

3D 打印技术辅助微创复位螺钉内固定治疗老年 Sanders II ~ III 型跟骨骨折患者的疗效

姜楠, 齐波, 姚玲, 杨晟

(中国人民解放军联勤保障部队第九二〇医院骨科 云南 昆明 650032)

摘要 目的: 探讨 3D 打印技术辅助微创复位螺钉内固定治疗老年 Sanders II ~ III 型跟骨骨折患者的疗效及其安全性。
方法: 回顾性分析 2021 年 5 月—2024 年 5 月中国人民解放军联勤保障部队第九二〇医院收治的 100 例老年跟骨骨折患者, 根据不同手术方式分为 3D 打印组 ($n=43$, 行 3D 打印技术辅助微创复位螺钉内固定治疗) 与常规组 ($n=57$, 行微创复位螺钉内固定治疗)。比较两组患者的围手术期指标、主观疼痛感受、术后功能评分、生活质量、末次随访跟骨形态及并发症发生情况。**结果:** 3D 打印组的手术时间、切口长度、透视次数、术中失血量、住院时间以及治疗费用均少于常规组 ($P<0.05$)。3D 打印组术后 1~4 d 疼痛视觉模拟评分法 (VAS) 评分均低于常规组 ($P<0.05$)。两组患者美国足踝外科协会 (AOFAS) 踝-后足评分、Maryland 足功能评分、健康状况调查简表 (SF-36) 评分均随时间推移而明显升高, 且 3D 打印组术后 1 个月、3 个月及 6 个月的 AOFAS 踝-后足评分、Maryland 足功能评分、SF-36 评分高于常规组 ($P<0.05$)。3D 打印组的 Böhler 角、Gissane 角、跟骨高度大于常规组, 跟骨宽度小于常规组 ($P<0.05$)。两组患者并发症总发生率比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。**结论:** 3D 打印技术应用于老年 Sanders II ~ III 型跟骨骨折微创复位螺钉内固定治疗患者的短期效果显著, 可有效缓解患者疼痛, 显著提高术后功能水平, 改善生活质量。

关键词 跟骨骨折; 老年患者; 微创手术; 内固定; 3D 打印技术

中图分类号 R687.3 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2025) 03-0362-06

Efficacy of 3D printing-assisted minimally invasive reduction and screw internal fixation in elderly patients with Sanders type II-III calcaneal fractures

JIANG Nan, QI Bo, YAO Ling, YANG Sheng

(Department of Orthopedics, the 920th Hospital of the Joint Logistics Support Force of the People's Liberation Army of China, Kunming 650032, China)

Abstract Objective: To investigate the efficacy and safety of 3D printing-assisted minimally invasive reduction and screw internal fixation in elderly patients with Sanders type II-III calcaneal fractures. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 100 elderly patients with calcaneal fractures who were treated at the 920th Hospital of the Joint Logistics Support Force of the People's Liberation Army of China from May 2021 to May 2024. Patients were divided into the 3D printing group ($n=43$, treated with 3D printing-assisted minimally invasive reduction and screw internal fixation) and the conventional group ($n=57$, treated with standard minimally invasive reduction and screw internal fixation). Perioperative indicators, subjective pain perception, postoperative functional scores, quality of life, calcaneal morphology at final follow-up, and complications were compared between the two groups. **Results:** The 3D printing group demonstrated significantly shorter operative time, smaller incision length, fewer intraoperative fluoroscopies, reduced blood loss, shorter length of hospital stay, and lower treatment costs compared to the conventional group ($P<0.05$). The Visual Analogue Scale (VAS) scores on 1-4 days after surgery were significantly lower in the 3D printing group ($P<0.05$) than those in the conventional group. Both groups showed progressive improvements in the American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Ankle-Hindfoot Score, Maryland foot function score, and Short Form-36 (SF-36) quality of life score over time. However, the 3D printing group showed higher scores at 1, 3,

基金项目: 云南省临床医学研究中心项目 (202102AA30068)

Foundation Item: Yunnan Clinical Medical Research Center Project (202102AA30068)

引用格式: 姜楠, 齐波, 姚玲, 等. 3D 打印技术辅助微创复位螺钉内固定治疗老年 Sanders II ~ III 型跟骨骨折患者的疗效 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2025, 6 (3): 362-367.

Citation: JIANG N, QI B, YAO L, et al. Efficacy of 3D printing-assisted minimally invasive reduction and screw internal fixation in elderly patients with Sanders type II-III calcaneal fractures [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(3): 362-367.

通讯作者 (Corresponding Author): 杨晟 (YANG Sheng), Email: yangdashuai15@163.com

and 6 months after surgery ($P<0.05$), and greater restoration of Böhler's angle, Gissane's angle, and calcaneal height, along with narrower calcaneal width compared to the conventional group ($P<0.05$). No significant difference was observed in overall complication rates between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion:** The application of 3D printing technology in minimally invasive reduction and screw internal fixation for elderly patients with Sanders type II–III calcaneal fractures had significant short-term benefits, which could effectively alleviate pain, improve postoperative functional outcomes, and enhance quality of life.

Key words Calcaneal Fracture; Elderly Patient; Minimally Invasive Surgery; Internal Fixation; 3D Printing Technology

跟骨骨折是跗骨骨折的一种，约占跗骨骨折的 60%，在全身骨折中约占 2%。多数可累及关节面，周围软组织易出现损伤，因此该类患者恢复较慢，且易出现各类并发症，目前其最佳治疗方式尚未达成一致，仍存在争议^[1]。Sanders II ~ III 型患者多伴距下关节面移位，仅通过非手术治疗难以实现解剖复位，易发生骨折畸形愈合以及距下关节炎，致使治疗效果受限，生活质量明显降低^[2-3]。传统切开复位钢板内固定治疗常采用外侧“L”形入路，对骨折端以及距下关节面有良好显露效果，但其易损伤软组织，术后感染风险较高，术后切口不良率高达 30%^[4]。近些年随着微创理念推广，微创复位螺钉内固定治疗逐渐得到临床医师青睐。该术式用于部分 Sanders II ~ III 型患者可获得与开放术式相当的复位效果，且伤口并发症风险较低，然而由于未在直视下开展，学习曲线较长^[5-6]。术者学习早期置入螺钉时可能导致神经损伤、螺钉穿透等严重并发症，并且面临术中定位不准、手术时间延长、射线暴露次数增加等问题^[7-8]。近期 3D 打印技术在临床中得到广泛应用，3D 打印导向器可降低手术定位难度，结合术前规划，可明显缩减手术时间^[9-10]。基于此，本研究采用回顾性分析，探讨 3D 打印技术应用于老年 Sanders II ~ III 型跟骨骨折微创复位螺钉内固定治疗患者的效果及安全性，现将结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2021 年 5 月—2024 年 5 月中国人民解放军联勤保障部队第九二〇医院收治的 100 例老年跟骨骨折患者作为本研究对象。纳入标准：①经 CT 等检查确诊为跟骨骨折；②年龄≥60 岁；③ Sanders 分型为 II ~ III 型；④为闭合性骨折；⑤基础疾病控制良好；⑥接受微创复位螺钉内固定治疗；⑦临床资料完整；⑧患者及家属均签署知情同意书。排除标准：①开放性骨折；②病理性骨折；③既往存在足踝部骨折或者该部位手术史；④存在手术禁忌证；⑤伴认知功能障碍。根据不同手术方式，将患者分为常规组（ $n=57$ ）与 3D 打印组（ $n=43$ ），两组患者基线资料比较，差异无统计

学意义（ $P>0.05$ ），具有可比性（见表 1）。本研究经医院伦理委员会审核批准。

1.2 研究方法 常规组患者接受微创复位螺钉内固定治疗。患者取健侧卧位，予全身麻醉。麻醉成功后，小枕垫高患足，常规消毒铺巾。经皮由跟骨骨节、距骨置入克氏针，从内侧逐步撑开，透视指导下恢复跟骨状态，纠正内翻。进行牵引，保持该状态，通过挤压恢复跟骨宽度。采用术前计算机模拟复位步骤，克氏针打入距下关节面下方骨折块，通过撬拨进行复位，恢复其对位对线。完成后，克氏针临时固定，置入导针 2~5 枚，尽量垂直于骨折线，但不宜穿出骨皮质，具体数量由术者根据术中情况决定。C 臂 X 线机透视，确认满意后，置入空心螺钉进行内固定。再次透视确认，满意后冲洗、止血、缝合，并以无菌敷料包扎。

3D 打印组接受 3D 打印技术辅助微创复位螺钉

表 1 两组患者基线资料比较 [n (%) , $\bar{x} \pm s$]
Table 1 Comparison of baseline data between the two groups of patients [n (%) , $\bar{x} \pm s$]

项目	3D 打印组 ($n=43$)	常规组 ($n=57$)	t/χ^2 值	P 值
性别			0.162	0.687
男	27 (62.79)	38 (66.67)		
女	16 (37.21)	19 (33.33)		
年龄 (岁)	66.37 $\pm$ 3.76	65.95 $\pm$ 3.08	0.620	0.537
BMI (kg/m ²)	21.37 $\pm$ 2.26	20.89 $\pm$ 2.15	1.080	0.283
受伤侧别			0.317	0.574
左侧	19 (44.19)	22 (38.60)		
右侧	24 (55.81)	35 (61.40)		
致伤原因			0.227	0.893
高处坠落	29 (67.44)	36 (63.16)		
交通事故	11 (25.58)	17 (29.82)		
其他	3 (6.98)	4 (7.02)		
Sanders 分型			0.910	0.340
II 型	20 (46.51)	32 (56.14)		
III 型	23 (53.49)	25 (43.86)		
受伤至手术时间 (d)	3.35 $\pm$ 0.81	3.61 $\pm$ 0.96	-1.460	0.148

内固定治疗。①制作手术导板：术前 CT 扫描患足，将获取的影像数据保存导入 Mimics 20.0 软件进行三维重建，得到跟骨骨折三维模型，模拟复位，依据骨折线进行横向钉道与纵向钉道设计，第 3 个钉道结合骨折实际情况而定。基于导针进针以及出针点，定位钉道位置，确定后测定螺钉深度。提取外踝与足跟形态轮廓，并以此为标志，设计与之匹配的导板。导板与钉道组合，利用 ASM SLA800 光固化激光 3D 打印机打印导板（如图 1）。打印完成后经等离子消毒，术中备用。②微创治疗：患者取健侧卧位，予全身麻醉。麻醉成功后，小枕垫高患足，常规消毒铺巾。跟骨骨折复位方法同常规组，通过牵引、挤压、撬拨等方式进行复位，完成后克氏针临时固定。透视满意后，导板贴附于患足，贴于外踝与足跟皮肤。利用电钻经钉道打入导针，去导板，留下导针。透视导针状态，满意后拧入合适螺钉，并将导针拔出。再次透视确认螺钉位置无误后，进行冲洗缝合，并以无菌敷料包扎。

所有患者均在术后对患肢体进行加压包扎。常规行感染预防用药，给予镇痛、抗凝等对症措施，抬高患肢以利消肿。每 2~3 d 换药，术后 2 周拆线。术后指导规范康复训练，渐进开展训练，术后 6 周逐步开展负重锻炼，术后 3 个月影像学检查示骨折线消失，可进行完全负重训练。所有患者术后均接受为期 6 个月的定期随访，每月 1 次，通过电话、线上或者门诊方式开展。

1.3 观察指标 ①围手术期指标：记录两组患者围手术期指标，包括手术时间、切口长度、透视次数、术中失血量、住院时间、治疗费用。②主观疼痛感受：采用疼痛视觉模拟评分法（Visual Analogue

Scale, VAS）对患者主观疼痛感受进行评估。评分范围 0~10 分，得分越高提示主观疼痛感受越强烈。

③术后功能评分：采用美国足踝外科协会（American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS）的踝-后足评分^[11]、Marylad 足功能评分^[12]对患者术后功能状态进行评价。AOFAS 踝-后足评分用于量化评估踝关节和后足的功能状态，涵盖疼痛、功能、活动度、稳定性和对线等多方面，总分 100 分，得分越高提示踝关节与后足功能越好。Marylad 足功能评分包括疼痛评分与功能评分，总分 100 分，<50 分为差，50~74 分为可，75~89 分为良，≥90 分为优，得分越高提示足部功能状态越好。④生活质量：采用健康状况调查简表（the MOS Item Short From Health Survey, SF-36）评估患者术后生活质量水平，总分 100 分，得分越高提示生活质量越高。⑤末次随访跟骨形态：末次随访时，所有患者均接受复查，测定跟骨关节状态参数，包括 Bohler 角、Gissanc 角、跟骨宽度、跟骨高度。⑥并发症：记录两组患者围手术期并发症发生情况，包括切口浅表感染、皮缘坏死、创伤性关节炎等。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计数资料表示为例数（百分比） $[n(\%)]$ 的形式，行 χ^2 检验，等级资料行秩和检验。计量资料通过 Shapiro-Wilk 检验进行正态性验证，符合正态分布则表示为均数 $\pm$ 标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）的形式，行 t 检验或重复测量方差分析；若呈偏态分布则表示为中位数（四分位数间距） $[M(P25, P75)]$ 的形式，行秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期指标 3D 打印组手术时间、切口长度、透视次数、术中失血量、住院时间、治疗费用均少于常规组，差异均有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表 2。

2.2 主观疼痛感受 重复测量方差分析显示，VAS 评分的主体内效应、主体间效应比较，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），提示 VAS 评分与时间、组别存在关联，具有动态变化趋势。术前两组患者 VAS 评分比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；术后 1~4 d，两组患者 VAS 评分均随时间推移而明显降低，且 3D 打印组 VAS 评分均低于常规组，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表 3。

2.3 术后功能评分 重复测量方差分析显示，AOFAS 踝-后足评分、Maryland 足功能评分的主体内效应、



图 1 ASM 光固化激光 3D 打印设备（ASM SLA 800）
Figure 1 ASM SLA 3D printing device (ASM SLA 800)

主体间效应比较，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ），提示这两项评分与时间、组别存在关联，具有动态变化趋势。术后 1 个月、3 个月、6 个月，两组患者 AOFAS 踝 - 后足评分、Maryland 足功能评分均随时间推移而明显升高，且 3D 打印组 AOFAS 踝 - 后足评分、Maryland 足功能评分均高于常规组，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ），见表 4。

2.4 生活质量 重复测量方差分析，SF-36 评分的主体内效应、主体间效应比较，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ），提示 SF-36 评分与时间、组别存在关联，有动态变化趋势。术后 1 个月、3 个月、6 个月，两组患者 SF-36 评分均随时间推移而明显升高，且 3D 打印组 SF-36 评分高于常规组，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ），见表 5。

2.5 末次随访跟骨形态 3D 打印组 Bohler 角、Gissanc

角、跟骨高度大于常规组，跟骨宽度小于常规组，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ），见表 6。

2.6 并发症 两组患者并发症总发生率比较，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ），见表 7。

3 讨论

老年群体因骨骼系统生理改变，导致骨量减少、骨质疏松等，使得骨骼更加脆弱，在日常生活中易出现跌倒，致使跟骨骨折，严重影响生活质量^[13-14]。老年患者骨骼质量下降，骨折发生率上升，传统的跟骨骨折治疗方法往往伴随着较高的手术创伤、较长的恢复周期以及术后功能恢复的不确定性，这些问题一直是临床治疗的难点和挑战^[15-16]。近年来，微创治疗以其创伤小、恢复快、并发症少等优势成为研究热点，但仍面临手术精准度要求高、个体差异大等挑战^[17-18]。为提升治疗效果，3D 打印技术凭

表 2 两组患者围手术期指标比较（ $\bar{x} \pm s$ ）

Table 2 Comparison of perioperative indicators between the two groups of patients（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	手术时间（min）	切口长度（cm）	透视次数（次）	术中失血量（mL）	住院时间（d）	治疗费用（万元）
3D 打印组（ $n=43$ ）	49.53 ± 7.85	3.41 ± 0.53	8.07 ± 1.97	45.35 ± 8.41	8.88 ± 2.01	1.42 ± 0.29
常规组（ $n=57$ ）	81.54 ± 11.36	10.72 ± 1.87	16.28 ± 2.24	143.81 ± 4.97	14.75 ± 3.19	1.87 ± 0.38
<i>t</i> 值	-16.640	-28.088	-19.091	-68.281	-11.234	6.47
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3 两组患者 VAS 评分比较（ $\bar{x} \pm s$ ）

Table 3 Comparison of VAS scores between the two groups of patients（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	术前	术后 1 d	术后 2 d	术后 3 d	术后 4 d
3D 打印组（ $n=43$ ）	7.21 ± 0.80	4.67 ± 0.68 ^a	4.05 ± 0.53 ^a	3.51 ± 0.55 ^a	2.84 ± 0.48 ^a
常规组（ $n=57$ ）	7.09 ± 0.69	5.77 ± 0.57 ^a	4.91 ± 0.63 ^a	4.19 ± 0.58 ^a	3.25 ± 0.63 ^a
<i>t</i> 值	0.796	-8.786	-7.227	-5.938	-3.649
<i>P</i> 值	0.428	0.000	0.000	0.000	0.000

注：与术前相比，^a $P<0.001$ ； $F_{\text{时点}}=608.117$ ， $F_{\text{交互}}=13.705$ ， $F_{\text{组间}}=117.197$ ； $P_{\text{时点}}=0.000$ ， $P_{\text{交互}}=0.000$ ， $P_{\text{组间}}=0.000$

表 4 两组患者术后功能评分比较（ $\bar{x} \pm s$ ）

Table 4 Comparison of postoperative functional scores between the two groups of patients（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	AOFAS 踝 - 后足评分			Maryland 足功能评分		
	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 6 个月
3D 打印组（ $n=43$ ）	65.81 ± 4.85	73.56 ± 3.53 ^a	81.07 ± 3.06 ^a	64.91 ± 3.93	76.60 ± 3.32 ^a	87.49 ± 3.74 ^a
常规组（ $n=57$ ）	60.39 ± 4.41	66.04 ± 4.06 ^a	77.12 ± 3.79 ^a	60.16 ± 4.15	69.16 ± 4.31 ^a	82.30 ± 3.97 ^a
<i>t</i> 值	5.841	9.701	5.591	5.799	9.764	6.633
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注：与术后 1 个月相比，^a $P<0.001$ ；AOFAS 踝 - 后足评分的 $F_{\text{时点}}=376.179$ ， $F_{\text{交互}}=4.705$ ， $F_{\text{组间}}=161.125$ ， $P_{\text{时点}}=0.000$ ， $P_{\text{交互}}=0.011$ ， $P_{\text{组间}}=0.000$ ；Maryland 足功能评分的 $F_{\text{时点}}=805.938$ ， $F_{\text{交互}}=3.369$ ， $F_{\text{组间}}=151.465$ ， $P_{\text{时点}}=0.000$ ， $P_{\text{交互}}=0.039$ ， $P_{\text{组间}}=0.000$

表 5 两组患者生活质量 (SF-36 评分) 比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 5 Comparison of quality of life (SF-36 scores) between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 6 个月
3D 打印组 (n=43)	67.37 ± 5.71	76.30 ± 4.19 ^a	84.35 ± 3.73 ^a
常规组 (n=57)	63.25 ± 5.08	68.46 ± 4.50 ^a	79.39 ± 3.35 ^a
t 值	3.813	8.890	6.989
P 值	0.000	0.000	0.000

注: 与术后 1 个月相比, ^a $P < 0.001$; $F_{\text{时点}} = 368.355$, $F_{\text{交互}} = 5.080$, $F_{\text{组间}} = 100.111$; $P_{\text{时点}} = 0.000$, $P_{\text{交互}} = 0.008$, $P_{\text{组间}} = 0.000$

表 6 两组患者末次随访跟骨形态比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 6 Comparison of calcaneus morphology between the two groups of patients at the last follow-up ($\bar{x} \pm s$)

组别	Bohler 角 (°)	Gissanc 角 (°)	跟骨宽度 (mm)	跟骨高度 (mm)
3D 打印组 (n=43)	27.65 ± 1.13	122.65 ± 2.85	34.21 ± 1.95	46.35 ± 2.10
常规组 (n=57)	26.96 ± 0.98	120.97 ± 2.67	35.37 ± 2.12	44.81 ± 2.67
t 值	3.267	3.028	2.804	3.125
P 值	0.001	0.003	0.006	0.002

表 7 两组患者并发症发生情况比较 [n (%)]

Table 7 Comparison of the complications between the two groups of patients [n (%)]

组别	切口浅表感染	皮缘坏死	创伤性关节炎	总发生率
3D 打印组 (n=43)	1 (2.33)	2 (4.65)	1 (2.33)	4 (9.30)
常规组 (n=57)	3 (5.26)	3 (5.26)	2 (3.51)	8 (14.04)
χ^2 值	0.520			
P 值	0.471			

借个性化定制和精准制造能力,在骨科领域受到关注^[11, 19]。该技术能针对骨折患者的具体情况,制作个性化的手术导板和植入物,进而提升手术精准度和疗效^[18, 20]。鉴于此,本研究聚焦于 3D 打印技术在老年跟骨骨折微创治疗中的应用,旨在评估其效果和安全性,以期为临床提供更优治疗方案。

本研究结果显示,3D 打印组围手术期情况优于常规组,提示 3D 打印技术在提升手术效率、减小手术创伤以及加速患者术后康复进程方面具有显著优势。分析原因为,传统方法更多依赖于术者的经验和术中透视,其精度和效率相对较低。Sanders II~III 型骨折往往涉及多个骨折块和关节面移位,较长切口能够为手术医生提供足够的视野和操作空间,以便更好地暴露骨折区域,进行精确的复位和固定。同时,老年患者软组织修复能力相对较弱,充足视野及空间下可精准定位,通过严格手术操作可最大限度地减少周围软组织的损伤,也可降低术后感染、血肿、皮肤坏死等并发症的风

险^[21-22]。相比之下,3D 打印导板技术基于患者个体的 CT 扫描数据,通过三维重建软件构建跟骨及其周围结构的精确模型。这一过程要求手术医生术前进行详尽的骨折复位和内固定路径规划,以确保手术操作的精准性和可预测性。由于 3D 打印导板能够精确定位骨折复位和螺钉置入的路径,手术过程中无需进行广泛的软组织剥离和骨膜剥离,从而显著减小了手术切口长度和范围。同时,导板的精确引导也减少了手术过程中对周围软组织的损伤,降低了术中失血量^[23-24],有利于促进患者术后快速恢复,缩短住院时间,减少治疗费用。此外,3D 打印导板还能实时引导手术器械进入预定位置,减少了手术过程中对透视的依赖,进一步提高了手术效率,并减少了辐射暴露。在术后疼痛管理方面,本研究结果显示,在术后 1~4 d,3D 打印组的 VAS 评分均显著低于常规组,这进一步证实了 3D 打印技术在缓解术后疼痛方面的优越性。其机制可能在于个性化导板的应用减少了手术创伤与软组织损伤,进而

减轻了患者术后的炎症反应与疼痛感受。在功能恢复方面^[25-26]，本研究结果显示，两组患者 AOFAS 踝-后足评分、Maryland 足功能评分、SF-36 评分均随时间推移而明显升高，表明无论是 3D 打印组还是常规组，患者的足部功能和生活质量都在逐渐恢复。然而，3D 打印组在术后 1 个月、3 个月及 6 个月的功能水平及生活质量评分显著高于常规组，提示 3D 打印技术辅助下的微创复位螺钉内固定治疗能够更有效地促进患者功能恢复，提升患者生活质量。这得益于 3D 打印技术提供的精准手术规划与个性化导板，二者共同促进了骨折的精确复位与固定，减少了手术创伤和疼痛，加速了骨折愈合与周围组织修复，从而加快了患者功能水平和生活质量的恢复进程^[27-28]。末次随访跟骨形态检查结果显示，3D 打印组 Bohler 角、Gissanc 角、跟骨高度高于常规组，跟骨宽度低于常规组，表明 3D 打印技术不仅促进了功能恢复，还可以显著改善跟骨形态指标，提升患者整体生活质量，使其能够更早地回归日常生活与社会活动。

综上所述，3D 打印技术应用于老年 Sanders II ~ III 型跟骨骨折微创复位螺钉内固定治疗患者的短期效果显著，可有效缓解患者疼痛，显著提高术后功能水平，改善生活质量。然而，本研究仍存在样本量有限且长期随访不足的局限。未来，需要通过更多大样本、长期随访的研究来进一步探索其潜力和优势，从而为患者提供更加精准、高效、安全的治疗方案。

利益冲突声明：本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明：姜楠负责设计论文框架，起草论文，实验操作，研究过程的实施，论文修改；齐波、姚玲负责数据收集，统计学分析，绘制图表；杨晟负责拟定写作思路，指导撰写文章并最后定稿。

参考文献

- [1] 关玉龙, 吕春娥, 赵晓亮, 等. 经跗骨窦切口与传统 L 形切口治疗老年人跟骨骨折临床疗效及安全性的比较 [J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(17): 3678-3681.
- [2] 钟振东. 微创技术治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折对足部功能的影响及安全性分析 [J]. 实用手外科杂志, 2022, 36(1): 116-118.
- [3] Inoue Y, Mogi W, Naik M V, et al. Repair of a calcaneal fracture with a combination of internal and external fixation in a calf [J]. J Vet Med Sci, 2023, 85(7): 739-742.
- [4] 张博禹, 张俊国, 谢文勇, 等. 跟骨骨折术后距下关节炎与足部功能预后的危险因素分析 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(12): 958-963.
- [5] 赵永杰, 关国锋, 尹刚, 等. 跗骨窦切口微创锁定接骨板治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折的疗效分析 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2023, 25(7): 635-639.
- [6] WANG C W. Hollow screw fixation of type II avulsion fractures of the calcaneal tuberosity using the finite element analysis [J]. Medicine (Baltimore), 2023,

- 102(20): e33816.
- [7] 吴跃虎, 孔晓茜. 外踝下微创切口与传统切口入路治疗跟骨骨折切口愈合的疗效比较 [J]. 中国临床医生杂志, 2022, 50(2): 207-211.
- [8] NIU Y Q, GAO Y F, LI H C, et al. 3D printing-assisted surgery for the old metacarpal fracture [J]. Asian J Surg, 2024, 47(8): 3811-3812.
- [9] 王姗姗, 牛俊巧, 王佳, 等. 螺旋 CT 三维扫描重建联合 3D 打印用于髌臼骨折手术的价值研究 [J]. 中国医学装备, 2024, 21(5): 59-63.
- [10] SU Z H, DING M, ZHU N, et al. Biomechanical role of bone grafting for calcaneal fracture fixation in the presence of bone defect: a finite element analysis [J]. Clin Biomech (Bristol), 2024, 116: 106278.
- [11] 周瑜博, 董振宇, 向文远, 等. 跗骨窦入路联合 Herbert 螺钉及微创型跟骨锁定钢板治疗 Sanders II 型及 III 型跟骨骨折 [J]. 中国骨伤, 2022, 35(11): 1026-1030.
- [12] ZHANG Y, WENG Q Y, GU Y, et al. Calcaneal fractures: 3D-printing model to assist spatial weaving of percutaneous screws versus conventional open fixation-a retrospective cohort study [J]. Int Orthop, 2021, 45(9): 2337-2346.
- [13] Willaume T, Bierry G. Presurgical perspective and postsurgical evaluation of calcaneal and talus fractures [J]. Semin Musculoskelet Radiol, 2022, 26(6): 635-643.
- [14] SHI J X, SHEN J X, GUO W, et al. Robot-assisted versus traditional fixation for the treatment of calcaneal fractures: a meta-analysis [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2024, 25(1): 591.
- [15] 郭宗慧, 颜勇卿, 唐寅, 等. Sanders II 型跟骨骨折螺钉微创治疗的有限元优化分析 [J]. 中国骨伤, 2021, 34(2): 137-142.
- [16] Rammelt S, Swords M P. Calcaneal fractures-which approach for which fracture? [J]. Orthop Clin North Am, 2021, 52(4): 433-450.
- [17] Rastegar S, Ravanbod H, Moradi M, et al. Extensile approach versus minimally invasive technique in management of calcaneus fractures [J]. Int J Burns Trauma, 2021, 11(1): 27-33.
- [18] 黄杰, 刘瑾, 张建伟. 经皮复位微创跟骨钉中钉固定治疗 Sanders II 型及 III 型跟骨骨折 [J]. 中国骨伤, 2023, 36(4): 313-319.
- [19] Kamath K R, Mallya S, Hegde A. A comparative study of operative and conservative treatment of intraarticular displaced calcaneal fractures [J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 3946.
- [20] HU W, HUANG C B, ZHANG Y Y, et al. A nomogram for predicting post-operative wound complications after open reduction and internal fixation for calcaneal fractures [J]. Int Wound J, 2022, 19(8): 2163-2173.
- [21] 王磊, 张健, 宋阳阳, 等. 3D 打印导板联合交锁髓内钉内固定治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折效果观察 [J]. 山东医药, 2023, 63(11): 50-53.
- [22] 陈启刚, 任戈亮, 胡永军, 等. 3D 打印联合距下关节镜治疗跟骨骨折 [J]. 实用医学杂志, 2022, 38(3): 375-379.
- [23] 孟令杰, 钱辉, 盛晓磊, 等. 3D 打印建模联合骨水泥成形微创治疗塌陷 Sanders III 型跟骨骨折 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(24): 3784-3789.
- [24] SONG Q Z, LI T, XIA H, et al. Three-dimensional printed cast assisted screw fixation of calcaneal fractures: a prospective study [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2023, 24(1): 802.
- [25] 刘延子, 高武长. 3D 打印联合关节镜下机械臂辅助经皮螺钉内固定治疗跟骨骨折 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(18): 2822-2826.
- [26] 王建伟, 吴晓峰, 姜兴华, 等. 3D 打印辅助 Sanders III 型跟骨骨折切开复位内固定 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31(3): 199-204.
- [27] 宋奇志, 李涛, 奉成斌, 等. 3D 打印导板辅助与徒手置入空心螺钉治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折的疗效比较 [J]. 中华创伤杂志, 2023, 39(8): 730-736.
- [28] 黄朱宋, 陈翔, 蓝锦福, 等. 3D 打印空心钉导板辅助空心钉联合小钢板内固定治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折疗效观察 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2021, 36(6): 642-644.

收稿日期：2024-08-09

编辑：张笑嫣