

微型钛板固定与侧块螺钉固定在颈椎后路单开门椎管扩大成形术中的对比研究

魏嘉豪*, 常 胜, 郭建伟, 王永斌, 刘 勇#

青岛大学附属医院脊柱外科, 山东 青岛

收稿日期: 2025年4月6日; 录用日期: 2025年4月28日; 发布日期: 2025年5月7日

摘 要

目的: 评估颈椎后路单开门椎管扩大成形微型钛板与侧块螺钉固定术后, 颈椎矢状位参数变化与疗效的相关性分析。方法: 回顾性分析2022年9月至2024年1月脊髓型颈椎病的患者29例, 其中行微型钛板固定的手术患者18例, 侧块螺钉固定患者11例, 所有患者均行C3~C6后路单开门椎管扩大成形术。随访时间为术后12个月, 记录手术前后日本骨科矫形协会评分(JOA)、疼痛视觉模拟评分(VAS)、颈部功能障碍指数(NDI)评估颈椎功能状态。术前、术后和随访时行颈椎正侧位X线片、CT三维重建和MRI检查, 测量术前及末次随访时的颈椎矢状位参数, 包括C2~C7 Cobb角、C2~C7矢状面轴向距离(sagittal venical axis, SVA)和T1倾斜角。结果: 两组手术末次随访时JOA评分、VAS评分及NDI评分均较术前有明显改善($P < 0.05$), 但末次随访时比较两组手术C2~C7 Cobb角、C2~C7 SVA、T1 Slope、JOA评分、VAS评分、NDI评分差异无统计学意义($P > 0.05$)。微型钛板固定组C2~C7 Cobb角由术前 19.08 ± 2.70 减小至 14.76 ± 3.40 , 差异有统计学意义($P < 0.05$), C2~C7 SVA由术前 19.37 ± 5.51 增加至 24.15 ± 5.32 , 差异有统计学意义($P < 0.05$), T1 Slope由术前 22.46 ± 4.18 增加值 25.83 ± 6.24 , 差异有统计学意义($P < 0.05$)。侧块螺钉固定组C2~C7 Cobb角由术前 18.32 ± 4.45 减小至 15.21 ± 2.59 , 差异无统计学意义($P = 0.059$), C2~C7 SVA由术前 19.67 ± 2.89 增加至 22.79 ± 2.89 , 差异无统计学意义($P = 0.052$), T1 Slope由术前 23.35 ± 7.70 增加值 28.11 ± 6.16 , 差异无统计学意义($P = 0.117$)。Pearson相关分析结果显示微型钛板固定组术后T1 Slope与C2~C7 Cobb角、C2~C7 SVA呈正相关($r = 0.434, P < 0.05$; $r = 0.376, P < 0.05$), 术后NDI评分与C2~C7 Cobb角、C2~C7 SVA及T1 Slope呈正相关($r = 0.417, P < 0.05$; $r = 0.328, P < 0.05$; $r = 0.419, P < 0.05$), 侧块螺钉固定组术后NDI评分与C2~C7 Cobb角、C2~C7 SVA及T1 Slope均呈正相关($r = 0.338, P < 0.05$; $r = 0.334, P < 0.05$; $r = 0.311, P < 0.05$), 其余各组数据之间无相关性($P > 0.05$)。结论: 微型钛板固定与侧块螺钉固定的颈椎后路单开门手术治疗脊髓型颈椎病均有确切的疗效。微型钛板组手术前后矢状位参数存在明显差异, 但末次随访时两组颈椎矢状位参数无显著差异, 矢状位参数变化与患者疗效无显著相关性。

关键词

颈椎, 单开门椎管成形术, 矢状位, 临床疗效

*第一作者。

#通讯作者。

Comparative Study of Mini-Plate Fixation and Lateral Mass Screw Fixation in Cervical Posterior Open-Door Laminoplasty

Jiahao Wei*, Sheng Chang, Jianwei Guo, Yongbin Wang, Yong Liu#

Department of Spinal Surgery, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Apr. 6th, 2025; accepted: Apr. 28th, 2025; published: May 7th, 2025

Abstract

Objective: To evaluate the correlation between changes in cervical sagittal parameters and clinical efficacy following posterior open-door laminoplasty using mini-plate fixation versus lateral mass screw fixation for cervical spondylotic myelopathy (CSM). **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 29 CSM patients treated between September 2022 and January 2024. Among them, 18 underwent C3~C6 posterior open-door laminoplasty with mini-plate fixation, and 11 received lateral mass screw fixation. All patients were followed up for 12 months. Preoperative and postoperative functional outcomes were assessed using the Japanese Orthopaedic Association (JOA) score, Visual Analogue Scale (VAS), and Neck Disability Index (NDI). Cervical sagittal parameters, including the C2~C7 Cobb angle, C2~C7 sagittal vertical axis (SVA), and T1 slope, were measured on X-ray, CT, and MRI scans before surgery and at the final follow-up. **Results:** Both groups showed significant improvement in JOA, VAS, and NDI scores at the final follow-up compared to preoperative values ($P < 0.05$). However, no statistically significant differences were observed between the two groups in C2~C7 Cobb angle, SVA, T1 slope, or functional scores at the final follow-up ($P > 0.05$). In the mini-plate group, the C2~C7 Cobb angle decreased significantly from $19.08^\circ \pm 2.70^\circ$ to $14.76^\circ \pm 3.40^\circ$ ($P < 0.05$), SVA increased from 19.37 ± 5.51 mm to 24.15 ± 5.32 mm ($P < 0.05$), and T1 slope increased from $22.46^\circ \pm 4.18^\circ$ to $25.83^\circ \pm 6.24^\circ$ ($P < 0.05$). In the lateral mass screw group, the C2~C7 Cobb angle decreased from $18.32^\circ \pm 4.45^\circ$ to $15.21^\circ \pm 2.59^\circ$ ($P = 0.059$), SVA increased from 19.67 ± 2.89 mm to 22.79 ± 2.89 mm ($P = 0.052$), and T1 slope increased from $23.35^\circ \pm 7.70^\circ$ to $28.11^\circ \pm 6.16^\circ$ ($P = 0.117$), with no statistically significant changes. Pearson correlation analysis revealed that in the mini-plate group, postoperative T1 slope was positively correlated with C2~C7 Cobb angle and SVA ($r = 0.434$, $P < 0.05$; $r = 0.376$, $P < 0.05$), and NDI scores correlated positively with Cobb angle, SVA, and T1 slope ($r = 0.417$, 0.328 , 0.419 ; $P < 0.05$). Similarly, in the lateral mass screw group, NDI scores correlated positively with these parameters ($r = 0.338$, 0.334 , 0.311 ; $P < 0.05$). There was no correlation between the other groups of data ($P > 0.05$). **Conclusion:** Both mini-plate and lateral mass screw fixation in posterior open-door laminoplasty demonstrate efficacy for CSM. Although sagittal parameters changed significantly in the mini-plate group postoperatively, no intergroup differences were observed at the final follow-up. Changes in sagittal alignment did not significantly correlate with clinical outcomes.

Keywords

Cervical Spine, Open-Door Laminoplasty, Sagittal Alignment, Clinical Efficacy

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

脊髓型颈椎病(cervical spondylotic myelopathy, CSM)是由颈椎间盘退变或颈椎骨性结构的病理性改变刺激或压迫脊髓引起一系列临床症状和体征的一类疾病,脊髓型颈椎病约占全部颈椎病的10%~15% [1]。脊髓型颈椎病致残率较高,采用非手术治疗远期效果不佳,临床多采用手术治疗的方式。对于1~2个节段的CSM,首选颈椎前路减压融合术,对于多节段(≥ 3 个)CSM [2],以颈椎后路单开门减压术为主,颈椎后路单开门椎管扩大成形术常用微型钛板固定或侧块螺钉固定的方式进行。目前已有研究提示后路单开门椎管扩大成形术后颈椎矢状位参数会出现显著变化[3],但并未提及两种固定方式是否会影响颈椎矢状位参数的变化趋势。本研究通过对CSM的患者,分别行微型钛板固定和侧块螺钉固定后的临床和影像学资料进行回顾性分析,旨在对两种手术方式前后的颈椎矢状位参数及临床疗效进行相关性分析,以及两种不同固定方式是否影响矢状位参数变化进行探讨,为临床治疗提供参考。

2. 资料与方法

2.1. 临床资料

选取2022年9月至2024年1月间,在青岛大学附属医院脊柱外科因脊髓型颈椎病接受颈椎后路单开门椎管扩大成形术,且随访资料完整的患者29例(男20例,女9例,年龄40~77岁,平均 57.07 ± 8.97 岁)。入组标准:(1)年龄18岁以上;(2)术前临床及影像学表现均存在多阶段脊髓受压的脊髓型颈椎病的证据;(3)分别接受颈椎后路单开门侧块螺钉内固定术和颈椎后路单开门微型钛板内固定术,开门节段为C3~C6;(4)术前均行颈椎正侧位片,应力位片,三维CT与MRI检查并可本地获取,术后随访12~24个月,并完成术后门诊影像学和功能复查。排除标准:(1)既往有颈椎手术史;(2)排除颈椎骨折、感染、肿瘤、类风湿性关节炎和强直性脊柱炎;(3)排除颈椎畸形病例;(4)术前及随访期间颈椎正、侧位X线片,MRI或相关影像学资料不完整者。在术前及术后随访时手术医生与患者本人及家属进行详细沟通,使其明确手术方式、步骤、目的及利弊,并告知其影像学资料将用于研究,征得患者及家属同意并签署知情同意书。

2.2. 手术方法

手术均有同一组医生完成。手术步骤:两组手术患者均进行气管插管及全身麻醉,侧块螺钉固定组患者取俯卧位,颈后正中入路,切口自C3棘突延伸至C6棘突水平,逐层切开皮肤、皮下组织及项韧带。沿中线钝性分离双侧椎旁肌群,充分显露C3~C6节段棘突、椎板及侧块复合体。行C4~C5棘突咬除术至棘突根部,同步切除相应节段棘间韧带,骨蜡严密止血。采用高速磨钻(直径3 mm)行双侧椎板开槽,门轴侧(铰链侧)于侧块中央偏内侧1 mm处磨出V型骨槽(深度达椎板内层皮质骨),开门侧行全层椎板切开,保持纵向开槽线平直。按照Magerl技术定位进钉点(侧块中央内1/3交界处)双侧置入万向螺钉(长度12~14 mm)行单皮质固定,确认螺钉排列纵向线性良好。将神经根症状较重侧作为开门侧,以 $40^\circ \sim 50^\circ$ 缓慢掀起椎板复合体,扩大神经根管4 mm,铰链侧采用字体棘突骨条(修建为 $3 * 10$ mm条状)植骨强化,复位颈椎生理曲度达中立位后,安装预弯钛棒。棘突根部打孔后,将双股0号丝线穿过棘突根部预打孔后,缝线绕钛棒行“8”字张力带固定。术毕经C型臂X线机透视确认椎板开门角度及内固定位置满意,充分止血后冲洗并留置引流管,分层缝合项韧带,筋膜层,皮下组织,皮肤[4]。微型钛板固定组患者取俯卧位,病变节段颈椎后正中纵行切口。逐层切开皮肤及皮下组织,钝性分离肌层及韧带组织,充分显露C3~C6节段棘突、双侧椎板及关节突关节。选择症状较重侧作为开门侧,对侧作为门轴侧。使用高速磨钻(直径3 mm)于开门侧椎板全层磨透形成骨槽,门轴侧则磨除椎板外层皮质至松质骨显露,保留内侧

皮质作为生物性铰链。以神经剥离子轻柔掀起椎板 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，精细松解硬脊膜与黄韧带间粘连组织，注意保护硬膜外静脉丛。选择长度适宜的钛质微型桥接固定系统，将掀起的椎板与侧块行桥接固定，确保椎管扩大容积 $\geq 4\text{ mm}$ 。取自体棘突骨粒修剪成形后，植入门轴侧骨槽背侧，对植骨床进行去皮质化处理以促进骨愈合。术毕经 C 型臂 X 线机透视确认椎板开门角度及内固定位置满意，常规冲洗术野并留置负压引流管，逐层缝合深筋膜、皮下组织及皮肤切口[5]。

2.3. 临床观察指标

(1) 视觉模拟评分法(Visual Analogue Scale, VAS)是一种患者对疼痛程度的主观量化评估工具，评分范围为 0~10 分。其中：0 分表示无痛，10 分表示难以忍受的最剧烈疼痛。患者需根据自身疼痛感受，在 0 至 10 的 11 个整数中选择一个数字代表当前疼痛强度。疼痛分级分为三级，轻度疼痛：1~4 分(不影响日常活动)，中度疼痛：5~7 分(活动受限但可耐受)，重度疼痛：8~10 分(持续剧烈疼痛，活动严重受限)，分别在术前、术后第 3 个月、术后第 6 个月、第 12 个月时，对患者颈肩部疼痛程度进行 VAS 评分记录，以动态观察疼痛改善情况。

(2) 日本骨科学会颈脊髓功能评分(Japanese Orthopaedic Association Score, JOA)是用于量化评估颈脊髓神经功能障碍的标准化工具，总分 17 分，分值越低提示脊髓功能损害越严重。评估内容以及分值分配，上肢运动功能(4 分)：评估手部精细动作及力量，下肢运动功能(4 分)：测试步态稳定性及肌力，感觉功能(6 分)：检查躯干及四肢浅感觉与深感觉，膀胱功能(3 分)：反映排尿控制能力及残余尿量。功能障碍分级：轻度障碍：15 分(接近正常功能，轻微症状)，中度障碍：12~14 分(日常活动受限，需辅助工具)，重度障碍：<12 分(严重功能障碍，生活依赖他人)。

(3) NDI (Neck Disability Index)是一种广泛应用于评估颈部疼痛及相关功能障碍对患者日常生活影响的标准化自评量表。其通过疼痛强度、个人护理、提物能力、阅读、头痛、注意力集中、工作能力、睡眠质量、驾驶、娱乐活动 10 个与颈部功能相关的维度，量化患者的主观功能障碍程度，总分范围 0~50 分，分数越高提示颈部功能障碍越严重。

(4) 术后并发症记录：记录两组患者随访期间发生的轴性症状(术后新发的颈肩部疼痛伴活动受限)、C5 神经根麻痹(三角肌及肱二头肌肌力下降 ≥ 1 级)、切口感染、脑脊液漏、吞咽困难等并发症。

2.4. 影像学检查及测量

颈椎矢状位参数测量方法 C2~C7 Cobb 角常用于评估颈椎整体曲度，在标准颈椎侧位 X 线片上，沿 C2 椎体下终板画一条直线(若终板不平，取两端点连线)，C7 椎体上终板画一条直线，分别从上述两条线各画一条垂线(与终板线成 90°)，两垂线之间的夹角即为 C2~C7 Cobb 角。C2~C7 SVA 常用于评估颈椎矢状面平衡，反映头部相对于下颈椎的前移程度。在标准颈椎侧位 X 线片上，取 C2 椎体几何中心(通常为齿状突基底中点)，标记 C7 椎体后上角(椎体与椎弓根交界处)从 C2 中心点向下作垂直于地面的垂线，该垂线与 C7 后上角之间的水平距离即为 C2~C7 SVA。T1 倾角评估 T1 椎体上终板的倾斜程度，与颈椎曲度相关。颈椎侧位 X 线片(若 T1 椎体显示不清，可在 MRI 上进行测量)沿 T1 椎体上终板前、后缘画线，取中点连线作为终板线。作一条平行于地面(或胶片底边)的水平线。T1 上终板线与水平线之间的夹角即为 T1 倾角。

2.5. 统计方法

所有数据采用 SPSS 27.0 进行处理，计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示，组内术前术后采用成对样本 t 检验，组间术后各值采用独立样本 t 检验，采用 Pearson 相关系数对 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA 以及 T1 Slope 与患者末次随访时 JOA 评分、VAS 评分以及 NDI 评分进行相关性分析。P<0.05 为差异有统计

学意义。

3. 结果

微型钛板组术后 5 例患者出现轴性痛，发生率为 27.8%，2 例患者出现 C5 神经根麻痹，发生率为 11.1%；侧块螺钉组术后 3 例患者出现轴性痛，发生率为 27.3%，1 例患者出现 C5 神经根麻痹，发生率为 9.1%，两组并发症出现的概率差异无统计学意义，且通过保守治疗后均获得痊愈。微型钛板组术前及末次随访 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA、T1 倾斜角、JOA、VAS 及 NDI 评分见表 1，末次随访时较术前 C2~C7 Cobb 角、JOA 及 VAS 评分均有显著性差异($P < 0.001$)，末次随访时 C2~C7 SVA、T1 倾斜角及 NDI 评分与术前相比差异有统计学意义($P < 0.05$)。

Table 1. The cervical sagittal parameters and JOA, VAS, and NDI scores in the mini titanium plate group preoperatively and at the final follow-up

表 1. 微型钛板组术前及末次随访时颈椎矢状位参数及 JOA、VAS、NDI 评分

	术前	末次随访	P 值
C2~C7 Cobb 角(°)	19.08 ± 2.70	14.76 ± 3.40	<0.001
C2~C7 SVA (mm)	19.37 ± 5.51	24.15 ± 5.32	0.026
T1 倾斜角(°)	22.46 ± 4.18	25.83 ± 6.24	0.014
JOA 评分(分)	8.56 ± 3.29	14.33 ± 2.98	<0.001
VSA 评分(分)	4.72 ± 2.37	1.16 ± 1.24	<0.001
NDI 评分(分)	28.67 ± 10.08	16.44 ± 6.29	0.001

侧块螺钉组术前及末次随访 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA、T1 倾斜角、JOA、VAS 及 NDI 评分见表 2，末次随访时较术前 C2~C7 Cobb 角、JOA 及 VAS 评分均有显著性差异($P < 0.001$)，末次随访时 NDI 评分与术前相比差异有统计学意义($P < 0.05$)，末次随访时 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA、T1 倾斜角较术前相比差异无统计学意义($P > 0.05$)。

Table 2. The cervical sagittal parameters and JOA, VAS, NDI scores in the lateral mass screw group preoperatively and at the final follow-up

表 2. 侧块螺钉组术前及末次随访时颈椎矢状位参数及 JOA、VAS、NDI 评分

	术前	末次随访	P 值
C2~C7 Cobb 角(°)	18.32 ± 4.45	15.21 ± 2.59	0.059
C2~C7 SVA (mm)	19.67 ± 2.89	22.79 ± 2.89	0.052
T1 倾斜角(°)	23.35 ± 7.70	28.11 ± 6.16	0.117
JOA 评分(分)	8.82 ± 2.32	14.64 ± 2.50	<0.001
VSA 评分(分)	4.73 ± 2.41	1.73 ± 0.79	<0.001
NDI 评分(分)	27.27 ± 9.06	15.00 ± 8.32	0.007

微型钛板组与侧块螺钉组末次随访时 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA、T1 倾斜角、JOA、VAS 及 NDI 评分见表 3，微型钛板组与侧块螺钉组末次随访时颈椎矢状位参数及 JOA、VAS、NDI 评分差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

微型钛板组末次随访时 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA、T1 倾斜角、JOA、VAS 及 NDI 评分之间的相关性分析见表 4，微型钛板固定组术后 T1 Slope 与 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA 呈正相关($r = 0.434$, $P < 0.05$; $r = 0.376$, $P < 0.05$)，术后 NDI 评分与 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA 及 T1 Slope 呈正相关($r = 0.417$, $P < 0.05$; $r = 0.328$, $P < 0.05$; $r = 0.419$, $P < 0.05$)。

Table 3. The cervical sagittal parameters and JOA, VAS, NDI scores at final follow-up in the mini titanium plate group and lateral mass screw group

表 3. 微型钛板组与侧块螺钉组末次随访时颈椎矢状位参数及 JOA、VAS、NDI 评分

	微型钛板	侧块螺钉	t 值	P 值
C2~C7 Cobb 角(°)	14.76 ± 3.40	15.21 ± 2.59	-0.372	0.713
C2~C7 SVA (mm)	24.15 ± 5.32	22.79 ± 2.89	0.890	0.381
T1 倾斜角(°)	25.83 ± 6.24	28.11 ± 6.16	-0.960	0.346
JOA 评分(分)	14.33 ± 2.98	14.64 ± 2.50	-0.282	0.780
VSA 评分(分)	1.16 ± 1.24	1.73 ± 0.79	-0.277	0.784
NDI 评分(分)	16.44 ± 6.29	15.00 ± 8.32	0.531	0.600

Table 4. Association of cervical sagittal alignment with JOA, VAS, NDI scores in the mini titanium plate group

表 4. 微型钛板组颈椎矢状位参数与 JOA、VAS、NDI 评分之间相关性

	T1 倾斜角术后(°)	C2~C7 Cobb 角术后(°)	C2~C7 SVA 术后(mm)	NDI 术后(分)	VAS 术后(分)
C2~C7 Cobb 角术后(°)	0.434**	-	-	-	-
C2~C7 SVA 术后(°)	0.376**	0.404**	-	-	-
NDI 术后(分)	0.419**	0.417**	0.328**	-	-
VAS 术后(分)	-0.060	0.115	-0.056	-0.022	-
JOA 术后(分)	0.296	0.050	0.084	-0.002	0.021

**在 0.01 级别(双尾)显著。

侧块螺钉组末次随访时 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA、T1 倾斜角、JOA、VAS 及 NDI 评分之间的相关性分析见表 5，侧块螺钉固定组术后 NDI 评分与 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA 及 T1 Slope 也均呈正相关($r = 0.675$, $P < 0.05$; $r = 0.667$, $P < 0.05$; $r = 0.662$, $P < 0.05$)，其余各组数据无相关性($P > 0.05$)。

Table 5. Correlation analysis between cervical sagittal parameters and clinical scores in the lateral mass screw group

表 5. 侧块螺钉组颈椎矢状位参数与 JOA、VAS、NDI 评分之间相关性

	T1 倾斜角术后(°)	C2~C7 Cobb 角术后(°)	C2~C7 SVA 术后(mm)	NDI 术后(分)	VAS 术后(分)
C2~C7 Cobb 角术后(°)	0.498	-	-	-	-
C2~C7 SVA 术后(°)	0.458	0.427	-	-	-
NDI 术后(分)	0.662*	0.675*	0.667*	-	-
VAS 术后(分)	-0.189	-0.245	-0.234	-0.031	-
JOA 术后(分)	0.305	0.168	0.116	0.279	-0.208

*在 0.05 级别(双尾)显著。

4. 讨论

20 世纪 70 年代 Hirabayashi 等[6]首先报道了颈椎后路单开门椎管扩大成形术,被认为是一种安全有效的手术方式,可以有效的治疗脊髓型颈椎病、颈椎椎管狭窄等疾病。其术后矢状位参数变化与临床疗效的关系一直是脊柱外科领域的研究热点。本研究通过对比微型钛板与侧块螺钉两种手术方式对颈椎矢状位参数的影响,发现尽管两种术式均可显著改善神经功能(JOA 评分)及疼痛症状(VAS、NDI 评分),侧块螺钉固定组术前术后 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA 及 T1 倾斜角的变化无统计学意义,但微型钛板固定组术前术后 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA 及 T1 倾斜角的变化存在显著性差异,而末次随访时两组矢状位参数及临床评分的差异无统计学意义。这一结果提示,不同固定方式可能通过短期生物力学效应影响颈椎曲度,但长期功能恢复与矢状位参数变化的关联性仍需进一步探讨。

颈椎后路手术对矢状位参数的改变主要源于椎板掀开过程中后方张力带的破坏及椎旁肌群的剥离。Kato 等[7]通过生物力学实验证实,椎板成形术后颈椎后凸力矩增加,导致 C2~C7 Cobb 角减小,SVA 前移,与本研究微型钛板组术后 Cobb 角从 19.08 ± 2.70 降至 14.76 ± 3.40 ($P < 0.001$)的结果一致。此外,T1 倾斜角的增加(微型钛板组术前 22.46 ± 4.18 增至术后 25.83 ± 6.24)可能反映胸椎代偿性前凸增强,以维持整体矢状面平衡[8]。然而,侧块螺钉组术后矢状位参数变化无统计学差异($P > 0.05$),可能与其通过钉棒系统重建后方张力带、减少铰链侧应力集中有关。侧块螺钉固定可降低椎板开门后 C7~T1 节段的剪切应力,从而延缓胸椎代偿机制的启动[9]。微型钛板与侧块螺钉在生物力学特性上的差异可能是导致术后早期矢状位参数变化不同的关键因素。微型钛板通过桥接椎板与侧块实现局部刚性固定,但可能因应力遮挡效应加速铰链侧骨吸收,导致颈椎曲度丢失。而侧块螺钉联合钛棒的跨节段固定系统能提供更强的抗旋转及抗前屈稳定性,可能通过分散应力维持生理曲度[10][11]。本研究中两组末次随访时矢状位参数趋于一致(C2~C7 Cobb 角:微型钛板组 14.76 ± 3.40 侧块螺钉组 15.21 ± 2.59 , $P = 0.713$),提示长期随访中软组织重塑及骨性融合可能抵消固定方式的初始差异。本研究发现 NDI 评分与 C2~C7 Cobb 角、SVA 及 T1 倾斜角呈正相关,提示颈椎矢状面失衡可能通过增加颈部肌肉负荷及关节突应力导致功能障碍[12]。但 JOA 评分与矢状位参数无显著相关性,可能反映脊髓功能的恢复更多依赖于减压效果而非单纯曲度矫正。尽管两种固定方式在末次随访时疗效相当,但微型钛板组的矢状位参数改变值得关注。SVA 从 19.37 ± 5.51 mm 增加至 24.15 ± 5.32 mm ($P < 0.05$),接近健康人群的临界值(25 mm),这可能增加邻近节段退变风险[13]。因此,对于术前存在矢状面失衡($SVA > 20$ mm)或骨质疏松患者,侧块螺钉固定可能更具优势。

综上所述,颈椎后路单开门椎管扩大成形术微型钛板固定和侧块螺钉固定都是治疗脊髓型颈椎病的常用术式,治疗效果确切,由于后路手术破坏了颈椎后方肌肉韧带复合体,可能导致术后颈椎后凸改变,两组固定术后的颈椎矢状位参数改变和临床疗效的关系尚不明确。然而 12 个月的随访周期虽能评估短期疗效,但难以捕捉邻近节段退变等迟发并发症,邻近节段病变多发生于术后 24~36 月,需延长随访至 3 年以上[14],本研究样本量较小,随访时间较短,可能存在统计学数据部分偏倚,有待进一步扩大样本量和长期随访,后续也可开展多中心前瞻性队列研究验证结论,最后该研究未纳入椎旁肌影像学评估,无法量化肌肉萎缩与矢状位参数的相关性。

参考文献

- [1] 李源. 颈椎棘突长度与脊髓型颈椎病发病节段的相关性探究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2021.
- [2] 石化洋, 何睿. 前路椎间盘切除减压融合术联合地塞米松治疗多节段脊髓型颈椎病的效果及安全性分析[J]. 解放军医药杂志, 2018, 30(12): 76-79.
- [3] 潘宇波, 冯皓宇, 陈晨, 等. 颈椎后路单开门椎管扩大椎板成形术对颈椎矢状面平衡的影响[J]. 实用骨科杂志, 2020, 26(7): 577-582.

-
- [4] 许春阳, 杨晋才, 尹鹏, 等. 颈椎后路手术治疗脊髓型颈椎病的应用进展[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(4): 296-301.
- [5] 高志军, 朱俊, 姚帅辉. 颈椎后路单开门微型钛板内固定治疗多节段脊髓型颈椎病的短期疗效[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2019, 12(2): 94-97.
- [6] Hirabayashi, K., Miyakawa, J., Satomi, K., Maruyama, T. and Wakano, K. (1981) Operative Results and Postoperative Progression of Ossification among Patients with Ossification of Cervical Posterior Longitudinal Ligament. *Spine*, **6**, 354-364. <https://doi.org/10.1097/00007632-198107000-00005>
- [7] Usami, Y., Nakaya, Y., Hayama, S., Nakano, A., Fujishiro, T. and Neo, M. (2020) Impact of Multifidus Muscle Swelling on C5 Palsy after Cervical Laminoplasty. *Spine*, **45**, E10-E17. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000003205>
- [8] 曹勇, 李信, 陈志刚, 等. 腰椎退行性侧弯矫正后颈椎和胸椎的代偿性对齐变化[J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(33): 7196-7202.
- [9] Lin, Z., Lin, D., Xu, L., Chen, Q., Vashisth, M.K., Huang, X., *et al.* (2024) Biomechanical Evaluation on a New Type of Vertebral Titanium Porous Mini-Plate and Mechanical Comparison between Cervical Open-Door Laminoplasty and Laminectomy: A Finite Element Analysis. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **12**, Article 1353797. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1353797>
- [10] 苏楠, 王炳强, 杨雍, 等. 颈椎单开门椎管扩大成形侧块螺钉内固定术后颈椎矢状位参数变化及平衡代偿机制分析[J]. 临床和实验医学杂志, 2019, 18(13): 1435-1439.
- [11] 王亚楠, 王建法, 李亚威, 等. 颈椎后路单开门椎管扩大椎板成形联合选择性融合术的生物力学研究[J]. 局解手术学杂志, 2022, 31(6): 478-482.
- [12] 林圣荣, 周非非, 孙宇, 等. 颈后路单开门椎管扩大椎板成形术后颈椎矢状面平衡的变化[J]. 中华医学杂志, 2014, 94(35): 2726-2730.
- [13] Tang, J.A., Scheer, J.K., Smith, J.S., Deviren, V., Bess, S., Hart, R.A., *et al.* (2015) The Impact of Standing Regional Cervical Sagittal Alignment on Outcomes in Posterior Cervical Fusion Surgery. *Neurosurgery*, **76**, S14-S21. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000462074.66077.2b>
- [14] 李天阳, 马迅. 颈椎术后邻近节段退变性疾病患者矢状位平衡变化的研究进展[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2023, 22(7): 550-552.