

本文引文格式:邵晨,张坤坤,李艳,等. 3D打印技术辅助 TightRope 系统联合 Nice 结固定治疗锁骨远端骨折疗效分析[J]. 右江民族医学院学报, 2026, 48(2): 236-241.

【论著与临床报道】

## 3D 打印技术辅助 TightRope 系统联合 Nice 结固定治疗锁骨远端骨折疗效分析

邵晨<sup>1</sup>, 张坤坤<sup>1</sup>, 李艳<sup>2</sup>, 乔少林<sup>1</sup>, 张井泉<sup>1</sup>

- (1. 蚌埠医科大学第二附属医院骨科, 安徽 蚌埠 233000;  
2. 蚌埠医科大学第二附属医院病案统计室, 安徽 蚌埠 233000)

**摘要:**目的 探讨 3D 打印技术辅助 TightRope 系统联合 Nice 结固定治疗锁骨远端骨折疗效。方法 回顾性分析 2021 年 2 月至 2024 年 10 月蚌埠医科大学第二附属医院收治的 60 例 Neer II B 型成人锁骨远端骨折患者, 观察组采用 3D 打印技术辅助 TightRope 系统联合 Nice 结固定治疗锁骨远端骨折(31 例), 对照组使用锁骨钩钢板固定锁骨远端骨折(29 例)。记录 2 组骨折术后愈合时间、术前及术后 2 周、1 个月、3 个月、末次随访疼痛视觉模拟评分法(Visual Analogue Scale, VAS)、Constant-Murley 肩关节功能评分。结果 两组患者均顺利完成手术并获 9~18 个月(平均 12 个月)的随访。所有患者骨折均达骨性愈合, 愈合时间分别为(13.16±1.61)周与(13.79±2.04)周, 组间差异无统计学意义( $t=1.334, P=0.187$ )。术前两组间 VAS 评分、Constant-Murley 评分差异无统计学意义( $P>0.05$ )。术后各时间点(2 周、1 个月、3 个月及末次随访), 观察组的 VAS 评分低于对照组, 而观察组 Constant-Murley 评分显著高于对照组( $P<0.05$ ), 且两组评分均随时间推移持续改善( $P<0.05$ )。结论 应用 3D 打印技术辅助 TightRope 系统联合 Nice 结固定治疗锁骨远端骨折, 尤其适用于合并喙锁韧带损伤的斜形或伴有蝶形骨块的骨折。在此术式中, 骨折端的 Nice 结固定可作为 TightRope 系统的有效补充, 既能增强骨折端稳定性, 减少传统锁骨钩钢板相关并发症, 又能促进肩关节功能恢复, 近期疗效满意。

**关键词:** 锁骨远端骨折; 3D 打印; TightRope 系统; Nice 结

中图分类号: R687.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-5817(2026)02-0236-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-5817.2026.02.013

### Efficacy analysis of 3D printing technology-assisted TightRope system combined with Nice knot fixation for distal clavicle fractures

SHAO Chen<sup>1</sup>, ZHANG Kunkun<sup>1</sup>, LI Yan<sup>2</sup>, QIAO Shaolin<sup>1</sup>, ZHANG Jingquan<sup>1</sup>

- (1. Department of Orthopedics, the Second Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu 233000, Anhui, China; 2. Medical Record Statistics Office, the Second Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu 233000, Anhui, China)

**Abstract:** **Objective** To investigate the efficacy of 3D printing technology-assisted TightRope system combined with Nice knot fixation for distal clavicle fractures. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 60 adult patients with Neer type II B distal clavicle fractures treated at the Second Affiliated Hospital of Bengbu Medical University from February 2021 to October 2024. Patients were divided into an observation group ( $n=31$ ) treated with 3D printing technology-assisted TightRope system combined with Nice knot fixation, and a control group ( $n=29$ ) treated with clavicular hook plate fixation. Fracture healing time, Visual

**基金项目:**安徽省卫生健康科研项目青年项目(AHWJ2023A30192);蚌埠市科技创新指导类项目(20220141);数字医学与智慧健康安徽省重点实验室(蚌埠医科大学)开放课题(AHCM2024W008)

**第一作者:**邵晨, 硕士, 副主任医师, 讲师, 研究方向: 骨外科, E-mail: bbmesc@163.com

Analogue Scale (VAS) scores (preoperative, 2 weeks, 1 month, 3 months postoperatively, and at final follow-up), and Constant-Murley shoulder function scores were recorded for both groups. **Results** All patients in both groups underwent successful surgery and were followed up for 9 to 18 months (mean 12 months). Bony union was achieved in all patients, with healing times of  $(13.16 \pm 1.61)$  weeks and  $(13.79 \pm 2.04)$  weeks respectively, with no significant difference between groups ( $t = 1.334, P = 0.187$ ). There were no statistically significant differences in preoperative VAS scores and Constant-Murley scores between the two groups ( $P > 0.05$ ). At each postoperative time point (2 weeks, 1 month, 3 months, and final follow-up), the VAS scores in the observation group were lower than those in the control group, while the Constant-Murley scores in the observation group were significantly higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ). Moreover, the scores in both groups continued to improve over time ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The application of 3D printing technology-assisted TightRope system combined with Nice knot fixation for distal clavicle fractures is particularly suitable for oblique fractures or fractures with butterfly fragments complicated by coracoclavicular ligament injuries. In this surgical approach, Nice knot fixation at the fracture site can serve as an effective supplement to the TightRope system, enhancing the stability of the fracture site, reducing complications associated with traditional clavicular hook plates, and promoting the recovery of shoulder joint function, demonstrating satisfactory short-term efficacy.

**Key words:** distal clavicle fracture; 3D printing; TightRope system; Nice knot

锁骨远端骨折指锁骨外 1/3 骨折,作为常见肩部运动损伤,其特点在于常伴有喙锁韧带损伤,由于该韧带是维持锁骨垂直稳定的关键结构,其损伤会直接导致骨折端分离移位,致使骨不连风险增高,并严重影响肩关节功能,鉴于上述因素,此类骨折往往具备明确的手术指征<sup>[1]</sup>。尽管锁骨远端骨折的固定方式众多,且各有不足,但迄今尚无一种方案被确立为公认的金标准<sup>[2]</sup>。喙锁悬吊固定因其优越的生物力学特性及喙突的坚强骨质,已成为治疗锁骨远端骨折的重要方式,该方法主要针对由喙锁韧带损伤所致、多数存在移位的骨折,其核心在于重建喙锁韧带的结构与功能<sup>[3]</sup>。TightRope 系统通过喙突与锁骨间的骨隧道,以纽扣钢板与高强度缝线为核心固定结构,在有效复位固定锁骨远端骨折的同时,也重建了喙锁韧带的关键功能。其核心机制在于提供可靠的弹性固定,使肩锁关节在术后仍能保持生理微动,这为患者早期开展功能锻炼、促进肩关节功能恢复奠定了基础<sup>[4]</sup>。然而,该固定方式所提供的稳定性主要集中于垂直方向,其抗平移稳定性相对不足。这一生物力学特性上的局限,可能导致术后骨折端在水平面上发生微动,进而引发骨折延迟愈合、骨不连或内固定失败等并发症<sup>[5]</sup>。为提升固定强度,在喙锁固定之外联合经肩峰克氏针的方案曾被提出,但该针体因经皮置入而易引发软组织激惹、钉道感染及移位等问题,此外,其较强的刚性固定特性也可能妨碍肩关节的早期功能性康复。相比之下,缝线环扎术凭借其良好的生物相容性与柔性固定特性,在实现骨折复位的同时,尤其适用于细小骨块的固定,并能支持早期功能锻炼<sup>[6]</sup>。Nice 结作为一种采用独特

双线滑动结构的高张力缝线结,能够在骨折环扎固定中提供强大且持续的加压力量。将其应用于骨折端环扎固定,可有效弥补 TightRope 系统在抗旋转及水平稳定性方面的不足,有望成为该系统的关键补充技术<sup>[7]</sup>。作为一项革命性技术,3D 打印已广泛应用于临床和教学,尤其在创伤骨科复杂手术的术前规划发挥着重要作用<sup>[8-9]</sup>。通过构建实体模型,可实现手术方案的个性化预设计、术中关键步骤的模拟操作以及实时解剖导航,从而系统性地达成精准化与个性化治疗的目标<sup>[9-10]</sup>。本研究回顾性分析 2021 年 2 月至 2024 年 10 月期间收治的 60 例 Neer II B 型成人锁骨远端骨折患者,比较骨折端不同固定方式的临床疗效,旨在探讨采用 3D 打印技术辅助 TightRope 系统联合 Nice 结固定治疗锁骨远端骨的可行性及优势。

## 1 临床资料

1.1 患者选择 本研究为一项单中心回顾性队列分析,经蚌埠医科大学第二附属医院伦理委员会批准(批准号:伦科批字[2025]KY 028 号),样本量使用 G \* Power 3.1 软件计算,分组依据为患者所接受的内固定手术方式。纳入标准:①年龄 22~68 周岁;②诊断为急性闭合性 Neer II B 型锁骨远端骨折,且合并喙锁韧带损伤;③锁骨远端骨折呈斜形骨块;④伤前患侧肩关节功能正常。排除标准:①存在同侧其他上肢骨折或全身多发骨折;②无法完成至少 9 个月的随访;③精神病患者或者无法良好沟通患者。选取 2021 年 2 月至 2024 年 10 月蚌埠医科大学第二附属医院收治的 60 例 Neer II B 型成人锁骨远端骨折患者,观察组采用 3D 打印技术辅助 TightRope 系统联合 Nice 结固定治

疗锁骨远端骨折(31 例),对照组使用锁骨钩钢板固定锁骨远端骨折(29 例)。

1.2 一般资料 术前两组患者均行患侧肩部正位 X

线片及患侧肩部 CT 检查。观察组和对照组患者的年龄、性别、损伤侧别、受伤类型比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),具有可比性,见表 1。

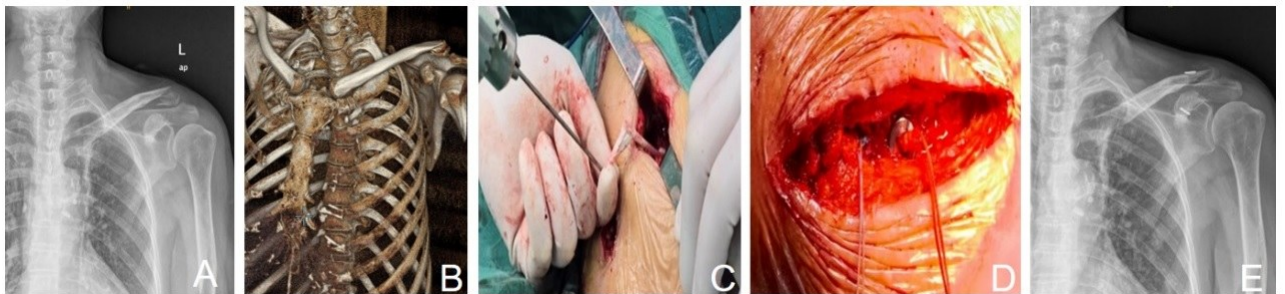
表 1 两组一般资料比较

组别	n	年龄/岁	性别		受伤类型		受伤侧别	
			男	女	车祸伤	摔伤	左侧	右侧
观察组	31	43.85±8.85	18(58.06)	13(41.94)	15(48.39)	16(51.61)	17(54.84)	14(45.16)
对照组	29	41.14±8.74	15(51.72)	14(48.28)	15(51.72)	14(48.28)	15(51.72)	14(48.28)
$\chi^2/t$		1.075		0.243		0.067		0.058
P		0.287		0.622		0.796		0.809

注:表内计量资料数据以( $\bar{x} \pm s$ )表示,计数资料数据用[n(%)]表示。

1.3 手术方式 观察组:患者取仰卧沙滩椅位,躯干上半部抬高 30°~50°,患侧肩垫高,头颈轻度后仰,并转向健侧,常规消毒铺巾后,于锁骨远端骨折断端为中心,在其上方作一长约 3~4.5 cm 横形切口,逐层显露至骨折断端,清理断端间血肿及软组织,透视定位喙突,已喙突为中心作一长约 2~3 cm 切口,采用钝性分离方式将肌肉分开,显露喙突基底部,直视下复位骨折端,其中对照组采用 1~2 枚 1.5 mm 克氏针临时固定骨折端,然后使用 Nice 结对骨折端捆扎,使用将术前 3D 打印导板安置喙突尖部上表面相“C 区”<sup>[11]</sup>,使用直径 2.0 mm 的克氏针配合电钻进行钻孔操作,透视见位置满意后,用 3.0 mm 空心钻沿导针方向打通骨隧道,从锁骨侧经骨隧道向喙突下导入 1 根牵引线,将带

有高强度缝线的 TightRope 系统从锁骨端骨隧道引出,将 1 枚袢钢板置于喙突基底部,另 1 枚袢钢板置于锁骨上,收紧线结,确认骨折复位满意后,通过打结固定,取出临时固定克氏针,透视确认骨折复位良好及内固定到位,冲洗后逐层缝合,无菌敷料包扎(见图 1)。对照组:患者取沙滩椅位,置于可透视手术床上,垫高肩部使头颈轻度后仰,并转向健侧,常规消毒铺巾后,沿锁骨外 1/3 段前上缘向肩峰方向作切口,逐层暴露至锁骨断端及肩锁关节,直视下行骨折复位,使用克氏针临时固定,选择合适锁骨钩钢板置入,拧入合适长度的螺钉,透视确认骨折复位及内固定物位置良好后,冲洗后逐层缝合,无菌敷料包扎。



注:A 为术前肩关节正位片;B 为术前三维 CT;C 为术中实验 3D 导板建立喙锁隧道;

D 为术中使用 Nice 结固定骨折;E 为术后肩关节正位片。

图 1 3D 打印技术辅助 TightRope 系统联合 Nice 结固定治疗锁骨远端骨折

1.4 疗效评价指标 对患者进行定期 X 线随访,骨折愈合<sup>[12]</sup>评估均由两名高年资骨科医师独立、盲法完成,并记录有无感染、喙突骨折、肩峰骨折、神经损伤等并发症。肩关节疼痛程度与功能恢复情况则通过疼痛视觉模拟评分法(Visual Analogue Scale, VAS)和 Constant-Murley 肩关节功能评分<sup>[13]</sup>,VAS 分值越低,代表疼痛越轻,疗效越好,Constant-Murley 肩关节功能评分分值越高,代表肩关节功能越好,疗效越佳,在

术前、术后 2 周、1 个月、3 个月及末次随访时进行动态评估。

1.5 统计学方法 所有统计分析均使用 SPSS 22.0 软件完成。连续变量经正态性检验后,以( $\bar{x} \pm s$ )描述。采用重复测量方差分析评估 VAS 和 Constant-Murley 评分随时间的变化及组间效应,若不满足球形检验,采用 Greenhouse-Geisser 法进行校正,在各特定时间点使用独立样本  $t$  检验进行组间比较。分类变量则采用

Fisher 精确检验进行分析。统计学显著性水准设定为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 两组患者手术前后各时间点 VAS 评分、Constant-Murley 评分比较 术前两组间 VAS 评分、Con-

stant-Murley 评分差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。术后各时间点(2 周、1 个月、3 个月及末次随访),观察组的 VAS 评分低于对照组,观察组 Constant-Murley 评分高于对照组 ( $P < 0.05$ ),且两组评分均随时间推移持续改善 ( $P < 0.05$ ),见表 2、表 3。

表 2 两组患者手术前后各时间点 VAS 评分比较

组别	n	VAS 评分				
		术前	术后 2 周	术后 1 个月	术后 3 个月	末次随访
观察组	31	8.19±0.70	4.23±0.56 <sup>a</sup>	3.90±0.47 <sup>a</sup>	2.87±0.67 <sup>a</sup>	1.48±0.57 <sup>a</sup>
对照组	29	8.38±0.68	4.72±0.59	4.28±0.53	3.45±0.57	2.90±0.56
F		时间效应 $F = 1086.731$ ,交互效应 $F = 11.236$ ,组别效应 $F = 48.430$				
P		时间效应 $P < 0.001$ ,交互效应 $P < 0.001$ ,组别效应 $P < 0.001$				

注:①表内计量资料数据以( $\bar{x} \pm s$ )表示;②与对照组相比,a:  $P < 0.05$ 。

表 3 两组患者手术前后各时间点 Constant-Murley 评分比较

组别	n	Constant-Murley 评分				
		术前	术后 2 周	术后 1 个月	术后 3 个月	末次随访
观察组	31	42.03±1.33	64.87±2.85 <sup>a</sup>	78.16±2.11 <sup>a</sup>	84.87±4.06 <sup>a</sup>	90.10±4.21 <sup>a</sup>
对照组	29	41.76±1.53	63.03±2.44	74.90±1.42	79.17±3.84	83.10±2.78
F		时间效应 $F = 2924.940$ ,交互效应 $F = 17.136$ ,组别效应 $F = 67.314$				
P		时间效应 $P < 0.001$ ,交互效应 $P < 0.001$ ,组别效应 $P < 0.001$				

注:①表内计量资料数据以( $\bar{x} \pm s$ )表示;②与对照组相比,a:  $P < 0.05$ 。

2.2 两组患者并发症及愈合情况 两组患者均顺利完成手术,无感染、喙突骨折、肩峰骨折、神经损伤等并发症。两组患者均顺利完成手术并获 9~18 个月(平均 12 个月)的随访。所有患者骨折均达骨性愈合,观察组与对照组的愈合时间分别为( $13.16 \pm 1.61$ )周与( $13.79 \pm 2.04$ )周,组间差异无统计学意义( $t = 1.334$ ,  $P = 0.187$ )。

## 3 讨论

锁骨远端骨折是指发生在锁骨外侧远端三分之一的骨折,这类骨折占有锁骨骨折的 15%~30%。Neer I 型和 III 型骨折可以通过非手术治疗来实现理想的愈合,然而,Neer II 型骨折发生在喙锁韧带内侧,这类骨折通常需要内固定<sup>[13]</sup>。对于 Neer II 型锁骨骨折非手术治疗可导致很多并发症,包括骨不连、需要二次手术矫正、早期对肩关节外观不满意、前 6 个月肩关节活动受限,而手术治疗提供了安全可靠的治疗选择,并发症少,但往往需要二期内固定取出,特别是钩板固定<sup>[14]</sup>。在锁骨远端骨折的临床治疗领域,钩钢板固定术因操作流程简便、技术掌握门槛较低的突出特点,已被绝大多数骨科医师熟练应用,其在快速实现骨折解剖复位与早期局部稳定、为骨折愈合创造基础条件方面展现出明确临床优势,成为目前临床治疗该类型骨

折的常用术式之一。然而,该术式并非绝对安全,临床实践中常伴随多种并发症,其中钩钢板固定后锁骨中段骨折是尤为严重的类型之一。此类骨折特指发生于钩钢板固定术后的锁骨内侧区域骨折,不仅会显著延长患者整体治疗周期、增加医疗成本与患者身心负担,还可能因二次骨损伤进一步影响肩部运动功能的恢复进程,对患者术后生活质量造成不利影响。关于该并发症的发生机制,李一汉等<sup>[15]</sup>学者通过大样本临床病例观察、随访数据统计及生物力学分析总结指出,其核心诱因主要集中于 3 个方面:一是患者若存在骨质疏松基础疾病,会导致锁骨整体骨密度与骨生物力学强度显著下降,对钩钢板固定装置的力学耐受能力大幅减弱;二是钩钢板最内侧螺钉的固定位置在生理活动状态下易形成局部应力集中区,长期承受上肢活动带来的持续性力学负荷后,易引发骨结构疲劳性损伤;三是螺钉植入操作过程中,若钻孔深度或角度把控不当,可能对锁骨中段皮质骨造成过度切削或挤压,破坏局部骨组织完整性,进一步降低骨结构稳定性,三者协同作用最终诱发固定后锁骨中段骨折。尽管锁骨钩钢板可用于治疗锁骨远端骨折,但其术后常伴随肩关节活动受限与明显疼痛。更为突出的是,该装置易引发肩峰下骨溶解、肩袖损伤及再脱位等严重并发症,导致其

临床应用受到相当程度限制<sup>[16-17]</sup>。徐大伟<sup>[18]</sup>研究指出,采用锁骨钩钢板治疗锁骨远端骨折时,若未同期修复喙锁韧带,会导致远期出现喙锁间距增大的问题,进而增加肩锁关节半脱位或完全脱位的风险,对术后关节稳定性造成长期隐患,在临床应用中,锁骨钩钢板曾因对骨折块把持力较强的特点,成为治疗远端骨折块较小的锁骨远端骨折的主流术式,但该术式存在明显局限性:一方面,钢板钩端易占据肩峰下间隙,引发肩峰下撞击综合征,直接影响肩关节上举功能;另一方面,锁骨钩与肩袖肌腱在肩关节活动中反复摩擦,易导致肩袖肌腱出现充血、肿胀及无菌性炎症,长期可进展为肩袖损伤,伴随持续性肩关节疼痛,严重降低患者术后生活质量,此外,锁骨钩钢板作为异物植入物,术后通常需通过二次手术取出,不仅延长了患者治疗周期,也增加了手术相关并发症的发生概率。TAKAHASHI H<sup>[19]</sup>研究团队对锁骨远端患者进行了回顾性多中心研究,对锁骨远端骨折患者采用倾向评分法,将患者分为锁定钢板组和钩钢板组,研究发现锁定钢板组 UCLA 评分、骨折愈合率高于钩钢板组,建议采用锁定钢板治疗锁骨远端骨折。锁骨远端钢板在治疗锁骨远端骨折上相对于锁骨钩钢板具有一定优势,但这种治疗方式仍然无法避免二次取出及伴有喙锁韧带损伤而未重建的问题。张平等<sup>[20]</sup>使用锁扣带袢钛板治疗锁骨远端骨折,认为其固定牢固,功能恢复良好。TightRope 系统对锁骨远端骨折固定时可以对锁骨远端施加垂直方向的力,确保了垂直方向的稳定性,但无法控制水平方向的骨折移位稳定,这种固定可能会导致固定失败或骨折延迟愈合、不愈合。缝线环扎术可用于骨折及细小骨块的复位固定,Nice 结联合接骨板内固定术通过减少对骨折端的反复操作,有效减少了软组织的损伤和出血,该术式在治疗掌指骨斜形骨折中展现出显著的临床综合优势,不仅能有效优化围术期指标(缩短手术与住院时间)、加速骨折愈合,还能改善术后康复进程(减轻疼痛、促进功能恢复),同时兼具较高的安全性,具备明确的临床应用与推广价值<sup>[21-22]</sup>。本研究发现骨折端 Nice 结环扎术可成为 TightRope 系统的有效补充。临床中建立锁骨-喙突隧道往往会花费大量手术时间,且可能由于反复操作导致喙突骨折、锁骨骨折等严重并发症。随着计算机三维重建技术的迅猛发展,学者们正致力于将 CT 三维成像、计算机辅助设计与 3D 打印技术深度融合,以研发与不同患者、部位及骨折特征高度匹配的解剖型内固定钢板。该技术体系不仅能实现对复杂骨折的精准建模与固定,更能为特殊病例定制个体化钢板及手术方案,标志着骨科精准医疗的重要发展方向。3D 打印技术作为一项关键驱动技术,在临床诊疗中作用显著,其能够为

骨科手术提供精确的方案设计与逼真的术前模拟,正深刻变革着传统的手术规划模式<sup>[23-24]</sup>。在胫骨平台后外侧骨折的治疗中,郑利朋等<sup>[25]</sup>创新性地将 3D 打印技术与经皮撬拨复位相结合,并配合前外侧入路实施手术,该治疗方案不仅有助于优化术中操作细节、降低术中出血风险、加快术后康复进程,还能通过改善骨代谢水平促进骨折愈合,在提升膝关节功能恢复效果与活动度、减轻患者疼痛感受的同时,保障了治疗的安全性。叶鹏翰<sup>[26]</sup>团队的研究指出,相较于传统常规手术治疗方案,采用术前 3D 打印技术辅助的骨盆髌臼骨折手术,在临床效果上具有显著优势。该辅助方案不仅能有效缩短手术操作时间、减少术中出血量与围手术期输血量,还可缩小手术切口长度,同时降低了手术操作难度,进一步提升了手术治疗的安全性。由此可见,3D 打印技术在骨科创伤的诊治方面具有很好的临床运用价值。本研究通过 Mimics 软件重建肩关节的 3D 模型,模拟给予锁骨远端骨折复位,构建设计与复位后的锁骨远端骨折端形状相匹配的 3D 导向模板,打印成形灭菌后术中使用,通过设计的导板可以缩短锁骨-喙突隧道建立的时间并提高精准度,术中结合使用 Nice 结固定骨折,确保骨折端的横向稳定。本研究结果显示,观察组与对照组在骨折愈合情况上无统计学差异,表明观察组采用的固定方法在稳定性方面与对照组效果相当。观察组的 VAS 评分低于对照组,观察组 Constant-Murley 评分高于对照组,并随时间推移(2 周、1 个月、3 个月及末次随访)持续好转,说明两种治疗方案均具有明确的临床疗效。本研究认为观察组相对对照组固定能够给患者提供更好的术后体验感,而且观察组术后无需内固定二次手术,具有重要临床价值。本研究受样本量较小及随访时间较短所限,结论的可靠性尚需进一步验证。未来可通过开展大样本、多中心、随机对照的临床研究,以更充分评估 3D 打印技术辅助 TightRope 系统联合 Nice 结固定术治疗 Neer II B 型锁骨远端骨折的远期疗效。

综合上述研究分析可知,3D 打印技术辅助 TightRope 系统联合 Nice 结固定术,在治疗锁骨远端骨折(尤其合并喙锁韧带损伤的病例)中展现出显著优势。对于临床中较复杂的斜形骨折或合并蝶形骨块的骨折类型,该术式通过在骨折端采用 Nice 结固定,可作为 TightRope 系统固定的有效补充,既能借助 3D 打印技术的精准定位优势,实现骨折解剖复位与固定装置的个性化适配,又能通过 Nice 结的强效束缚作用增强骨折端稳定性,避免骨折块移位影响愈合。同时,相较于传统锁骨钩钢板固定术,该联合术式可从根源上减少肩峰下撞击、肩袖损伤、二次手术取出等并发症的发生,降低患者术后疼痛程度与恢复周期。术后随访数

据亦显示,患者肩关节活动度、constant-murley 功能评分等指标均优于传统术式,充分说明该术式更有利于肩关节功能的快速、高质量恢复,整体术后疗效显著且患者满意度较高,为复杂类型锁骨远端骨折的临床治疗提供了更优选择。

#### 参考文献:

- [1] LIU B, SHI L, MA HF, et al. Analysis of the efficacy of Endobutton plate combined with high-strength suture Nice knot fixation in the treatment of distal clavicle fractures with coracoclavicular ligament injuries [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2024, 25(1): 927.
- [2] BORBAS P, PASZICSNYEK A, HOFSTED E S, et al. Biomechanical evaluation of fixation of the coracoclavicular stand-alone cow-hitch suture reconstruction in comparison to two established techniques for highly unstable distal clavicle fractures (Neer type V) [J]. JSES Int, 2024, 8(3): 394-399.
- [3] 王玉桃, 崔红丽, 许杰. 锁骨钩钢板与缝合锚钉喙锁韧带重建联合手术方案治疗 Neer II b 型锁骨远端骨折的临床研究 [J]. 临床和实验医学杂志, 2024, 23(24): 2620-2624.
- [4] AL-TAWIL K, GARNER M, ANTONIOS T, et al. The use of Tightrope device as the sole method of fixation in treating lateral end clavicle fractures [J]. Shoulder Elbow, 2022, 14(1): 60-64.
- [5] SINGH B, MOHANLAL P, BAWALE R. Early failure of coracoclavicular ligament reconstruction using TightRope system [J]. Acta Orthop Belg, 2016, 82(1): 119-123.
- [6] 姜济世, 翟云雷, 黄徐兵, 等. Endobutton 钢板联合高强度缝线 Nice 结固定治疗锁骨远端骨折疗效分析 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2022, 36(2): 155-162.
- [7] HU F N, LIU X, LIU F X, et al. Intraoperative Nice knots assistance for reduction in displaced comminuted clavicle fractures [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 467.
- [8] 邵晨, 乔少林, 仇大鹏, 等. 3D 打印技术结合 PBL 教学模式在骨科临床本科实习生中的教学应用 [J]. 右江民族医学院学报, 2023, 45(1): 151-154.
- [9] 许玮, 张旭鸣, 林昊, 等. 3D 打印实体模型在创伤骨科困难手术的应用 [J]. 创伤与急诊电子杂志, 2016, 4(1): 16-20.
- [10] 连志远, 马少波, 李建. 传统手术与应用 3D 打印技术手术对桡骨平台骨折的疗效比较 [J]. 湖南师范大学学报: 医学版, 2018, 15(6): 76-79.
- [11] HOFFMANN M, SCHROEDER M, HARTEL M, et al. Accuracy analysis of a novel electromagnetic navigation procedure versus a standard minimally invasive method for arthroscopically assisted acromioclavicular joint reconstructions [J]. Arthroscopy, 2014, 30(8): 928-935.
- [12] HILL J M, MCGUIRE M H, CROSBY L A. Closed treatment of displaced middle-third fractures of the clavicle gives poor results [J]. J Bone Joint Surg Br, 1997, 79(4): 537-539.
- [13] WANG H K, LIANG L S, HE R G, et al. Comparative analysis of locking plates versus hook plates in the treatment of Neer type II distal clavicle fractures [J]. J Int Med Res, 2020, 48(4): 0300060520918060.
- [14] HALL J A, SCHEMITSCH C E, VICENTE M R, et al. Operative versus nonoperative treatment of acute displaced distal clavicle fractures: a multicenter randomized controlled trial [J]. J Orthop Trauma, 2021, 35(12): 660-666.
- [15] 李一汉, 田庆显, 郭蒙, 等. 应用锁骨钩钢板治疗 Neer II 型锁骨远端骨折后并发锁骨中段骨折的回顾研究 [J]. 中国骨与关节杂志, 2024, 13(12): 990-995.
- [16] 奚秀峰. 带袢钢板和锁骨钩钢板治疗锁骨远端骨折合并肩锁关节脱位的效果 [J]. 中外医学研究, 2024, 22(35): 55-58.
- [17] HU F N, HAN S M, LIU F X, et al. A modified single-endobutton technique combined with nice knot for treatment of Rockwood type III or V acromioclavicular joint dislocation [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 15.
- [18] 徐大伟, 周进, 费毫, 等. 微型钛板联合 Endobutton 技术重建喙锁韧带治疗 ChoIIC 型锁骨远端骨折临床效果 [J]. 交通医学, 2024, 38(5): 458-460.
- [19] TAKAHASHI H, TAKEGAMI Y, TOKUTAKE K, et al. <Editors' Choice> Hook plate fixation versus locking plate fixation for distal clavicle fracture: a multicenter propensity score-matched study [J]. Nagoya J Med Sci, 2023, 85(2): 223-232.
- [20] 张平, 钱增杰, 陈庚, 等. 3D 打印结合锁扣带袢钛板治疗锁骨远端骨折 [J]. 临床骨科杂志, 2022, 25(1): 72-75.
- [21] 唐红森, 夏国保, 陈胜义. 改良 Nice 结联合接骨板内固定术治疗掌指骨斜形骨折患者的临床疗效 [J]. 医学临床研究, 2025, 42(4): 601-603, 607.
- [22] FAN X L, WANG J, ZHANG D H, et al. The use of nice knots cerclage to aid reduction and fixation of metacarpal fractures [J]. Plast Reconstr Surg, 2021, 148(2): 338e-339e.
- [23] CASCIATO D J, BUILES N A, SINGH B N. Using three-dimensional printing to enhance cross-sectional anatomy instruction [J]. J Am Podiatr Med Assoc, 2018, 108(4): 304-310.
- [24] 李晓, 谭海涛, 秦豪. 数字医学与 3D 打印辅助关节镜治疗肩袖损伤的应用 [J]. 右江民族医学院学报, 2020, 42(4): 454-458.
- [25] 郑利朋, 王猛. 3D 打印技术下经皮撬拨复位治疗桡骨平台后外侧骨折的效果 [J]. 新疆医学, 2025, 55(4): 451-455.
- [26] 叶鹏翰, 戴远瑜, 陈晓艳, 等. 3D 打印技术辅助骨盆髌臼骨折手术治疗的应用效果观察 [J]. 现代实用医学, 2025, 37(2): 174-176.

收稿日期: 2025-10-21; 修回日期: 2025-12-11

(本文编辑 覃黎黎)