

论 著

(临床研究)

3D 打印辅助改良 Chevron 截骨手术治疗拇外翻的应用

熊 绪, 徐 敏, 赵 岚, 双 峰, 李 浩

【摘要】 目的 探讨 3D 打印辅助改良 Chevron 截骨手术治疗轻中度拇外翻的应用效果。**方法** 回顾性分析解放军联勤保障部队第九〇八医院 2017 年 1 月-2020 年 1 月接受改良 Chevron 截骨治疗轻中度拇外翻患者(23 足)的临床资料,根据选择治疗方式不同分为 3D 打印组(13 足)和传统组(10 足)。3D 打印组采用 3D 打印辅助改良 Chevron 截骨手术,患者术前行 CT 扫描患足,设计截骨,打印足模型及截骨模板,术前模拟及术中辅助截骨。传统组采用传统徒手改良 Chevron 截骨。统计分析 2 组患者一般资料、手术时间、术中透视次数、术前及术后第一、二跖骨间夹角(IMA)、术前及术后拇外翻角(HVA)、术前及末次随访时足踝外科功能评分(AOFAS)。**结果** 2 组手术时间及术后 HVA 比较差异无统计学意义($P>0.05$)。3D 打印组术中透视次数(2.46 ± 0.66)少于传统组(3.10 ± 0.74),3D 打印组术后 IMA(6.38 ± 1.45)°矫正优于传统组(7.70 ± 1.60)°,比较差异有统计学意义($P<0.05$)。末次随访时 2 组足部功能 AOFAS 评分、优良率比较差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 3D 打印辅助及传统改良 Chevron 截骨手术治疗轻中度拇外翻均取得了良好的临床效果,但是 3D 打印辅助可以减少术中辐射暴露及获得更好的矫正效果。

【关键词】 3D 打印;拇外翻;改良 Chevron 截骨**【中图分类号】** R687.3**【文献标志码】** A**【文章编号】** 1672-271X(2023)01-0013-05**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-271X.2023.01.003

Clinical study of 3D-printing used to assist modified Chevron osteotomy for hallux valgus

XIONG Xu, XU Min, ZHAO Lan, SHUANG Feng, LI Hao

(Department of Orthopedic Surgery, the 908th Hospital of the Joint Logistics Support Force, PLA, Nanchang 330002, Jiangxi, China)

【Abstract】 Objective To explore clinical application of 3D-printing used to assist modified Chevron osteotomy for moderate hallux valgus. **Methods** We retrospectively analyzed the data of 23 feet with moderate hallux valgus who underwent modified Chevron osteotomy in the 908th Hospital of the Chinese People's Liberation Army Joint Logistics Support Force between May 2017 to May 2021. They were divided into two groups according to surgical procedures as 3D-printing group (13 feet) and traditional group (10 feet). Patients in 3D-printing group were treated 3D-printing technology to design individual navigation templates used to assist osteotomy. While patients in traditional group were treated with osteotomy according to surgical experience. The general information, operation time, number of intraoperative fluoroscopy, improvement of postoperative intermetatarsal angle and hallux valgus angle were compared between two groups. AOFAS score system was used to evaluate ankle function after surgery. **Results** There were no significant differences in general data. The operative time and post-operation HVA of two groups were no significant ($P>0.05$). The number of intraoperative fluoroscopy in 3D-printing group (2.46 ± 0.66) was less than that in traditional group (3.10 ± 0.74). Postoperative IMA correction was better in 3D-printing group (6.38 ± 1.45)° than that in traditional group (7.70 ± 1.60)° ($P<0.05$). The post-operative AOFAS score and good rate were no significant differences between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** Both 3D-printing technology and

traditional modified Chevron osteotomy have achieved good clinical results in the treatment of mild and moderate hallux valgus, but 3D-printing could reduce intraoperative radiation exposure and achieve better correction effect.

基金项目:江西省卫生健康委科技计划项目(202131130);解放军联勤保障部队第九〇八医院苗子基金(2018003)

作者单位:330002 南昌,解放军联勤保障部队第九〇八医院骨科(熊 绪、徐 敏、赵 岚、双 峰、李 浩)

通信作者:李 浩, E-mail: lihao_dr@outlook.com

【Key words】 3D-printing; hallux valgus; modified Chevron osteotomy

0 引言

拇外翻是常见的足踝疾病,手术治疗方式较多,以截骨手术应用最广泛。Chevron 截骨术+第 1 跖趾关节外侧软组织松解术是较为经典的手术方式之一。Chevron 截骨可以一定程度上纠正拇外翻畸形,但可能存在转移性跖骨痛、术后不稳定等并发症,有学者对该术式进行改良,获得了更好的畸形矫正及临床疗效^[1]。研究证实 3D 打印在骨科截骨矫形手术取得了良好的临床效果,但较多应用于髌膝关节及脊柱骨的辅助截骨^[2],3D 打印应用于拇外翻截骨手术的报道较少。本研究患者术前采用 CT 扫描患足,3D 打印出骨模型,设计截骨导板,用于术中辅助改良 Chevron 截骨,并与传统的徒手改良 Chevron 截骨手术进行比较,探讨 3D 打印应用于改良 Chevron 截骨治疗拇外翻的临床疗效。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析我院 2017 年 1 月-2020 年 1 月接受改良 Chevron 截骨治疗轻中度拇外翻患者临床资料。纳入标准:①无明显的局部病变,跖趾关节活动存在;②X 线检查示关节尚匹配,无明显退行性改变;③第一、二跖骨间夹角(intermetatarsal angle, IMA) $\leq 14^\circ$,拇外翻角(hallux valgus angle, HVA) $\leq 40^\circ$;④保守治疗后疼痛不缓解或畸形加重,影响正常生活及工作。排除标准:①合并局部病变,如痛风、类风湿关节炎等;②存在下肢动脉闭塞性疾病;合并严重内科疾病不能耐受手术者。根据以上纳入及排除标准,共纳入 23 例轻中度拇外翻患足,根据术中手术方式的不同,分为 3D 打印组(13 足)和传统组(10 足)。2 组患者术前一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表 1。本研究经医院医学伦理委员会批准(批准号:908yyll070)。

1.2 手术方法

1.2.1 3D 打印组 患者入院后进行患足 CT 扫描(层厚 0.625 mm),输出为 DICOM 格式。使用 Mimics 10.0 软件(Materialise 公司、Belgium)将 DICOM 格式的文件提取后对拇外翻畸形进行三维建模。再通过 Magics15.0 软件(Materialise 公司、Belgium)进行后处理;在 3D 模型下测量出需要截取骨骼角度,设计固定孔,制作截骨挡板,利用 Geomagic Studio 20 软件(Geomagic Inc. American)提取第 1

跖骨骨面点云数据并进行抽壳处理,保存为 STL 格式,将数据提取到 Magics 18.03 软件(Materialise、Belgium),设计出截骨导板,最后打印患足模型及设计的导板(激光打印机 SPSS350B),3D 打印依托江西小满科技有限公司完成。术者便可在与患足同样大小的模型上进行手术操作,导板经等离子低温灭菌后用于术中辅助截骨,设计导板见图 1。手术方式:先进行外侧软组织松解,在患足第 1 跖趾关节外侧做一切口,长度约 2 cm,钝性分开周围组织,暴露然后切断第 1 近节趾骨基底部拇收肌的附丽点,切除一部分拇收肌。活动拇趾,如跖趾关节活动仍受限将悬、横韧带切断以获得外侧软组织完全松解。在第一跖趾关节沿第一跖骨轴线方向做一约 3~4 cm 皮肤切口,显露跖骨头内侧骨面,L 型切口第一跖趾关节囊,翻开关节囊,暴露第一跖骨远端内侧面及上下面。导板安放在跖骨远端定位位置,固定定位孔。沿导板内侧缘使用摆锯进行改良 V 型截骨(延长 Chevron V 型下臂截骨长度,截骨角度 60°),也可使用细克氏针钻孔后,骨刀截骨。截骨完全截断后,使用骨刀凿除第一跖骨外侧骨赘,向外侧推移第 1 跖骨远端。同时活动跖趾关节确定活动情况,最后通过 X 线透视明确截骨效果,行一枚哈勃螺钉固定,截骨线较长时一枚哈勃螺钉固定欠牢靠,可行两枚哈勃螺钉固定或结合克氏针内固定。

表 1 入组轻中度拇外翻患者一般资料比较

项目	传统组 (n=10)	3D 打印组 (n=13)
性别(男/女,n)	3/7	4/9
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	56.10 \pm 10.92	58.08 \pm 9.20
术前 IMA($\bar{x}\pm s$, $^\circ$)	13.20 \pm 1.55	12.31 \pm 1.80
术前 HVA($\bar{x}\pm s$, $^\circ$)	31.70 \pm 2.41	31.15 \pm 3.00
术前 AOFAS 评分($\bar{x}\pm s$,分)	56.50 \pm 10.81	59.62 \pm 10.10

1.2.2 传统组 术中截骨方式同 3D 打印组,术末打印患足模型及截骨导板,术中徒手经验性截骨。

1.3 观察指标及评价标准 手术前及手术后通过患足站立正位片测量 IMA、HVA。记录 2 组患者手术时间、术中透视次数,记录并分析 2 组患者术前及术后 IMA、HVA,通过比较术后 IMA 及 HVA 角度变化评价截骨矫形效果。术前及末次随访时采用美国足踝外科协会 AOFAS 评分(American Orthopedic Foot and Ankle Society)进行功能评价,满分 100 分,优(90~100 分),良(75~89 分),中(50~74 分),差(<50 分)。

1.4 统计学分析 采用 IBM SPSS 17.0 软件进行数据统计分析。计量资料采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较使用独立样本 *t* 检验,计数资料采用卡方检验。以 $P\leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

所有患者切口 I 甲愈合,无感染及延迟愈合等。23 例患者均获得随访,随访时间差异无统计学意义($P>0.05$);2 组患者术后 IMA、HVA、AOFAS 评分较术前明显改善,组间术后 IMA 比较有统计学差异($P<0.05$),2 组患者手术时间、术后 HVA、末次随访 AOFAS 评分比较差异无统计学意义($P>0.05$);见表 2。末次随访时,3D 打印组 AOFAS 评分评价优 8 例、良 2 例、中 3 例,优良率为 76.9%;传统组优 4 例、良 3 例、中 3 例,优良率为 70%;2 组患者末次随访时

AOFAS 评分优良率比较差异无统计学意义($P>0.05$)。末次随访时,3D 打印组 3 例患者仍伴有疼痛,传统组 2 例患者有疼痛感,但是较术前明显改善,不影响正常生活及工作。末次随访时,第一跖骨截骨处均达到骨性愈合,第一跖趾关节活动功能无明显受限。随访期间无患者出现医源性拇内翻、转移性跖痛及第 1 跖骨头坏死等严重并发症。3D 打印辅助改良 Chevron 截骨手术典型病例见图 2。

表 2 入组轻中度拇外翻患者术后资料比较($\bar{x}\pm s$)

项目	传统组 (<i>n</i> = 10)	3D 打印组 (<i>n</i> = 13)
随访时间(月)	11.60±2.95	11.15±2.54
术中透视次数	3.10±0.74	2.46±0.66*
手术时间(min)	103.00±18.29	96.54±15.99
术后 IMA(°)	7.70±1.60	6.38±1.45*
术后 HVA(°)	14.10±2.50	12.92±3.60
末次随访 AOFAS 评分(分)	81.90±9.86	84.62±8.03

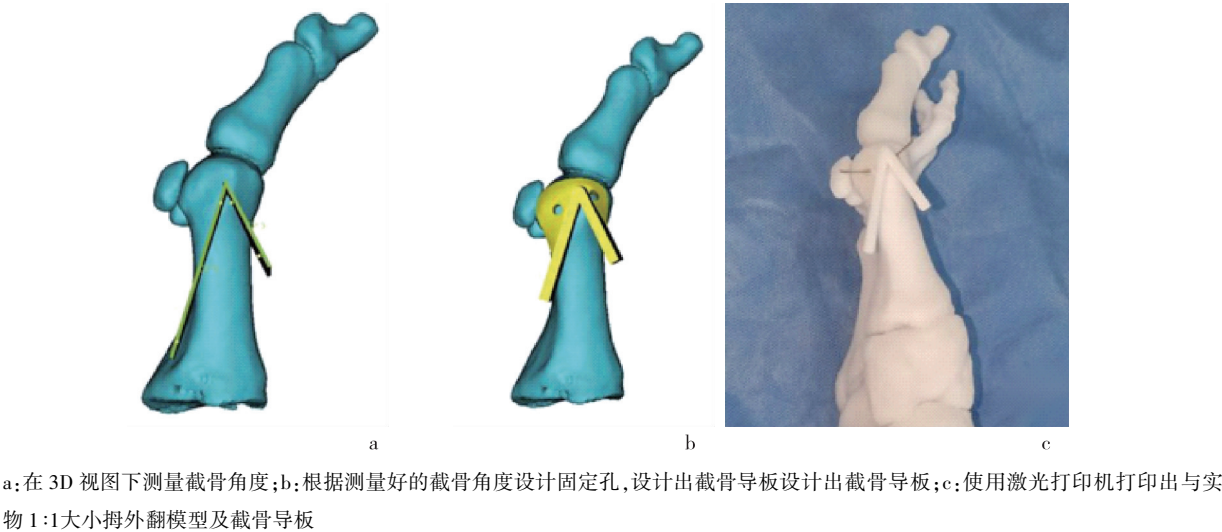


图 1 3D 打印辅助改良 Chevron 截骨手术治疗拇外翻设计示意图



图 2 辅助改良 Chevron 截骨手术前后 X 线片

3 讨 论

拇外翻是足踝外科常见的疾病,外观上表现拇趾向外侧移位,第一跖骨内翻压迫局部皮肤软组织,逐渐造成拇囊炎,局部出现疼痛及活动受限,甚至转移性跖骨痛,造成行走困难,对患者的外观以及足部功能有很大的影响^[3-4]。拇外翻患者影像学表现为 HVA 及 IMA 增大。治疗拇外翻的手术治疗方式众多,临床报道超过 200 种,拇外翻畸形是多元性的,目前治疗尚无统一的标准^[5-6]。拇外翻一般采用保守治疗,保守无效后常需要进行矫形手术治疗,手术方式常选择截骨矫形,根据 IMA 及 HVA 角度决定手术截骨方式。对于 IMA < 14° 的轻中度拇外翻,可选择 Chevron 截骨 + 软组织松解术^[7-8]。Chevron 手术方式采用 V 型水平定向移动跖骨远端进行截骨矫形,可以矫正部分 IMA,一般最大可以矫正 5° 左右,完成截骨后,跖骨头每向外侧方移动 1 mm,大概可纠正 IMA 1°,对于 HVA 矫形有限。有报道认为拇外翻都合并有第一跖趾关节外侧软组织,拇收肌是导致外翻的主要力量之一,切除部分拇收肌及松解外侧组织可矫正部分 HVA,增加 Chevron 截骨的矫正效果^[9]。通过延长 Chevron 手术 V 型下臂截骨长度,能够避免跖骨远端移位,增加截骨面接触面积,更容易愈合及增加稳定,减少复发,获得了更好的临床效果。由于拇外翻是不规则的骨骼畸形,截骨手术往往只能凭借经验进行,手术常需高年资骨科医师完成,而且截骨角度以及矫形效果需要术中多次使用 C 臂机确定。不同医师的手术经验以及技术水平不同,截骨角度的不确定性以及术中多次透视势必延长手术时间,取得的临床效果也会存在差异。

近些年,基于三维图像数据及连续物理叠加的 3D 技术已广泛应用于临床^[10],随着该项技术的不断发展,骨科临床应用也逐渐增加,3D 打印骨科应用较多的是脊柱、骨盆骨折、骨肿瘤、骨缺损等方面。骨折及畸形患者解剖形态改变,不同患者也存在个体差异,骨折及畸形往往是非常复杂的。通过 CT 三维重建数据,采用 3D 打印技术原理上可以制作出任何复杂的结构物体,可以制作和实体同样大小的实物模型,可以较为准确地判断骨折的类型、畸形的程度,比传统 X 线平片、CT 以及 MRI 获得更直观、更准确的信息。3D 打印技术通过数字化软件

根据手术方式对相关参数进行处理,并设计出具有导向作用的导板或导向器术中导航装置,对获取的数据进行转换,然后根据转换的数据信息进行一定堆积后建立并打印相应的实体导板^[11]。对于复杂的骨折复位及畸形的矫正,可以使用计算机技术在三维图像上模拟矫形^[12],设计制作导板,术前使用导板在打印的骨骼模型上进行操作,确定是否匹配,并最后术中辅助截骨复位。研究证明,3D 打印技术在骨科应用可以较精确的截骨,提高骨骼重建的精准性,能明显缩短手术时间,减少术中出血量及缩短术后住院时间^[13]。以往拇外翻截骨矫形,通过术前 X 线片画线规划手术截骨角度及位置,但术前规划很难在手术实际操作中有效执行,术中的精确截骨是非常困难的。基于 3D 打印技术,设计和制作拇外翻截骨导板,可在术前精确规划,术中精确截骨,可以减少术中调整截骨次数,减少术中使用 C 臂机次数,减少医师及患者的射线暴露,也可缩短手术时间,对手术医师的技术水平要求降低。在使用导板在体外模型操作过程,对术中可能出现的问题进行预估,术前想好处理方法,降低了术者的经验要求,减少手术出错几率,手术安全性将得到提高^[14-16]。3D 打印出的患足模拟及体外模拟手术可以让患者更容易理解自己的病情及手术方案,增加患者的信心及信任度。

在本研究中,采用改良 Chevron 截骨手术方式(延长 Chevron 手术 V 型下臂截骨长度,截骨角度 60°),在术前打印患足模型及设计的截骨导板,于术中使用导板辅助截骨。研究结果显示可以有效地纠正 IMA 及 HVA,术后 AOFAS 功能得到明显改善。这与张宇航等^[17]研究结果类似,该学者采用的 Chevron+AKin 截骨术式,3D 打印辅助 Chevron 截骨,未出现转移性跖骨痛及不愈合等并发症。本研究通过比较术中使用 C 臂透视的次数,发现 3D 打印辅助技术在改良 Chevron 截骨手术比传统徒手截骨透视次数少,证实术前规划设计和制作拇外翻截骨导板,可以精确截骨,减少射线暴露。在其他研究中,同样发现 3D 打印技术用于骨折手术可以精确截骨,减少透视次数,同时缩短手术时间,减少术中出血量^[18]。在本研究中,3D 打印组手术时间均值要少于传统组,3D 打印虽可缩短该术式手术时间,但与传统截骨比较差异无统计学意义。该手术均在气囊止血带作用下进行,出血量很少,本研究

未进行术中出血量比较分析。重度拇外翻存在严重的结构改变,同时局部骨赘生成。本研究在前期应用中发现,术中完成第一跖趾关节松解及跖骨头外侧骨赘清理后,使用术前设计的 3D 打印导板不能很好的进行匹配。因此,本研究仅对轻中度拇外翻患者应用 3D 打印的效果进行了分析。

综上所述,3D 打印辅助及徒手改良 Chevron 截骨手术治疗轻中度拇外翻均取得了良好的临床效果,但是 3D 打印辅助能更好矫正 IMA 及减少术中透视次数,为拇外翻治疗提供新思路。本研究的局限性:①治疗方法存在一定的缺陷,对于轻中度拇外翻,非手术治疗可以减轻疼痛及延缓疾病的发展,大多数应先采取保守治疗。但是对于严格保守治疗后疼痛不缓解或畸形加重的拇外翻患者,进行截骨手术治疗是有必要的。3D 打印技术势必增加患者医疗费用,近些年 3D 打印逐渐开始纳入医保报销,将减轻患者医疗负担。同时采用 3D 技术操作更简单、效果更好,将有助于劳动能力及经济增长。②研究纳入的样本量少,存在个体性差异,需要大样本研究增加可信度。③仅将 3D 打印应用于改良 Chevron 截骨治疗轻中度拇外翻患者,对于重度拇外翻患者以及其他截骨方式是否适用,仍需进一步研究。④3D 打印技术设施及材料目前较昂贵,操作技术要求高,打印及制作周期长,临床应用于拇外翻的有效性、安全性及适应症尚需进一步探讨。

【参考文献】

- [1] 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[J]. *Orthop Surg*, 2022, 14(7):1369-1377.
- [2] 余浪波,彭筋宸. 3D 打印个性化截骨导板在全膝关节置换术中的研究进展[J]. *东南国防医药*, 2020, 22(4):403-407.
- [3] Bafor A, Chibuzom CN. Foot and ankle abnormalities among a cohort of Nigerian school children: an epidemiological study[J]. *Int Orthop*, 2020, 44(6):1169-1175.
- [4] Dittmar JM, Mitchell PD, Cessford C, *et al.* Fancy shoes and painful feet: Hallux valgus and fracture risk in medieval Cambridge, England[J]. *Int J Paleopathol*, 2021, 35:90-100.
- [5] Ying J, Xu Y, Istvan B, *et al.* Adjusted Indirect and Mixed Comparisons of Conservative Treatments for Hallux Valgus: A Systematic Review and Network Meta-Analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(7):3841.
- [6] Shi GG, Whalen JL, Turner NR, *et al.* Operative Approach to Adult Hallux Valgus Deformity: Principles and Techniques[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2020, 28(10):410-418.
- [7] 中国医师协会骨科医师分会足踝专业委员会, 中华医学会骨科学分会足踝外科学组. 拇外翻治疗专家共识[J]. *中华医学杂志*, 2017, 97(35):2726-2732.
- [8] Kaufmann G, Dammerer D, Heyenbrock F, *et al.* Minimally invasive versus open chevron osteotomy for hallux valgus correction: a randomized controlled trial[J]. *Int Orthop*, 2019, 43(2):343-350.
- [9] 何巍,任鹏,程二林,等. 改良 Chevron 截骨术联合软组织松解术治疗中重度拇外翻短期疗效分析[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2016, 9(2):157-160.
- [10] 谢明杰,李潇. 3D 打印技术在口腔种植修复中的应用进展[J]. *医学研究生学报*, 2018, 31(11):1217-1221.
- [11] Dang J, Fu J, Liu D, *et al.* Clinical application of 3D-printed patient-specific guide plate combined with computer navigation in acetabular reconstruction following resection of periacetabular tumors[J]. *Ann Transl Med*, 2022, 10(2):76.
- [12] 丁耀军,柳健,谢安明,等. 64 排螺旋 CT 三维重建技术在骨盆骨折诊断中的价值及临床应用[J]. *东南国防医药*, 2010, 12(4):302-304.
- [13] 付强,刘曦明,兰生辉,等. 3D 打印技术在 Schatzker V、VI 型胫骨平台骨折术前规划中的应用[J]. *骨科*, 2020, 11(1):30-34.
- [14] Farooqi KM, Cooper C, Chelliah A, *et al.* 3D Printing and Heart Failure: The Present and the Future[J]. *JACC Heart Fail*, 2019, 7(2):132-142.
- [15] Ozturk AM, Suer O, Derin O, *et al.* Surgical advantages of using 3D patient-specific models in high-energy tibial plateau fractures[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2020, 46(5):1183-1194.
- [16] Weidert S, Andress S, Suero E, *et al.* 3D printing in orthopedic and trauma surgery education and training: Possibilities and fields of application[J]. *Unfallchirurg*, 2019, 122(6):444-451.
- [17] 张宇航,毕大卫,陈亿民,等. 3D 打印技术制定个体化截骨角在拇外翻 Chevron 截骨矫形术中的应用[J]. *中国骨伤*, 2018, 31(3):203-207.
- [18] Xin X, Wang F, Liu X. A 3D-printed Personalized, Combined, Modular Pedicle Subtraction Osteotomy Guide Plate System: An Experimental Study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2022, 47(13):931-937.

(收稿日期:2021-10-27; 修回日期:2022-12-14)

(责任编辑:叶华珍; 英文编辑:朱一超)