

# 3D 技术辅助下半肩置换治疗中老年肱骨近端粉碎性 Neer IV 型骨折

李建文, 杨永博, 万蕾, 叶锋, 陈园升, 王晓  
(上虞中医医院骨科, 浙江 绍兴 312300)

**【摘要】** 目的: 观察比较借助 3D 打印技术行半肩置换术与切开复位锁定钢板治疗中老年性肱骨近端粉碎性骨折(Neer IV 型)的肩关节功能、并发症、临床效果。方法: 2012 年 3 月至 2018 年 4 月收治 31 例中老年肱骨近端粉碎性骨折(Neer IV 型), 男 4 例, 女 27 例; 年龄 55~94 岁, 平均 71 岁; 病程 1~3 年。其中采用切开复位锁定钢板内固定(ORIF 组)20 例, 采用 3D 打印技术辅助下半肩置换术(HA 组)11 例。通过 CT 数据借助 Mimics 软件, 在计算机上模拟骨折重建, 测量出骨折端到肱骨头高度, 大结节到肱骨头高度, 肱骨头后倾角, 辅助半肩置换。术后随访, 行 X 线检查, 观察两组并发症发生率, 并对肩关节功能进行 Neer 评分。结果: 31 例患者获得随访, 时间 1~3 年, 平均 2 年。HA 组无假体松动、断裂和下沉, 人工肱骨头完好, 大小结节骨折不愈合 1 例, Neer 评分  $84.18 \pm 3.55$ ; ORIF 组肱骨近端骨吸收 8 例, 骨折不愈合 1 例, 内固定松动 1 例, Neer 评分  $55.91 \pm 10.78$ ; 两组肩关节功能 Neer 评分比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。结论: 3D 技术辅助半肩置换与切复锁定钢板固定治疗中老年肱骨近端粉碎性骨折(Neer IV 型)并发症少, 功能恢复较切复内固定好。

**【关键词】** 肱骨骨折; 肩骨折; 关节成形术, 置换, 肩; 打印, 三维; 骨折固定术, 内

中图分类号: 687.4+2, 687.3+2

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.09.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Treatment of comminuted Neer IV fracture of proximal humerus with lower shoulder replacement assisted by 3D technique** LI Jian-wen, YANG Yong-bo, WAN Lei, YE Feng, CHEN Yuan-sheng, and WANG Xiao. Department of Orthopaedics, Shangyu Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shaoxing 312300, Zhejiang, China

**ABSTRACT** **Objective:** To observe and compare the shoulder joint function, complications and clinical effects of hemiarthroplasty and open reduction and locking plate in the treatment of comminuted proximal humeral fracture (Neer IV) with 3D printing technique. **Methods:** From March 2012 to April 2018, 31 middle age and elderly patients with comminuted proximal humeral fractures (Neer IV) were treated, including 4 males and 27 females, aged from 55 to 94 years old with an average age of 71 years, with a course of 1 to 3 years. Among them, 20 cases were treated with open reduction and locking plate internal fixation (ORIF group) and 11 cases were treated with lower half shoulder replacement (HA group) assisted by 3D printing technology. Using CT data and Mimics software of Materialise Company in Belgium, the reconstruction of fracture was simulated on computer. The height of fracture end to humeral head, the height of tubercle to humeral head, the angle of humeral head backward obliquity were measured to assist the hemiarthroplasty. Follow-up and X-ray examination were performed, the incidence of complications were observed, and Neer score was used for the shoulder joint function. **Results:** Thirty-one patients were followed up for 1 to 3 years with an average of 2 years. In HA group, there was no prosthesis loosening, fracture and subsidence, the head of artificial humerus was intact, the fracture of nodules and nodules did not heal in 1 case, Neer score was  $84.18 \pm 3.55$ ; in ORIF group, there were 8 cases of proximal humerus bone resorption, 1 case of fracture nonunion, 1 case of internal fixation loosening, Neer score was  $55.91 \pm 10.78$ ; there was significant difference in Neer score of shoulder joint function between the two groups ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** 3D-assisted hemiarthroplasty and resection locking plate fixation for the treatment of comminuted proximal humeral fractures (Neer IV type) have fewer complications and better functional recovery than resection and internal fixation.

**KEYWORDS** Humeral fractures; Shoulder fractures; Arthroplasty, replacement, shoulder; Printing, three-dimensional; Fracture fixation, internal

通讯作者: 李建文 E-mail: lijianwen1414@163.com

Corresponding author: LI Jian-wen E-mail: lijianwen1414@163.com

肱骨近端粉碎性骨折常见于骨质疏松的中老年人, 跌倒肩部受力即可导致肱骨近端骨折, 且多为粉碎性。目前, 肱骨近端粉碎性骨折手术治疗方法主要

有微创骨折内固定、切开复位钢板内固定、髓内固定和肩关节置换等<sup>[1]</sup>。中老年人由于骨质疏松和创伤修复组织能力差,中老年性肱骨近端粉碎性骨折的治疗方法有两种,一种是切开复位内固定术,一种是半肩置换术,对于两种手术方法的选择和临床结果多有不同。自 2012 年 3 月至 2018 年 4 月收治 31 例中老年肱骨近端粉碎性骨折(Neer IV 型),20 例行切开复位锁定钢板内固定术,11 例在 3D 技术辅助下行半肩置换术,组间比较临床并发症和临床结果。取得较好的临床效果,以期指导手术方式的选择,并为手术方式引进 3D 打印技术,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

诊断标准:有明确的外伤史;有疼痛、肿胀、活动受限等临床表现和体征;闭合性骨折;影像学检查示为 Neer IV 型,骨折移位>1 cm 或成角 45°<sup>[2]</sup>。纳入标准:年龄≥55 岁;骨折前肩关节功能基本正常;采用三角肌胸大肌间隙入路;全麻;随访时间≥1 年。排除标准:肿瘤、结核等造成的病理性骨折;开放性骨折;主要血管及神经损伤患者;有精神类疾病,不能配合治疗的患者;骨折前有肩袖损伤,肩关节活动受限患者。

### 1.2 一般资料与分组

研究对象为 2012 年 3 月至 2018 年 4 月本院收治的 31 例 Neer IV 型肱骨近端粉碎性骨折,男 4 例,女 27 例;年龄 55~94 岁,平均 71 岁;左侧 17 例,右侧 14 例;跌伤 29 例,车祸伤 2 例;病程 1~3 年。其中采用切开复位锁定钢板内固定 (ORIF 组)20 例,采用 3D 打印技术辅助下半肩置换术(HA)组 11 例。两组患者年龄、性别、侧别等基线资料比较差异无统计学意义,具有可比性( $P>0.05$ ),见表 1。

表 1 两组老年性肱骨近端粉碎性 Neer IV 型骨折患者术前临床资料比较

Tab.1 Comparison of preoperative clinical data of elderly patients with comminuted Neer IV fracture of proximal humerus between two groups

组别	例数	性别(例)		年龄 ( $\bar{x}\pm s$ , 岁)	侧别(例)	
		男	女		左侧	右侧
ORIF 组	20	2	18	72.10±10.37	11	9
HA 组	11	2	9	70.27±9.69	6	5
检验值		$\chi^2=0.423$		$t=0.48$	$\chi^2=0.001$	
P 值		0.601		0.635	1	

### 1.3 治疗方法

入院后予患肢悬吊制动,七叶皂甙钠针或 20%

甘露醇针消肿,完善术前检查,1 周左右,待肿胀减轻或皮肤皱纹出现后再行手术,术前予头孢曲松钠针或头孢呋辛钠针预防感染。ORIF 组使用锁定钢板固定,HA 组使用骨水泥假体。

**1.3.1 切开复位锁定钢板内固定术** 全麻后,采用沙滩椅位,患肢肩部垫高,常规消毒铺巾。采用三角肌胸大肌间隙入路,用血管钳钝性分离,电刀适当止血,保护好头静脉,同胸大肌一起牵开,找到大小结节,肱骨头,清理骨折端淤血块,并生理盐水冲洗。保证视野清楚,用 1-0 可吸收线缝合大小结节,并找到肱二头肌肌腱沟,以此为参照,进行骨折复位,克氏针临时固定。C 形臂 X 线机透视确保颈干角、肱骨头后倾角恢复,内侧皮质复位良好,用肱骨近端锁定钢板螺钉进行固定。肩袖及大小结节用 1-0 可吸收线固定到钢板上,再次透视,确定内固定及骨折复位良好后,生理盐水充分冲洗,放置负压引流,逐层缝合,无菌辅料加压包扎。

**1.3.2 3D 打印技术辅助下半肩置换术** 术前应用 3D 打印技术,通过 CT 数据借助 Mimic 软件,计算机模拟下进行骨折复位,复位后测量出肱骨头后倾角,肱骨头到大结节垂直距离或骨折端到肱骨头的垂直距离,即为假体高度。麻醉、体位方式和手术入路同切复内固定组。术中保护好大小结节,保留全部骨碎块,取出肱骨头测量大小。根据术前测量的假体的高度和肱骨头后倾角,再结合假体自带的刻度,安装试模,确认高度及后倾角良好后,在肱骨干上用电刀烧灼做好标记,然后再精确的安装金属人工假体。根据 3D 打印的患侧肱骨近端模型,找出大小结节全部骨块,用取下的头掏取骨松质,进行假体周围植骨,然后进行捆绑复位大小结节,修复肩袖。充分冲洗,放置负压引流,逐层缝合。

**1.3.3 术后处理** 术后 2 d 拔出负压引流。术后当天开始进行手指、腕肘关节活动。在康复师指导下,术后 3 d 开始行钟摆运动,2 周后开始被动外展,旋前、旋后活动,3 周后开始被动上举,4 周开始主动上举、外展、旋前、旋后运动。

### 1.4 观察项目与方法

通过 X 线片观察有无骨折不愈合,肱骨近端有无骨吸收,内置物有无松动、断裂情况的发生。末次随访,根据肩关节 Neer<sup>[3]</sup>评分系统,从疼痛 35 分,功能 30 分,活动 25 分,解剖复位 10 分等方面进行综合评价,总分 100。

### 1.5 统计学处理

采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析,定量资料以均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,组间比较采用独立样本  $t$  检验;定性资料比较采用  $\chi^2$  检验。以  $P<0.05$  为差异

有统计学意义。

## 2 结果

31 例患者均获随访,时间 1~3 年,平均 2 年,两组患者手术切口均甲级愈合,未发生切口和假体周围感染。术后随访影像学发现,ORIF 组肱骨近端骨吸收 8 例,骨折不愈合 1 例,内固定松动 1 例;HA 组半肩置换无假体松动及下沉,人工肱骨头完好,大小结节骨折不愈合 1 例。末次随访时肩关节 Neer 评分结果见表 2,ORIF 组(55.91±10.78)分低于 HA 组(84.18±3.55)分,两组比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),说明肩关节置换术后和切复内固定术后差异显著。典型病例见图 1-2。

## 3 讨论

### 3.1 中老年性功能近端骨折的特点

中老年人尤其是绝经后的女性,常伴有骨质疏松,并随着年龄的增大,骨质疏松越明显,在外力的作用下易发生骨折。一旦遇到较为暴力的外力作用下,常为粉碎性骨折,移位明显,甚至肱骨头移位反转。Bergdahl 等<sup>[4]</sup>最近的一项研究中发现,86%的肱骨近端骨折发生在 50 岁或者更大的年龄。

### 3.2 切开复位锁定钢板固定的不足

目前,对于肱骨近端粉碎性骨折,手术方式以切

开复位锁定钢板固定为主,切开复位,对肱骨近端血运的破坏也是导致骨吸收坏死的原因之一。而且对于老年性肱骨近端粉碎性骨折患者,复位非常困难,尤其是骨质疏松严重者,复位钳复位时常导致新的骨折,造成骨折无法复位,对于骨折的愈合更加不利,术后常出现肱骨近端骨吸收,螺钉切出等并发症。一旦患者肱骨近端出血骨坏死吸收,此时再行半肩置换,常因大小结节骨吸收,肩袖萎缩力量下降等原因,临床效果更加不理想,这类患者通常只能选择保守治疗,失去了再行肩关节置换的意义。Greiner 等<sup>[5]</sup>对 48 例平均年龄 66 岁的肱骨近端骨折患者实施切开复位内固定术,进行了平均 45 个月的随访,其终末期发生肱骨头缺血坏死的概率达到 18.75%,且发生率随时间延长而呈增长态势。

### 3.3 适当的假体高度和后倾角

半肩假体的安装主要是掌握假体的高度和肱骨头的后倾角。假体高度和肱骨头后倾角是稳定肩关节、恢复肩关节功能重要的解剖参数。后倾角度的大小和肩关节前脱位的发生有很大关系,后倾角越小,患者术后发生肩关节前脱位的概率越大<sup>[6]</sup>。肩关节置换中,假体的后倾角多设置在 20°~40°,通过内外髁和结节间沟作为参考标志<sup>[7]</sup>。肱骨头假体位置过

表 2 两组中老年性肱骨近端粉碎性 Neer IV 型骨折患者术后肩关节功能 Neer 评分比较( $\bar{x} \pm s$ , 分)

Tab.2 Neer score of shoulder joint function after operation in two groups of elderly patients with comminuted Neer IV fracture of proximal humerus ( $\bar{x} \pm s$ , score)

组别	例数	疼痛	功能	活动度	解剖复位	总分
OFRIF 组	20	20.09±5.94	15.82±4.77	14.82±3.52	5.18±3.25	55.91±10.78
HA 组	11	30.18±2.44	26.18±1.54	19.64±2.94	8.18±1.08	84.18±3.55
<i>t</i> 值		-5.211	-6.857	-3.486	-2.905	-8.261
<i>P</i> 值		0.000	0.000	0.002	0.013	0.000

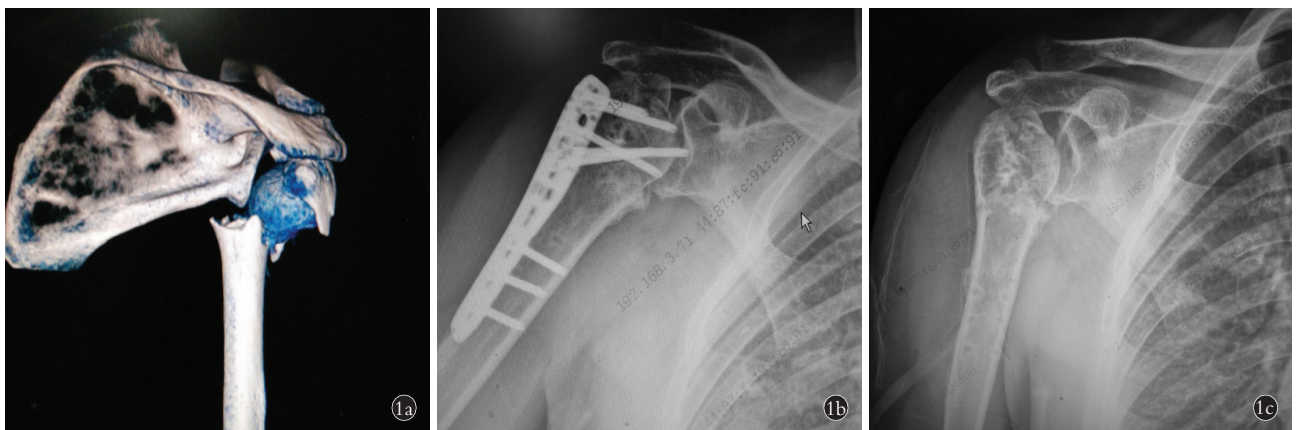
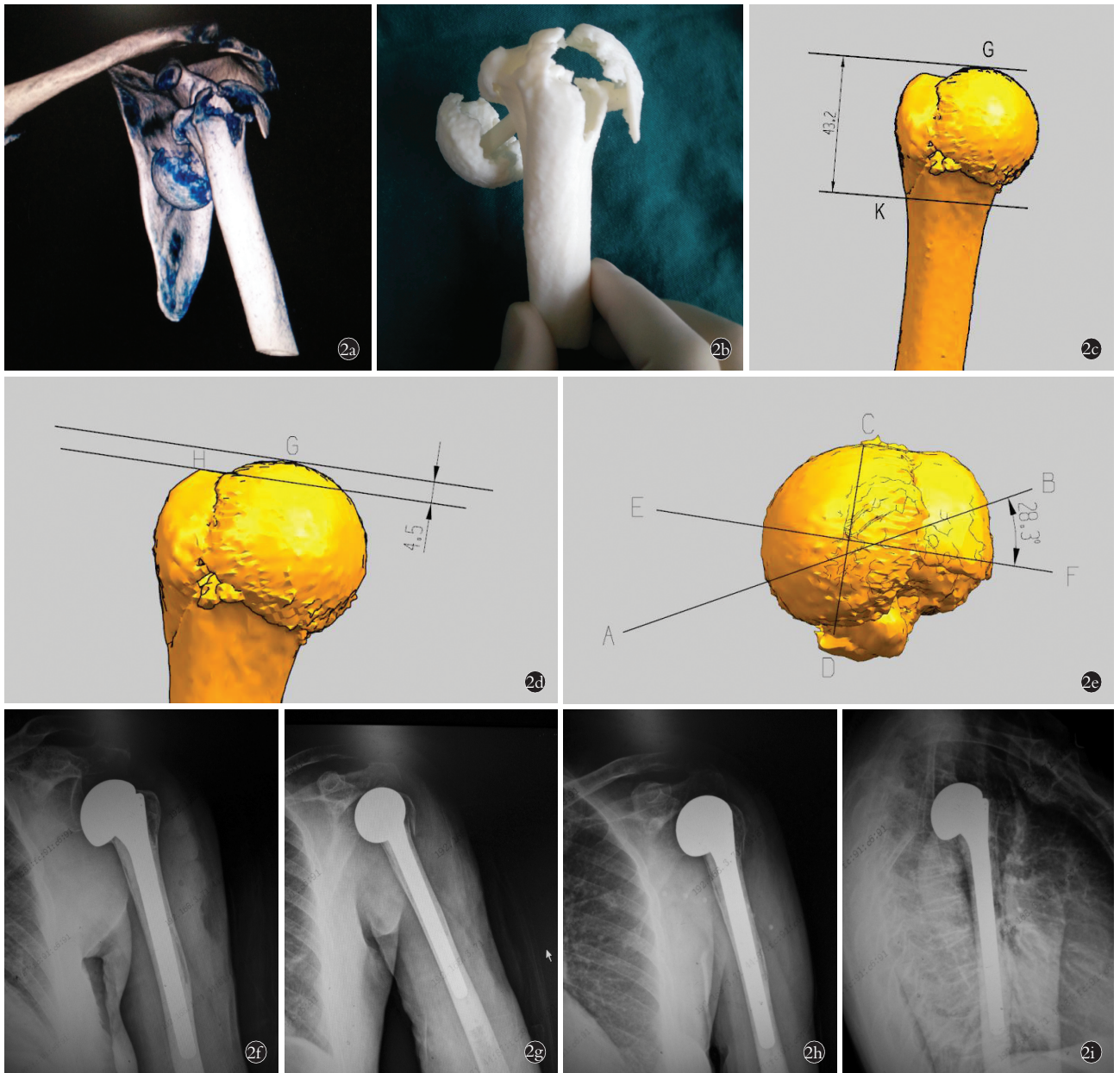


图 1 患者,女,59 岁,跌伤致肱骨近端粉碎性 Neer IV 型骨折 1a. 术前骨折三维重建 1b,1c. 切开复位内固定术后 1 年内固定拆除前后正位 X 线片示肱骨头吸收

Fig.1 A 59-year-old female with comminuted Neer IV fracture of proximal humerus caused by falls 1a. Three-dimensional reconstruction of preoperative fracture 1b,1c. Positive X-ray of humerus head before and after removal of internal fixation 1 year after open reduction and internal fixation

低会导致大结节过于靠近肩峰或者内旋时与关节盂边缘发生撞击;相反,肱骨头假体位置过高,会使其上方的冈上肌腱张力增加,导致肌腱在假体头和肩峰之间受到挤压<sup>[8]</sup>。一般认为,假体高度为肱骨大结

节顶点到肱骨头的垂直距离为 6~8 mm,但是个体差异及数据测量多有差异。通过 3D 打印技术对骨折进行拼接复位,直接测量患侧肱骨头后倾角及安装假体高度,经临床实践,方法可行性和准确度较高。



**图 2** 患者,女,68 岁,跌伤致肱骨近端粉碎性 Neer IV 型骨折 **2a**. 术前骨折三维重建 **2b**. 骨折 3D 打印模型 **2c,2d,2e**. 通过 Materialise 公司的 Mimics 软件,在计算机上模拟骨折重建,测量出假体安装的高度:肱骨头最高点 G 与肱骨干骨折端 K 的垂直距离 GK;肱骨头最高点 G 与肱骨大结节最高点 H 之间的垂直距离 GH;肱骨头后倾角:取关节面弧度变化最明显处分别为 C 和 D,作 CD 的垂直线 EF,肱骨内外髁连线 AB 与 EF 的夹角,即肱骨头的后倾角 **2f,2g**. 术后正侧位 X 线片示大结节骨折有错位 **2h,2i**. 术后 3 个月正侧位 X 线片示大结节骨折基本愈合

**Fig.2** A 68-year-old female with comminuted Neer IV fracture of proximal humerus caused by a fall injury **2a**. Three-dimensional reconstruction of pre-operative fracture **2b**. 3D printing model of fracture **2c,2d,2e**. Through the Mimics software of Materialise Company, fracture reconstruction was simulated on the computer, and the height of prosthesis installation was measured; the vertical distance between the highest point of humeral head G and the fracture end K of humeral shaft GK; the vertical distance between the highest point of humeral head G and the highest point H of humeral tubercle GH; the posterior inclination angle of humeral head; the radian change of articular surface was the most obvious. The vertical EF of CD and the angle between AB and EF of the internal and external condylar connection of humerus are respectively C and D, i.e. the backward inclination of the humeral head **2f,2g**. Postoperative positive and lateral X-ray showed dislocation of fracture of greater tubercle **2h,2i**. Positive and lateral X-ray films at 3 months after operation showed that the fracture of greater tubercle healed basically

### 3.4 肩关节软组织平衡的重建

肩袖对肩关节软组织力学的平衡意义重大,也是肩关节功能的基础。肩关节的运动和稳定对肩袖具有很强的依赖性,肩关节置换中,对肩袖的完整保存和有效修复,对预后有很大的影响<sup>[9]</sup>。Hashiguchi 等<sup>[10]</sup>报道 45 例术后平均 Constant-Murley 评分为 82.2 分,而术中发现有肩袖撕裂的 2 例术后 Constant-Murley 评分仅为 53 分和 54 分,且存在大结节吸收的患者肩关节功能明显低于其他患者。肩袖的修复需要借助大小结节来完成。半肩关节置换是一种对术后要求较高的手术,术中必须确定大小结节的位置并用缝线固定,肱骨大小结节修复失败是手术失败最常见的原因之一<sup>[11]</sup>。肩袖止点附着于大小结节,尽量保护好大小结节的每一块骨块,避免直接钳夹大小结节骨块,以免造成新的骨折,同时也应避免冲洗大小结节骨折碎块,以避免碎块及骨松质的流失,对大小结节同假体一起进行复位捆绑。大小结节的解剖复位与假体稳定的捆绑可以防止大小结节不愈合、畸形愈合,为早期功能锻炼提供有利条件。

### 3.5 3D 打印技术引入半肩置换术

人工半肩置换术已在肱骨近端粉碎性骨折治疗中开展,且大量临床随访研究证实其能够有效改善患者肩关节功能<sup>[12]</sup>。对于骨质疏松明显的老年患者,肩关节置换术是一个可行的选择,考虑到假体的使用寿命,年轻的患者一般不推荐假体置换<sup>[13]</sup>。借助 3D 打印技术,利用 Materialise 公司的 Mimics 软件术前测量肱骨头后倾角和安装假体高度。在进行结节大小捆绑复位时,参照 3D 打印的模型,熟知大小结节折块的大小数量和具体位置,尽可能的保留骨碎块,进行复位,重建肩袖力学平衡。借助 3D 打印技术尽可能的修复患侧肱骨近端的解剖参数,实现肩关节功能恢复的最大化。

总之,借助 3D 打印技术对老年性 NeerIV 型肱骨近端粉碎性骨折行半肩置换可以更好的重建肱骨近端解剖参数,最大限度恢复肩关节功能,尽可能的避免切复锁定钢板固定术后骨坏死吸收,螺钉松动等并发症的发生。

#### 参考文献

[1] 王雷. 肱骨近端骨折治疗的理念与思考[J]. 中国骨伤, 2013, 26(1): 1-3.  
WANG L. The concept and thinking of the treatment of proximal humerus fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2013, 26(1): 1-3. Chinese.

[2] Conboy VB, Morris RW, Kiss J, et al. An evaluation of the Constant-Murley shoulder assessment[J]. J Bone Joint Surg Br, 1996, 78(2): 229-232.

[3] Neer CS 2nd. Displaced proximal humeral fractures. II. Treatment of three-part and four-part displacement[J]. J Bone Joint Surg Am, 1970, 52(6): 1090-1103.

[4] Bergdahl C, Ekholm C, Wennergren D, et al. Epidemiology and patho-anatomical pattern of 2 011 humeral fractures; data from the Swedish Fracture Register[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2016, 17: 159.

[5] Greiner S, K b MJ, Haas NP, et al. Humeral head necrosis rate at mid-term follow-up after open reduction and angular stable platefixation for proximal humeral fractures[J]. Injury, 2009, 40(2): 186-191.

[6] 何晖, 杨岳聪, 甘秀天, 等. 人工肱骨头置换术治疗肱骨近端骨折的研究进展[J]. 广西中医药大学学报, 2015, 18(1): 74-77.  
HE H, YANG YC, GAN XT, et al. Progress in the treatment of proximal humerus fractures with artificial humeral head replacement[J]. Guang Xi Zhong Yi Yao Da Xue Xue Bao, 2015, 18(1): 74-77. Chinese.

[7] 王均, 黄河, 王少云, 等. 3D 打印个体化导航模板辅助半肩置换术的有效性和精准性[J]. 中华创伤骨科杂志, 2017, 19(7): 596-602.  
WANG J, HUANG H, WANG SY, et al. The effectiveness and accuracy of 3D printing individualized navigation template assisted semi-shoulder replacement[J]. Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi, 2017, 19(7): 596-602.

[8] 王均, 罗浩天, 周游, 等. 计算机辅助半肩关节置换治疗肱骨近端骨折的初步应用[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2015, 9(2): 155-160.  
WANG J, LUO HT, ZHOU Y, et al. Preliminary application of computer-assisted semi-shoulder joint replacement for the treatment of proximal humerus fractures[J]. Zhonghua Guan Jie Wai Ke Za Zhi (Dian Zi Ban), 2015, 9(2): 155-160. Chinese.

[9] Lapner PL, Jiang L, Zhang T, et al. Rotator cuff fatty infiltration and atrophy are associated with functional outcomes in anatomic shoulder arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 2015, 473(2): 674-682.

[10] Hashiguchi H, Iwashita S, Ohkubo A, et al. The outcome of hemiarthroplasty for proximal humeral fractures is dependent on the status of the rotator cuff[J]. Int Orthop, 2015, 39(6): 1115-1119.

[11] 蒋电明, 苏保. 肱骨近端骨折治疗的选择和现状[J]. 中国骨伤, 2014, 27(12): 975-979.  
JIANG DM, SU B. Selection and current status of treatment of proximal humerus fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2014, 27(12): 975-979. Chinese.

[12] 赖超超, 谭显春, 陈兴爱, 等. 人工半肩置换术治疗肱骨近端粉碎性骨折的疗效[J]. 成都医学院学报, 2016, 11(2): 235-242.  
LAI CC, TAN XC, CHEN XA, et al. The effect of artificial semi-shoulder replacement for the treatment of comminuted proximal humerus fracture[J]. Cheng Du Yi Xue Yuan Xue Bao, 2016, 11(2): 235-242. Chinese.

[13] 汪琳, 陈晓, 曹烈虎, 等. 肱骨近端四部分骨折治疗进展[J]. 中华肩肘外科电子杂志, 2017, 5(1): 69-72.  
WANG L, CHEN X, CAO LH, et al. Progress in the treatment of four-part fracture of the proximal humerus[J]. Zhonghua Jian Zhou Wai Ke Dian Zi Za Zhi, 2017, 5(1): 69-72. Chinese.