

# 应用步态分析系统评估踝上截骨术治疗内翻型踝关节炎的临床效果

冯凤鸣<sup>1</sup>, 崔亮<sup>2</sup>, 陶世武<sup>2</sup>, 石明鑫<sup>2</sup>, 张网<sup>3</sup>, 杨宗宇<sup>1\*</sup>

(1.河北中医药大学研究生学院,河北石家庄 050091;2.河北省沧州中西医结合医院足踝二科,河北沧州 061000;  
3.河北省沧州中西医结合医院步态分析室,河北沧州 061000)

**[摘要]** 目的 通过步态分析系统评估踝上截骨术(supramalleolar osteotomy, SMOT)治疗内翻型踝关节炎的临床效果。方法 回顾性分析2020年1月—2023年12月河北省沧州中西医结合医院足踝外科收治的接受SMOT的踝关节炎患者95例。经严格按照纳入标准和排除标准筛选后,共纳入患者78例。比较患者术前术后步态分析相关数据、美国足踝外科协会(American Orthopaedic Foot & Ankle Society, AOFAS)踝-后足评分、疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、胫骨远端关节面角(tibial articular surface angle, TAS)和胫骨侧面关节面角(tibial lateral surface angle, TLS)。结果 术后12个月,患者AOFAS踝-后足评分[(85.49±2.21)分]、步长[(110.61±2.02)cm]、步速[(100.19±2.05)cm/s]、足平衡平均值[(16.22±8.66)N]、矢状面活动角度[(22.53±1.12)°]、TAS角[(90.17±0.76)°]、TLS角[(80.09±0.98)°]高于术前[(49.68±2.75)分]、(71.06±2.87)cm、(76.28±2.01)cm/s、(-36.73±13.98)N、(15.66±1.50)°、(77.87±1.86)°、(76.99±0.63)°],VAS评分[(1.77±0.49)分]低于术前[(6.22±0.47)分],差异有统计学意义( $P<0.001$ )。结论 基于步态分析系统的检查结果,SMOT在治疗内翻型踝关节炎方面显示出良好的矫正效果和截骨愈合情况,显著提升了患者的踝关节功能。

**[关键词]** 关节炎;踝上截骨术;步态分析 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2025.04.004

**[中图分类号]** R687.4 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2025)04-0393-07

## Evaluation of SMOT for the treatment of varus ankle arthritis using a gait analysis system

FENG Feng-ming<sup>1</sup>, CUI Liang<sup>2</sup>, TAO Shi-wu<sup>2</sup>, SHI Ming-xin<sup>2</sup>,  
ZHANG Wang<sup>3</sup>, YANG Zong-yu<sup>1\*</sup>

(1. Graduate School of Hebei University of Traditional Chinese Medicine, Shijiazhuang 050091, China;  
2. The Second Department of Foot and Ankle Surgery, Cangzhou Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Hebei Province, Cangzhou 061000, China;  
3. Gait Analysis Laboratory, Cangzhou Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Hebei Province, Cangzhou 061000, China)

**[Abstract]** **Objective** To assess the clinical efficacy of supramalleolar osteotomy (SMOT) in the treatment of varus ankle arthritis using a gait analysis system. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 95 patients with ankle arthritis who underwent SMOT at the Department of Foot and Ankle Surgery, Cangzhou Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine in Hebei Province from January 2020 to December 2023. After strict screening based on inclusion and exclusion criteria, 78 patients were finally included. Preoperative and postoperative data on gait analysis, American Orthopaedic Foot & Ankle Society (AOFAS) Ankle-Hindfoot Score, visual analogue scale (VAS) pain scores, tibial articular surface angle

[收稿日期]2024-11-30

[基金项目]河北省“三三三人才工程”资助项目(C20231045)

[作者简介]冯凤鸣(1999-),女,河北沧州人,河北中医药大学

医学硕士研究生,从事中医骨伤科足踝外科学研究。

\* 通信作者。E-mail:15832781820@163.com

(TAS), and tibial lateral surface angle (TLS) were compared. **Results** At 12 months postoperatively, patients' AOFAS ankle-hindfoot scores [(85.49 ± 2.21) points], step length [(110.61 ± 2.02) cm], gait speed [(100.19 ± 2.05) cm/s], mean value of foot balance [(16.22 ± 8.66) N], range of motion in sagittal plane [(22.53 ± 1.12)°], TAS angle [(90.17 ± 0.76)°], and TLS angle [(80.09 ± 0.98)°] were higher than preoperative values [(49.68 ± 2.75) points, (71.06 ± 2.87) cm, (76.28 ± 2.01) cm/s, (-36.73 ± 13.98) N, (15.66 ± 1.50)°, (77.87 ± 1.86)°, (76.99 ± 0.63)°], while VAS scores [(1.77 ± 0.49) points] were lower than preoperative scores [(6.22 ± 0.47) points], with significant differences ( $P < 0.001$ ). **Conclusion** Based on the findings of the gait analysis system, SMOT shows good corrective effects and osteotomy healing in varus ankle arthritis, significantly improving ankle function.

[**Key words**] arthritis; supramalleolar osteotomy; gait analysis

踝关节炎可根据胫距力线的不同,分为内翻型、中立型和外翻型,其中以内翻型最为常见<sup>[1]</sup>。其临床表现主要为踝关节疼痛、肿胀以及功能障碍,随着病情发展至晚期,关节软骨持续退化并遭受破坏,进而致使关节畸形、关节活动功能受限<sup>[2]</sup>。当患者的非手术治疗失败时,手术治疗成为治疗踝关节炎的可行选择。关节镜清理、关节牵张成形术、距骨软骨移植术、踝关节融合及关节置换术等均属于关节内手术,不能纠正下肢力线,且容易出现术后并发症,损伤踝关节。踝上截骨术(supramalleolar osteotomy, SMOT)是治疗中期踝关节炎的一种常见的保留踝关节的手术方式,可应用于Ⅲ期的踝关节炎有效治疗<sup>[3]</sup>。SMOT可以通过纠正下肢力线,帮助解决胫骨远端与踝关节畸形,恢复足与踝的正常生物力学结构<sup>[4]</sup>,并对关节软骨进行了完整保留<sup>[5-6]</sup>。步态分析是一种综合人体解剖学、生理学和力学、运动学等生物力学研究方式,主要用于分析人体行走的功能和状态<sup>[7]</sup>。近年来,国内外众多学者逐渐应用步态分析技术来监测踝关节骨性关节炎的下肢功能,辅助临床诊断和治疗术式的选择<sup>[8]</sup>。Nüesch等<sup>[9]</sup>通过比较截骨术后患者与健康对照组时空参数,发现患者行走速度较慢,患腿后足矢状面活动度较小,踝关节背屈力矩峰值较低,但患者生活质量与对照组相当。临床上发现,术前内翻型踝关节炎患者步态分析较正常步态有所改变,患者足底压力外侧明显增加,术后患者负重压力明显改变,足平衡与踝关节在矢状面活动度较术前有所改善。既往少有研究用步态分析系统评估术后踝关节炎治疗的有效程度,只针对于影像学及主观评分的变化。本研究基于步态分析系统,观察患者行走模式,更加贴近临床实际,对SMOT治疗踝关节炎的有效效性进行临床评估与指导。报告如下。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究回顾性分析2020年1月—2023年12月河北省沧州中西医结合医院足踝外科收治的接受SMOT的踝关节炎患者95例。经严格按照纳入标准和排除标准筛选后共纳入患者78例(图1)。其中男性40例,女性38例;年龄50~65岁,平均(55.19 ± 4.60)岁;发病部位中左侧35例,右侧43例;基础疾病中糖尿病8例,高血压15例,冠心病5例;胫骨填充类型中自体骨36例,同种异体骨42例。

本研究经医院医学伦理委员会审查通过。

1.2 纳入标准和排除标准 纳入标准:①年龄50~65岁;②内翻型踝关节炎,胫骨远端关节面正位角 $< 89^\circ$ 且内侧间隙狭窄或消失的患者;③距骨上表面至少外侧1/2间隙存在的患者;④疼痛且非手术治疗半年以上无效的患者;⑤双下肢全长X线片未见胫骨远端以上畸形的患者;⑥可自主进行步态分析检测系统,无跌倒风险及无明显异常步态;⑦随访时间至少2年。排除标准:①神经关节病、终末期踝关节炎;②感染性踝关节炎;③失访;④术前或术后步态分析步态分析系统检查次数丢失,不满足研究需要。

1.3 方法 所有患者分别于术前、术后12个月完成踝关节负重正侧位和跟骨长轴位X线片检查及踝关节CT扫描。在此过程中,测量胫骨侧面关节面角(tibial lateral surface angle, TLS)和胫骨远端关节面角(tibial articular surface angle, TAS)。进行足部平衡和踝关节在矢状面活动度的步态分析系统检测,并接受全面的体格检查。疼痛通过疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分和美国足踝外科协会(American Orthopaedic Foot & Ankle Society, AOFAS)踝-后足评分进行评估。

所有步态分析系统分析数据均来源于河北省沧州中西医结合医院步态分析室,采用的是比利时 RSscan 公司的步态分析—足底压力系统以及英国 ODIN 公司的 ODIN CODAMOTION 三维红外线动作捕捉系统。

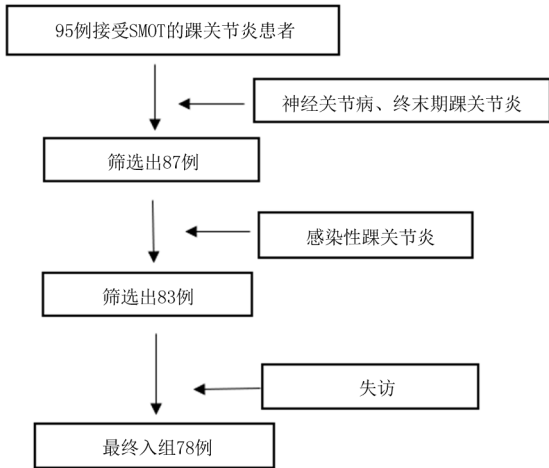


图1 患者筛选流程图

Figure 1 Patient selection flowchart

1.3.1 手术方法 所有纳入患者均采用 SMOT 治疗,根据术前评估结果及术中探查联合辅助手术方式。患者麻醉满意后仰卧于手术台,常规碘酒酒精消毒下技术区,铺无菌单,下肢止血带控制下手术。于内踝处行一长约 12 cm 弧形切口,逐层切开,剥离骨膜,显露内踝关节腔及胫骨远端,清理内踝关节内

侧及前方骨赘,背屈踝关节,显露距骨内侧增生骨赘,使用骨刀清理,胫骨截骨处在距离内踝尖端 4~6 cm,截骨面由内上向外下,于胫骨内侧向下胫腓联合上三分之一处置入 1 枚克氏针作为导引,腓骨截骨线于下胫腓联合平面,由外上至内下,采用电锯锯片进行截骨(避免损伤内侧皮质)。胫骨截骨完成后用克氏针撑开器撑开至术前规划相应角度,C 臂 X 线机透视下检查踝关节力线及角度(TAS 角的目标为  $90^{\circ}\sim 92^{\circ}$ , TLS 角的目标为  $80^{\circ}\sim 85^{\circ}$ )。于胫骨远端内侧打入 1 枚 3 孔钢板,腓骨置入 1 枚腓骨远端外侧钢板,以保证下肢力线。征求患者意愿采用取同侧髂骨(或同种异体骨)填充胫骨截骨部位。再次透视检查植入骨位置、胫距关节及下肢力线,检查踝关节背伸及跖屈活动。反复冲洗后关闭切口,踝关节中立位石膏外固定。见图 2~3。



图2 术中克氏针引导下截骨

A. 克氏针作为截骨科; B. 截骨后撑升

Figure 2 Osteotomy guided by Kirschner wire during the operation



图3 术中 C 臂透视

A. 克氏针定位; B. 截骨后撑升; C. 内固定后

Figure 3 C-arm fluoroscopy during the operation

1.3.2 术后处理 术后第 2 天进行换药,后由康复师指导患者进行踝关节功能主动和被动运动练习及腿部等张、等长运动,30 min/d。术后 2~3 周拆线,石膏固定于中立位 3 周,6 周开始部分负重活动。在截骨部位获得骨愈合后开始完全负重活动。前 3 个月每月门诊随访 1 次,观察是否感染、切口愈合及畸形矫正情况,并拍摄站立位负重踝关节正侧位 X 线片,观察截骨愈合情况并指导下一步康复计划。

1.4 步态分析数据 使用比利时 RSscan 公司的步态分析—足底压力系统(2 m 精确数据测试平板, 2D/3D 数据接口盒, 6 m 同轴数据电缆, 电子数据传入数据 8 根, 5 m USBA-B 数据线, 电源组件)测试,记录足底压力,测量并记录足底跖骨及足跟内外侧接触面压力分布和各种数据。将足底区域进行划分(图 4),除去足趾部分足内侧压力减足外侧压力的差值及为足平衡曲线初始数据,即  $(M1 + M2 +$

HM) - (M3 + M4 + M5 + HL)<sup>[10]</sup>, 其中 M 代表跖骨区域, 1~5 分别表示第一至五跖骨, HM 代表足后跟内侧区域, HL 表示后跟外侧区域<sup>[11]</sup>。由仪器分析软件得出足平衡曲线初始数据, 建立平面直角坐标系, 将处理后的数值放入坐标系中, 其中 x 轴为步态周期百分比, y 轴为足底压力差值, 可以直观显示患者足底内外侧压力差值变化。受试者赤足以自身最适速度行走 5 个周期, 系统形成足平衡曲线, 选取患者术前后平衡曲线中的极值点, 求取平均值, 进行分析比较, 以此作为患者的平衡的参考。白色区域是通过对 50 例正常测试者进行分析, 求得的较正常范围, 如果超出正常值范围过大, 则患者内翻性可能增加。



图 4 足底分区示意图

M, 第一至五跖骨区域; HM, 足跟内侧区域; HL, 足跟外侧区域

Figure 4 Schematic diagram of plantar zoning

踝关节在矢状面上的活动度采集采用 ODIN CODAMOTION 三维红外线动作捕捉系统 (英国 ODIN 公司: ODIN CX1 红外线动作捕捉器 2 个, ODIN 数据采集交换盒 1 个, ODIN 下肢碳合物模型架 1 套, ODIN Mark 点长、短共 24 个, 8 个 Mark 点数据采集盒, USB 式充电单元组 1 个)。在测试过程中患者身着较为贴身的衣物, 录入受试者的基线数据后, 在受试者腓骨小头、外踝最凸处、足跟结节外侧突、第五跖骨中节外侧缘相应体表位置黏贴

体表标记点, 分别模拟腓骨与足, 被检者在测试场地中自由活动 5 min 以适应环境, 放松心情, 然后在自然放松的状态下在测试区域内完成 5 个步行周期, 从中提取出稳定的 2 个步态周期进行步态分析。以腓骨为轴, 测量腓骨与足部在运动过程中在矢状面的活动夹角, 通过最大值 - 最小值得出踝关节在运动过程中的最大活动范围。记录观察足平衡曲线与行走过程中踝关节在矢状面的活动度变化、步长、步速。

1.5 观察指标 采用 VAS 评分、AOFAS 踝 - 后足评分评估患者踝关节功能; 通过踝关节负重位 X 线检查测量 TAS、TLS 角, 评估踝关节在正侧位上的结构变化。

1.6 统计学方法 应用 SPSS 26.0 统计软件分析数据。计量资料比较采用 *t* 检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结 果

本研究最终纳入 78 例患者。骨愈合时间 11~37 周, 平均(13.9 ± 2.3)周。

2.1 踝关节功能 术后 12 个月, 患者 AOFAS 评分高于术前, VAS 评分低于术前, 差异有统计学意义(P < 0.001)。见表 1。

表 1 术前术后 AOFAS 踝 - 后足评分与 VAS 评分比较

Table 1 Comparison of AOFAS ankle-hindfoot score and VAS score before and after surgery

(n = 78,  $\bar{x} \pm s$ , 分)

时间	AOFAS 踝 - 后足评分	VAS 评分
术前	49.68 ± 2.75	6.22 ± 0.47
术后 12 个月	85.49 ± 2.21	1.77 ± 0.49
<i>t</i> 值	67.430	39.260
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001

2.2 步态分析 术后 12 个月, 患者步长、步速、足平衡、踝关节矢状面活动度均高于术前, 差异有统计学意义(P < 0.001)。见表 2。

表 2 术前术后步态分析数据比较

Table 2 Comparison of gait analysis data before and after surgery

(n = 78,  $\bar{x} \pm s$ )

时间	步长(cm)	步速(cm/s)	足平衡(N)	踝关节矢状面活动度(°)
术前	71.06 ± 2.87	76.28 ± 2.01	-36.73 ± 12.98	15.66 ± 1.50
术后 12 个月	110.61 ± 2.02	100.19 ± 2.05	16.22 ± 8.66	22.53 ± 1.12
<i>t</i> 值	107.170	135.570	20.500	31.070
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.3 TAS、TLS 角度 术后 12 个月,患者 TAS、TLS 角大于术前,差异有统计学意义( $P < 0.001$ ),见表 3。

2.4 典型病例 患者,女性,66 岁,左踝关节疼痛、跛行 6 年,Takakura III a 期内翻型踝关节炎行 SMOT 截骨手术。见图 5。

表 3 术前术后 TAS 与 TLS 比较

Table 3 Comparison of TAS and TLS before and after surgery

时间	TAS	TLS
术前	77.87±1.86	76.99±0.63
术后 12 个月	90.17±0.76	80.09±0.98
<i>t</i> 值	48.450	27.120
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001

( $n = 78, \bar{x} \pm s, ^\circ$ )

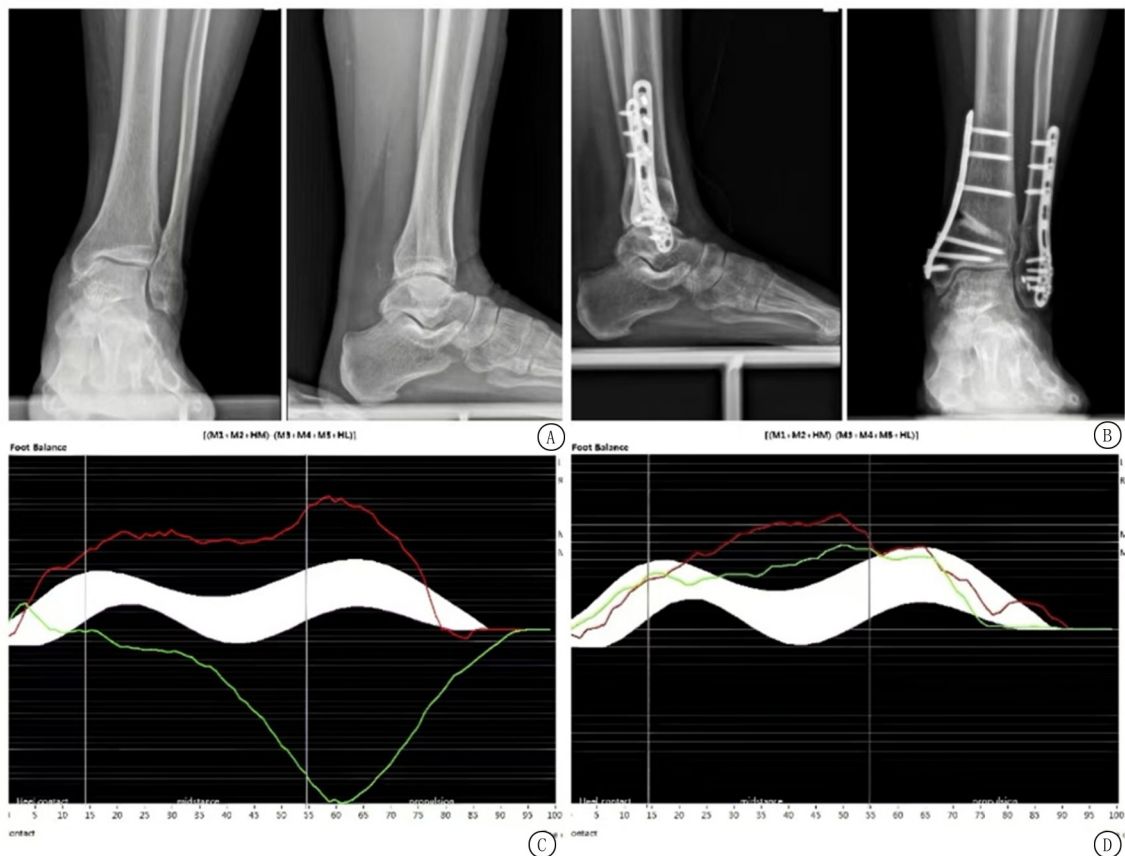


图 5 临床病例图片

A.踝关节负重正侧位 X 线片示内侧关节间隙消失;B.术后 12 个月踝关节负重正侧位 X 线片示关节匹配良好;C.足平衡示足外侧压力明显超过正常范围;D.术后 12 个月足平衡曲线

Figure 5 Pictures of clinical cases

### 3 讨论

踝关节骨性关节炎的发病率约占全球成年人口的 1%<sup>[12]</sup>。据研究显示,内翻型踝关节炎占踝骨关节炎的 70%~80%<sup>[13]</sup>。胫腓骨下端构成的踝穴、距骨、跟骨组成了踝关节的骨性结构,为踝关节与后足提供了最主要的功能稳定,骨性畸形是导致踝骨关节炎的重要原因,踝关节内翻导致后足力线畸形<sup>[14]</sup>,而踝关节异常负重产生的应力作用于软骨细胞,导致软骨退变,并引发炎症细胞因子的产生。

Takakura 分型中 III 期踝关节炎有多种手术方式,踝关节镜主要是通过微创技术清理关节骨赘、游

离体及滑膜组织,具有创伤小,恢复快等优点<sup>[15]</sup>,但是关节镜下手术视野相对较小,存在较高的神经损伤的风险<sup>[16]</sup>。关节牵张术主要是通过牵拉作用增加踝关节间隙,减少踝关节的异常机械应力,为关节软骨的修复创造了一个更好的环境<sup>[17]</sup>,但存在患者生活不便、局部感染等风险。关节融合术主要是通过完全彻底移除关节软骨,使关节在功能位达到骨性愈合,从而减轻患者的疼痛<sup>[18]</sup>,然而,融合术后常因畸形愈合或骨不连以及相邻关节的退行性变而引发关节疼痛<sup>[19]</sup>。踝关节置换术越来越普遍,但目前假体使用寿命仍需进一步提升<sup>[20]</sup>。以上方法都破坏了踝关节的原有结构,牺牲了原有的关节。

SMOT 通过调整关节力线,重新分配踝关节负重压力、使关节更加匹配,以延缓非终末期内翻踝关节炎的进展<sup>[21]</sup>。多项研究表明,SMOT 可以减轻患者疼痛、增强功能和矫正内翻畸形并取得积极的结果<sup>[22-24]</sup>。Zhang 等<sup>[25]</sup>研究发现,SMOT 可显著改善患者踝关节内翻畸形,纠正下肢力线,维持后足中立位置。Butler 等<sup>[26]</sup>纳入了 24 项研究 1 160 例患者,结果表明,踝关节骨关节炎患者在踝关节上截骨术后的临床和放射学结局良好,中期随访失败率低,是一种有效且安全的手术。Stamatis 等<sup>[27]</sup>的临床研究表示,SMOT 后患者 AOFAS 评分平均提高了 33.2 分,显示出较高的患者满意度,即便存在畸形的情况下,冠状面和矢状面的平均胫踝表面角度也得到显著改善。本研究随访过程中,患者 AOFAS 评分高于术前,VAS 评分低于术前,TAS 和 TLS 也高于术前。表明,通过 SMOT 调整下肢力线,纠正踝关节成角畸形和机械轴,恢复踝关节匹配性,并将负重转移到健康的软骨上,可以有效地重新分配关节受力。这一过程显著缓解了患者关节僵硬和疼痛等临床症状,降低了关节炎症反应,改善了踝关节功能,并增加了关节活动度。

步态分析逐渐被应用于各种异常步态的检测及术后效果评估。Canseco 等<sup>[28]</sup>通过对踝关节炎组与健康对照组进行足踝三维运动学分析发现,踝关节炎组踝关节活动范围持续减小,平均矢状面运动范围远低于行走所需的功能范围。Valderrabano 等<sup>[29]</sup>通过对比踝关节炎患者与健康对照组步态分析运动学参数发现踝关节炎组三平面踝关节运动减少,第二活动最大垂直力和最大内侧地面反作用力降低,踝关节力量降低。Liang 等<sup>[30]</sup>研究显示,SMOT 术后,踝关节的活动度显著增加。正常行走所需的矢状面活动度约为背屈的 12°和跖屈的 15°<sup>[31]</sup>。本研究,SMOT 截骨术后踝关节在矢状面活动度由(15.66±1.50)°增加至(22.53±1.12)°。患者踝关节疼痛且活动度低于正常行走所需角度,但术后关节活动度显著改善,平均增加了 6.87°。足平衡曲线、步长、步速均有所提高。内翻型踝关节炎患者特征表现为后足力线畸形,后足内翻、内旋,前足内收、旋后畸形,踝关节及足畸形导致足底应力改变,步态周期中,足外侧负重重大,内侧负重小,足平衡结果表现为足底外侧压力大。踝关节炎患者由于关节炎性反应及关节疼痛,运动状态下,足背伸及跖屈受限,踝关节在矢状面活动度小于正常范围,步长、步速均受到影响,通过 SMOT,纠正了踝关节畸形,患者步长、步速较术前增大,足平衡显示作用于地面

足底内外侧压力差值也有所变化,患者踝关节的运动范围改善,运动功能有所恢复。

综上所述,本研究利用三维步态分析系统,通过在行走过程中采集的客观数据,更直观地描绘了患者足部平衡状态的变化以及踝关节功能的变化,从而弥补了传统上依赖量表评分和影像学检查评估的不足。尽管本研究的病例数量有限,并且未包含对照组以进行疗效对比,存在一定的局限性,但通过对患者进行了周密的随访和评估,研究结果依然具有一定的说服力。综合来看,SMOT 在治疗内翻型踝关节炎方面,矫正踝内翻效果显著,截骨愈合情况良好,显著提升了患者的足踝功能,具有良好的临床效果,值得临床推广应用。

#### [参考文献]

- [1] Valderrabano V, Horisberger M, Russell I, et al. Etiology of ankle osteoarthritis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2009, 467(7): 1800-1806.
- [2] 王冠德,冯康虎,申建军,等.踝关节骨性关节炎治疗的相关研究进展[J].甘肃科技, 2023, 39(7): 95-99, 126.
- [3] Takakura Y, Tanaka Y, Kumai T, et al. Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. Results of a new operation in 18 patients[J]. J Bone Joint Surg Br, 1995, 77(1): 50-54.
- [4] Mateen S, Siddiqui NA. The role of supramalleolar osteotomies in ankle arthritis[J]. Clin Podiatr Med Surg, 2023, 40(4): 769-781.
- [5] Mathieu J, Gatti M, Dagneaux L. Supramalleolar osteotomy: technical note[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2025, 111(1S): 104071.
- [6] Zhao B, Liu W, Zhao Y, et al. Efficacy of supramalleolar osteotomy in the treatment of traumatic ankle joint varus deformity in adolescents[J]. J Orthop Surg Res, 2023, 18(1): 749.
- [7] Wang Y, Qi Y, Ma B, et al. Three-dimensional gait analysis of orthopaedic common foot and ankle joint diseases[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2024, 12: 1303035.
- [8] 刘振伟,徐朱杰,高天舒,等.踝关节骨性关节炎的步态特征研究[J].实用骨科杂志, 2023, 29(2): 145-148.
- [9] Nüesch C, Huber C, Paul J, et al. Mid-to long-term clinical outcome and gait biomechanics after realignment surgery in asymmetric ankle osteoarthritis[J]. Foot Ankle Int, 2015, 36(8): 908-918.
- [10] 柯竟悦,马圣楠,董洪铭,等.不同足姿受试者运动贴扎后步行及慢跑时的足底压力变化[J].中国组织工程研究, 2024, 28(18): 2800-2807.
- [11] 李玉月,吴家宝,孙伊婷,等.不同足型对脑梗死偏瘫患者步行能力的影响[J].现代中西医结合杂志, 2024, 33(14): 1916-1923.
- [12] Caravelli S, Puccetti G, Vocale E, et al. Reconstructive surgery and joint-sparing surgery in valgus and varus ankle deformities: a comprehensive review[J]. J Clin Med, 2022, 11

- (18):5288.
- [13] Anastasio AT, Lau B, Adams S. Ankle osteoarthritis[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2024, 32(16):738-746.
- [14] 赵宏谋, 梁景棋. 踝关节骨性关节炎的阶梯化治疗现状[J/CD]. *足踝外科电子杂志*, 2022, 9(1):107-111.
- [15] Lampert C. The role of arthroscopy in diagnostics and treatment of arthritis of the ankle joint[J]. *Unfallchirurg*, 2022, 125(3):183-188.
- [16] Zhou YF, Zhang ZZ, Zhang HZ, et al. All-inside arthroscopic modified Broström technique to repair anterior talofibular ligament provides a similar outcome compared with open Broström-Gould procedure[J]. *Arthroscopy*, 2021, 37(1):268-279.
- [17] 李岩, 刘涛, 何志军, 等. 踝关节牵张术联合 PRP 关节注射治疗踝关节骨性关节炎[J]. *实用手外科杂志*, 2023, 37(4):487-490.
- [18] 杨智涛, 张明涛, 刘嘉鑫, 等. 踝上截骨术治疗中青年内翻性踝关节骨性关节炎的中期疗效[J]. *实用骨科杂志*, 2023, 29(3):274.
- [19] Traynor C, Coetzee JC. Outcomes of conversion of ankle fusion to total ankle arthroplasty[J]. *Foot Ankle Clin*, 2023, 29(1):165-170.
- [20] Hunt KJ, Ross D, Fontan F. Clinical outcomes and registry data in total ankle arthroplasty[J]. *Foot Ankle Clin*, 2024, 30(1):11-26.
- [21] 杨鑫权, 张言, 王琼, 等. 踝上截骨治疗 Takakura 3B 期踝关节炎的临床疗效分析[J/CD]. *足踝外科电子杂志*, 2022, 9(1):8-12.
- [22] El-Adly W, Adam FF, Kamel MS, et al. Functional and radiographic assessments of post-traumatic asymmetrical ankle osteoarthritis treatment using supramalleolar osteotomies[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2024, 34(2):1095-1101.
- [23] Lai L, Wang Y, Wu Y, et al. Outcomes of intermediate stage varus ankle arthritis treated by supramalleolar osteotomy[J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2022, 30(3):10225536221132769.
- [24] Choi JY, Kim KW, Suh JS. Low tibial valgization osteotomy for more severe varus ankle arthritis[J]. *Foot Ankle Int*, 2020, 41(9):1122-1132.
- [25] Zhang S, Sun C, Zhang J, et al. Changes in the subtalar joint alignment after supramalleolar osteotomy for varus ankle arthritis[J]. *Foot Ankle Surg*, 2023, 29(6):475-480.
- [26] Butler JJ, Azam MT, Weiss MB, et al. Supramalleolar osteotomy for the treatment of ankle osteoarthritis leads to favourable outcomes and low complication rates at mid-term follow-up: a systematic review [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, 31(2):701-715.
- [27] Stamatis ED, Cooper PS, Myerson MS. Supramalleolar osteotomy for the treatment of distal tibial angular deformities and arthritis of the ankle joint[J]. *Foot Ankle Int*, 2003, 24(10):754-764.
- [28] Canseco K, Kruger KM, Fritz JM, et al. Distribution of segmental foot kinematics in patients with degenerative joint disease of the ankle[J]. *J Orthop Res*, 2018, 36(6):1739-1746.
- [29] Valderrabano V, Nigg BM, von Tscharner V, et al. Gait analysis in ankle osteoarthritis and total ankle replacement [J]. *Clin Biomech Bristol*, 2007, 22(8):894-904.
- [30] Liang JQ, Wang JH, Zhang Y, et al. Fibular osteotomy is helpful for talar reduction in the treatment of varus ankle osteoarthritis with supramalleolar osteotomy[J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16:1-8.
- [31] Jang J, Wikstrom EA. Ankle joint contact force profiles differ between those with and without chronic ankle instability during walking[J]. *Gait Posture*, 2023, 100:1-7.

(本文编辑:赵丽洁)