

3D 打印技术辅助肩峰前外侧入路手术治疗 Neer 3、4 型肱骨近端骨折的疗效

詹恋胜, 陈金武, 徐显志

(武汉科技大学附属华润武钢总医院 创伤骨科, 湖北 武汉, 430065)

摘要:目的 观察 3D 打印技术辅助肩峰前外侧入路手术内固定治疗 Neer 3、4 型肱骨近端骨折(PHF)的临床效果。方法 选取行肩峰前外侧入路手术治疗的 Neer 3、4 型 PHF 患者 43 例,随机分为对照组 20 例和 3D 打印组 23 例。比较 2 组手术时间、术中出血量、透视次数、解剖复位率、术后引流量。随访 12 个月,记录并比较 2 组肩关节 Neer 评分和肩关节功能评分(CMS)。结果 3D 打印组的手术时间、术中出血量、术后引流量和 C 臂机透视次数均短于或少于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。3D 打印组骨折愈合时间和术后 12 个月疼痛评分短于或低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。3D 打印组术后 3、12 个月 Neer 评分及术后 12 个月肌力、日常活动和关节活动范围评分高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。术后 3 个月,3D 打印组肱骨头丢失高度、肱骨头内翻角小于对照组,肱骨颈干角大于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。3D 打印组出现 1 例(4.35%)肱骨头坏死,对照组出现 3 例(15.00%)肱骨头坏死,其余患者骨折均愈合。结论 应用 3D 打印技术辅助肩峰前外侧入路手术治疗 Neer 3、4 型 PHF,可显著缩短手术时间、骨折愈合时间,减少术中出血量,减少对肱骨近端血运的破坏,显著改善患者肩关节功能。

关键词: 3D 打印; Neer 分型; 肱骨近端骨折; 肩峰前外侧入路; 肩关节功能评分

中图分类号: R 61; R 274.1 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2023)06-006-06 DOI: 10.7619/jcmp.20230222

Efficacy of 3D printing assisted anterolateral acromial approach in the treatment of Neer type 3, 4 of proximal humeral fractures

ZHAN Liansheng, CHEN Jinwu, XU Xianzhi

(Department of Trauma Orthopaedics, China Resources Wuhan Steel General Hospital Affiliated to Wuhan University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, 430065)

Abstract: Objective To observe the clinical effect of 3D printing assisted anterolateral acromion approach in treatment of Neer type 3 and 4 of proximal humerus fractures (PHF). **Methods** A total of 43 patients with Neer type 3 and 4 of PHF who underwent anterolateral acromial approach were selected and randomly divided into control group ($n = 20$) and 3D printing group ($n = 23$). Operation time, intraoperative blood loss, fluoroscopy times, anatomic reduction rate and postoperative drainage volume were compared between the two groups. Follow-up for 12 months, the shoulder Neer score and Constant-Murley score (CMS) were recorded and compared between the two groups. **Results** The operative time, intraoperative blood loss, postoperative drainage volume and C-arm fluoroscopy times in the 3D printing group were significantly shorter or less than those in the control group ($P < 0.05$). Fracture healing time and 12 months postoperative pain score in the 3D printing group were significantly shorter or lower than those in the control group ($P < 0.05$). Neer scores of 3 and 12 months after surgery and muscle strength, daily activity and joint range of motion score 12 months after surgery in the 3D printing group were significantly higher than those of the control group ($P < 0.05$). Three months after surgery, the humeral head loss height and the humeral head varus angle in the 3D printing group were significantly lower, while the humeral neck trunk angle was significantly higher than that in the

收稿日期: 2023-02-02 修回日期: 2023-02-06

基金项目: 湖北省武汉市医学科研项目(WX20Z07)

通信作者: 陈金武, E-mail: 364855966@qq.com

control group ($P < 0.05$). There was 1 case (4.35%) of humeral head necrosis in the 3D printing group, and 3 cases (15.00%) in the control group, and the fractures of the rest patients were all healed. **Conclusion** The application of 3D printing technology to assist the anterolateral acromial approach in treatment of Neer type 3 and 4 of PHF can significantly shorten the operation time and fracture healing time, reduce intraoperative blood loss, and reduce the damage to the proximal humerus blood supply, and significantly improve the shoulder joint function of patients.

Key words: 3D printing; Neer type; proximal humerus fractures; anterolateral acromial approach; Constant-Murley score

肱骨近端骨折 (PHF) 是一种常见的四肢骨折, 受骨质疏松、车祸、高空坠物等因素影响, PHF 的发病率呈逐年增高趋势^[1-2]。PHF 多采用切开复位内固定手术治疗, 肩峰前外侧是较为成熟且常见的手术入路, 其因具有骨膜剥离少、对骨折端血供破坏性小以及对软组织损伤性小、对旋肱血管分支损伤小等优点而被广泛应用于临床, 尤其适用于伴有骨质疏松的老年 PHF 患者, 有利于促进骨痂形成和术后恢复, 降低肱骨头缺血坏死率^[3]。Neer 3、4 型 PHF 属于粉碎性骨折类型, 常常只有部分或少量的关节囊附着, 骨折后因血肿而易与附近软组织粘连, 进而影响血运, 如治疗不当则会进一步增高缺血性坏死风险^[4-5]。随着数字化时代的发展, 3D 打印技术已被广泛应用于创伤骨科并取得了较好的效果^[6], 如术前评估^[7]、手术规划^[8]和术中导航^[9]等方面, 将 3D 打印技术辅助应用于治疗粉碎性骨折方面也获得了较好结果^[10-11], 但关于 3D 打印辅助肩峰前外侧入路手术内固定治疗 Neer 3、4 型 PHF 的研究较少。本研究观察 3D 打印技术辅助肩峰前外侧入路手术内固定治疗 Neer 3、4 型 PHF 的效果, 现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2018 年 8 月—2021 年 8 月采用肩峰前外侧入路手术内固定治疗的 Neer 3、4 型 PHF 患者 43 例, 采用随机数字表法将患者分为 3D 打印组 23 例和对照组 20 例。纳入标准: ① 采用第 9 版外科学 Neer 骨折分类方法, 术前三已确诊为 PHF 或伴有脱位, 为 Neer 3 型或 Neer 4 型者; ② 受伤时间 < 2 周, 均为新鲜闭合性骨折者; ③ 术后进行规范化的康复训练者; ④ 术后随访时间 ≥ 12 个月者; ⑤ 年龄 > 50 岁者。排除标准: ① 患侧肩关节周围存在大面积感染灶者; ② 合并难以

修复的肩袖撕裂者; ③ 既往存在肩关节疾病或有肩关节手术史者; ④ 存在严重的内科并发症、意识障碍、脑梗死和肿瘤等疾病者; ⑤ 资料不完整, 不配合治疗, 未签署知情同意书者; ⑥ 妊娠期或哺乳期女性。2 组患者的性别、年龄、体质量指数、手术距受伤时间、骨折分型、美国麻醉医师协会 (ASA) 分级和骨折原因等临床资料比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 1。本研究已获得华润武钢总医院伦理委员会批准, 所有患者术前均签署知情同意书。

表 1 2 组患者一般资料比较 ($\bar{x} \pm s$) [n (%)]

指标	3D 打印组 ($n=23$)	对照组 ($n=20$)	t/χ^2	P	
性别	男	10(43.48)	9(45.00)	0.010	0.920
	女	13(56.52)	11(55.00)		
年龄/岁	72.13 ± 4.76	71.00 ± 5.46	0.725	0.477	
体质量指数/(kg/m^2)	23.15 ± 2.15	23.61 ± 2.36	0.669	0.512	
手术距受伤时间/h	3.56 ± 1.24	3.47 ± 1.36	0.227	0.823	
骨折分型	3 型	15(56.52)	13(65.00)	0.125	0.724
	4 型	8(43.48)	7(35.00)		
ASA 分级	Ⅱ级	13(56.52)	13(65.00)	0.322	0.571
	Ⅲ级	10(43.48)	7(35.00)		
骨折原因	摔伤	11(47.83)	10(50.00)	1.488	0.475
	交通意外	9(39.13)	5(25.00)		
	其他	3(13.04)	5(25.00)		

1.2 方法

1.2.1 3D 打印骨折模型及体外手术模拟: 3D 打印组采用 64 排螺旋 CT 对患侧肱骨近端进行扫描, 数据保存为 DICOM 格式, 术前手术医生使用医学 3D 处理软件 (Mimics Research 21.0) 处理上述获得的 CT 数据, 以构建三维数字模型。具体包括: 调整阈值显示患侧肩关节周围骨骼的完整结构, 应用区域生长函数分割骨骼和软组织, 区分 PHF 与正常肩胛骨和锁骨, 以减少噪音并平滑裂缝; 分割以定义肱骨骨折碎片, 然后重建肱骨近端以构建 3D 数字模型, 将该数据导入科室自备的医用 3D 打印机, 打印出 1:1 骨折实物模型。骨科医生可以在体外模拟复位, 在实物模型上演练骨折块复位及固定, 以预先解决复位过程中可

能遇到的问题,选择合适的钢板和螺钉。

1.2.2 手术方法:臂丛麻醉或全身麻醉后,所有患者采用沙滩椅姿势,患肩垫高。经肩峰前外侧入路,沿肌束间隙分离进入,注意保护三角肌前部纤维和头静脉。暴露骨折断端,适当剥离骨膜,清理骨折断端嵌入的软组织后,通过撬拨、夹持等方法进行复位。3D 打印组按照术前演练的复位过程依次复位骨折块,选择相同型号的钢板螺钉固定。对照组术中采用常规方法摸索复位过程,仅依靠术中的测量选择合适的钢板和螺钉,必要时对部分老年患者进行植骨。所有患者术中均使用 5 号爱惜帮可吸收缝线将损伤的肩袖缝合于肱骨近端锁定钢板重建孔上。通过 C 臂机透视,仔细检查钢板螺钉的位置、深度,肱骨头下方的螺钉长度必须达到关节面进行固定,螺钉形成三角形结构,以确保有效的内侧支撑。检查骨折的复位和固定,确保不会影响肩关节的活动度。

1.2.3 术后处理及快速康复:所有患者术后 24 h 内均予相同抗生素。术后首日,复查患肩正侧位平片,并在骨科医生的指导下训练钟摆运动。术后第 2 天,所有患者均拔除伤口引流管,记录引流量。术后第 3 天,制订康复训练计划,在专业的康复医生指导下进行康复,逐渐向肩关节外展、前屈、内旋、外旋等主动动作过渡。出院后,患者在门诊康复中心继续进行相同的康复训练。

1.3 观察指标

收集手术相关指标,包括手术时间、术中出血量、C 臂机透视次数、术后引流量和解剖复位率等。通过科室运营的公众号“杏仁医生”,组织专

业人员进行术后随访,指标包括骨折愈合时间,术后 3、12 个月肩关节 Neer 评分和肩关节功能评分(CMS)。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 23.0 统计学软件进行数据处理,计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较采用 t 检验;计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,组间比较采用卡方检验。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 临床指标

所有患者术后均未出现医源性桡神经损伤。3D 打印组的手术时间、术中出血量、术后引流量和 C 臂机透视次数均短于或少于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$);2 组解剖复位率比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

2.2 随访结果

随访 12~48 个月,随访中位数 20 个月。3D 打印组出现 1 例(4.35%)肱骨头坏死,对照组出现 3 例(15.00%)肱骨头坏死,其余患者骨折均愈合。3D 打印组骨折愈合时间和术后 12 个月疼痛评分短于或低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$);术后 3、12 个月 Neer 评分,术后 12 个月肌力、日常活动和关节活动范围评分高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 3、表 4。

2.3 影像学评估

3D 打印组术后 3 个月肱骨头丢失高度、肱骨头内翻角小于对照组,肱骨颈干角大于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 5。

表 2 2 组患者手术相关情况比较 $(\bar{x} \pm s)[n(\%)]$

组别	n	手术时间/min	术中出血量/mL	术后引流量/mL	C 臂机透视/次	解剖复位
3D 打印组	23	100.22 ± 14.47*	138.09 ± 8.47*	35.78 ± 4.23*	2.85 ± 0.75*	21(91.30)
对照组	20	113.05 ± 7.13	150.05 ± 12.32	49.05 ± 2.96	5.57 ± 1.04	14(70.00)

与对照组比较, * $P < 0.05$ 。

表 3 2 组术后随访结果比较 $(\bar{x} \pm s)$

组别	n	骨折愈合时间/周	术后 3 个月 Neer 评分/分	术后 12 个月 Neer 评分/分
3D 打印组	23	12.13 ± 1.42*	74.74 ± 3.86*	82.26 ± 1.91*
对照组	20	13.45 ± 1.43	72.20 ± 2.97	80.50 ± 1.43

与对照组比较, * $P < 0.05$ 。

表 4 2 组术后 12 个月 CMS 评分比较 $(\bar{x} \pm s)$

组别	n	疼痛	肌力	日常活动	关节活动范围
3D 打印组	23	11.26 ± 1.84*	21.13 ± 2.10*	18.13 ± 2.46*	34.52 ± 3.53*
对照组	20	13.00 ± 1.21	18.15 ± 1.57	16.15 ± 1.50	31.60 ± 1.93

与对照组比较, * $P < 0.05$ 。

分

表5 2组术后3个月影像学资料比较($\bar{x} \pm s$)

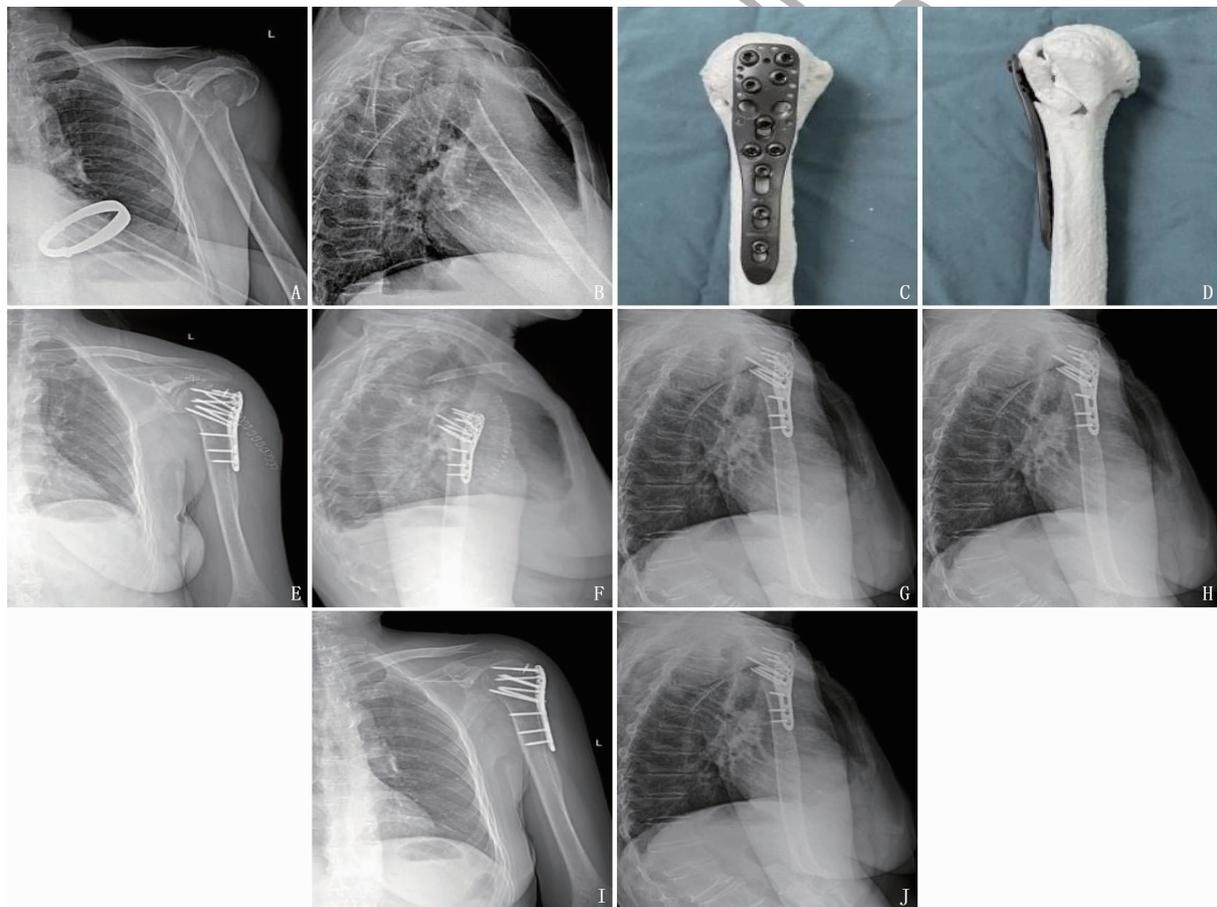
组别	n	肱骨颈干角/°	肱骨头内翻角/°	肱骨头丢失高度/mm
3D打印组	23	133.82 ± 2.15*	0.62 ± 0.21*	1.42 ± 0.22*
对照组	20	129.63 ± 2.60	4.39 ± 1.31	14.35 ± 0.74

与对照组比较, * $P < 0.05$ 。

2.4 典型病例

患者,女性,71岁,车祸伤至左肩,疼痛且活动受限3h。入院后予以镇痛、补液等常规药物治疗。完善入院检查化验,排除手术禁忌证。拟行急诊手术,术前行患肩CT检查,并建立三维数字模型,打印出骨骼模型,确诊为肱骨近端 Neer 3

型骨折。在实物模型上进行骨折块模拟复位及固定,演练复位固定过程,选择合适型号的钢板螺钉,术中采取肩峰前外侧入路行内固定治疗。术后请康复科医师指导,早期行规范康复训练。出院后定期于门诊复诊,继续于门诊康复病区进行康复训练。见图1。



A、B: 术前左肩正侧位,提示 Neer 3 型 PHF; C、D: 术前实物模型正侧位,在实物模型上模拟演练复位及内固定可见骨折端复位良好,肱骨内侧距恢复良好,钢板螺钉固定合适; E、F: 术后复查左肩正侧位,骨折复位固定较好,肱骨内侧距恢复良好; G、H: 术后3个月左肩正侧位 X 线检查可见骨痂通过骨折线,骨折线较前模糊; I、J: 术后12个月左肩正侧位 X 线检查可见骨折线消失,骨折完全愈合。

图1 肱骨近端 Neer 3 型骨折患者行 3D 打印技术辅助肩峰前外侧入路手术治疗前后及随访

3 讨论

目前,临床上普遍认为采用肩峰前外侧入路行切开复位内固定手术治疗 PHF 具有切口小、软组织及骨膜剥离少、对骨折端血供损伤小、有利于骨折愈合和减少术后并发症等优点^[12-13]。陈启明等^[14]也认为,采用肩峰前外侧入路不仅对机体

刺激性小,而且对内环境影响小、术后疼痛轻,患者能够早期进行规范化康复训练,术后早期可明显改善肩关节稳定性。但对于 Neer 3、4 型 PHF 存在骨折块粉碎严重的情况,肩峰前外侧入路需要充分暴露肱骨大、小结节和肱骨头,广泛剥离周围软组织和骨膜,可损伤周围供血小动脉,导致肱骨头血运变差,容易继发肱骨头坏死等并发

症^[15],加之不少高龄患者伴有不同程度的骨质疏松,对肩峰前外侧入路下有效复位固定骨折端提出了挑战^[16]。

对于骨折修复,仅仅依靠传统影像学资料,如X线、CT断层扫描等资料提供的信息还不能作为骨科医生选择不同治疗方法和手术入路的依据^[17]。3D打印技术可以制作各种1:1骨折模型,在创伤骨科领域取得了长足的进步^[18-19]。本研究应用3D打印技术辅助肩峰前外侧入路治疗Neer 3、4型PHF,通过在模型上进行手术模拟、演练,达到术中精准复位,克服了单纯应用肩峰前外侧入路无法有效固定骨折端的缺点,避免了肱骨近端的血运破坏,显著提高了复位效果。相关研究^[20]采用3D打印技术配合预制接骨板微创手术治疗骨关节创伤,结果显示,与对照组相比,3D打印技术配合预制接骨板治疗可减小手术创伤、缩短手术时间及降低输血风险,提高痊愈率。徐琳等^[21]采用3D打印技术辅助改良Stoppa联合K-L入路治疗复杂髌臼骨折,结果显示,该法可帮助临床医生术前制订合理手术方案,缩短手术时间,减少术中出血量,提高围术期的安全性,便于术中骨折精准复位。

本研究采用Mimics Research 21.0图像处理软件处理DICOM格式的薄层CT扫描数据,建立三维数字模型,使用本院自备的医用3D打印机(无需外委,显著缩短模型定制周期,完全可以满足急诊手术)术前即可做出1:1的骨折模型。相较于传统影像学资料,实物模型能够让骨科医生更直观、准确地了解骨折部位及分类,有助于明确诊断和骨折分型^[22-23]。术中证实,3D打印组所有患者术前制造的3D模型和实际骨折形态完全相符,按照手术模拟,复位各部分骨折块,选择预先选好的钢板及螺钉固定,使复位固定过程精准化、简单化,显著缩短手术时间,骨折块周围需要剥离的周围软组织也明显减少,降低破坏肱骨头周围的供血小动脉风险。本研究中,在骨折愈合时间和术后3、12个月Neer评分及术后12个月CMS等方面比较,3D打印组的骨折愈合时间更短,肩关节功能恢复及预后均优于对照组。3D打印组出现1例(4.35%)肱骨头坏死,对照组出现3例(15.00%)肱骨头坏死,说明3D打印组术中对肱骨头周围软组织剥离少,能够有效保证肱骨头周围小动脉的供血,降低肱骨头缺血坏死的可能性。由此可见,与单纯肩峰前外侧入路行切开

复位内固定手术相比,3D打印技术辅助肩峰前外侧入路手术内固定治疗Neer 3、4型PHF具有明显优势:①临床理论上,通过3D打印技术,骨科医生手术前可以在实物模型上进行骨折块的模拟复位、固定,预演手术过程,制订精确、个性化的手术方案,加深对骨折真实直观的认识;临床应用上,Neer 3、4型PHF的闭合复位对手法要求较高,反复复位容易造成软组织损伤,3D打印技术有助于帮助主治医师提早分辨软组织的交锁阻挡。一方面可避免盲目或过度用力操作破坏软组织连接,降低血运变差风险,另一方面可在置入内固定物时,保护周围软组织,如防止卡压神经、血管与肌腱,并避免在腱鞘下制造桥型跨越,有助于肢体功能后期恢复,降低肱骨头坏死风险。3D打印技术可提高复位准确性,显著提高手术安全性,符合切开复位内固定生物力学的基本原则。②术前主治医师可以在3D模型上非常清晰地讲解手术过程、手术难点、手术风险以及可能出现的并发症,有利于促进同组医生的沟通和讨论,简化学习曲线^[24],同时便于医患沟通,增强了患者治疗信心,提高其治疗依从性^[25]。本研究典型病例中,该患者系粉碎性骨折,系Neer 3型PHF,本研究根据肱骨的解剖结构特点,通过术前模拟复位、固定,选择合适的肱骨近端接骨板,确定螺钉的数量和长度,确定螺钉的位置和方向,以避免螺钉进入肩关节腔内^[25-27]。术后12个月,患者左肩正侧位X线检查可见骨折线消失,骨折完全愈合,随访结果也进一步印证了3D打印技术辅助肩峰前外侧入路手术治疗Neer 3、4型PHF具有可行性。本研究2组在解剖复位率上比较差异无统计学意义($P>0.05$),可能与样本量小及随访时间短有关,因此还需通过多中心、前瞻性、长期随访研究进一步完善及验证。

关于肩峰前外侧入路治疗PHF,有学者^[28]认为该入路需经腋神经,可能因损伤腋神经而影响三角肌功能。腋神经走行于肩峰三角肌下4~5cm,但腋神经在三角肌前部分布较少,多在三角肌中后部。肩峰前外侧入路避开从四边孔横穿三角肌的前中束的一支腋神经就可避免损伤腋神经,操作技术难度也相应降低,加之3D打印技术术前辅助,主治医师也可提前模拟手术操作,避免损伤这支腋神经,最大程度降低风险。从这个角度看,应用3D打印技术辅助肩峰前外侧入路手术治疗Neer 3、4型PHF在维护三角肌功能方面具

有一定优势。

综上所述,应用3D打印技术辅助肩峰前外侧入路手术治疗Neer 3、4型PHF可确定骨折分类和骨折损伤程度,可术前模拟复位及固定,制订精准微创的个性化手术方案,以缩短手术时间,减少术中出血量、内固定术后引流量及透视次数,提高复位效果,有效避免对肱骨头周围血运的破坏,促进骨折愈合,显著改善肩关节活动功能。

参考文献

- [1] 尤微,王大平,刘黎军,等. 三维数字规划在肱骨近端骨折手术治疗中的应用研究[J]. 中华临床医师杂志: 电子版, 2014, 8(7): 1243-1247.
- [2] 李月明. 经肩峰下前外侧入路微创内固定治疗肱骨近端骨折临床疗效分析[J]. 中外医疗, 2020, 39(31): 16-17, 25.
- [3] 柯铁,张永发,许志贤,等. 肩峰下前外侧入路复位锁定钢板内固定治疗肱骨近端骨折的疗效[J]. 中华创伤杂志, 2019, 35(11): 1017-1023.
- [4] 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Neer III、IV型骨折中的应用[J]. 组织工程与重建外科, 2021, 17(6): 545-548.
- [5] LIU X, ZENG C J, LU J S, *et al.* Application of 3D printing and computer-assisted surgical simulation in preoperative planning for acetabular fracture[J]. J South Med Univ, 2017, 37(3): 378-382.
- [6] 裴国献. 创建我国数字骨科促进骨科技术发展[J]. 中华创伤骨科杂志, 2013, 15(4): 5-6.
- [7] SONCINI G, BOLZONI A, BASERGA C, *et al.* Evaluation of factors influencing accuracy of virtual surgical planning in orthognatic surgery[J]. J Biol Regul Homeost Agents, 2020, 34(5 Suppl. 3): 185-194.
- [8] 廖志鹏,区文欢,康乐,等. 应用3D打印结合MIPO技术治疗Neer二、三部分肱骨近端骨折12例[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2016, 24(7): 60-62.
- [9] MERC M, DRSTVENSEK I, VOGGRIN M, *et al.* A multi-level rapid prototyping drill guide template reduces the perforation risk of pedicle screw placement in the lumbar and sacral spine[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2013, 133(7): 893-899.
- [10] ZENG C J, XING W R, WU Z L, *et al.* A combination of three-dimensional printing and computer-assisted virtual surgical procedure for preoperative planning of acetabular fracture reduction[J]. Injury, 2016, 47(10): 2223-2227.
- [11] QIAO F, LI D C, JIN Z M, *et al.* A novel combination of computer-assisted reduction technique and three dimensional printed patient-specific external fixator for treatment of tibial fractures[J]. Int Orthop, 2016, 40(4): 835-841.
- [12] 徐金平. 经三角肌双间隙入路手术对肱骨近端骨折患者术中出血量及肩关节功能的影响[J]. 国外医学: 医学地理分册, 2019, 40(3): 293-295.
- [13] 李希望,张建光. 经三角肌双间隙与胸大肌间隙入路手术对肱骨近端骨折的疗效对比[J]. 中外医学研究, 2020, 18(25): 154-156.
- [14] 陈启明,季烈峰,潘志军,等. 肩峰前外侧入路与胸大肌三角肌入路治疗肱骨近端Neer2、3部分骨折的病例对照研究[J]. 中国骨伤, 2014, 27(12): 991-994.
- [15] 费凯,韩伟峰,王冰,等. 肱骨近端锁定板治疗老年复杂肱骨近端骨折的疗效分析[J]. 实用骨科杂志, 2019, 25(10): 875-878.
- [16] VOSS A, DYRNA F, ACHTNIICH A, *et al.* Acromion morphology and bone mineral density distribution suggest favorable fixation points for anatomic acromioclavicular reconstruction[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2017, 25(7): 2004-2012.
- [17] MICHALSKI M H, ROSS J S. The shape of things to come: 3D printing in medicine[J]. JAMA, 2014, 312(21): 2213-2214.
- [18] OSTERHOFF G, HOCH A, WANNER G A, *et al.* Calcar comminution as prognostic factor of clinical outcome after locking plate fixation of proximal humeral fractures[J]. Injury, 2012, 43(10): 1651-1656.
- [19] ZIELINSKI S M, BOUWMANS C A, HEETVELD M J, *et al.* The societal costs of femoral neck fracture patients treated with internal fixation[J]. Osteoporos Int, 2014, 25(3): 875-885.
- [20] 安晓龙,付军,蔺广生. 3D打印技术配合预制接骨板在骨关节创伤微创治疗中的应用研究[J]. 陕西医学杂志, 2019, 48(10): 1342-1345.
- [21] 徐琳,卫永颢,欧阳振,等. 改良Stoppa联合Kocher-Langenbeck入路辅助3D打印技术治疗复杂髌臼骨折[J]. 中国骨伤, 2022, 35(11): 1015-1019.
- [22] 徐雯倩,蔡振存,梅昱,等. 3D打印技术辅助三维CT分型方法在外伤性髌关节骨折中的临床应用[J]. 中国临床实用医学, 2017, 8(2): 33-37.
- [23] 王振亚,张浩浩,李沛,等. 3D打印技术在骨科临床教学中的应用[J]. 临床医药文献电子杂志, 2019, 6(34): 181-181.
- [24] CHEN H L, WU D Y, YANG H L, *et al.* Clinical use of 3D printing guide plate in posterior lumbar pedicle screw fixation[J]. Med Sci Monit, 2015, 21: 3948-3954.
- [25] 汪秋柯,黄默冉,陈云丰,等. 3D打印技术辅助长型肱骨近端锁定钢板螺旋形微创治疗肱骨中上段骨折的解剖学研究及临床应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2018, 20(11): 940-945.
- [26] 韩天宇,张昊,纪振刚,等. 3D打印技术在复杂骨盆骨折个体化治疗中的应用[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2020, 17(5): 50-52.
- [27] 段明明,阴彦兵,赵程锦,等. 3D打印技术在复杂跟骨骨折医患沟通及手术的应用效果分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2019, 34(10): 1109-1111.
- [28] TRAVER J L, GUZMAN M A, CANNADA L K, *et al.* Is the axillary nerve at risk during a deltoid-splitting approach for proximal humerus fractures[J]. J Orthop Trauma, 2016, 30(5): 240-244.

(本文编辑:周娟)