

三维打印截骨导板辅助治疗拇趾外翻的临床研究

李雪丽¹ 曾锁林^{1△} 裴军¹ 黄平¹ 涂敏¹ 万丽丽¹

[摘要] **目的:**探讨拇趾外翻患者采用三维打印截骨导板辅助 Chevron 截骨术的临床效果,寻找更精确的治疗方式。**方法:**研究 40 例中重度拇趾外翻患者,随机分为两组,观察组采用三维打印截骨导板辅助 Chevron 截骨术治疗,对照组采用传统器械进行 Chevron 截骨术治疗,比较分析两组患者手术切口愈合情况、手术时间、术后负重位第一跖骨间夹角(IMA)的改善情况及术后并发症。**结果:**两组患者基本资料、术前负重位第一跖骨间夹角和美国足踝外科协会(AOFAS)评分差异无统计学意义($P>0.05$);观察组术后第一跖骨间夹角为 $5.98^{\circ}\pm 1.23^{\circ}$,对照组为 $10.61^{\circ}\pm 2.69^{\circ}$,两组差异有统计学意义($P<0.05$);观察组 AOFAS 评分优良率为 100%,对照组为 65%,两组差异有统计学意义($P<0.05$);观察组手术时间为 (0.88 ± 0.17) h,对照组手术时间为 (1.51 ± 0.51) h,两组差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**利用数字化医学联合三维打印技术,于术前模拟制定矫形方案,术中制作截骨导板指导精确定位并辅助截骨矫形,为拇趾外翻患者提供个体化、精准化的矫形治疗方案,值得借鉴和参考。

[关键词] 拇趾外翻畸形;数字化医学;计算机辅助设计;三维打印截骨导板;精准矫形

[中图分类号] R682.1 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1005-0205(2025)11-0081-04

DOI:10.20085/j.cnki.issn1005-0205.251115

Clinical Study on the Auxiliary Treatment of Hallux Valgus with Three-Dimensional-Printed Osteotomy Guide Plates

LI Xueli¹ ZENG Suolin^{1△} PEI Jun¹ HUANG Ping¹ TU Min¹ WAN Lili¹

¹Jingmen People's Hospital Affiliated to Jingchu University of Technology, Jingmen 448000, Hubei China.

Abstract Objective: To explore the clinical effect of using a three-dimensional printing osteotomy guide plate for Chevron osteotomy in patients with hallux valgus, and to find a more accurate treatment method. **Methods:** 40 patients with moderate to severe hallux valgus were randomly divided into two groups. The observation group was treated with Chevron osteotomy assisted by a three-dimensional printing osteotomy guide plate, and the control group was treated with Chevron osteotomy using traditional instruments. The wound healing of the surgical incision, operation duration, improvement of the intermetatarsal angle (IMA) in the weight-bearing position after surgery, and postoperative complications of the two groups were compared and analyzed. **Results:** There was no statistical significance in the basic data, pre-operative weight-bearing IMA, and AOFAS scores between the two groups. The postoperative IMA of the observation group was $5.98^{\circ}\pm 1.23^{\circ}$, and that of the control group was $10.61^{\circ}\pm 2.69^{\circ}$, with a statistically significant difference between the two groups ($P<0.05$). The excellent and good rate of AOFAS scores in the observation group was 100%, while that in the control group was 65%, with a statistically significant difference between the two groups ($P<0.05$). The operation time of the observation group was (0.88 ± 0.17) h, and that of the control group was (1.51 ± 0.51) h, with a statistically significant difference between the two groups ($P<0.05$). **Conclusion:** Using digital medicine combined with three-dimensional printing technology, an orthopedic plan is simulated and formulated before the operation. During the operation, an osteotomy guide plate is fabricated to guide precise positioning and assist in osteotomy and orthopedic procedures. This provides individualized and precise

orthopedic treatment plans for patients with hallux valgus, which is worthy of reference.

Keywords: hallux valgus deformity; digital medicine; computer-assisted design; three-dimensional printed osteotomy guide plate; precision orthopedic correction

基金项目:荆门市科学技术研究与开发计划项目
(2023YFYB079)

¹荆楚理工学院附属荆门市人民医院(湖北 荆门, 448000)

[△]通信作者 E-mail:5011382@qq.com

拇趾外翻(Hallux Valgus)是常见足部畸形,近年就诊人数剧增,其成因复杂,不仅影响外观,严重者还会疼痛、行走困难。传统手术依赖医生经验和二维影像,存在难以精准把握足部解剖、耗时长、损伤大、易复发等局限,手术效果和患者满意度欠佳。随着三维打印技术在医疗领域发展,其在骨科应用渐广。该技术能依据 CT 数据构建 1:1 足部模型并制作手术截骨导板,提升手术准确性与安全性。但目前三维打印技术在拇趾外翻治疗中的应用仍处发展阶段,本研究旨在探索其临床价值,为拇趾外翻精准治疗提供新思路,现报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

本研究选取 2022 年 6 月至 2024 年 6 月诊治的中重度拇趾外翻患者,其中男 8 例,女 32 例,共 40 例作为研究对象,平均年龄为 (54.8 ± 8.66) 岁,40 例患者随机分为观察组和对照组。观察组患者采用三维打印截骨导板辅助 Chevron 截骨术治疗,对照组患者采用传统器械进行 Chevron 截骨术治疗,每组各 20 例。在手术开展前,所有患者均完善患足负重位 X 线检查及排除手术禁忌证,确保手术安全性及可行性。

1.2 纳入标准

1)符合临床中重度拇趾外翻诊断标准;2)患者对研究内容及治疗方法充分知情并自愿签署同意书。

1.3 排除标准

1)合并重要脏器疾患或恶性肿瘤等疾病;2)患有糖尿病且糖尿病不能控制者;3)未能配合检查、治疗和观察者,资料不全者。

2 方法

2.1 术前准备

在观察组的治疗过程中,运用计算机辅助设计与三维打印技术制定手术方案。首先,对患者足部进行 CT 扫描,全面获取拇趾外翻相关数据。随后,借助 Mimics 软件,将收集到的数据进行三维重建,构建出精确的足部模型。在完成模型构建后,对模型深入分析,并运用计算机辅助设计(CAD)技术辅助定位,精准确定螺钉的进针位置和角度。同时,借助计算机模拟手术的全过程,提前预测手术效果。基于上述三维设计的结果,运用三维打印技术,制造出高度适配患者个体情况的手术导板,将三维打印制成的手术导板,通过等离子消毒处理后,留作手术备用^[1]。而对照组患者,则实施常规 CT 检查,依据检查结果,对病情展开评估,并预测手术效果。

2.2 手术方法

对照组:传统器械进行 Chevron 截骨治疗拇趾外翻矫形手术经过:待患者麻醉满意后,取仰卧位,术区

常规消毒铺巾,止血带调整至指导额度。生理盐水擦洗术区,标记切口,于第一、二趾间背侧行 0.5 cm 的纵行切口,显露拇收肌止点并予以部分切断松解;在第一跖趾关节内侧,作一条长度约 3 cm 的纵向切口。运用手术刀,依次切开皮肤与皮下组织,牵开切口,充分显露关节处的滑囊。经探查发现,滑囊呈现出显著增厚的状态,随后将增厚滑囊完整切除。显露第一跖趾关节用微型摆锯实施 Chevron 截骨,将跖骨截骨远端旋转并内移以矫正轴线,予以一枚埋头空心螺钉固定。手术期间,通过 C 臂机透视检查,确认骨骼断端的对位、对线情况良好,内固定装置稳定可靠。随后,使用生理盐水对手术切口进行全面冲洗。冲洗完成后,仔细清点手术过程中使用的纱块及各类器械,确保数量无误。确认无误后,按照解剖层次,对手术切口进行逐层缝合,使用无菌敷料进行包扎,并做妥善固定。此外,在第一、二跖趾之间放置纱块,进行分隔处理^[2]。术中所用内固定螺钉由大博医疗公司提供。

观察组:三维打印截骨导板辅助 Chevron 截骨治疗拇趾外翻矫形手术经过:即术中将计算机辅助设计、三维打印技术制作的截骨导板紧贴跖骨远端放置,以一根直径 1.5 mm 克氏针固定,依据截骨导板方向用微型摆锯实施 Chevron 截骨,沿着导板上预设地截骨路径进行精准截骨操作,同时截骨过程密切观察微型摆锯与导板贴合情况,确保截骨方向和深度与术前规划一致。截骨完成后取出导板,去除骨屑和软组织,同时根据计算机辅助设计将跖骨截骨远端旋转并内移以矫正轴线。两组患者麻醉与其余手术步骤完全一致。

两组患者均于术后第 2 天开始实施踝关节主动屈伸锻炼,定制拇趾外翻鞋术后第 2 天可根据患者病情恢复情况穿戴,逐渐增加活动度,术后均随访 6 个月。典型病例影像资料见图 1。

2.3 观察指标

手术前后,均采集患足在负重状态下的正位 X 线片,据此测定患足的第一跖骨间夹角(IMA)。采用美国足踝外科协会(AOFAS)第一跖趾关节评分系统对患足功能展开评估,其中疼痛维度 40 分,关节功能维度 50 分,力线维度 10 分,总分为 100 分。具体评级标准为:90~100 分为优,75~89 分为良,50~74 分为中,低于 50 分评定为差^[3]。此外对手术时间及术后并发症也进行相应记录。

2.4 统计学方法

本研究借助 SPSS 23.0 统计软件对数据展开处理分析,定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 形式表示。手术前后第一跖骨间夹角及手术时间比较,由于样本量较少,采用曼-惠特尼(Mann-Whitney)U 检验,AOFAS 评分比较采用 t 检验。 $P < 0.05$ 差异有统计学意义。



图 1 典型病例影像资料

3 结果

本研究涉及的 40 例患者均实现了有效回访，随访时间平均为 6 个月。40 例患者手术切口均良好愈合，截骨处亦达到骨性愈合。两组患者术后 AOFAS 评分、手术时间及第一跖骨间夹角见表 1-表 3。两组患者术前负重位第一跖骨间夹角和 AOFAS 评分差异无统计学意义($P>0.05$)；观察组术后第一跖骨间夹角为 $5.98^{\circ}\pm1.23^{\circ}$ ，对照组为 $10.61^{\circ}\pm2.69^{\circ}$ ，两组比较差异有统计学意义($P<0.05$)。观察组 AOFAS 评分为 (93.00 ± 3.84) 分，对照组为 (80.65 ± 12.63) 分，观察组优良率为 100%，对照组为 65%，两组比较差异有统计学意义($P<0.05$)。观察组手术时间为 (0.88 ± 0.17) h，对照组手术时间为 (1.51 ± 0.51) h，两组比较差异有统计学意义($P<0.05$)。对照组术后复查存在矫形过度 1 例，矫形不足 1 例，畸形复发 2 例；观察组术后复查结果显示，未出现矫形

过度和矫形不足的情况，同时，疼痛和畸形复发等并发症也未在复查过程中发现，这充分说明观察组所采用的治疗方案在避免相关术后并发症方面效果显著。

表 1 两组患者术后 AOFAS 评分比较 [$n=20$, 例(%)]

组别	优	良	中	差	优+良
观察组	17(85%)	3(15%)	0(0%)	0(0%)	20(100%)
对照组	5(25%)	8(40%)	7(35%)	0(0%)	13(65%)
χ^2					15.82
P					0.001

表 2 两组患者手术时间对比 ($\bar{x}\pm s$)

组别	手术时间/h
观察组	0.88 ± 0.17
对照组	1.51 ± 0.51
Z	-3.35
P	0.001

表3 两组患者手术后第一跖骨间夹角角度对比($\bar{x} \pm s$)

组别	第一跖骨间夹角/(°)
观察组	5.98±1.23
对照组	10.61±2.69
Z	-2.19
P	0.028

4 讨论

拇趾外翻属于常见足部畸形,发病时通常呈两侧对称性。流行病学调查显示,该病症在女性群体中尤为高发,部分存在家族遗传病史。就患病比例而言,男女之间的差异十分显著,比例大致为1:15^[4]。拇趾外翻发病机制中,内因主要源于足部骨性架构先天缺陷,以及解剖结构存在的异常,其解剖学骨性改变主要包括拇趾外翻、第一跖骨内翻及第一跖趾关节半脱位^[5]。而外部诱因多是长期穿着不合脚的高跟尖头鞋,这类鞋子对脚趾形成持续挤压,促使拇趾外翻症状加剧。部分患者皮肤红肿破损、感染、溢液,足趾间形成骑跨,使行走时足部疼痛不适,被迫寻求治疗。

在拇趾外翻的治疗方法中,非手术治疗手段较为多样。目前,可通过佩戴分趾垫及其他矫形支具,对足部畸形进行矫正。同时,中医的热敷理疗甚至中医微创疗法也能发挥一定作用,可促进局部血液循环,部分可达到改善畸形的作用^[6-7]。此外,坚持进行脚趾伸展训练,也有助于增强足部肌肉力量,改善拇趾外翻情况^[8]。这些方法虽有疗效,但适应证狭窄且效果有限,至多延缓畸形发生。就目前的医学发展水平而言,要想从根本上解决拇趾外翻问题,手术治疗是无可替代的唯一选择。通过手术不仅可以改变足部畸形,还能恢复足部外观及功能,消除疼痛症状。经对全球范围内相关文献的系统梳理,目前用于治疗拇趾外翻的手术方案多达200余种。这些术式各有千秋,例如Keller关节切除成型术、Mitchell截骨术、Chevron截骨术(Austin截骨术)、Ludloff截骨术、Akin截骨术、Scarf截骨术以及Lapidus手术、第一跖趾关节融合术、人工关节置换术等^[9]。其中部分术式被弃用,剩余术式矫形效果各有差别,均存在局限性,对拇趾外翻畸形的矫正不能取得满意疗效。曾有文献报道Scarf截骨术治疗拇趾外翻,随访10年以上复发率达30%~78%^[10]。采用传统手术方式不仅耗时长,效果亦不理想,复发概率高。由此可见,外科医生急需在拇趾外翻手术治疗上发力,寻找一套精准且个性化的治疗方案,从而实现治疗效果的最大化。

随着时代日新月异,计算机、三维打印及各种数字化技术的发展突飞猛进,逐渐在临床医学诊治中占有重要地位。数字骨科的兴起尤其是在拇趾外翻、扁平足、先天及后天创伤畸形等复杂矫形手术方法设计方面扮有重要角色,为医学治疗打开了新大门^[11-13]。三

维打印个性化截骨导板(Patient-Specific Instrument, PSI)技术迅速发展,其在术前精准规划、精准截骨等方面展现优势^[14]。三维打印技术能够依据患者的CT影像数据,精确地构建出1:1的足部三维实体模型^[15]。同时还可以制造出手术辅助导板,在手术过程中为医生提供精准的定位和导向,显著提高手术的准确性和安全性。本研究通过对手术效果的评估和分析,术前负重位第一跖骨间夹角、AOFAS评分组间无差异;术后观察组第一跖骨间夹角更优、AOFAS评分更高、优良率100%(对照组优良率为65%)、手术时间更短,组间差异均有统计学意义。对照组有矫形过度、矫形不足、畸形复发情况,观察组无相关并发症,结果表明观察组在避免术后并发症方面效果显著,说明三维打印技术制定截骨导板辅助手术的治疗方案在拇趾外翻治疗中,能提升矫形效果、缩短手术时间,减少并发症,优势明显,为临床精准治疗提供有力依据,后续可扩大样本、延长随访,深入探究长期疗效与技术优化点。

同时通过与传统手术相比,表明利用计算机与三维打印技术的精准矫形治疗拇趾外翻具有以下优势:1)提高手术精准度:通过三维重建和模拟,可以精确规划手术方案,降低手术误差率。2)缩短手术时间:采用个性化导板提高手术效率,缩短手术时间及暴露于辐射的时间。3)减少并发症:精准矫形不但更符合人体解剖力线结构,同时降低了软组织损伤和神经损伤的风险,有利于术后康复。4)提高患者满意度:手术精准,疗效更佳,患者满意度显著提高。

本研究针对拇趾外翻患者,借助计算机辅助技术与三维打印技术制作截骨导板进行矫形操作,成效显著。一方面,大幅缩短了手术时间,让术后恢复周期也明显缩短;另一方面,该方法极大提升了第一跖骨间夹角的矫正精度,使得患者足部力学结构能够得到更理想的恢复。同时,还可在拇趾外翻截骨术中,截骨面局部应用氨甲环酸来一定程度上缓解术后肿胀,加快术后恢复^[16]。三维打印截骨导板辅助治疗拇趾外翻在临床上具有一定参考价值,在拇趾外翻治疗中展现出巨大的潜力和优势,也是骨科医学的新进展。

参考文献

- [1] 俞海亮,韩莹松,曾凯斌,等.计算机辅助设计联合3D打印技术在颈椎骨折脱位的临床运用分析[J].临床外科杂志,2019,27(12):1053-1055.
- [2] 李雪丽,曾锁林,裴军,等.利用计算机辅助、3D打印技术精准矫形拇外翻一例[J].国际临床研究杂志,2024,8(8):70-73.
- [3] 王鹏,周珂,鲍哲明,等.Chevron+Akin双截骨治疗重度拇外翻疗效分析[J].生物骨科材料与临床研究,2025,22(1):41-43.

图像非立体图像,必须从骨折断端的冠状面、矢状面两个面来观察骨折端,才能有效评估复位效果。同时,若要熟练识别软组织、神经、血管等,大部分骨科医生需要学习超声探头的使用及超声图像诊断分析的基本知识,才能得到准确有效的超声影像。

综上所述,对于大龄儿童 Neer-Horwitz III/IV 型肱骨近端骨折,超声引导技术是一个可以提高骨折手法复位成功率,有效预防操作过程中血管、神经损伤,减少辐射损伤的新方法,值得临床推广应用。

参考文献

- [1] ROSE S H, MELTON L J 3rd, MORREY B F, et al. Epidemiologic features of humeral fractures[J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 1982, 168: 24-30.
- [2] 雷金来, 李云峰, 吴革, 等. 小切口克氏针内固定治疗儿童难复性肱骨外科颈骨折 83 例[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2012, 27(9): 865.
- [3] 胡兴明. 儿童肱骨外科颈骨折 60 例治疗观察[J]. 现代诊断与治疗, 2016, 27(16): 3081-3082.
- [4] SANKAR B, NICHOLSON S, HENMAN P D. Centromedullary manipulation and stabilization of completely displaced proximal humerus fractures in adolescents[J]. Orthopedics, 2012, 35(10): 856-860.
- [5] MEHLMAN C T. Proximal humeral fractures in children and adolescents[J]. Journal of Pediatric Orthopaedics, 2010, 30(8): 942-943.
- [6] 宋宝健, 王强, 孙琳, 等. 单臂上肢外固定器治疗小儿肱骨近端骨折[J]. 临床小儿外科杂志, 2011, 10(3): 167-169.
- [7] 潘少川. 小儿骨折[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006.
- [8] 李相伟, 孙志波, 禹志宏, 等. 经皮撬拨辅助闭合复位加克氏针内固定治疗儿童移位型肱骨外科颈骨折的疗效[J]. 骨科临床与研究杂志, 2019, 4(5): 299-304.
- [9] 吉士俊, 潘少川, 王继孟. 小儿骨科学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1998: 508-515.
- [10] 臧建成, 秦泗河. 从 Wolff 定律和 Ilizarov 张力-应力法则到骨科自然重建理念[J]. 中国骨伤, 2013, 26(4): 287-290.
- [11] CHERN T C, JOU I M, LAI K A, et al. Sonography for monitoring closed reduction of displaced extra-articular distal radial fractures[J]. The Journal of Bone and Joint Surgery: American Volume, 2002, 84(2): 194-203.
- [12] SHEN X T, ZHOU Z G, YU L S, et al. Ultrasound assessment of the elbow joint in infants and toddlers and its clinical significance[J]. Acta Radiologica, 2014, 55(6): 745-752.
- [13] LI X T, SHEN X T, WU X, et al. The routine cutoff displacement of 2 mm may not reliably reflect the stability of paediatric lateral humeral condyle fractures[J]. Injury, 2020, 51(11): 2588-2591.
- [14] 伍兴, 李雄涛, 夏敬冬, 等. 超声引导闭合复位内固定治疗轻度移位的儿童肱骨外髁骨折[J]. 中华小儿外科杂志, 2019, 40(10): 939-943.
- [15] 李俊, 李雄涛, 伍兴, 等. 高频超声引导下闭合复位经皮穿针治疗儿童指骨基底部骨骺骨折[J]. 中华小儿外科杂志, 2020, 41(5): 445-449.
- [16] 周治国, 陈小亮, 李雄涛, 等. 超声对儿童肱骨远端 I 型骨骺损伤的诊断价值[J]. 放射学实践, 2017, 32(9): 977-980.

(收稿日期: 2025-05-04)

(上接第 84 页)

- [4] SANTROCK R D, SMITH B. Hallux valgus deformity and treatment: a three-dimensional approach: modified technique for lapidus procedure[J]. Foot and Ankle Clinics, 2018, 23(2): 281-295.
- [5] 韦礼永. 足踝外翻的治疗进展[J]. 中国医学创新, 2022, 19(5): 177-181.
- [6] 陈雨欣, 王文, 程大鹏, 等. 名中医温建民治疗拇外翻术后经验[J]. 陕西中医, 2024, 45(9): 1249-1252.
- [7] 程启华, 于其华, 张林山, 等. 中医楔形折扳手法固定微创治疗拇外翻畸形疗效观察[J]. 中医药临床杂志, 2024, 36(9): 1811-1815.
- [8] 刁连福, 周智诚, 刘梦婷, 等. 改良脚趾伸展训练对女性拇外翻患者的治疗效果[J]. 中国康复理论与实践, 2024, 30(12): 1473-1478.
- [9] 孙宁, 杨晓松, 李恒, 等. Akin 截骨术在拇外翻矫形中的疗效分析[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2025, 22(1): 44-48.
- [10] 罗琦. 3D 打印辅助下 SCARF(嵌插式)截骨术治疗重度拇外翻患者的临床效果[J]. 医疗装备, 2021, 34(15): 96-98.
- [11] 徐小东, 高福强, 陈瀛, 等. 数字化骨科技术在骨科临床教学中的应用[J]. 医学新知, 2023, 33(1): 78-82.
- [12] 魏志亨, 关天民, 刘青, 等. 3D 打印精确化截骨导板在胫骨平台后倾角异常增大的前交叉韧带翻修中的应用[J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(33): 7130-7136.
- [13] 贾军锋, 唐承杰, 张挥武. 三维数字化测量辅助全膝关节置换术治疗重度膝骨关节炎[J]. 临床骨科杂志, 2025, 28(1): 51-55.
- [14] 李祎, 李奎蒙, 王彦琴, 等. 3D 打印截骨导板在膝骨关节炎患者全膝关节置换术中的应用[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2024, 17(8): 707-713.
- [15] 柯晋, 肖进, 马立敏, 等. 3D 打印技术辅助个性化截骨模板在轻中度拇外翻外科治疗中的应用[J]. 中国数字医学, 2020, 15(7): 102-104.
- [16] 孙宁, 王学文, 武勇, 等. 拇外翻术中局部应用氨甲环酸缓解术后肿胀的早期疗效[J]. 北京大学学报(医学版), 2025, 57(1): 172-177.

(收稿日期: 2025-03-12)