

· 临床研究 ·

3D 打印导板经皮空心钉固定急性腕舟骨折[△]

林炳基, 郭培义, 柯森森, 贺友生*

(佛山复星禅诚医院创伤骨外科, 广东佛山 528000)

摘要: [目的] 评价 3D 打印导板辅助经皮固定急性腕舟骨折的应用价值。[方法] 2019 年 1 月—2020 年 12 月, 60 例腕舟骨折患者纳入本研究, 采用随机数字表法分为两组, 每组 30 例。导板组在术前运用 Mimics 软件和 3D 打印机制作 1:1 实体骨折模型, 制作经皮导板, 掌侧经皮螺钉内固定。徒手组采用常规经皮固定。比较两组临床与影像资料。[结果] 两组患者均顺利完成手术, 导板组手术时间、透视次数、术后 1 d 的 VAS 评分均显著优于徒手组 ($P<0.05$)。两组患者均获随访 8~15 个月, 平均 (10.14 ± 2.35) 个月。导板组术后并发症发生率显著低于徒手组 ($P<0.05$), 两组末次随访 VAS 评分和临床结果评级的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 导板组螺钉进针点及螺钉长度显著优于徒手组 ($P<0.05$)。[结论] 3D 打印导板辅助经皮螺钉内固定治疗急性腕舟骨折, 可缩短手术时间、减少术中透视次数。

关键词: 腕舟骨折, 经皮空心钉固定, 3D 打印

中图分类号: R683.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2022) 12-1126-04

3D printing-assisted percutaneous cannulated screw fixation of acute carpal scaphoid fracture // LIN Bing-ji, GUO Pei-yi, KE Sen-miao, HE You-sheng. Department of Traumatic Orthopedics, Foxing Chancheng Hospital, Foshan 528000, China

Abstract: [Objective] To evaluate the clinical outcomes of 3D printing-assisted percutaneous cannulated screw fixation of acute carpal scaphoid fracture. **[Methods]** From January 2019 to December 2020, a total of 60 patients with carpal scaphoid fracture were enrolled in this study, and were divided into two groups by random number table method, with 30 patients in each group. Before surgery, mimics software and 3D printer were used to make 1:1 real fracture model and percutaneous guider, and then palmar percutaneous screw placement was conducted under the guider in the 3D group. By comparison, conventional percutaneous screw placement was performed in the free-hand group. The clinical and imaging data of the two groups were compared. **[Results]** Surgical procedures were successfully completed in both groups. The 3D group proved significantly superior to the freehand group in terms of operation time, fluoroscopic frequency and VAS score one day after surgery ($P<0.05$). The patients in both groups were followed up for 8~15 months, with an average of (10.14 ± 2.35) months. The 3D group had significantly lower incidence of postoperative complications than the freehand group ($P<0.05$), despite no significant difference in VAS score and clinical outcome grades between the two groups at the latest follow-up ($P>0.05$). In terms of imaging, the 3D group proved significantly superior to the freehand group in accuracy of screw insertion point and screw length ($P<0.05$). **[Conclusion]** This 3D printing-assisted percutaneous cannulated screw internal fixation for acute carpal scaphoid fracture does shorten the operation time and reduce intraoperative fluoroscopic frequency.

Key words: carpal scaphoid fracture, percutaneous cannulated screw fixation, 3D printing

腕舟骨骨折占全身骨折的 2%~7%, 占腕骨骨折的 70%~80%^[1]。腕舟骨血供特殊, 骨折后坏死率约 5%~20%^[2]。对于急性无移位稳定性骨折传统需 2~3 个月石膏固定^[3], 但会导致上肢关节僵硬。目前主张经皮螺钉内固定, 但螺钉位置及长度较难控制, 需反复透视。有学者采用各种新技术提升腕舟骨折内固定^[4-6], 但普及性低, 不利于基层医院开展。近年来

3D 打印技术为骨科手术提供个体化、精准化的术前设计及手术治疗。本研究应用 Mimics 软件模拟进针位置, 测量螺钉长度, 并打印导板, 结合导板掌侧经皮微创螺钉内固定, 探讨该技术在临床应用疗效, 现报道如下。

1 临床资料

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.12.15

[△]基金项目: 2019 佛山市科技局项目 (编号: 1920001000934)

作者简介: 林炳基, 硕士研究生, 主治医师, 研究方向: 创伤及足踝外科, (电话) 13590586975, (电子信箱) 172105123@qq.com

* 通信作者: 贺友生, (电话) 0757-82778383, (电子信箱) 13929938986@139.com

1.1 一般资料

2019 年 1 月—2020 年 12 月，60 例腕舟骨骨折患者为纳入本研究，采用随机数字表法将患者分为两组，导板组 30 例，徒手组 30 例。两组性别、年龄、Herbert 骨折分型、受伤机制的差异无统计学意义 ($P>0.05$) (表 1)。本研究获得本院伦理委员会审批，所有患者均签署知情同意书。

表 1 两组患者一般资料与比较

指标	导板组 (n=30)	徒手组 (n=30)	P 值
性别 (例, 男/女)	17/13	16/14	0.795
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	37.15 \pm 3.28	36.78 \pm 3.81	0.311
Herbert 分型 (例, A2/B1/B2)	12/11/9	13/10/7	0.478
受伤机制 (例, 撞伤/摔伤)	11/19	10/20	0.872

1.2 手术方法

导板组：术前置于腕关节无掌尺偏位背伸 30°，拇指外展 60°位行 X 线片和 CT 扫描，扫描范围从前

臂下 1/3 至第 3 掌指关节处 (图 1a, 1b)。数据以 DICOM 的格式存储，采用 Mimics Medical 21.0 软件进行三维重建。以螺钉在舟骨长轴线中心为原则，在舟骨远极设计入点、模拟进针方向，预测螺钉长度并记录 (图 1c, 1d)。导板的设计采用掌侧鱼际折痕、掌横纹和腕部骨突作为定位标志，掌侧端设计导孔内径 1.2 mm，便于 1.0 mm 克氏针进入 (图 1e)。设计结束后数据传输至 3D 打印机 (Lite600HD, 联泰) 进行打印，其中腕关节 1:1 实体模型以 128 光敏树脂打印，导板应用 dsm 10122 光敏树脂打印。

患者臂丛麻醉后取仰卧位，患肢外展于手术台，术中根据掌侧鱼际皮纹及骨性突起安装导板 (图 1f)，电钻安装克氏针预留术前测量长度，顺导板孔钻入 1.0 mm 克氏针，结合 C 形臂 X 线机透视克氏针位置，测量长度后置入 Herbert 螺钉，同时参考术前测量长度，拧入 Herbert 螺钉，再次透视螺钉位置 (图 1g, 1h)，拔除克氏针，缝合切口。

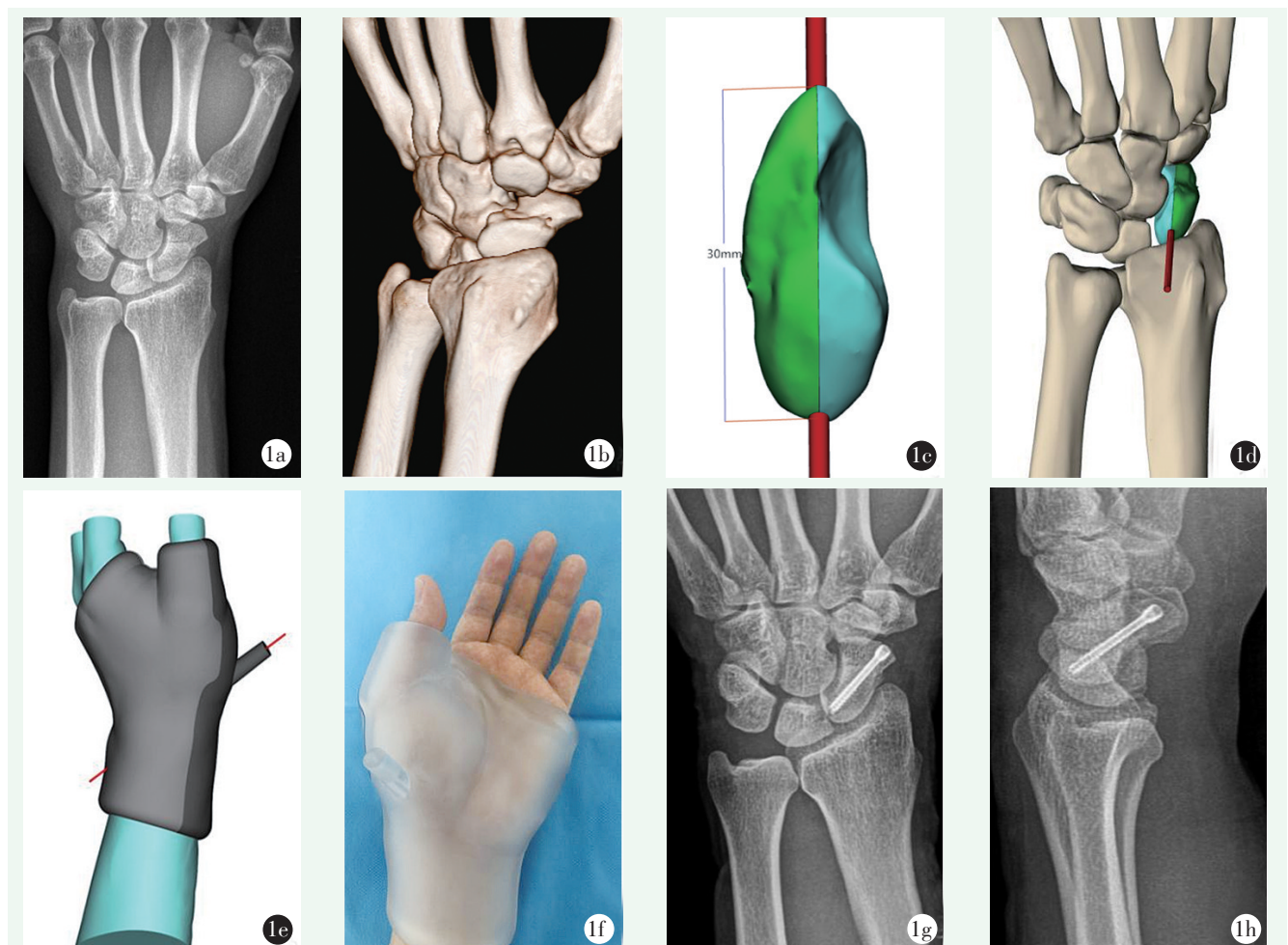


图 1 患者，男，32 岁 1a: 术前 X 线片示腕舟骨骨折 1b: 术前 CT 三维重建示左侧 Herbert A2 型腕舟骨骨折 1c, 1d: 术前设计导针方向位置 1e: 设计导板，导板侧方设计凹槽，避免安装时上下滑动移位 1f: 术中根据骨性及皮纹安装导板，并在导板引导下经皮置入导针和空心螺钉 1g, 1h: 术后 1 个月正侧位 X 线片示骨折对线对位和内固定位置良好

徒手组：触摸并标记腕舟骨结节，选择腕舟骨结节的桡侧及远端为最佳进针点，大小多角骨关节掌侧切一长 5.0 mm 的皮肤切口。腕关节背伸略尺偏，以直径 1.0 mm 的克氏针从舟骨结节处沿舟骨的长轴钻入，导针的角度与前臂掌侧面成 40°~45°角，与前臂的轴线约成 45°角。术中 C 形臂 X 线机透视下置入克氏针，确认位置及长度后再置入 Herbert 螺钉，再次透视螺钉位置，拔除克氏针，缝合切口。

对于无移位骨折，术后 2 d 可早期腕关节功能锻炼，对于移位不稳定骨折，术后石膏固定 3 周。每个月复查 1 次 X 线片，以骨折线消失，局部无压痛，为骨折愈合时间并记录。

1.3 评价指标

记录围手术期指标，包括手术时间、术中透视次数及早期并发症。采用疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 和 Gartland-Werley 腕关节功能评分评价临床效果，优：0~2 分，良：3~8 分，可：9~20 分，差：≥21 分。术后复查腕关节 CT，再次导入 Mimics 软件，根据长轴线中心的原则，评估螺钉位置，包括进针点及螺钉长度。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料符合正态分布，组间比较采用独立样本 *t* 检验，组内比较采用单因素方差分析。计数资料采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

临床资料见表 2。导板组中，22 例一次性进针成功，4 例重新安装导板后进针成功，4 例进针失败改用传统方法置钉。导板组手术时间、术中 C 形臂 X 线机透视次数及术后 1 d 的 VAS 评分均明显优于徒手组 ($P < 0.05$)。

两组患者均获随访 8~15 个月，平均 (10.14 ± 2.35) 个月。导板组术后并发症发生率显著低于徒手组 ($P < 0.05$)，两组末次随访临床结果评级的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.2 影像评估

两组影像资料见表 3，术后复查 CT 测量螺钉进针点误差及长度误差，导板组均优于徒手组 ($P < 0.05$)。至末次随访时骨折均愈合良好，两组骨折愈合时间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。两组均无内固定装置松动、断裂或复位后再移位。徒手组有 1 例

骨折延迟愈合，2 例螺钉较长穿出舟骨造成创伤性关节炎。

表 2 两组临床结果与比较

指标	导板组 (n=30)	徒手组 (n=30)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	23.01 ± 2.51	44.45 ± 0.51	<0.001
术中透视 (次, $\bar{x} \pm s$)	9.50 ± 2.56	23.55 ± 2.51	<0.001
VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)			
术前	6.59 ± 0.59	6.46 ± 0.54	0.213
术后 1 d	3.10 ± 0.72	5.20 ± 0.76	<0.001
末次随访	0.97 ± 0.67	1.05 ± 0.69	0.571
P 值	<0.001	<0.001	
并发症 [例 (%)]	0	3 (10.00)	0.038
临床结果优良率 [例 (%)]	26 (86.67)	25 (83.33)	0.794

表 3 两组影像评估结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	导板组 (n=30)	徒手组 (n=30)	P 值
进针点偏差 (mm)	1.30 ± 1.10	2.20 ± 1.00	<0.001
螺钉长度偏差 (mm)	1.50 ± 1.10	3.10 ± 1.10	<0.001
骨折愈合时间 (周)	11.08 ± 2.45	11.45 ± 2.55	0.675

3 讨论

腕舟骨对维持腕关节稳定性和腕关节功能起重要作用。当其发生骨折时漏诊率高，伤后 6 周复查 X 线片仍超过 30% 的骨折出现漏诊，甚至对于 <1 mm 的移位单依靠 X 线片是很难诊断的^[7-9]。对于无移位或移位较小的腕舟骨骨折，经皮螺钉或切开复位内固定，临床疗效明显优于石膏固定^[10]。经皮微创螺钉固定具有一定难度，进针点的位置和角度、螺钉长度，术中需反复透视完成，不利于年轻医生开展，同时增加医护人员医疗辐射损害。

近来相关 3D 打印技术在骨科手术应用逐渐增多，提供个性化的术前设计，给患者提供精准的手术治疗^[11, 12]。本研究采用 Mimics 软件进行三维重建，在舟骨远极设计入口、模拟螺钉进针方向，并通过建模打印导板，操作方便简单，减少了 C 形臂 X 线机的透视次数。关于螺钉位置问题，垂直骨折线和腕舟骨轴线平行置钉两者的固定强度相当^[13, 14]，但临床操作中，部分骨折类型无法垂直进针，本研究推荐腕舟骨轴线置钉。螺钉长度问题，术前测量腕舟骨近极克氏针预计停留位置到导板导孔口距离，电钻安装克氏针预留长度与该测量距离相符合，起到一定限深作用，结合透视和术前软件测量数据，提高螺钉长度的

准确性,一般选取螺钉长度比术前测量短2 mm。导板应用注意事项:(1)安装导板时,仔细识别皮肤褶皱和骨突起标记,避免过度卡压皮肤,造成螺钉偏移。如术中透视发现克氏针位置和术前规划偏移明显,需检查导板安装位置重新安装并重新置针;(2)同时为提高准确性,导板设计长度需有一定标准,远端需过远侧掌横纹,近端至少过桡骨茎突3 cm,能更好地让腕关节维持一定背伸角度,减少进针位置偏差;(3)此外3D打印导板存在一定费用,术前设计及打印3D导板需要1 d,而且为提高螺钉准确性,需等待软组织肿胀减轻后才可手术。相关3D打印导板治疗腕舟骨折的报道建议在伤后马上CT检查并建模^[15, 16]。

综上所述,对于无移位及移位较少的腕舟骨骨折,3D打印导板辅助掌侧经皮螺钉内固定,可缩短手术时间、减少术中透视次数,操作简单,值得推广应用。

参考文献

- [1] Cheung PY, Tang YK, Fung KK. Current management of acute scaphoid fractures: a review [J]. Hong Kong Med J, 2014, 20 (1): 52-58.
- [2] Janowski J, Coady C. Scaphoid fractures: nonunion and malunion [J]. J Hand Surg, 2016, 41 (11): 1087-1092.
- [3] Davis EN, Chung KC, Kotsis S, et al. A cost/utility analysis of open reduction and internal fixation versus cast immobilization for acute nondisplaced mid-waist scaphoid fractures [J]. Plast Reconstr Surg, 2006, 117 (4): 1223-1235.
- [4] Liu B, Wu F, Chen S, et al. Robot-assisted percutaneous scaphoid fracture fixation: a report of ten patients [J]. J Hand Surg Eur, 2019, 44 (7): 685-691.
- [5] 石晶,周翔,吴飞翔,等.腕关节镜辅助经皮螺钉内固定腕舟骨骨折[J].中国矫形外科杂志,2020,28(20):1835-1839.
- [6] 王世东,王宇泽,卫小春,等.CT引导下经皮空心加压螺钉内固定治疗新鲜舟骨骨折[J].中国矫形外科杂志,2013,21(10):1025-1028.
- [7] Mallee WH, Henny EP, van Dijk CN, et al. Clinical diagnostic evaluation for scaphoid fractures: a systematic review and meta analysis [J]. J Hand Surg Am, 2014, 39 (9): 1683-1691.
- [8] Lozano-Calderón S, Blazar P, Zurakowski D, et al. Diagnosis of scaphoid fracture displacement with radiography and computed tomography [J]. J Bone Joint Surg Am, 2006, 88 (12): 2695-2703.
- [9] Temple CL, Ross DC, Bennett JD, et al. Comparison of sagittal computed tomography and plain film radiography in a scaphoid fracture model [J]. J Hand Surg Am, 2005, 30 (3): 534-542.
- [10] Al-Ajmi TA, Al-Faryan KH, Al-Kanaan NF, et al. A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials comparing surgical versus conservative treatments for acute undisplaced or minimally-displaced scaphoid fractures [J]. Clin Orthop Surg, 2018, 10 (1): 64-73.
- [11] Ma L, Zhou Y, Zhu Y, et al. 3D-printed guiding templates for improved osteosarcoma resection [J]. Sci Rep, 2016, 6: 23335.
- [12] 张常贵,杨柳,段小军,等.3D打印技术在关节外科的临床应用进展[J].中国矫形外科杂志,2019,27(16):1497-1501.
- [13] Faucher GK, Golden ML, Sweeney KR, et al. Comparison of screw trajectory on stability of oblique scaphoid fractures: a mechanical study [J]. J Hand Surg Am, 2014, 39 (3): 430-435.
- [14] Luria S, Lenart L, Lenart B, et al. Optimal fixation of oblique scaphoid fractures: a cadaver model [J]. J Hand Surg Am, 2012, ; 37 (7): 1400 - 1444.
- [15] Yin HW, Xu J, Xu WD. 3-dimensional printing-assisted percutaneous fixation for acute scaphoid fracture: 1-shot procedure [J]. J Hand Surg Am, 2017, 42 (4): 301.
- [16] Wan SX, Meng FB, Zhang J, et al. Experimental study and preliminary clinical application of mini-invasive percutaneous internal screw fixation for scaphoid fracture under the guidance of a 3d-printed guide plate [J]. Curr Med Sci, 2019, 39 (6): 990-996.

(收稿:2021-05-01 修回:2021-10-08)

(同行评议专家:陈 滨)

(本文编辑:郭秀婷)