

拇外翻畸形截骨矫形后第一跖骨三维层面畸形指标的量化分析

赵晓亮¹, 孙梅兰¹, 闫天元¹, 张世喆², 牛国昌¹, 关玉龙¹, 李华¹

<https://doi.org/10.12307/2024.687>

投稿日期: 2023-09-14

采用日期: 2023-11-27

修回日期: 2023-12-15

在线日期: 2023-12-23

中图分类号:

R459.9; R318; R687

文章编号:

2095-4344(2024)33-05302-06

文献标识码: A

文章快速阅读: 量化分析拇外翻畸形截骨矫形后第一跖骨三维层面的畸形指标及病理变化特点

研究起点:

- 拇外翻畸形
- 第一跖骨
- 截骨矫形术
- 三维层面

研究来源:

- 截骨矫形
- 手术疗效
- AOFAS 评分
- 影像学

拇外翻
畸形

截骨
矫形
后

研究
中心
问题

第一跖骨

三维
影像学

研究分支:

- 拇外翻角
- 接骨螺钉
- 负重位足部正侧位X射线片
- 负重位CT

研究去脉:

- 截骨矫形术
- 骨性结构位移
- 第一跖骨
- 足部功能

文题释义:

拇外翻畸形: 是一种拇趾在第一跖趾关节处向外侧偏斜移位的脚部畸形疾病, 其发病受先天韧带松弛、创伤、穿鞋不当、类风湿关节炎等多种因素影响; 畸形加重引起跖骨头与籽骨悬吊系统分离, 拇展肌滑移牵拉可致拇趾旋前。

截骨矫形术: 是一种对骨质增生部位进行切除、固定矫治的手术。

摘要

背景: 关于拇外翻畸形二维层面的第一跖骨骨性结构位移改变参数对临床诊疗有重要意义, 而三维层面畸形指标量化分析可能对术后疗效有一定影响。

目的: 探讨拇外翻畸形截骨矫形术后第一跖骨三维层面畸形指标量化改变, 为临床工作提供参考。

方法: 选择2020年10月至2023年4月衡水市人民医院收治的拇外翻畸形患者100例(足), 均行截骨矫形术。于术后6个月采用美国足踝矫形学会拇趾关节评分评估患者足部功能; 术前、术后6个月拍摄负重位足部正侧位X射线片及模拟负重位CT片, 量化分析不同年龄、不同性别、不同疗效患者手术前后第一跖骨三维层面畸形指标, 包括第1-2跖骨间角、拇外翻角、远端关节面固角、胫侧籽骨位置及第一跖骨旋转 α 角, 分析第一跖骨三维层面畸形指标手术前后差值对疗效的评估价值。

结果与结论: ①术后6个月美国足踝矫形学会评分为75-98分, 平均(88.25±4.14)分, 其中优56例, 良28例, 可14例, 差2例, 优良率为84%(84/100); ②相较于术前, 不同年龄、不同性别拇外翻畸形患者术后6个月第1-2跖骨间角、拇外翻角、远端关节面固角、胫侧籽骨位置及第一跖骨旋转 α 角均明显改善($P < 0.05$); 疗效良好患者术后6个月第1-2跖骨间角、拇外翻角、远端关节面固角、胫侧籽骨位置及第一跖骨旋转 α 角均低于疗效不良患者, 且手术前后差值大于疗效不良患者($P < 0.05$); ③第一跖骨三维层面畸形指标手术前后差值评估曲线下面积值均在0.7以上, 且各指标联合评估曲线下面积值最大, 为0.902, 明显大于第一跖骨旋转 α 角及远端关节面固角($P < 0.05$); ④提示拇外翻畸形患者第一跖骨三维层面畸形指标的内在关系与术后疗效有关, 对提升术前评估的准确全面性、改进治疗方案有重要指导意义。

关键词: 截骨矫形术; 拇外翻畸形; 美国足踝矫形学会评分; 第1-2跖骨间角; 拇外翻角

Quantitative analysis of three-dimensional deformity indexes of the first metatarsal bone after osteotomy and orthosis for hallux valgus deformity

Zhao Xiaoliang¹, Sun Meilan¹, Yan Tianyuan¹, Zhang Shizhe², Niu Guochang¹, Guan Yulong¹, Li Hua¹

¹Department of Hand and Foot Surgery, Hengshui People's Hospital, Hengshui 053000, Hebei Province, China; ²Department of Surgery, Hengshui Third People's Hospital, Hengshui 053000, Hebei Province, China

Zhao Xiaoliang, Master, Attending physician, Department of Hand and Foot Surgery, Hengshui People's Hospital, Hengshui 053000, Hebei Province, China

Corresponding author: Li Hua, MD, Chief physician, Department of Hand and Foot Surgery, Hengshui People's Hospital, Hengshui 053000, Hebei Province, China

Abstract

BACKGROUND: The displacement change parameters of the bone structure of the first metatarsal bone at the two-dimensional level of hallux valgus deformity are of great significance for clinical diagnosis and treatment, while the quantitative analysis of the three-dimensional deformity index may have some influences on the postoperative efficacy.

¹衡水市人民医院手足外科, 河北省衡水市 053000; ²衡水市第三人民医院外科, 河北省衡水市 053000

第一作者: 赵晓亮, 男, 1987年生, 河北省衡水市人, 汉族, 硕士, 主治医师, 主要从事手足创伤相关疾病研究。

通讯作者: 李华, 博士, 主任医师, 衡水市人民医院手足外科, 河北省衡水市 053000

<https://orcid.org/0009-0006-2499-470X> (赵晓亮)

基金资助: 河北省2023年度医学科学研究课题(20232186), 项目名称: 拇外翻第一跖骨病理变化特点及其与术后疗效相关性分析,

项目负责人: 赵晓亮

引用本文: 赵晓亮, 孙梅兰, 闫天元, 张世喆, 牛国昌, 关玉龙, 李华. 拇外翻畸形截骨矫形后第一跖骨三维层面畸形指标的量化分析[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(33):5302-5307.



OBJECTIVE: To explore the quantitative change of the three-dimensional deformity index of the first metatarsal bone after routine osteotomy and orthosis for hallux valgus deformity and to provide reference for clinical work.

METHODS: 100 patients with hallux valgus deformity (foot) in Hengshui People's Hospital from October 2020 to April 2023 were selected and all of them underwent conventional osteotomy and orthosis. Foot function was assessed by the American Orthopedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale 6 months after surgery. Anterolateral X-rays of the foot in weight-bearing position and CT images in simulated weight-bearing position were taken before surgery and 6 months after surgery. The three-dimensional deformity indexes of the first metatarsal bone before and after surgery were quantitatively analyzed in patients with different ages, genders and therapeutic effects, including first-second intermetatarsal angle, hallux valgus angle, distal metatarsal articular angle, tibial sesamoid position, and first metatarsal rotation α angle. The value of the difference of three-dimensional deformity indexes of the first metatarsal bone before and after operation in evaluating the curative effect was analyzed.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) Six months after operation, the American Orthopedic Foot and Ankle Society score was 75–98 (88.25±4.14) points, among which 56 cases were excellent, 28 cases were good, 14 cases were average, and 2 cases were poor. The excellent and good rate was 84% (84/100). (2) Compared with the preoperative results, first-second intermetatarsal angle, hallux valgus angle, distal metatarsal articular angle, tibial sesamoid position, and first metatarsal rotation α angle were significantly improved in patients of different ages and genders 6 months after surgery ($P < 0.05$). First-second intermetatarsal angle, hallux valgus angle, distal metatarsal articular angle, tibial sesamoid position, and first metatarsal rotation α angle were all lower in patients with good curative effect 6 months after surgery than those with poor curative effect, and the difference before and after surgery was greater than those with poor curative effect ($P < 0.05$). (3) The area under the curve of the difference evaluation of the first metatarsal three-dimensional deformity index before and after surgery was above 0.7, and the area under the curve of the combined evaluation of all indexes was the largest (0.902), which was significantly greater than the first metatarsal rotation α angle and distal metatarsal articular angle ($P < 0.05$). (4) The quantitative analysis of the three-dimensional deformity index of the first metatarsal in patients with hallux valgus deformity is related to the postoperative effect, which has important guiding significance for improving the accuracy and comprehensiveness of preoperative evaluation and improving the treatment plan.

Key words: osteotomy and orthosis; hallux valgus deformity; American Orthopedic Foot and Ankle Society score; first-second intermetatarsal angle; hallux valgus angle

Funding: Medical Science Research Topic in Hebei Province in 2023, No. 20232186 (to ZXL)

How to cite this article: ZHAO XL, SUN ML, YAN TY, ZHANG SZ, NIU GC, GUAN YL, LI H. Quantitative analysis of three-dimensional deformity indexes of the first metatarsal bone after osteotomy and orthosis for hallux valgus deformity. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2024;28(33):5302-5307.

0 引言 Introduction

拇外翻畸形是足踝外科常见疾病，主要表现为第一跖骨疼痛、畸形等病理改变，其发病受先天韧带松弛、创伤、穿鞋不当、类风湿关节炎等多种因素影响；畸形加重引起跖骨头与籽骨悬吊系统分离，拇展肌滑移牵拉可致拇趾旋前^[1-3]。目前临床治疗拇外翻畸形主要采用截骨矫形术或软组织松解，其中软组织松解适用于轻度患者，中、重度患者多需进行截骨矫形术^[4]。跖趾关节活动依靠第一跖趾关节的匹配性，文献显示术后跖趾关节匹配性较差可能导致术后拇外翻复发^[5]。近年研究发现，拇外翻畸形患者第一跖骨相对位置畸形结构复杂，截骨矫形术治疗中主要以水平面畸形作为参考^[6-7]。有研究利用负重 CT 数据从病理解剖角度分析拇外翻畸形跖趾关节匹配特征，发现除二维平面拇外翻畸形改变外，还存在旋转畸形^[8]。负重位状态是理解足、踝、肘关节等骨肌系统功能机制的基础，模拟负重位 CT 改变了传统影像学静态解剖结构平面测量方法^[9]。目前对于第一跖骨三维层面旋转畸形鲜有研究。此次研究通过影像学测量拇外翻患者截骨矫形术前后模拟足功能状态，尝试量化分析拇外翻畸形截骨矫形术后第一跖骨三维层面畸形指标、病理变化特点，旨在分析其内在关系及对术后疗效的影响，为临床工作提供参考依据，现报告如下。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例分析，采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线分析第一跖骨三维层面畸形指标手术前后差值对疗效的评估价值。

1.2 时间及地点 试验于 2020 年 10 月至 2023 年 4 月在衡水市人民医院完成。

1.3 材料 截骨矫形术中植入物为 2 枚 CSQ03-DH 型金属空心接骨螺钉 (大博医疗科技股份有限公司)，型号相同，见表 1。

表 1 | 植入物的材料学特征

Table 1 | Materialological characteristics of the implants

指标	金属空心接骨螺钉
生产厂家	大博医疗科技股份有限公司
型号	CSQ03-DH
批准号	闽药监械生产许可 20091047
性能结构	采用符合 GB/T13810 规定的 TC4 钛合金材料制造，表面经着色阳极氧化和微弧阳极氧化处理
材质	TC4 钛合金材料
适应证	适用于四肢骨折和不规则骨折内固定
生物相容性	相容，安全
产品标注的不良反	感染；金属过敏反应；由于骨折复位对齐不当，造成骨延迟愈合、不愈合或畸形愈合等；过早不适当负重导致的内植物疲劳断裂；由于植入物存在产生疼痛、不适或感觉异常等；植入物松动、弯曲、断裂，导致术后骨不连或骨延迟愈合等

1.4 对象 选择 2020 年 10 月至 2023 年 4 月衡水市人民医院收治的拇外翻畸形患者 100 例 (足)，男 24 例，女 76 例；年龄 46–72 岁，平均 (58.37±5.92) 岁；病变位置：左侧 46 例，右侧 54 例；病程 2–11 年，平均 (7.34±1.69) 年；中度 [第 1–2 跖骨间角 (intermetatarsal angle, IMA) 9°–12°] 57 例，重度 (IMA > 12°) 43 例。此次研究征得衡水市人民医院伦理委员会批准 (批准号：202010076)，患者及家属签字同意，符合《赫尔辛基宣言》要求。

纳入标准：①确诊为拇外翻，单侧病变，拇外翻角 (hallux valgus angle, HVA) > 15°，足正位 X 射线片符合 IMA > 10°；②拇趾向外偏斜疼痛，伴或不伴外侧趾畸形，穿鞋疼痛加重；③行截骨矫形术；④无心脑血管疾病，下肢血运正常；⑤无跖趾关节僵硬、转移性跖痛。

排除标准：①先天性足踝部畸形；②伴有重度骨质疏松；③存在足部手术史、创伤史；④局部感染、皮肤溃疡；⑤诊断为关节炎 (类风湿性、痛风性)；⑥影像学检查不标准或不全；⑦影像显示欠佳无法准确测量数据；⑧存在肌力、肌张力异常；⑨存在外周或中枢神经病变、周围血管病变；⑩糖尿病足；⑪因疫情防控等原因退出研究；⑫存在心理疾

病或精神异常。

1.5 方法

1.5.1 截骨矫形术 椎管内麻醉，行 Scarf 截骨术，在第一跖趾关节内侧做切口，切开关节内侧骨膜，“L”形切开关节囊，于矢状沟内侧 1 mm 位置切除骨突，使拇收肌松解跖-籽悬韧带、跖趾关节外侧关节囊及拇收肌止点暴露，松解关节囊，调整纵向截骨位置、长度、外移方向及外移程度等；在第一跖骨干位置做“Z”形截骨，纵向截骨方向与水平面角度约 20°，水平截骨线与两侧截骨线角度约 60°，将远端向外旋并向外推移，减小 IMA 至位置满意，采用 2 枚 CSQ03-DH 型金属空心接骨螺钉固定（大博医疗科技股份有限公司）。创面以生理盐水彻底冲洗、止血、关闭切口。术后无菌敷料加压包扎，服用 3 d 抗炎止痛药，石膏托（短腿）固定三四周。

1.5.2 影像学检测 术前、术后 6 个月由高年资放射科医师拍摄负重位足部正侧位 X 射线片及模拟负重位 CT 片。X 射线片检查，足负重直立位，采用数字化医用 X 射线摄影系统（美国 GE 公司，型号：Plus656）进行拍摄。负重 CT 扫描采用 PedCAT 足踝部站立负重 CT 扫描机（CurveBeam, Hatfield PA, USA），双足平行，放松站立，目视前方，采用 120 kVp, Sharp 模式扫描，扫描层厚 0.4 mm。采用 CubeVue（CurveBeam, HatfieldPA, USA）版本 3.2.1.0 分析数据，在 CubeVue 软件中自由调整 XYZ 坐标轴进行三维重建，观察所需的扫描断面图。由 2 位高年资骨科主治医师分别阅片，阅片前统一测量标准，交叉汇总结果，若意见不同则与上级医师讨论后决定。于足正位片测量 IMA、HVA，IMA 即第 1, 2 跖骨中轴延长线夹角，HVA 即拇趾近端趾骨与第 1 跖骨中轴延长线的夹角，采用跖骨基底中心和跖骨头中心连线的方式确定跖骨干轴线，在距跖骨远端及近端 1 cm 处选取中心点^[10]；冠状位上测量第一跖骨旋转 α 角；选择第 1 趾骨远端关节面最外侧、最内侧两点连线，作该线段垂线，第 1 趾骨中轴线与该垂线的夹角为远端关节面固角（distal metatarsal articular angle, DMAA），采用 Coughlin 和 Mann 所介绍方法测量^[11]；采用相对位置（Smith 法）描述胫侧籽骨位置（tibial sesamoid position, TSP），相对第 1 跖骨中轴定位胫侧籽骨，将其外移程度分为 0-3 度：0, 1, 2, 3 度分别表示正常位置、外移 $\leq 50\%$ 、外移 $> 50\%$ 未完全脱位、完全脱位于中轴外侧^[12]。

1.6 主要观察指标

(1) 统计手术疗效：于术后 6 个月采用美国足踝矫形学会（American Orthopedic Foot and Ankle Society, AOFAS）拇趾关节评分评估患者足部功能^[13]，包括功能（45 分）、疼痛（40 分）、力线（15 分）3 个方面，满分 100 分，AOFAS 评分 90-100 分、75-89 分、50-74 分、 < 50 分分别对应优、良、可、差。

(2) 量化分析不同年龄、不同性别患者手术前后第一跖骨三维层面畸形指标，包括 IMA、HVA、DMAA、TSP 及第一跖骨旋转 α 角。

(3) 量化分析不同疗效患者手术前后第一跖骨三维层面畸形指标。

(4) 分析第一跖骨三维层面畸形指标手术前后差值对疗效的评估价值。

1.7 统计学分析 采用 SPSS 23.0 对数据进行分析，计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，差异比较行 t 检验；计数资料以 $n/\%$ 表示，差异比较行 χ^2 检验；采用 ROC 曲线分析第一跖骨三维层面畸形指标手术前后差值对疗效的影响，检验水准 $\alpha=0.05$ 。文章统计学方法已经衡水市人民医院生物统计学专家审核。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 纳入 100 例（足）拇外翻畸形患者，均进入结果分析，无脱落情况。

2.2 试验流程图 见图 1。

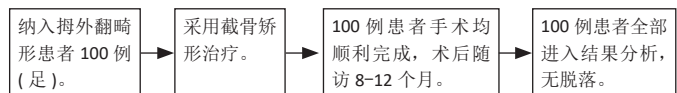


图 1 | 试验流程图
Figure 1 | Flow chart of the trial

2.3 手术疗效 所有患者术后创口 I 期愈合，均获得随访，随访时间为 8-12 个月。术后未出现畸形复发、跖骨头坏死、足趾坏死及截骨处不愈合等并发症。

术后 6 个月 AOFAS 评分为 75-98 分，平均 (88.25 ± 4.14) 分，其中优 56 例，良 28 例，可 14 例，差 2 例，优良率为 84%(84/100)。

2.4 典型病例 男性患者，45 岁，诊断为拇外翻畸形，采用截骨矫形治疗，见图 2。



图注：图 A 为术前 X 射线片及 CT；图 B 为术后 1 周 X 射线片及 CT。
图 2 | 典型病例正侧位 X 射线片及模拟负重位 CT 片
Figure 2 | Anteroposterior and lateral X-ray films of a typical case and simulated weight-bearing position CT films

2.5 不同年龄患者手术前后第一跖骨三维层面畸形指标量化分析 < 60 岁与 ≥ 60 岁患者手术前后 IMA、HVA、DMAA、TSP 及第一跖骨旋转 α 角比较，差异无显著性意义 $(P > 0.05)$ ，故可合并计算。相较于术前，拇外翻畸形患者术后 6 个月 IMA、HVA、DMAA、TSP 及第一跖骨旋转 α 角均明显改善 $(P < 0.05)$ 。见表 2。

2.6 不同性别患者手术前后第一跖骨三维层面畸形指标量化分析 男性与女性患者手术前后 IMA、HVA、DMAA、TSP 及第一跖骨旋转 α 角比较，差异无显著性意义 $(P > 0.05)$ ，故可合并计算。相较于术前，拇外翻畸形患者术后 6 个月 IMA、HVA、DMAA、TSP 及第一跖骨旋转 α 角均明显改善 $(P < 0.05)$ 。见表 3。

表 2 | 不同年龄患者手术前后第一跖骨三维层面畸形指标量化分析 ($\bar{x}\pm s$)
Table 2 | Quantitative analysis of deformity indicators at the three-dimensional level of the first metatarsal before and after surgery in patients of different ages

指标	< 60 岁 (n=46)	≥ 60 岁 (n=54)	t 值	P 值	合并
术前					
IMA(°)	12.37±2.63	12.46±2.65	0.170	0.866	12.42±2.63
HVA(°)	33.04±7.12	33.73±6.98	0.488	0.627	33.41±7.02
DMAA(°)	18.28±2.14	18.67±2.13	0.911	0.365	18.49±2.12
TSP	1.79±0.59	1.94±0.65	1.200	0.233	1.87±0.65
第一跖骨旋转 α 角 (°)	23.41±6.44	23.28±6.52	0.100	0.921	23.34±6.42
术后 6 个月					
IMA(°)	5.30±1.35	5.34±1.40	0.145	0.885	5.32±1.37
HVA(°)	11.10±2.01	11.03±1.98	0.175	0.862	11.06±1.98
DMAA(°)	5.60±1.15	5.66±1.13	0.263	0.794	5.63±1.14
TSP	0.78±0.20	0.72±0.24	1.344	0.182	0.75±0.23
第一跖骨旋转 α 角 (°)	15.84±3.37	15.80±3.45	0.058	0.954	15.82±3.41
$t/P_{(IMA)}$ (术前 vs. 术后 6 个月)	16.220/< 0.001	17.457/< 0.001			23.943/< 0.001
$t/P_{(HVA)}$ (术前 vs. 术后 6 个月)	20.113/< 0.001	22.991/< 0.001			30.642/< 0.001
$t/P_{(DMAA)}$ (术前 vs. 术后 6 个月)	35.399/< 0.001	39.650/< 0.001			53.426/< 0.001
$t/P_{(TSP)}$ (术前 vs. 术后 6 个月)	10.996/< 0.001	12.939/< 0.001			16.244/< 0.001
$t/P_{(第一跖骨旋转 \alpha 角)}$ (术前 vs. 术后 6 个月)	7.064/< 0.001	7.452/< 0.001			10.345/< 0.001

表注: IMA 为第 1-2 跖骨间角; HVA 为拇外翻角; DMAA 为远端关节面固角; TSP 为胫侧籽骨位置。

表 3 | 不同性别患者手术前后第一跖骨三维层面畸形指标量化分析 ($\bar{x}\pm s$)
Table 3 | Quantitative analysis of deformity indicators at the three-dimensional level of the first metatarsal before and after surgery in patients of different genders

指标	男性 (n=24)	女性 (n=76)	t 值	P 值	合并
术前					
IMA(°)	12.26±2.78	12.47±2.68	0.332	0.741	12.42±2.63
HVA(°)	33.28±7.12	33.45±7.09	0.102	0.919	33.41±7.02
DMAA(°)	18.43±2.14	18.51±2.14	0.160	0.874	18.49±2.12
TSP	1.81±0.59	1.89±0.62	0.557	0.579	1.87±0.65
第一跖骨旋转 α 角 (°)	23.44±6.44	23.31±6.44	0.086	0.932	23.34±6.42
术后 6 个月					
IMA(°)	5.29±1.35	5.33±1.45	0.120	0.905	5.32±1.37
HVA(°)	11.09±2.03	11.05±1.99	0.085	0.932	11.06±1.98
DMAA(°)	5.57±1.10	5.65±1.15	0.300	0.765	5.63±1.14
TSP	0.72±0.23	0.76±0.25	0.696	0.488	0.75±0.23
第一跖骨旋转 α 角 (°)	15.79±3.45	15.83±3.46	0.049	0.961	15.82±3.41
$t/P_{(IMA)}$ (术前 vs. 术后 6 个月)	11.049/< 0.001	20.428/< 0.001			23.943/< 0.001
$t/P_{(HVA)}$ (术前 vs. 术后 6 个月)	14.683/< 0.001	26.518/< 0.001			30.642/< 0.001
$t/P_{(DMAA)}$ (术前 vs. 术后 6 个月)	26.183/< 0.001	46.147/< 0.001			53.426/< 0.001
$t/P_{(TSP)}$ (术前 vs. 术后 6 个月)	8.433/< 0.001	14.736/< 0.001			16.244/< 0.001
$t/P_{(第一跖骨旋转 \alpha 角)}$ (术前 vs. 术后 6 个月)	5.130/< 0.001	8.920/< 0.001			10.345/< 0.001

表注: IMA 为第 1-2 跖骨间角; HVA 为拇外翻角; DMAA 为远端关节面固角; TSP 为胫侧籽骨位置。

2.7 不同疗效患者手术前后第一跖骨三维层面畸形指标量化分析 术后 6 个月 AOFAS 评分优良为疗效良好, 否则为不良。不同疗效患者术前 IMA、HVA、DMAA、TSP 及第一跖骨旋转 α 角比较, 差异无显著性意义 ($P > 0.05$); 不同疗效患者术后 6 个月 IMA、HVA、DMAA、TSP 及第一跖骨旋转 α 角均较术前明显下降, 且疗效良好患者低于疗效不良患者 ($P < 0.05$); 疗效良好患者 IMA、HVA、DMAA、TSP 及第一跖骨旋转 α 角手术前后差值大于疗效不良患者 ($P < 0.05$)。见表 4。

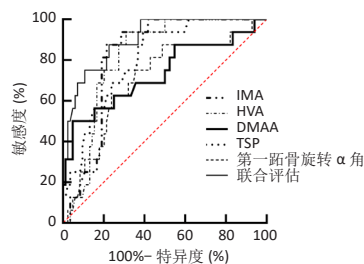
2.8 第一跖骨三维层面畸形指标手术前后差值对疗效的评估价值 绘制 ROC 曲线, 评价第一跖骨三维层面畸形指标手术前后差值对疗效的评估价值, 结果可见 IMA、HVA、DMAA、

表 4 | 不同疗效患者手术前后第一跖骨三维层面畸形指标量化分析 ($\bar{x}\pm s$)
Table 4 | Quantitative analysis of deformity indicators at the three-dimensional level of the first metatarsal before and after surgery in patients with different outcomes

指标	疗效良好组 (n=84)	疗效不良组 (n=16)	t 值	P 值
IMA(°)				
术前	12.37±2.64	12.68±2.69	0.429	0.669
术后 6 个月	4.35±1.32	10.41±2.07	15.217	< 0.001
差值	8.02±2.14	2.27±0.65	10.615	< 0.001
HVA(°)				
术前	33.42±7.32	33.36±7.28	0.030	0.976
术后 6 个月	9.28±1.59	20.41±2.03	24.508	< 0.001
差值	24.14±4.25	12.95±2.03	10.279	< 0.001
DMAA(°)				
术前	18.50±2.45	18.44±2.11	0.092	0.927
术后 6 个月	4.83±1.12	9.83±2.07	13.984	< 0.001
差值	13.67±2.07	8.61±1.58	9.262	< 0.001
TSP				
术前	1.88±0.59	1.82±0.68	0.364	0.717
术后 6 个月	0.68±0.21	1.12±0.29	7.198	< 0.001
差值	1.20±0.30	0.70±0.21	6.364	< 0.001
第一跖骨旋转 α 角 (°)				
术前	23.37±5.89	23.18±5.41	0.120	0.905
术后 6 个月	15.22±3.24	18.97±3.59	4.171	< 0.001
差值	8.15±2.07	4.21±1.31	7.322	< 0.001

表注: IMA 为第 1-2 跖骨间角; HVA 为拇外翻角; DMAA 为远端关节面固角; TSP 为胫侧籽骨位置。

TSP 及第一跖骨旋转 α 角手术前后差值评估曲线下面积值均在 0.7 以上, 且各指标联合评估曲线下面积值最大, 为 0.902。进一步分析显示, 各指标联合评估曲线下面积值明显大于第一跖骨旋转 α 角及 DMAA ($P < 0.05$)。见图 3 及表 5, 6。



图注: IMA 为第 1-2 跖骨间角; HVA 为拇外翻角; DMAA 为远端关节面固角; TSP 为胫侧籽骨位置。

图 3 | 第一跖骨三维层面畸形指标手术前后差值评估疗效的受试者工作特征曲线

Figure 3 | Receiver operating characteristic curves for assessing the efficacy of the pre- and post-surgical differences in three-dimensional level deformity indices of the first metatarsal

表 5 | 第一跖骨三维层面畸形指标手术前后差值对疗效的评估价值
Table 5 | Value of pre- and post-surgical differences in the first metatarsal three-dimensional level deformity indexes for the assessment of outcomes before and after surgery

指标差值	曲线下面积 (95%CI)	Z 统计	截断值	敏感度 (%)	特异度 (%)	P 值
IMA	0.822(0.733-0.891)	7.698	3.04	87.50	78.57	< 0.001
HVA	0.816(0.726-0.887)	7.202	14.24	83.75	69.05	< 0.001
DMAA	0.734(0.636-0.817)	2.879	9.14	50.00	85.24	< 0.001
TSP	0.807(0.716-0.879)	5.972	0.90	83.72	60.71	< 0.001
第一跖骨旋转 α 角	0.704(0.605-0.791)	2.821	4.80	75.00	64.29	< 0.001
联合评估	0.902(0.826-0.953)	10.925		87.50	77.38	< 0.001

表注: IMA 为第 1-2 跖骨间角; HVA 为拇外翻角; DMAA 为远端关节面固角; TSP 为胫侧籽骨位置。

表 6 | 第一跖骨三维层面畸形指标手术前后差值单独与联合评估方案评估价值比较

Table 6 | Comparison of pre- and post-surgical differences in first metatarsal three-dimensional level deformity indicators in terms of their assessed value alone versus the combined assessment scheme

评估方案	曲线下面积之差 (95%CI)	标准误差	Z 统计	P 值
联合 vs. IMA	0.080(-0.017-0.177)	0.049	1.622	0.105
联合 vs. HVA	0.086(-0.016-0.184)	0.050	1.726	0.084
联合 vs. DMAA	0.169(0.001-0.336)	0.085	1.974	0.049
联合 vs. TSP	0.095(-0.013-0.203)	0.055	1.732	0.083
联合 vs. 第一跖骨旋转 α 角	0.198(0.025-0.371)	0.088	2.239	0.025

表注: IMA 为第 1-2 跖骨间角; HVA 为拇外翻角; DMAA 为远端关节面固角; TSP 为胫侧籽骨位置。

3 讨论 Discussion

3.1 截骨矫形术疗效 拇外翻畸形以近节趾骨向外侧偏斜为特征, 以 IMA 和 HVA 增大为主要病理改变, 发病过程中第一跖骨向内侧位移, 对应籽骨向外侧位移, 存在内侧骨赘、跖横韧带与拇收肌外侧结构挛缩、内侧关节囊变薄等症状^[14-15]。截骨矫形术能针对性地改善 IMA 和 HVA, 是目前临床治疗中重度拇外翻畸形的有效矫正手段^[16-18]。此次研究显示, 术后 6 个月 AOFAS 评分为 75-98(88.25±4.14) 分, 优良率为 84%(84/100), 提示截骨矫形术有助于恢复拇外翻畸形患者足功能。

3.2 第一跖骨三维层面畸形指标量化分析 足踝部小关节多, 关节对位情况在负重与非负重状态下存在一定区别^[19]。周贵龙等^[20] 研究表明, 负重位与非负重位下老年全膝关节置换患者肢力线存在差异, 负重位双下肢全长 X 射线拍摄较非负重位能更真实地反映膝关节病变程度。负重 CT 可在负重状态下扫描采集足踝部影像, 在观察负重位下的前足、后足诸多关节对位关系中发挥重要作用, 且较常规 CT 辐射剂量更低, 对足踝部疾患手术决策有重要指导作用^[21]。理想的截骨矫形术在矫正 IMA、HVA 的同时, 恢复跖趾关节正常内在关系及完整性, 改善足功能, 消除疼痛^[22-23]。此次研究表明, 相较于术前, 不同年龄、不同性别拇外翻畸形患者术后 6 个月 IMA、HVA、DMAA、TSP 及第一跖骨旋转 α 角均明显改善, 可见对于拇外翻畸形患者年龄、性别的差异, 利用截骨矫形术纠正第一跖骨三维层面畸形指标, 恢复正常跖趾关系, 均能达到良好的改善效果。临床研究显示, 正常足旋转 α 角约 15.8°^[8]。此次研究术后 6 个月疗效优良患者旋转 α 角为 (15.22±3.24)°, 而疗效不良患者旋转 α 角为 (18.97±3.59)°, 仍超过正常旋前度, 提示第一跖骨旋转 α 角改善程度与截骨矫形术后疗效有关。杨艳军等^[24] 研究表明, 中重度拇外翻患者足底正常生物力学分布的恢复、跖趾关节远端关节面稳定性的维持均与 DMAA 的恢复有关。拇外翻畸形患者的 DMAA 大小可决定拇外翻程度, HVA 可随 DMAA 增加而加大^[25]。伴随拇外翻畸形加重, 跖籽骨悬吊系统与骨头分离, 腓侧籽骨向第一、二跖骨间嵌入, 胫侧籽骨位移至原腓侧籽骨处, 拇展肌滑移至跖骨头下方^[26]。负重行走时, 患足第一跖骨受到位移后腓侧籽骨产生横向的向外推力, 进一步增大 IMA, 持

续牵拉造成拇趾旋前, 进而影响第一跖骨旋转 α 角, 加剧拇外翻畸形症状^[27]。郑伟鑫等^[28] 研究表明, 拇外翻合并第 1 跖骨旋转患者经旋转 Scarf 截骨术矫正治疗后 DMAA 明显减小。俞淮曦等^[29] 报道指出, Lapidus 联合内侧 Lisfranc 内固定术较单纯 Lapidus 术应用于伴第 1 跖骨关节不稳的拇外翻畸形患者矫治效果更为明显, TSP、HVA、IMA 显著降低。此次研究疗效良好患者术后 6 个月 IMA、HVA、DMAA、TSP 及第一跖骨旋转 α 角均低于疗效不良患者, 且手术前后差值大于疗效不良患者, 说明第一跖骨三维层面畸形指标有明显改善, 检测第一跖骨三维层面畸形指标改善情况可一定程度上反映拇外翻畸形患者预后。有研究显示, TSP 与 IMA、HVA 呈正相关, 可反映籽骨与第一跖骨的相对位置关系, TSP 位置的有效恢复与跖骨籽骨的力学平衡状态有关^[30]。TSP 改善情况越好, 跖骨籽骨系统力学平衡状态恢复越好, 进而提升截骨矫形术对患足畸形症状的矫正效果, 减少拇外翻畸形复发^[31-32]。此次研究尝试量化分析拇外翻畸形截骨矫形术后第一跖骨三维层面畸形指标, 发现各指标手术前后差值评估曲线下面积值均在 0.7 以上, 且各指标联合评估曲线下面积值最大, 为 0.902, 表明第一跖骨三维层面畸形指标对于拇外翻畸形患者截骨矫形术后疗效具有重要指导意义。

3.3 结论 综上所述, 拇外翻畸形患者第一跖骨三维层面畸形指标与截骨矫形术后疗效有关, 量化分析其病理变化特点有利于准确全面地进行术前评估, 指导治疗方案的制定。此次研究尚存在一定局限性, 未分析模拟负重 CT 结果与 X 射线片的相关性, 有待临床进一步研究证实。

致谢: 感谢衡水市人民医院手足外科同事给予的病例及手术协助支持。

作者贡献: 赵晓亮主要负责课题设计与实施、分析数据; 李华老师全程指导; 关玉龙老师术中指导; 孙梅兰、闫天元、牛国昌等全程负责随访; 张世喆老师负责数据分析; 放射科全体同事提供影像数据支持。

利益冲突: 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

版权转让: 文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

出版规范: 该文章撰写遵守了《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次文字和图表查重, 文章经小同行外审专家双盲审稿, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

4 参考文献 References

- CHO SH, CHUNG CY, PARK MS, et al. Intrsubject Radiographic Progression of Hallux Valgus Deformity in Patients With and Without Metatarsus Adductus: Bilateral Asymmetric Hallux Valgus Deformity. J Foot Ankle Surg. 2022;61(1):17-22.
- WU DY, LAM EK. The Syndesmosis Procedure Correction of Hallux Valgus Feet Associated With the Metatarsus Adductus Deformity. J Foot Ankle Surg. 2022;61(2):339-344.
- CROOKS SA, LEWIS TL, RAY R, et al. Symmetry of bilateral hallux valgus deformity: a radiographic study. Clin Anat. 2022;35(4):414-420.

- [4] 黄丽先,董红,彭琪,等. Akin 截骨术联合第一跖骨基底截骨术治疗中重度拇外翻畸形的疗效及安全性分析 [J]. 实用医院临床杂志, 2022,19(6):75-78.
- [5] 李焱,陈万,陶旭,等. 跖骨干“Z”字旋转截骨对伴有跖趾关节不匹配的中重度拇外翻的临床疗效 [J]. 中华医学杂志, 2020,100(31):2423-2428.
- [6] HAGIO T, YOSHIMURA I, KANAZAWA K, et al. Risk factors for recurrence of hallux valgus deformity after minimally invasive distal linear metatarsal osteotomy. *J Orthop Sci.* 2022;27(2):435-439.
- [7] JUJO Y, SHIMOZONO Y, IWASHITA K, et al. Bilateral and concomitant pathology surgeries do not affect the outcomes of mini-open distal linear metatarsal osteotomy (Bosch osteotomy) with manipulation for hallux valgus deformity. *Foot Ankle Surg.* 2022;28(7):1021-1028.
- [8] 王智,张树,孙超,等. 利用负重 CT 数据分析外翻患者第 1 跖趾关节匹配度的特征 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2020,13(12):1012-1017.
- [9] 朱珊,王植,郭林. 双下肢负重位三维 CT 检查技术与步态分析结合初步应用进展 [J]. 陕西医学杂志, 2021,50(6):766-768.
- [10] SRIVASTAVA S, CHOCKALINGAM N, EL FAKHRI T. Radiographic angles in hallux valgus: comparison between manual and computer-assisted measurements. *J Foot Ankle Surg.* 2010;49(6):523-528.
- [11] COUGHLIN MJ, SALTZMAN CL, NUNLEY JA 2ND. Angular measurements in the evaluation of hallux valgus deformities: a report of the ad hoc committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on angular measurements. *Foot Ankle Int.* 2002;23(1):68-74.
- [12] 黄涛,邹春平,李修成,等. 单纯截骨术矫正第 1、2 跖骨间角增大大型拇外翻的疗效观察 [J]. 中国骨伤, 2012,25(12):1021-1023.
- [13] FISCHER S, WEBER S, GRAMLICH Y, et al. Electrothermal Denervation of Synovial and Capsular Tissue Does not Improve Postoperative Pain in Arthroscopic Debridement of Anterior Ankle Impingement-A Prospective Randomized Study. *Arthrosc Sports Med Rehabil.* 2022;4(2):575-583.
- [14] 黄丽先,董红,彭琪,等. Akin 截骨术联合第一跖骨基底截骨术治疗中重度拇外翻畸形的疗效及安全性分析 [J]. 实用医院临床杂志, 2022,19(6):75-78.
- [15] NAJEFI AA, KATMEH R, ZAVERI AK, et al. Imaging Findings and First Metatarsal Rotation in Hallux Valgus. *Foot Ankle Int.* 2022;43(5):665-675.
- [16] GONG XF, SUN N, LI H, et al. Modified Chevron Osteotomy with Distal Soft Tissue Release for Treating Moderate to Severe Hallux Valgus Deformity: A Minimal Clinically Important Difference Values Study. *Orthop Surg.* 2022;14(7):1369-1377.
- [17] 王文成,张兴飞,许亚军. Scarf 截骨横行截骨线倾斜角度与拇外翻矫形力度关系的 3D 骨骼重建分析 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(27):4265-4270.
- [18] LEWIS TL, RAY R, GORDON DJ. Minimally invasive surgery for severe hallux valgus in 106 feet. *Foot Ankle Surg.* 2022;28(4):503-509.
- [19] 李恒,孙宁,武勇. 合并第二跖骨下痛性胼胝的跖外翻患者的负重 CT 影像学特点分析 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022,15(12):964-970.
- [20] 周贵龙,袁宝明. 老年全膝关节置换术患者负重位与非负重位下肢力线的差异 [J]. 河北医药, 2022,44(21):3282-3284,3288.
- [21] MAHMOUD K, METIKALA S, MEHTA SD, et al. The Role of Weightbearing Computed Tomography Scan in Hallux Valgus. *Foot Ankle Int.* 2021;42(3):287-293.
- [22] ALFARII H, MARWAN Y, ALGARNI N, et al. Temporary Screw Lateral Hemiepiphyodesis of the First Metatarsal for Juvenile Hallux Valgus Deformity: A Case Series of 23 Feet. *J Foot Ankle Surg.* 2022;61(1):88-92.
- [23] MIKHAIL CM, MARKOWITZ J, DI LENARDA L, et al. Clinical and Radiographic Outcomes of Percutaneous Chevron-Akin Osteotomies for the Correction of Hallux Valgus Deformity. *Foot Ankle Int.* 2022;43(1):32-41.
- [24] 杨艳军,白子兴,曹旭含,等. 改良中西医结合微创术联合 Akin 截骨术治疗中重度拇外翻的疗效观察 [J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(17):81-86.
- [25] LALEVÉE M, BARBACHAN MANSUR NS, LEE HY, et al. Distal Metatarsal Articular Angle in Hallux Valgus Deformity: Fact or Fiction? A 3-Dimensional Weightbearing CT Assessment. *Foot Ankle Int.* 2022;43(4):495-503.
- [26] TSAI J, DANIEL JN, MCDONALD EL, et al. High Prevalence of Degenerative Changes at the Metatarsal Head Sesamoid Articulation Found During Hallux Valgus Correction Surgery. *Foot Ankle Spec.* 2021;14(3):219-225.
- [27] TAY AYW, GOH GS, THEVER Y, et al. Impact of pes planus on clinical outcomes of hallux valgus surgery. *Foot Ankle Surg.* 2022;28(3):331-337.
- [28] 郑伟鑫,杨杰,李毅,等. 旋转 Scarf 截骨术治疗拇外翻合并第 1 跖骨旋转 [J]. 中国骨伤, 2022,35(12):1138-1141.
- [29] 俞淮曦,蒋逸秋. Lapidus 联合内侧 Lisfranc 内固定术与单纯 Lapidus 术治疗伴有第 1 跖楔关节不稳的拇外翻畸形疗效的比较 [J]. 东南大学学报 (医学版), 2022,41(4):547-551.
- [30] SIDDIQUI NA, MAYER BE, FINK JN. Short-Term, Retrospective Radiographic Evaluation Comparing Pre- and Postoperative Measurements in the Chevron and Minimally Invasive Distal Metatarsal Osteotomy for Hallux Valgus Correction. *J Foot Ankle Surg.* 2021;60(6):1144-1148.
- [31] DAYTON P, CARVALHO S, EGDORF R, et al. Comparison of Radiographic Measurements Before and After Triplane Tarsometatarsal Arthrodesis for Hallux Valgus. *J Foot Ankle Surg.* 2020;59(2):291-297.
- [32] MEYER AJ. Multivariate Analysis of Hallux Valgus Radiographic Parameters. *J Foot Ankle Surg.* 2022;61(4):776-779.

(责任编辑: LLY, GD, ZN, QY)