [22] 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.
- [23] Flores DV, Mejía Gómez C, Estrada-Castrillón M, et al. MR imaging of muscle trauma: anatomy, biomechanics, pathophysiology, and imaging appearance [J]. *Radiographics*, 2018, 38(1): 124-148.
- [24] Cawley DT, Alexander M, Morris S. Multifidus innervation and muscle assessment post-spinal surgery [J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(2): 320-327.
- [25] Luan H, Peng C, Liu K, et al. Comparing the efficacy of unilateral biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion in lumbar degenerative diseases: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18(1): 888.
- [26] Lin GX, Huang P, Kotheeranurak V, et al. A systematic review of unilateral biportal endoscopic spinal surgery: preliminary clinical results and complications [J]. *World Neurosurg*, 2019, 125: 425-432.
- [27] Hu X, Yan L, Jin X, et al. Endoscopic lumbar interbody fusion, minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, and open transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative diseases: A systematic review and network Meta-analysis [J]. *Global Spine J*, 2024, 14(1): 295-305.
- [28] Yu Q, Lu HG, Pan XK, et al. Unilateral biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion versus conventional interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar spine disease: a systematic review and meta-analysis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 838.
- [29] Zhou C, Tian YH, Zheng YP, et al. Mini-invasive transforaminal lumbar interbody fusion through wiltse approach to treating lumbar spondylolytic spondylolisthesis [J]. *Orthop Surg*, 2016, 8(1): 44-50.
- [30] Jin YM, Chen Q, Chen CY, et al. Clinical research and technique note of TLIF by wiltse approach for the treatment of degenerative lumbar [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(5): 1628-1638.
- [31] Wang ST, Goel VK, Fu CY, et al. Posterior instrumentation reduces differences in spine stability as a result of different cage orientations: an in vitro study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(1): 62-67.

(本文编辑:赵丽洁)