

• 论 著 •

成人腓骨切除术后下肢功能评价与步态特征研究

林金奎^{1,2,3}, 陈尧清^{1,2,3}, 谢昀^{1,2,3}, 朱夏^{1,2,3}, 林建华^{1,2,3}, 郑力峰^{1,2,3}

1. 福建医科大学附属第一医院骨科(福州 350005)
2. 福建医科大学附属第一医院滨海院区国家区域医疗中心骨科(福州 350212)
3. 福建省骨科研究所(福州 350005)

【摘要】 目的 通过步态检测探讨腓骨切除术对成年患者下肢功能及步态的影响, 以期为临床治疗提供参考。方法 回顾分析 2017 年 1 月—2022 年 12 月接受腓骨切除且符合选择标准的 24 例患者临床资料。男 12 例, 女 12 例; 年龄 18~68 岁, 平均 25 岁。术中腓骨切除长度为 10~19 cm, 平均 15 cm。术后进行常规康复训练。记录术后并发症发生情况, 采用疼痛视觉模拟评分(VAS)评价手术切口疼痛程度, 影像学复查残余腓骨骨质情况。术前及术后 6 个月采用步态测试系统, 采集慢、中、快速条件下健、患侧步态数据, 包括步态参数(足转角、步长、支撑相、摆动相、步态线长度、单支撑线、最大力值 1、最大力值 2)以及三足区参数(前、中、后足的最大压力、时间最大力值、接触时间)。结果 术后切口均 I 期愈合。患者均获随访, 随访时间 1~5 年, 平均 3 年。3 例发生踝背伸肌力下降, 5 例发生术区及其远端部位感觉缺陷。术后 6 个月手术切口 VAS 评分为 0~6 分, 平均 4 分; 末次随访时为 0~5 分, 平均 2 分。随访期间影像学复查示, 5 例出现腓骨远端残余骨质疏松改变, 且残余节段越短, 表现越显著; 3 例出现新生骨。步态测试示, 3 种步速下步态参数及三足区参数检测结果一致。术前健、患侧各项步态参数以及三足区参数差异均无统计学意义($P>0.05$); 术后与健侧相比, 患侧足转角、单支撑线、最大力值 1、最大力值 2 以及前、后足最大压力均减小, 步长与中、后足时间最大力值以及前、中足接触时间均增大, 差异有统计学意义($P<0.05$)。与同侧术前相比, 术后健、患侧足转角、步态线长度减小, 前、中、后足最大压力以及中足时间最大力值均增大; 健侧步长减小、患侧增大; 健侧最大力值 1 及最大力值 2 增大、患侧减小; 患侧单支撑线减小; 差异均有统计学意义($P<0.05$)。结论 成年患者腓骨部分切除后会不同程度临床症状, 步态模式发生改变, 出现代偿性步态且步态稳定性下降, 跌倒风险提高, 因此建议术后慢速步行。

【关键词】 腓骨切除; 步态分析; 成人

Evaluation of lower limb function and gait characteristics after fibulectomy in adults

LIN Jinluan^{1,2,3}, CHEN Yaoqing^{1,2,3}, XIE Yun^{1,2,3}, ZHU Xia^{1,2,3}, LIN Jianhua^{1,2,3}, ZHENG Lifeng^{1,2,3}

1. Department of Orthopaedics, the First Affiliated Hospital, Fujian Medical University, Fuzhou Fujian, 350005, P. R. China
2. Department of Orthopaedics, National Regional Medical Center, Binhai Campus of the First Affiliated Hospital, Fujian Medical University, Fuzhou Fujian, 350212, P. R. China
3. Fujian Institute of Orthopaedics, the First Affiliated Hospital, Fujian Medical University, Fuzhou Fujian, 350005, P. R. China

Corresponding author: ZHENG Lifeng, Email: zlf0362@163.com

【Abstract】 Objective To explore the effects of fibulectomy on lower limb function and gait of adult patients through gait analysis, in order to provide guidance for clinical treatment. **Methods** A clinical data of 24 patients who underwent fibulectomy and met the selection criteria between January 2017 and December 2022 was retrospectively analyzed. There were 12 males and 12 females with an average age of 25 years (range, 18-68 years). The length of fibulectomy was 10-19 cm, with an average of 15 cm. The patients underwent routine rehabilitation training after operation. The occurrence of postoperative complications was recorded, the pain degree of surgical incision was evaluated by visual analogue scale (VAS) score, and the residual fibular bone was reviewed by imaging. A gait test system was used before operation and at 6 months after operation to collect gait data of healthy and affected sides under slow, medium, and fast velocity conditions, including gait parameters (foot rotation angle, step length, support phase, swing phase, gait line

DOI: 10.7507/1002-1892.202311060

基金项目: 福建省引导性科技计划项目(2023Y0016); 福建省卫生健康面向农村和城市社区推广适宜技术资助计划(2023TG013)

通信作者: 郑力峰, Email: zlf0362@163.com

length, single support line, maximum force 1, maximum force 2) and the tripod area parameters (maximum pressure, time maximum force, and contact time of forefoot, midfoot, and hindfoot). **Results** All incisions healed by first intention after operation. All patients were followed up 1-5 years, with an average of 3 years. The great dorso-extension muscle strength decreased in 3 cases, and the sensory defects in the operative area and distal part occurred in 5 cases. The VAS scores of incisions were 0-6 (mean, 4) at 6 months after operation and 0-5 (mean, 2) at last follow-up. During follow-up, imaging review showed that 5 cases had osteoporotic changes of distal residual bone of the fibula, and the residual segment was shorter and more significant; 3 cases had new bone formation. The results of gait test showed that the gait parameters and the tripod area parameters under the three gait speeds were consistent. There was no significant difference in the gait parameters and the tripod area parameters between the healthy side and the affected side before operation ($P>0.05$). Compared with the healthy side, the foot rotation angle, the single support line, the maximum force 1, the maximum force 2, and the maximum pressures of the forefoot and midfoot of the affected side significantly decreased after operation ($P<0.05$), and the step length, the time maximum force of midfoot and hindfoot, and the contact time of the forefoot and midfoot significantly increased ($P<0.05$). Compared with preoperative conditions on the same side, the foot rotation angle, the gait line length of both sides significantly decreased ($P<0.05$), and the maximum pressures of the forefoot, midfoot, and hindfoot and the time maximum force of the midfoot significantly increased ($P<0.05$); the step length on healthy side significantly decreased, while the affected side significantly increased ($P<0.05$); the maximum force 1 and the maximum force 2 on the healthy side significantly increased, while the affected side significantly decreased ($P<0.05$); the single support line on the affected side significantly decreased ($P<0.05$). **Conclusion** Different degrees of clinical symptoms occurred, gait pattern changes, compensatory gait appears, gait stability decreases, and the risk of tumble increases in adult patients after partial fibulectomy. Therefore, it is recommended to walk slowly after fibulectomy.

【Key words】 Fibulectomy; gait analysis; adult

Foundation items: Fujian Provincial Guiding Science and Technology Program (2023Y0016); Fujian Provincial Health Promotion of Appropriate Technology for Rural and Urban Communities Funding Program (2023TG013)

临床上涉及腓骨切除的手术并不少见,例如腓骨瘤段切除、自体腓骨移植等^[1-2]。目前,腓骨切除对踝关节功能的影响仍存在争议。传统观点认为腓骨不承担负重功能,有研究显示腓骨切除 2 年后踝关节生物力学特征无明显改变^[3]。但也有研究提出腓骨在踝关节中立位时承受 6.4% 轴向载荷^[4],腓骨切除会影响距骨内、外侧应力分布,降低踝关节稳定性^[5]。此外,腓骨切除对膝关节功能的影响也未明确^[6]。人体作为一个整体生物单位,身体结构与功能相互关联,站立、步行、跳跃以及奔跑等动作的完成均依靠身体多个结构相互协调与实时控制^[7-8]。因此,既往有关腓骨切除对单关节功能影响的研究不能完整体现其对于人体功能的影响。

步态分析作为系统评估运动生物力学参数手段,可用于了解运动异常的病因,近年来被广泛用于个体化治疗以及指导术后康复^[9-11]。本研究采用步态测试系统采集步态参数,系统评估腓骨切除对成人步态的影响,以期为临床治疗及术后康复提供参考。报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

患者纳入标准:2017 年 1 月—2022 年 12 月于

福建医科大学附属第一医院接受腓骨切除手术患者。排除标准:①存在严重器官功能障碍,不能参与调查研究;②伴有严重听力受损、精神障碍和沟通能力障碍者;③术前或术中发生腓总神经损伤,显著影响测试结果;④合并股骨头坏死不能配合步态测试者;⑤全身多发骨转移患者;⑥年龄 <16 岁。

2017 年 1 月—2022 年 12 月共 24 例患者符合选择标准纳入研究。其中,男 12 例,女 12 例;年龄 18~68 岁,平均 25 岁。腓骨切除原因:其他部位肿瘤切除后采用自体腓骨重建 14 例,其中桡骨远端/桡骨干骨巨细胞瘤 9 例、下颌骨肿瘤 5 例;腓骨原发性肿瘤 10 例,其中骨肉瘤 5 例,良性肿瘤 5 例。

1.2 手术方法

本组手术均由高年资医生完成,采用椎管内麻醉 12 例,全身麻醉 12 例。

自体腓骨重建其他部位骨缺损者腓骨切除步骤:于腓骨头下 5 cm 水平作切口切取腓骨,在腓骨长、短肌与小腿三头肌之间的深筋膜处切开,使腓骨外侧面暴露至腓骨头下 5 cm 处,并使用拉钩拉开,使用骨膜剥离子进行骨膜下剥离,暴露腓骨,线锯切断近端和远端腓骨,巾钳钳夹腓骨断

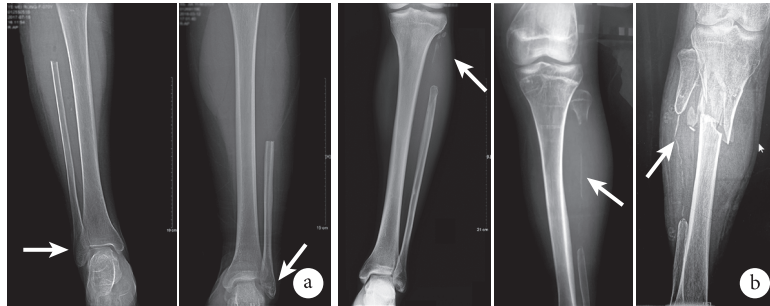


图1 腓骨切除术后X线片检查 a. 腓骨远端残余骨骨质疏松(箭头); b. 切除部位出现新生骨(箭头)

Fig.1 X-ray films after fibulectomy a. Osteoporosis (arrow) of the distal residual bone of the fibula; b. New bone (arrow) at the resection site

端,并切开趾长伸肌、踇长伸肌、踇长屈肌、胫骨后肌以及腓骨附着部的骨间膜,腓骨上保留厚约5 mm肌袖以保持其血运。腓骨切除后尽可能修复供区肌肉连续性,最大程度保留供区肌肉完整性和功能。

腓骨原发肿瘤切除步骤:根据肿瘤位置选择恰当手术切口,在切除腓骨肿瘤及其周围薄层肌袖时,切口距离腓骨肿瘤边缘2~3 cm以上。如需要切除腓骨近端(本组3例),切除后行侧副韧带重建,同时保护腓总神经及其运动神经分支。

本组腓骨切除长度为10~19 cm,平均15 cm;其中,5例切除长度未超过全长1/3,16例达全长1/3~2/3,3例超过全长2/3。

1.3 术后处理

患者于术后第2天开始踝关节及膝关节屈伸功能锻炼,注意行侧副韧带重建患者延迟至术后4周开始功能锻炼;待切口愈合后开始部分负重行走,并逐渐过渡至正常负重行走。

1.4 疗效评价指标

1.4.1 临床疗效 记录术后并发症发生情况,采用疼痛视觉模拟评分(VAS)评价切口部位疼痛程度,影像学检查评估残余腓骨骨质情况。

1.4.2 步态测试 术前及术后6个月应用FDM-system平板压力测试系统(Zebris公司,德国)行双侧步态测试,测试均在福建师范大学体育科学学院足研究实验室完成。患者于步态平板采集区域以3种步速行走,包括慢速[散步速度,(80±5)步/min]、中速[安全通过交通灯步速,(110±7)步/min]、快速[健步走步速,(140±8)步/min],采集步态参数以及三足区参数。步态参数包括足转角、步长、支撑相、摆动相、步态线长度、单支撑线、最大力值1(后足落地缓冲转全足支撑中的最大压力值)、最大力值2(前足蹬伸离开地面的最大压力值),三足区参数包括前、中、后足的最大压力、时间最大力值、接触时间。每种速度重复测试3次,选取合适

步速测量结果纳入分析。

1.5 统计学方法

采用SPSS25.0统计软件进行分析。计量资料以Shapiro-Wilk检验行正态性检验,均符合正态分布,数据以均数±标准差表示,健、患侧比较采用独立样本 t 检验,同侧手术前后比较采用配对 t 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 临床疗效

本组术后切口均I期愈合。患者均获随访,随访时间1~5年,平均3年。术后3例发生踇背伸肌力下降,给予康复训练,其中2例术后1年内恢复正常,1例无改善,予以佩戴支具矫正;5例出现术区及其远端部位不同程度感觉缺陷(包括酸胀/痛感、长短腿感觉、小腿紧绷感、麻木等),于气温降低、剧烈运动或久站、久走时表现明显,嘱其避免剧烈活动,必要时口服营养神经及非甾体类抗炎药物控制,其中3例术后1年内恢复正常,2例感觉缺陷持续存在。术后6个月手术切口VAS评分为0~6分,平均4分;末次随访时为0~5分,平均2分。随访期间影像学复查示,5例出现腓骨远端残余骨质疏松改变,且残余节段越短,表现越显著(图1a);3例出现新生骨(图1b)。

2.2 步态测试结果

3种步速下步态检测结果一致。

2.2.1 步态参数 健、患侧比较:术前健、患侧各项步态参数差异均无统计学意义($P>0.05$)。术后与健侧相比,患侧足转角、单支撑线、最大力值1、最大力值2均减小,但步长增大,差异有统计学意义($P<0.05$);其余指标两侧间差异均无统计学意义($P>0.05$)。

同侧手术前后比较:与术前相比,健、患侧术后足转角、步态线长度均减小,健侧术后步长减

表 1 手术前后健患侧步态参数比较 (n=24, $\bar{x}\pm s$)

Tab.1 Comparison of gait parameters on bilateral sides between pre- and post-operation (n=24, $\bar{x}\pm s$)

| 指标 Indicator | | 慢速 Slow velocity | | | 中速 Medium velocity | | | 快速 Fast velocity | | |
|-----------------|-----|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | | 健侧 Healthy side | 患侧 Affected side | 统计值 Statistic | 健侧 Healthy side | 患侧 Affected side | 统计值 Statistic | 健侧 Healthy side | 患侧 Affected side | 统计值 Statistic |
| | | 足转角 (°) | 术前 | 16.0±2.1 | 16.4±2.5 | t=-0.588 P=0.559 | 14.0±1.8 | 14.1±2.4 | t=-0.159 P=0.873 | 12.0±2.3 |
| | 术后 | 13.5±2.3 | 3.0±2.6 | t=14.506 P<0.001 | 11.6±3.1 | 3.2±2.0 | t=10.919 P=0.008 | 10.5±1.2 | 3.5±2.5 | t=15.565 P<0.001 |
| | 统计值 | t=3.849 P<0.001 | t=17.816 P<0.001 | | t=3.211 P=0.002 | t=16.732 P<0.001 | | t=2.773 P<0.001 | t=11.273 P<0.001 | |
| 步长 (cm) | 术前 | 54.3±4.4 | 55.4±3.1 | t=-0.980 P=0.332 | 58.5±2.1 | 58.6±2.1 | t=0.000 P=1.000 | 61.7±2.1 | 61.8±1.6 | t=0.000 P=1.000 |
| | 术后 | 51.1±1.9 | 59.2±1.1 | t=-17.693 P<0.001 | 50.3±2.9 | 61.5±1.0 | t=-17.510 P<0.001 | 54.3±4.1 | 64.4±1.1 | t=-11.410 P<0.001 |
| | 统计值 | t=3.001 P=0.002 | t=-5.832 P<0.001 | | t=10.715 P<0.001 | t=-6.185 P<0.001 | | t=7.287 P<0.001 | t=-7.409 P<0.001 | |
| 支撑相 (%) | 术前 | 64.7±0.9 | 64.4±1.3 | t=0.910 P=0.368 | 62.7±0.8 | 62.4±1.1 | t=1.058 P=0.296 | 61.6±0.9 | 61.3±0.6 | t=1.330 P=0.190 |
| | 术后 | 62.5±5.9 | 65.1±5.6 | t=-1.533 P=0.132 | 62.9±6.8 | 64.8±6.9 | t=-0.941 P=0.352 | 61.7±7.2 | 63.6±7.7 | t=-0.864 P=0.392 |
| | 统计值 | t=1.767 P=0.837 | t=-0.583 P=0.562 | | t=-0.140 P=0.889 | t=-1.647 P=0.156 | | t=-0.066 P=0.947 | t=-1.428 P=0.160 | |
| 摆动相 (%) | 术前 | 35.3±3.1 | 36.6±3.1 | t=-1.422 P=0.162 | 37.3±0.8 | 37.6±1.1 | t=-1.058 P=0.296 | 38.4±3.1 | 39.7±3.3 | t=-1.377 P=0.175 |
| | 术后 | 37.5±5.9 | 34.9±5.6 | t=1.533 P=0.132 | 37.1±5.8 | 35.2±5.9 | t=1.101 P=0.276 | 38.3±4.2 | 36.4±4.7 | t=1.446 P=0.155 |
| | 统计值 | t=-1.583 P=0.120 | t=1.273 P=0.209 | | t=0.163 P=0.870 | t=1.917 P=0.061 | | t=0.091 P=0.927 | t=2.023 P=0.083 | |
| 步态线长度 (mm) | 术前 | 215.3±14.8 | 218.7±12.7 | t=-0.836 P=0.407 | 221.6±13.0 | 221.6±13.0 | t=-0.054 P=0.957 | 223.2±14.9 | 219.4±13.4 | t=0.909 P=0.368 |
| | 术后 | 204.7±22.5 | 207.1±22.5 | t=0.467 P=0.642 | 204.6±23.5 | 204.9±22.9 | t=-0.043 P=0.965 | 210.6±24.3 | 209.4±25.4 | t=0.163 P=0.870 |
| | 统计值 | t=2.624 P=0.012 | t=2.153 P=0.037 | | t=3.035 P=0.004 | t=3.041 P=0.004 | | t=2.119 P=0.039 | t=2.170 P=0.035 | |
| 单支撑线 (mm) | 术前 | 114.1±15.9 | 114.1±14.1 | t=0.000 P=1.000 | 119.8±14.4 | 119.8±11.4 | t=0.000 P=1.000 | 131.6±13.1 | 125.0±13.1 | t=1.709 P=0.094 |
| | 术后 | 111.7±13.4 | 102.1±11.7 | t=2.588 P=0.013 | 118.0±13.9 | 104.6±11.2 | t=3.600 P=0.001 | 133.1±13.7 | 107.1±12.0 | t=6.847 P<0.001 |
| | 统计值 | t=0.553 P=0.582 | t=3.141 P=0.003 | | t=0.480 P=0.633 | t=4.561 P<0.001 | | t=-0.379 P=0.706 | t=4.832 P<0.001 | |
| 最大力值 1 (N) | 术前 | 627.9±30.2 | 643.9±29.3 | t=-1.824 P=0.075 | 675.5±28.4 | 687.7±23.2 | t=-1.595 P=0.117 | 728.8±23.5 | 729.7±24.5 | t=-0.127 P=0.899 |
| | 术后 | 650.9±30.2 | 613.9±29.3 | t=4.217 P<0.001 | 695.5±28.4 | 657.7±23.2 | t=4.943 P<0.001 | 768.8±23.5 | 689.7±24.5 | t=11.174 P<0.001 |
| | 统计值 | t=-2.583 P=0.013 | t=3.472 P=0.001 | | t=-2.388 P=0.021 | t=4.385 P<0.001 | | t=-5.772 P<0.001 | t=5.536 P<0.001 | |
| 最大力值 2 (N) | 术前 | 671.4±37.4 | 684.0±6.4 | t=-1.593 P=0.118 | 704.2±39.1 | 718.1±36.3 | t=-1.249 P=0.218 | 696.1±32.3 | 683.4±37.4 | t=1.233 P=0.224 |
| | 术后 | 694.4±37.4 | 664.0±6.4 | t=3.463 P<0.001 | 729.2±39.1 | 688.1±36.3 | t=3.694 P<0.001 | 716.1±32.3 | 660.4±37.4 | t=6.084 P<0.001 |
| | 统计值 | t=-2.085 P=0.043 | t=10.597 P<0.001 | | t=-2.168 P=0.035 | t=2.802 P=0.001 | | t=-2.099 P=0.041 | t=2.085 P=0.043 | |

小、患侧增大，健侧最大力值 1 及最大力值 2 增大、患侧减小，患侧单支撑线减小，上述差异均有统计学意义 (P<0.05)；其余指标差异无统计学意义 (P>0.05)。见表 1。

2.2.2 三足区参数 健、患侧比较：术前健、患侧各项三足区参数差异均无统计学意义 (P>0.05)。术后与健侧相比，患侧前、后足最大压力均减小，

中、后足时间最大力值以及前、中足接触时间增大，差异均有统计学意义 (P<0.05)；其余指标两侧间差异均无统计学意义 (P>0.05)。

同侧手术前后比较：与术前相比，健、患侧术后前、中、后足最大压力以及中足时间最大力值均增大，差异有统计学意义 (P<0.05)；其余指标手术前后差异均无统计学意义 (P>0.05)。见表 2。

表2 手术前后健患侧三足区参数比较 (n=24, $\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of tripod area parameters on bilateral sides between pre- and post-operation (n=24, $\bar{x}\pm s$)

| 指标 Indicator | 慢速 Slow velocity | | | 中速 Medium velocity | | | 快速 Fast velocity | | | |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | 健侧 Healthy side | 患侧 Affected side | 统计值 Statistic | 健侧 Healthy side | 患侧 Affected side | 统计值 Statistic | 健侧 Healthy side | 患侧 Affected side | 统计值 Statistic | |
| | 前足最大压力(N) | 术前 | 53.0±6.7 | 50.2±9.2 | t=1.180 P=0.244 | 61.1±4.6 | 58.8±3.4 | t=1.928 P=0.060 | 60.2±6.8 | 59.3±3.1 |
| | 术后 | 62.4±3.2 | 58.6±3.7 | t=3.725 P<0.001 | 65.7±5.6 | 61.2±5.4 | t=2.744 P=0.008 | 64.9±2.5 | 62.7±3.9 | t=2.278 P=0.027 |
| | 统计值 | t=-6.072 P<0.001 | t=-4.063 P<0.001 | | t=-3.044 P=0.004 | t=-2.555 P=0.014 | | t=-3.111 P=0.003 | t=-3.272 P=0.002 | |
| 中足最大压力(N) | 术前 | 14.8±2.2 | 13.7±3.6 | t=1.250 P=0.217 | 12.1±3.3 | 13.8±4.3 | t=-1.504 P=0.139 | 14.7±1.2 | 13.2±3.9 | t=1.763 P=0.085 |
| | 术后 | 18.3±7.9 | 17.9±6.5 | t=0.187 P=0.852 | 20.6±9.2 | 20.1±11.1 | t=0.166 P=0.869 | 17.2±4.2 | 15.3±4.6 | t=1.463 P=0.150 |
| | 统计值 | t=-2.046 P=0.046 | t=-2.710 P=0.009 | | t=-4.171 P<0.001 | t=-2.538 P=0.014 | | t=-2.744 P=0.009 | t=-2.465 P=0.017 | |
| 后足最大压力(N) | 术前 | 33.0±3.2 | 34.0±2.2 | t=-1.235 P=0.223 | 35.9±2.9 | 36.3±1.1 | t=-0.618 P=0.539 | 43.3±3.9 | 41.8±5.7 | t=1.042 P=0.303 |
| | 术后 | 42.1±2.5 | 39.5±1.1 | t=4.565 P<0.001 | 42.6±2.3 | 39.5±1.9 | t=4.983 P<0.001 | 52.0±4.1 | 44.3±1.2 | t=8.644 P<0.001 |
| | 统计值 | t=-10.747 P<0.001 | t=-10.723 P<0.001 | | t=-8.681 P<0.001 | t=-6.990 P<0.001 | | t=-7.373 P<0.001 | t=-2.058 P=0.045 | |
| 前足时间最大力值 (% 站立时间) | 术前 | 74.1±1.3 | 74.0±1.4 | t=0.251 P=0.803 | 74.3±1.2 | 74.3±1.1 | t=0.000 P=1.000 | 74.7±1.1 | 74.9±4.9 | t=-0.191 P=0.849 |
| | 术后 | 74.4±3.6 | 73.9±3.2 | t=0.498 P=0.621 | 74.1±4.2 | 72.9±4.9 | t=0.892 P=0.377 | 73.4±4.1 | 72.3±4.2 | t=0.892 P=0.377 |
| | 统计值 | t=-0.375 P=0.708 | t=0.137 P=0.891 | | t=0.219 P=0.827 | t=1.336 P=0.187 | | t=1.468 P=0.148 | t=1.932 P=0.059 | |
| 中足时间最大力值 (% 站立时间) | 术前 | 44.3±9.1 | 46.4±9.5 | t=-0.766 P=0.448 | 43.6±7.9 | 45.4±6.5 | t=-0.844 P=0.403 | 32.7±9.5 | 35.1±5.4 | t=-1.053 P=0.298 |
| | 术后 | 50.7±5.2 | 54.4±3.5 | t=-2.831 P=0.007 | 52.3±3.5 | 58.3±2.1 | t=-7.050 P<0.001 | 46.8±4.3 | 49.6±3.7 | t=-2.367 P=0.022 |
| | 统计值 | t=-2.293 P=0.005 | t=-3.789 P<0.001 | | t=-4.828 P<0.001 | t=-9.056 P<0.001 | | t=-6.484 P<0.001 | t=-10.623 P<0.001 | |
| 后足时间最大力值 (% 站立时间) | 术前 | 25.1±1.9 | 25.6±1.9 | t=-0.892 P=0.376 | 24.1±1.2 | 25.6±1.1 | t=-1.473 P=0.148 | 21.7±3.1 | 22.7±3.7 | t=-0.994 P=0.326 |
| | 术后 | 24.4±2.0 | 26.3±1.4 | t=-3.732 P=0.001 | 23.5±2.6 | 26.0±0.7 | t=-6.234 P<0.001 | 21.8±1.3 | 25.4±1.7 | t=-8.067 P<0.001 |
| | 统计值 | t=1.216 P=0.229 | t=-1.422 P=0.162 | | t=1.004 P=0.320 | t=-1.471 P=0.148 | | t=-0.242 P=0.887 | t=-0.824 P=0.413 | |
| 前足接触时间 (% 站立时间) | 术前 | 90.6±1.5 | 90.7±1.3 | t=-0.242 P=0.810 | 89.7±4.3 | 90.7±4.5 | t=-0.771 P=0.445 | 90.2±5.7 | 88.5±5.2 | t=1.057 P=0.296 |
| | 术后 | 88.5±0.9 | 91.0±1.3 | t=-7.583 P<0.001 | 89.5±1.3 | 91.8±1.1 | t=-6.477 P<0.001 | 87.7±1.2 | 90.9±1.3 | t=-8.674 P<0.001 |
| | 统计值 | t=0.274 P=0.785 | t=-0.782 P=0.437 | | t=0.213 P=0.832 | t=-1.138 P=0.261 | | t=1.234 P=0.223 | t=-1.253 P=0.217 | |
| 中足接触时间 (% 站立时间) | 术前 | 77.7±4.3 | 77.0±4.4 | t=0.545 P=0.587 | 76.3±4.1 | 76.9±4.3 | t=-0.484 P=0.630 | 72.4±9.3 | 73.6±9.1 | t=-0.442 P=0.660 |
| | 术后 | 75.9±2.5 | 78.5±2.1 | t=-3.819 P<0.001 | 75.5±1.8 | 77.9±2.9 | t=-3.372 P=0.002 | 70.0±3.4 | 73.1±1.3 | t=-4.084 P<0.001 |
| | 统计值 | t=1.736 P=0.089 | t=-1.476 P=0.146 | | t=0.856 P=0.395 | t=-0.924 P=0.359 | | t=1.162 P=0.251 | t=0.260 P=0.795 | |
| 后足接触时间 (% 站立时间) | 术前 | 61.5±6.3 | 60.9±6.1 | t=0.328 P=0.744 | 58.6±6.4 | 59.9±6.9 | t=-0.662 P=0.510 | 52.5±5.8 | 53.7±5.4 | t=-0.726 P=0.471 |
| | 术后 | 59.8±4.6 | 61.7±4.2 | t=-1.463 P=0.150 | 59.4±3.3 | 60.3±1.9 | t=-1.133 P=0.263 | 54.6±3.3 | 54.0±3.8 | t=0.571 P=0.570 |
| | 统计值 | t=1.045 P=0.301 | t=-0.518 P=0.606 | | t=-0.532 P=0.596 | t=-0.268 P=0.789 | | t=-1.509 P=0.138 | t=-0.217 P=0.828 | |

3 讨论

目前,有关腓骨切除对患者步态影响的相关研

究结果不一致。Feuvsier 等^[12]对腓骨切除患者和健康受试者的步态进行比较,发现腓骨切除者健、患侧以及腓骨切除患者与健康受试者间均无显著差

异。但也有因腓骨切除后处理不当引起踝关节不稳,甚至发生骨关节炎的研究报道^[13]。因此,了解腓骨切除患者步态特征改变,对于防控腓骨切除相关并发症具有重要意义。

有学者认为腓骨切除时只要保留外踝尖上 5 cm 或者腓骨远端 1/4,就不会影响下肢功能^[14-15]。但本研究结果显示 24 例腓骨切除患者中,3 例术后出现踝背伸肌力下降,与戚金凤等^[16]报道结果一致。这种肌力降低考虑与腓骨切除导致踝长伸肌在腓骨及骨间膜的附着区被破坏有关,因此术中建议尽量减少肌肉剥离及切除,最大程度保留小腿肌群功能。经康复锻炼后 2 例患者肌力恢复正常,考虑为肌肉重新附着、张力恢复。本组另有 5 例患者术后发生感觉缺陷,术中腓骨切除特别是切除位置偏低时,易损伤腓浅神经穿出部分,因此需要注意保护皮神经。随访期间 X 线片复查见 5 例患者出现腓骨远端残余骨质疏松改变,且在较短的残余节段表现更为显著,考虑与腓骨切除后没有应力刺激有关;3 例出现新生骨,可能与切除过程中残留骨膜或者不稳代偿功能有关。

本组步态测量数据显示,术前健、患侧足转角差异无统计学意义,术后两侧足转角均较术前减小,足转角变小表现为双足呈内“八”字,双足横向支撑面积变小,可导致步态不稳。术前健、患侧步长差异无统计学意义,但术后健、患侧间差异有统计学意义,且健侧步长较术前减小而患侧增大,提示患者步态存在明显不对称,术后健侧步长减小可能是因患侧蹬伸不足导致。此外,患者术前健、患侧步态线长度、单支撑线差异亦无统计学意义,术后健、患侧步态线长度均较术前明显减小,患侧单支撑线较术前明显减小。步态线长度、单支撑线反映了步行过程中肌骨系统参与程度,腓骨切除时剥离了附着在腓骨表面的肌肉,术后步态分析表现为步态线长度及单支撑线改变,表明参与步行的下肢肌肉减少、肌力下降,术后健、患侧单支撑线差异明显表明存在代偿步态。

术后患侧不同步速下支撑相均高于正常水平,支撑相主要体现在落地和承重部分,支撑相延长说明患侧蹬伸时间变少,患侧地面反作用力变小,也不排除腓骨切除后在步态周期中患侧稳定性下降,为了“求稳”相应支撑相时间就会延长。术前健、患侧最大力值 1、2 差异无统计学意义,术后健侧上述指标均较术前增大、患侧减小,差异有统计学意义。患侧最大力值 1、2 均减小提示患侧蹬伸能力及稳定能力下降,导致患侧步长变长,通过健侧代

偿,而且这种步态在术后长期存在。

一般认为步态线轨迹越密集连续,步伐一致性较高,对身体控制性越好^[17]。本研究结果显示术后患者健、患侧单支撑线存在显著差异,表明患者术后身体控制能力变弱,在单支撑阶段重心转换时身体不稳定,且患侧不稳定程度大于健侧,不利于身体保持平衡。上述研究结果与既往研究报道^[12, 18-19]不一致,分析与步态测试设备不同以及纳入样本较少有关。

综上所述,成年患者腓骨切除术后会出现不同程度临床症状,但无影像学力线或者骨关节炎改变,因此腓骨移植仍可作为骨缺损修复重建方式,但必须综合考虑腓骨切除并发症发生率。同时,腓骨切除后患者步态模式会发生改变,步态稳定性下降,因此建议术后嘱患者慢速步行活动,从而避免步态失衡增加跌倒风险。但本研究样本量较少,患者随访时间差异较大,而且步态分析是基于患者健、患侧下肢,可能存在代偿性互补影响,所以后续会扩大样本量,动态观察其步态参数变化趋势,以及进一步评价运动康复对腓骨切除患者的干预治疗效果。

利益冲突 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突;经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道

伦理声明 研究方案经福建医科大学附属第一医院医学伦理委员会批准(闽医大附一伦理医研[2019]020号)

作者贡献声明 林金奎:撰写文章及治疗方案构思、实施;陈尧清:数据统计;谢昀、朱夏:患者随访;郑力峰、林建华:文章校对及提供经费支持;所有作者均参与手术

参考文献

- 1 杨勇,张树明,毕文志,等.新辅助化疗联合带血管蒂腓骨移植治疗儿童肱骨干尤文肉瘤 3 例.中华显微外科杂志,2023,46(5):580-585.
- 2 刘刚,李佳琪,黄俊琪,等.带血管蒂腓骨瓣移植重建 Campanacci III 级桡骨远端骨巨细胞瘤切除术后腕关节的远期疗效.中国修复重建外科杂志,2020,34(3):352-356.
- 3 苏来提·肖合热提.腓骨部分切除后对踝关节影响之生物力学研究.上海:上海交通大学,2017.
- 4 丁永利,宋跃明.腓骨在踝关节稳定性中的作用.中国修复重建外科杂志,2002,16(4):245-247.
- 5 李韵,贺西京,李栋才.有限元分析部分腓骨切除对小腿骨受力的影响.中国运动医学杂志,2001,20(1):41-45.
- 6 徐明剑,盛加根.腓骨切除对膝关节稳定性的影响.国际骨科学杂志,2017,38(2):72-74.
- 7 Liu Z. Structure and functions of the human body//Essentials of

- Chinese medicine. London: Springer-Verlag London, 2009: 49-106.
- 8 Meardon SA, Hamill J, Derrick TR. Running injury and stride time variability over a prolonged run. *Gait Posture*, 2011, 33(1): 36-40.
 - 9 Lovecchio N, Zago M, Sforza C. Gait analysis in the rehabilitation process//Rehabilitation after limb salvage surgery. Switzerland: Springer, 2021: 109-118.
 - 10 Cicirelli G, Impedovo D, Dentamaro V, *et al.* Human gait analysis in neurodegenerative diseases: a review. *IEEE J Biomed Health Inform*, 2022, 26(1): 229-242.
 - 11 Mangone M, Marinelli E, Santilli G, *et al.* Gait analysis advancements: rehabilitation value and new perspectives from forensic application. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2023, 27(1): 3-12.
 - 12 Feuvrier D, Sagawa Y, Béliard S, *et al.* Long-term donor-site morbidity after vascularized free fibula flap harvesting: Clinical and gait analysis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2016, 69(2): 262-269.
 - 13 王乙珩, 许道荣, 付茂庆, 等. 腓骨骨折或缺损对下肢功能影响的研究进展. *中国临床解剖学杂志*, 2017, 35(1): 109-111.
 - 14 张春林, 张长青, 郭卫. 腓骨移植重建外科技术. 上海: 上海交通大学出版社, 2020: 13-15.
 - 15 金辽沙, 毛履真, 贺西京, 等. 腓骨切除后踝关节的生物力学研究 (附 50 例报告). *中华骨科杂志*, 1994, 14(10): 608-611.
 - 16 戚金凤, 张成. 骨肿瘤切除术后骨缺损重建研究进展. *实用骨科杂志*, 2022, 28(7): 628-632.
 - 17 白啸天, 霍洪峰. 不同足型男性行走时压力中心轨迹曲线特征. *中国运动医学杂志*, 2021, 40(7): 523-527.
 - 18 Maurer-Ertl W, Glehr M, Friesenbichler J, *et al.* No adverse affect after harvesting of free fibula osteoseptocutaneous flaps on gait function. *Microsurgery*, 2012, 32(5): 364-369.
 - 19 Farhadi J, Valderrabano V, Kunz C, *et al.* Free fibula donor-site morbidity: clinical and biomechanical analysis. *Ann Plast Surg*, 2007, 58(4): 405-410.

收稿日期: 2023-11-16 修回日期: 2024-01-19

本文编辑: 刘丹