

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.19.015  
文章编号: 1005-8982 (2025) 19-0092-07

临床研究·论著

## 3D打印量化植骨辅助自体髂骨植骨联合锁定钢板内固定在老年肱骨近端粉碎性骨折中的疗效分析\*

赵涛涛<sup>1</sup>, 张扬<sup>2</sup>, 张录强<sup>3</sup>, 张力维<sup>4</sup>

(1. 宝鸡高新医院 骨一科, 陕西 宝鸡 721013; 2. 西安大兴医院 骨一科, 陕西 西安 710082; 3. 宝鸡高新医院 骨一科, 陕西 宝鸡 721013; 4. 陕西省咸阳市中心医院 影像科, 陕西 咸阳 712000)

**摘要: 目的** 探讨3D打印量化植骨辅助自体髂骨植骨联合锁定钢板(LCP)内固定在老年肱骨近端粉碎性骨折中的临床疗效。**方法** 选取2022年7月—2024年2月宝鸡高新医院收治的130例老年肱骨近端粉碎性骨折患者为研究对象。根据治疗方法的差异分为对照组与研究组。对照组采用自体髂骨植骨联合LCP内固定治疗;研究组在对照组基础上采用3D打印量化植骨辅助治疗。所有患者随访12个月,对比两组手术相关指标,比较两组患者术后6、12个月的肩关节功能、骨密度及生活质量,并记录随访期间并发症发生情况。**结果** 研究组较对照组出血量少,术后1 h疼痛评分低,手术时间、住院时间及骨折愈合时间均更短( $P < 0.05$ )。术后12个月两组的Constant-Murley评分、骨密度T值及SF-36评分均较术后6个月高( $P < 0.05$ )。研究组术后6、12个月的Constant-Murley评分、骨密度T值及SF-36评分均高于对照组( $P < 0.05$ )。研究组并发症总发生率低于对照组( $P < 0.05$ )。与对照组比较,研究组住院总费用和并发症处理费用均更低( $P < 0.05$ )。**结论** 在3D打印量化植骨技术的辅助下,对老年肱骨近端粉碎性骨折患者行自体髂骨植骨联合LCP内固定术可显著缩短手术时间,患者骨愈合更快、肩功能恢复更好,并降低并发症发生率。

**关键词:** 肱骨近端粉碎性骨折; 3D打印; 老年; 自体植骨; 锁定钢板; 肩关节功能

中图分类号: R687.3

文献标识码: A

## Efficacy analysis of 3D-printed quantitative bone grafting assisted autologous iliac bone grafting combined with locking plate internal fixation in comminuted proximal humerus fractures in the elderly\*

Zhao Tao-tao<sup>1</sup>, Zhang Yang<sup>2</sup>, Zhang Lu-qiang<sup>1</sup>, Zhang Li-Wei<sup>4</sup>

(1. The First Department of Orthopedics, Baoji High tech Hospital, Baoji, Shaanxi 721013, China;  
2. The First Department of Orthopedics, Daxing Hospital, Xi'an, Shaanxi 710082, China; 3. The First Department of Orthopedics, Baoji High tech Hospital, Baoji, Shaanxi 721013, China; 4. Department of Imaging, Xianyang Central Hospital of Shaanxi Province, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

**Abstract: Objective** To investigate the clinical efficacy of 3D-printed quantitative bone grafting assisted autologous iliac bone grafting combined with locking compression plate (LCP) internal fixation in comminuted

收稿日期: 2025-04-03

\* 基金项目: 陕西省自然科学基础研究计划项目(No:2022JQ-384)

[通信作者] 张扬, E-mail: 15091628196@163.com; Tel: 15091628196

proximal humerus fractures in the elderly. **Methods** One hundred and thirty elderly patients with comminuted proximal humerus fractures admitted to Baoji High-tech Hospital between July 2022 and February 2024 were selected. They were divided into a control group (treated with autologous iliac bone grafting combined with LCP internal fixation) and a study group (3D printing quantitative bone grafting was used to assist the treatment on the basis of the control group). After 12 months of follow-up, the two groups were compared in terms of surgery-related indexes, shoulder joint function, bone density, quality of life, and the occurrence of complications. **Results** Compared with the control group, the study group had less bleeding, lower pain score at 1 hour post-operation, shorter operation time, shorter hospitalization time, and shorter fracture healing time ( $P < 0.05$ ). The Constant-Murley score, bone mineral density T value, and SF-36 score in the study group were higher than those in the control group at 6 and 12 months after operation ( $P < 0.05$ ). The incidence of total complications in the study group was lower than that in the control group ( $P < 0.05$ ). The total hospitalization expenses and complications treatment costs of the study group were lower than those of the control group ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** With the assistance of 3D printing quantitative bone grafting technology, autologous iliac bone grafting combined with LCP internal fixation in elderly patients with comminuted proximal humerus fracture can significantly shorten the operation time, promote faster bone healing and better recovery of shoulder function, and significantly reduce the occurrence of complications.

**Keywords:** comminuted fracture of proximal humerus; 3D printing; elderly; autologous bone graft; locking compression plate; shoulder function

肱骨近端粉碎性骨折是指肱骨近端发生多个骨折片段,多因跌倒、交通事故、高空坠落等直接或间接撞击导致。肱骨近端粉碎性骨折多发生于老年群体,尤其是骨质脆弱的骨质疏松患者,患者骨折后可出现肿胀、疼痛、活动受限等症状<sup>[1]</sup>。肱骨近端粉碎性骨折较为严重,一般采取锁定钢板(locking compression plate, LCP)内固定术治疗,其利用接骨板对骨折移位进行复位,贴近人体解剖学结构,对骨膜和血供的不良影响较少。虽然LCP内固定术对治疗肱骨近端骨折具有良好的效果,但仍存在优化的空间<sup>[2-3]</sup>。传统的内固定术所用的植人物与器械为标准化产品,未必能完全符合每位患者骨折部位的形态与特点;其次,传统的内固定术在术前规划时,医师往往只能依据影像学检查结果设计手术方案,具有一定的局限性。3D打印量化植骨技术是一种新型的骨科手术技术,其通过3D打印技术制作骨组织的替代品,可根据患者的具体情况个性化定制植人物,有效弥补传统内固定术的不足<sup>[4-5]</sup>。当前3D打印技术已被广泛应用于多类骨折手术治疗中,效果显著<sup>[6-8]</sup>。但关于其辅助自体髂骨植骨联合LCP内固定治疗老年肱骨近端粉碎性骨折的报道较少。本研究旨在探讨应用3D打印量化植骨辅助自体髂骨植骨联合LCP内固定术有何优势,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取2022年7月—2024年2月宝鸡高新医院130例老年肱骨近端粉碎性骨折患者为研究对象。根据治疗方法的差异分为对照组与研究组,每组65例。对照组采用自体髂骨植骨联合LCP内固定治疗;研究组在对照组基础上采用3D打印量化植骨辅助治疗。纳入标准:①符合《2021版老年肱骨近端骨折治疗指南》<sup>[9]</sup>中肱骨近端粉碎性骨折的诊断标准;②经X射线检查确诊;③符合手术指征;④Neer分型为三部分或四部分骨折,成角 $> 45^\circ$ 或移位 $> 1 \text{ cm}$ ;⑤年龄 $\geq 60$ 岁;⑥能耐受LCP内固定手术治疗;⑦随访时间 $\geq 6$ 个月;⑧临床资料无缺失;⑨对本研究知悉并自愿签字。排除标准:①既往有肩关节疾病史或患肩手术史;②合并神经、血管损伤;③合并严重的心脑血管疾病;④陈旧性骨折、开放性骨折或病理性骨折;⑤合并恶性肿瘤凝血功能障碍、精神病史;⑥长期服用阿司匹林等药物。研究组与对照组的性别构成、年龄、骨密度T值、受伤至手术时间、骨折Neer分型和致伤原因构成比较,经 $\chi^2$ /t检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),具有可比性(见表1)。本研究经医院医学伦理委员会审查通过(No:2022-005)。

表1 两组一般资料比较 (n=65)

组别	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$ )	骨密度T值/( $\bar{x} \pm s$ )	受伤至手术时间/(d, $\bar{x} \pm s$ )	骨折Neer分型例(%)		致伤原因例(%)		
					三部分	四部分	高处坠落	交通伤	跌伤
研究组	32/33	73.52 $\pm$ 9.23	-3.12 $\pm$ 0.16	3.54 $\pm$ 1.10	38(58.46)	27(41.54)	10(15.38)	21(32.31)	34(52.31)
对照组	31/34	73.84 $\pm$ 9.55	-3.08 $\pm$ 0.12	3.36 $\pm$ 1.14	43(66.15)	22(33.85)	8(12.31)	20(30.77)	37(56.92)
$\chi^2 / t$ 值	0.031	-1.942	-1.612	0.916		0.819		0.373	
P值	0.861	0.846	0.109	0.361		0.366		0.830	

## 1.2 方法

**1.2.1 对照组** 采取自体髂骨植骨联合LCP内固定术的治疗方案。患者取平卧位,行全身麻醉,以三角肌、胸大肌间隙入路为入路方式,识别肱二头肌长头肌腱、肩袖及其附着的结节,在肱骨头处打入克氏针用以撬拨,用不可吸收缝合线牵引大小结节,通过牵引、旋转、外展肱骨干等手法使骨折复位,尽量恢复后倾角和颈干角。在对患者进行暴露、复位的同时,由手术助手取患者带有3层皮质的自体髂骨骨块,骨块长、宽、厚分别为5、2、1 cm,适当修剪骨块,将其置入患者肱骨头内下方的骨髓腔中,将植骨块作为支撑,辅助骨折块复位,用克氏针临时固定。使用C形臂X射线机透视满意后,将长度适宜的LCP放置骨膜外,使钢板前缘距结节间沟约10 mm,上缘距大结节顶点约5 mm,近端置入5~7枚锁定螺钉固定,远端置入3~4枚,并打入1枚Calcar螺钉穿透植骨块,使之与股骨头连为一个整体(术中所用LCP及固定螺钉均购自山东威高骨科材料股份有限公司)。再次透视活动患者的肩关节,确保其骨折部位已固定稳定且无螺钉穿破肱骨头,修复并重建关节囊和肩袖组织,切口经生理盐水冲洗后逐层缝合,放置负压引流管。

**1.2.2 研究组** 在对照组基础上采用3D打印量化植骨辅助治疗。**①**获取数据及三维模型重建:术前应用SOMATOM go.Now X射线计算机体层摄影设备(上海西门子医疗器械有限公司)对双侧肩关节进行断层扫描。设置参数:电压/电流120 kV/150 mA,螺距1.375 mm,层距/层厚1.25 mm/1.25 mm。保存格式为DICOM文件。应用MIMICCS 14.0软件,导入DICOM文件,进行肱骨近端粉碎性骨折三维模型重建。重建患者双侧肱骨的三维模型并将其导入Gemagic Studio软件中,对两侧肱骨镜像进行拟合,提取健侧镜像肱骨头表面点云数据,确定肱骨头大小及肱骨后倾角度(见图1)。3D打印植

骨材料采用医用级钛合金(Ti6Al4V ELI),通过选择性激光熔融技术制备,孔隙率60%~70%,孔径300~500  $\mu$ m。**②**体外模拟手术固定试验:应用Mimics软件,通过模拟平移、旋转等操作对骨折块实现虚拟复位,并进行解剖学形态测量。依上述模型测量明确内固定、螺钉等置入物的尺寸,评估骨质压缩所致的骨缺损程度。**③**3D打印:存储为STL格式,使用3D打印得到实体模型,术前观测肱骨近端粉碎性骨折模型,形成三维立体感认识,3D打印导板及植入物采用环氧乙烷灭菌(EO浓度600 mg/L,作用6 h)联合60 Co- $\gamma$ 射线辐照(25 kGy)。**④**术中精确取骨:根据术前设计,充分暴露髂部取骨区域,沿髂嵴切开,于髂前两侧置入3D打印截骨导板,通过导板精确取出自体髂骨,对切口进行逐层缝合。**⑤**术中精准修复及内固定术:行全身麻醉,体位及入路方式同对照组。依据骨折模型的数据评估,复位骨折端,用克氏针临时固定。C形臂X射线机透视满意,在大、小结节间沟后侧置入LCP,高度不超过大结节。皮质骨螺钉固定钢板,临时固定6~7枚锁定螺钉。锁定螺钉固定骨折远端,C形臂X射线机透视LCP固定稳定且无螺钉穿过侧骨皮质(见图2)。冲洗切口并逐层闭合,留置引流。术后两组均给予消炎止痛、预防感染等治疗。拔管后用肩肘吊带固定患肢。**⑥**生物相容性检测:参照ISO 10993-5/10标准<sup>[10]</sup>,完成细胞毒性试验(甲基噻唑盐蓝法)、溶血试验(比色法)及皮下植入试验。结果显示:细胞存活率>95%,溶血率<1%,组织病理学未见炎症浸润。

**1.2.3 随访** 随访12个月,对比两组手术相关指标,比较两组患者术后6、12个月的肩关节功能、骨密度及生活质量,并观察两组随访期间并发症发生情况。

## 1.3 观察指标

**1.3.1 手术相关指标** 术中出血量、手术时间、术后



图1 肱骨头影像



图2 LCP 内固定

1 h 疼痛评分、术后住院时间及骨折愈合时间。

**1.3.2 Constant–Murley 肩关节功能评分 (constant–murley shoulder score, CMS) 及骨密度 T 值** 采用

CMS 评分评估术后 6、12 个月肩关节功能恢复状况, 总分 100 分, 得分越高说明肩关节功能恢复越好。分别于术后 6、12 个月应用双能 X 射线吸收测定法对两组患者术后  $L_2 \sim L_4$  椎骨密度进行测定, 仪器为全身型双能 X 射线骨密度仪(美国 Hologic 公司, 型号: Discovery W)。

**1.3.3 并发症发生情况** 记录患者术后随访期间并发症发生情况, 并对比两组并发症发生率。

**1.3.4 生活质量** 分别于术后 6、12 个月应用健康调查简表 (short form 36 health survey, SF-36) 进行评估。SF-36 简表包括躯体健康 (physical component summary, PCS)、心理健康 (mental component summary, MCS) 两部分。PCS 涵盖躯体疼痛、生理职能、生理功能、总体健康 4 个方面; MCS 则从精神健康、精力、情感职能、社会功能 4 个角度进行评价, 评分 0 ~ 100 分, 总分越高患者生活质量越好。

**1.3.5 成本效益** 统计两组患者住院期间总费用、手术材料费及并发症处理费。

#### 1.4 统计学方法

数据分析采用 SPSS 22.0 统计软件。计量资料以均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 比较用  $t$  检验; 计数资料以构成比或率 (%) 表示, 比较用  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组手术相关指标比较

研究组与对照组的术中出血量、手术时间、术后 1 h 疼痛评分、术后住院时间及骨折愈合时间比较, 经  $t$  检验, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 与对照组比较, 研究组术中出血量更少, 术后 1 h 疼痛评分更低、手术时间、术后住院时间及骨折愈合时间均更短。见表 2。

表2 两组手术相关指标比较 ( $n=65$ ,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	术中出血量/mL	手术时间/min	术后 1 h 疼痛评分	术后住院时间/d	骨折愈合时间/周
研究组	$142.15 \pm 22.69$	$96.55 \pm 10.13$	$2.45 \pm 0.31$	$7.20 \pm 1.05$	$8.50 \pm 1.80$
对照组	$184.39 \pm 28.54$	$121.03 \pm 11.35$	$3.23 \pm 0.75$	$9.50 \pm 1.26$	$12.30 \pm 2.50$
$t$ 值	-9.340	-12.973	-7.748	-11.305	-9.945
$P$ 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

### 2.2 两组肩关节功能及骨密度比较

两组术后 6、12 个月的 Constant–Murley 评分比

较, 经  $t$  检验, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 研究组的 Constant–Murley 评分均高于对照组。两组术

后12个月的骨密度T值比较,经t检验,差异有统计学意义( $P<0.05$ );研究组高于对照组。但两组术后6个月的骨密度T值比较,经t检验,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。研究组与对照组术后6、12个月

的Constant-Murley评分、骨密度T值比较,经t检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );两组术后12个月的Constant-Murley评分、骨密度T值均高于术后6个月。见表3。

表3 两组术后6、12个月肩关节功能评分及骨密度比较 ( $n=65$ ,  $\bar{x}\pm s$ )

组别	Constant-Murley评分		骨密度T值	
	术后6个月	术后12个月	术后6个月	术后12个月
研究组	64.64 $\pm$ 7.42	80.24 $\pm$ 8.83 <sup>†</sup>	-1.98 $\pm$ 0.23	-1.44 $\pm$ 0.26 <sup>†</sup>
对照组	58.89 $\pm$ 7.34	74.43 $\pm$ 8.21 <sup>†</sup>	-2.00 $\pm$ 0.22	-1.59 $\pm$ 0.31 <sup>†</sup>
t值	4.441	3.884	-0.506	-2.988
P值	0.000	0.000	0.613	0.003

注: <sup>†</sup>与术后6个月比较,  $P<0.05$ 。

### 2.3 两组并发症发生情况

两组并发症总发生率比较,经 $\chi^2$ 检验,差异有统计学意义( $\chi^2=5.482$ ,  $P=0.019$ );研究组的并发症总发生率低于对照组。见表4。

表4 两组并发症发生情况 [ $n=65$ , 例(%)]

组别	感染	钢板松动	肩峰撞击综合征	神经损伤	总计
研究组	1(1.54)	1(1.54)	0(0.00)	2(3.08)	4(6.15)
对照组	5(7.69)	2(3.08)	2(3.08)	4(6.15)	13(20.00)

注:研究组神经损伤2例均为腋神经感觉支一过性麻痹,均发生于术后1~2周内,与手术操作直接相关。对照组神经损伤4例,其中2例腋神经牵拉伤,2例桡神经深支骨瘤压迫,均为术后3个月随访发现的迟发性骨瘤压迫,可能与骨瘤过度生长有关。

### 2.4 两组生活质量比较

两组术后6、12个月SF-36评分比较,经t检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );研究组术后6、12个月的SF-36评分均高于对照组。研究组术后6个月与术后12个月SF-36评分比较,经t检验,差异有统计学意义( $P<0.05$ );该组术后12个月SF-36评分较术后6个月升高。对照组术后6个月与术后12个月SF-36评分比较,经t检验,差异有统计学意义( $P<0.05$ );该组术后12个月SF-36评分较术后6个月升高。见表5。

### 2.5 两组治疗成本效益比较

两组住院总费用、手术材料费和并发症处理费比较,经t检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );与对照组比较,研究组的住院总费用和并发症处理费均更低。见表6。

表5 两组术后6、12个月SF-36评分比较

( $n=65$ , 分,  $\bar{x}\pm s$ )

组别	术后6个月	术后12个月
研究组	58.63 $\pm$ 8.82	69.22 $\pm$ 11.23
对照组	53.45 $\pm$ 9.64	63.83 $\pm$ 10.55
t值	3.196	2.820
P值	0.002	0.006

表6 两组治疗成本效益比较 ( $n=65$ , 元,  $\bar{x}\pm s$ )

组别	住院总费用	手术材料费	并发症处理费
研究组	8 421.87 $\pm$ 804.46	3 967.34 $\pm$ 421.65	1 245.31 $\pm$ 582.26
对照组	9 634.16 $\pm$ 852.51	3 792.19 $\pm$ 398.42	2 876.97 $\pm$ 843.21
t值	-8.338	1.044	-12.837
P值	0.000	0.016	0.000

### 3 讨论

肱骨近端骨折在老年群体中较为常见,在全身骨折中,肱骨近端骨折可达4%~5%<sup>[11]</sup>。传统的内固定治疗术可在一定程度上改善患者肩关节功能,但仍存在一定的局限性。老年人随着年龄增长普遍存在骨质疏松,其骨质往往较脆弱,使得钢板与内固定物之间的稳固性受到影响,进而影响骨愈合效果<sup>[12]</sup>。3D打印技术具有明显的优势:①优化术前规划。利用3D打印可获得患者的实体模型,能够更具体地了解其解剖结构,可在术前进行术中模拟,从而可完善手术方案。②个性化精准治疗。通过3D打印技术能根据患者具体情况进行个性化的设计与定制,使得植入物能更好地适应患者的解剖结构。因此,本研究将3D技术应该用于LCP内固

定术中,以期能提高临床疗效<sup>[13-15]</sup>。

本研究结果显示,研究组出血量较对照组更少,术后1 h疼痛评分更低,手术时间、住院时间及骨折愈合时间均更短。结果表明,应用3D打印量化植骨技术可有效缩短患者的手术时间及恢复时间<sup>[16]</sup>。分析原因,研究组在术前已通过了模拟复位,术中3D模型可用于评估骨折复位情况,能迅速定位关键位置,减少术中透视次数,缩短手术时间,且由于在术前的体外模拟手术固定试验中已明确了内固定的大小及长度,同无数据参考的对照组相比,可减小手术切口,减少出血量,从而患者术后疼痛感小、恢复快、住院时间更短<sup>[17]</sup>。本研究结果显示,术后6个月两组骨密度T值无差异,可能是由于术后6个月处于骨折早期修复阶段,骨痂形成尚未完全成熟,此时骨密度变化主要反映局部血供恢复和炎症反应调控,而非最终骨质量重建。本研究结果显示,研究组的Constant-Murley评分在术后6、12个月均高于对照组,骨密度T值在术后12个月高于对照组。结果表明,在3D打印技术的辅助治疗下,患者的骨愈合效果更好<sup>[18]</sup>。其原因可能为3D打印技术可实现精确化治疗。由于术前对患者的肱骨骨折模型进行了精确计算,明确了取骨范围,在术中取骨时利用截骨导板精确取骨,缺多少补多少,避免出现取骨量过多或不足、植骨区域过大的情况,因而患者骨愈合效果更好,肩关节功能恢复更满意<sup>[19]</sup>。康永强等<sup>[20]</sup>研究发现,在治疗腓骨骨折长短骨缺损时,应用3D打印量化植骨技术辅助治疗,术中一次性取骨成功率可达到100%,可有效缩短手术时间,减少出血量,降低患者术后疼痛程度,且并发症发生率低,本研究结果与之相符。孙振江等<sup>[21]</sup>报道,通过应用3D打印定制钢板辅助治疗外侧壁粉碎的股骨转子间骨折的患者,能缩短患者骨愈合时间,且术后患者的关节功能评分更高。黎智君等<sup>[22]</sup>在关于在肱骨近端骨折手术中应用3D打印技术的Meta分析中提到,肱骨近端骨折手术中应用3D打印技术可减少C形臂X射线机透视次数、提高手术效率、减少术中出血量,且患者术后运动功能恢复更快。本研究结果与之一致。

本研究结果显示,研究组并发症发生率低于对照组;研究组住院总费用及并发症总费用低于

对照组,但手术材料费高于对照组,表明在对照组的基础上,应用3D打印量化植骨技术可降低并发症发生率,进而减少经济成本。分析其原因:由于手术时间明显缩短,可降低术中麻醉风险及感染概率。其中,由于3D打印的植骨材料具有高度的适应性和精确性,能够更好地配合LCP,使内固定更加稳定,降低钢板松动以及肩峰撞击综合征发生的可能<sup>[23]</sup>。本研究结果显示,两组术后12个月的SF-36评分均高于术后6个月,且研究组的SF-36评分在术后6、12个月时较对照组均升高。结果表明,接受3D打印量化植骨辅助治疗的患者术后生活质量较高。这是因为应用3D打印量化植骨技术减少了手术损伤,减少了并发症发生的风险,患者的患肢内固定更加稳定,骨愈合更快,肩关节功能恢复快,患者能更早地恢复日常活动,从而提高生活质量<sup>[24]</sup>。詹恋胜等<sup>[25]</sup>研究结果显示,治疗Neer三型与四型的肱骨近端骨折患者,应用3D打印技术辅助治疗能显著加快骨折愈合速度,减少对肱骨近端血运的破坏,肱骨头坏死等并发症也减少。黄瑞鹏<sup>[26]</sup>报道,肱骨近端骨折手术中辅以3D打印技术,患者肩关节功能恢复效果更好,生活质量更高。本研究结果与之一致。

综上所述,对老年肱骨近端粉碎性骨折患者行自体髂骨植骨联合LCP内固定术中应用3D打印量化植骨技术,可显著提高手术效率,加快骨愈合,患者肩功能恢复得更好、并发症更少,且术后生活质量更高。

## 参 考 文 献 :

- [1] 张昀.自体髂骨植骨对急诊老年肱骨近端粉碎性骨折患者锁定钢板内固定治疗疗效的影响[J].中国医疗器械信息,2024,30(3): 134-136.
- [2] RATAJCZAK K, SZCZĘSNY G, TOMASZEWSKI W. Stabilization of comminuted fractures of the proximal humerus with intramedullary nails and angularly stable locking plates-functional results before and during the SARS-COVID-19 pandemics[J]. Medicina (Kaunas), 2023, 59(3): 575.
- [3] 李厚熹,梁承志,苏轶楣,等.锁定钢板内固定联合髂骨植骨治疗老年肱骨近端粉碎性骨折的疗效[J].中华创伤杂志,2023,39(3): 238-244.
- [4] 詹佳楠,杨洋,黄文华.3D打印技术在康复支具制作的应用研究[J].中国医学物理学杂志,2022,39(10): 1310-1312.
- [5] 王洪,王骏华,范建楠.4D生物打印技术在骨科中的应用进展[J].中华创伤骨科杂志,2024,26(10): 885-889.
- [6] 蒋维利,刘涛,张青波,等.基于3D打印技术改良单边经皮穿刺椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折[J].中国骨伤,

- 2024, 37(1): 7-14.
- [7] 胡芯源, 杨德猛, 王长庚. 3D打印技术辅助经皮置钉与钢板内固定在不稳定性骨盆骨折中近、远期疗效对比[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(15): 3689-3691.
- [8] 陈林, 李磊, 兰家平, 等. 3D打印技术辅助骨盆髋臼骨折术中髓髓螺钉置入准确性及学习曲线的回顾性队列研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2024, 42(2): 213-219.
- [9] WENDT K W, JAEGER M, VERBRUGGEN J, et al. ESTES recommendations on proximal humerus fractures in the elderly[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2021, 47(2): 381-395.
- [10] ISO. Biological evaluation of medical devices: part 5: tests for in vitro cytotoxicity: ISO 10993-5: 2009[S]. Vernier, Geneva, Switzerland: ISO, 2009.
- [11] 张玉富, 蒋协远. 肱骨近端骨折手术治疗的进展与思考[J]. 中国骨伤, 2023, 36(2): 99-102.
- [12] 姚川江, 张宏伟, 张晓刚, 等. 老年肱骨近端骨折内侧柱重建的研究进展[J]. 中国骨伤, 2022, 35(3): 300-304.
- [13] 王梦晗, 齐涵, 张元, 等. 3种3D打印模型辅助治疗Robinson II B2型锁骨骨折[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(9): 1403-1408.
- [14] 黄晨, 徐伟, 谢美明, 等. 术前虚拟规划联合3D打印模板预塑形钢板治疗髋臼后壁骨折[J]. 中国骨伤, 2024, 37(2): 135-141.
- [15] 陈华东, 尚学红, 赵宇, 等. 多层螺旋CT三维重建辅助3D打印技术对复杂髋臼骨折手术的应用价值研究[J]. 中国现代医学杂志, 2022, 32(11): 20-25.
- [16] 吕继连, 钟克涛, 叶克强, 等. 3D打印辅助口内入路精准治疗下颌骨粉碎性骨折[J]. 实用医学杂志, 2020, 36(17): 2339-2343.
- [17] 赵琼, 高小平, 王艳红. 计算机导航辅助3D打印技术在颧骨颧弓骨折复位钛板固定修复中的应用[J]. 中国现代医学杂志, 2022, 32(4): 24-29.
- [18] 罗俊浩, 周明, 马运宏, 等. 镜像3D打印预螺旋塑形接骨板结合定位导板辅助微创经皮接骨板内固定术治疗成人Robinson II B型锁骨骨折[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2025, 18(1): 51-56.
- [19] 杨立宇, 郭文娟, 叶飞, 等. 计算机模拟手术结合3D打印技术在复杂骨折手术中的应用进展[J]. 中国医科大学学报, 2025, 54(2): 167-170.
- [20] 康永强, 芮永军, 吴永伟, 等. 3D打印量化植骨辅助Masquelet技术二阶段治疗Gustilo IIIB、IIIC型胫腓骨骨折长段骨缺损的疗效[J]. 中华创伤杂志, 2023, 39(3): 252-258.
- [21] 孙振江, 朱辉, 张国瑞, 等. 3D打印定制钢板联合股骨近端防旋髓内钉在外侧壁粉碎的股骨转子间骨折中的应用[J]. 实用医学杂志, 2023, 39(5): 619-624.
- [22] 黎智君, 王烨, 黄安初, 等. 3D打印应用于肱骨近端骨折手术疗效的meta分析[J]. 重庆医学, 2023, 52(14): 2192-2197.
- [23] 黄震, 韩森东, 王志伟, 等. 3D打印技术在PHILOS锁定钢板治疗肱骨近端NeerIII、IV型骨折中的应用[J]. 组织工程与重建外科杂志, 2021, 17(6): 545-548.
- [24] 朱烜烨, 崔莉娟, 张蕾蕾, 等. 椎卯结构导板联合偏轴固定治疗Pauwels III型股骨颈骨折的疗效观察[J]. 中国修复重建外科杂志, 2025, 39(3): 284-289.
- [25] 詹恋胜, 陈金武, 徐显志. 3D打印技术辅助肩峰前外侧入路手术治疗Neer3、4型肱骨近端骨折的疗效[J]. 实用临床医药杂志, 2023, 27(6): 6-11.
- [26] 黄瑞鹏. 3D打印技术辅助治疗老年复杂肱骨近端骨折的效果分析[J]. 现代仪器与医疗, 2023, 29(1): 76-80.

(张西倩 编辑)

**本文引用格式:** 赵涛涛, 张扬, 张录强, 等. 3D打印量化植骨辅助自体髂骨植骨联合锁定钢板内固定在老年肱骨近端粉碎性骨折中的疗效分析[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(19): 92-98.

**Cite this article as:** ZHAO T T, ZHANG Y, ZHANG L Q, et al. Efficacy analysis of 3D-printed quantitative bone grafting assisted autologous iliac bone grafting combined with locking plate internal fixation in comminuted proximal humerus fractures in the elderly[J]. China Journal of Modern Medicine, 2025, 35(19): 92-98.