

3D 镜像打印结合微创技术治疗成人锁骨中段骨折

穆胜凯¹, 郝连升¹, 刘君², 田鸿来³

(1.聊城市中医医院医院骨科, 山东 聊城 252000; 2.上海中医药大学附属龙华医院, 上海 200032; 3.山东省中医院微创骨科, 山东 济南 250014)

【摘要】 目的: 探讨 3D 镜像打印结合微创经皮钢板内固定 (minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis, MIPPO) 技术治疗成人锁骨中段骨折的临床疗效。方法: 2019 年 10 月至 2020 年 10 月采用 3D 镜像打印结合 MIPPO 技术治疗 32 例成人锁骨 Allman I 型移位骨折患者, 其中男 19 例, 女 13 例; 年龄 19~55 (34.12±16.42) 岁; 按 Allman 分型, I b 型 14 例, I c 型 18 例; 左侧 17 例, 右侧 15 例。观察患者的并发症、手术时间、切口长度、术中出血量、透视次数和骨折愈合时间情况, 并于术前, 术后 1、6 个月采用 Constant-Murley 肩关节评分进行临床疗效评价。结果: 32 例患者均获得随访, 时间 6~8 (6.67±2.13) 个月。无刀口感染及术区皮肤麻木等并发症发生。手术时间 (35.37±4.28) min; 切口长度 (3.78±0.45) cm, 术中出血量 (37.23±4.76) ml, 透视次数 (3.12±0.47) 次, 骨折愈合时间 (8.18±2.58) 周。术后 1、6 个月 Constant-Murley 肩关节评分分别为 81.08±3.92、98.03±1.05, 与术前 54.62±5.25 比较差异有统计学意义 ($P<0.05$)。术后 6 个月根据 Constant-Murley 肩关节功能评分, 结果优 30 例, 良 2 例。结论: 3D 镜像打印可有效辅助 MIPPO 技术治疗成人锁骨 Allman I 型移位骨折, 具有创伤小、并发症少等优点, 可缩短手术时间, 提高手术可操作性, 是治疗成人锁骨 Allman I 型移位骨折的较好方法。

【关键词】 3D 打印; 外科手术, 微创性; 微创经皮钢板内固定; 锁骨; 骨折

中图分类号: R683.41

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.08.014

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



3D mirror printing combined with minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis in the treatment of adult median clavicle fracture MU Sheng-kai, HAO Lian-sheng, LIU Jun, and TIAN Hong-lai*. *Department of Minimally Invasive Orthopaedics, Shandong Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250014, Shandong, China

ABSTRACT Objective: To retrospectively analyze clinical effect of 3D mirror printing combining with minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) technology in the treatment of adult clavicle fracture. **Methods:** The clinical data of 32 adult patients with collarbone Allman I displacement of fracture who had undergone the combination of 3D mirror printing with MIPPO technology treatment were collected from October 2019 to October 2020. There were 19 males and 13 females, aged from 19 to 55 years old with an average of (34.12±16.42) years old. According to Allman classification, there were 14 cases of Allman I b and 18 cases of Allman I c. Fracture occurred on the left in 17 cases and on the right in 15 cases. Postoperative complications, operation time, incision length, intraoperative blood loss, the number of fluoroscopies, fracture healing time of all patients were retrospectively analyzed, and the curative effect was evaluated by Constant-Murley shoulder joint score before operation, 1 and 6 months after operation. **Results:** All the 32 patients were followed up for 6 to 8 months, with an average of (6.67±2.13) months. All the patients did not have postoperative complications such as incision infection and skin numbness in the operating area. The operation time was (35.37±4.28) min. The incision length was (3.78±0.45) cm. Intraoperative blood loss was (37.23±4.76) ml. The number of fluoroscopies was (3.12±0.47) times. Fracture healing time was (8.18±2.58) weeks. Constant-Murley shoulder joint score of the affected side at 1 and 6 months after operation was 81.08±3.92 and 98.03±1.05 respectively, which had a significant difference compared with 54.62±5.25 before operation ($P<0.05$). According to Constant-Murley shoulder function score at 6 months after operation, 30 cases were excellent and 2 cases were good. **Conclusion:** 3D mirror printing can effectively assist MIPPO technique in the treatment of adult clavicle Allman I displaced fracture. It not only has the advantages of less trauma and fewer complications of the MIPPO technique, but also can further shorten the operation time and improve the operation maneuverability. It is a better method in the treatment of adult clavicle Allman I displaced fracture.

通讯作者: 田鸿来 E-mail: tianhlai@163.com

Corresponding author: TIAN Hong-lai E-mail: tianhlai@163.com

KEYWORDS 3D printing; Surgical procedures, minimally invasive; Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis; Clavicle; Fractures

锁骨骨折临床较为常见,其中锁骨中段骨折最常见,且常伴有移位。锁骨骨折分类方法较多,其中 Allman^[1]分型应用较多。对于锁骨 Allman I 型移位骨折,临床多采取手术治疗,即切开复位钢板内固定。随着生物力学固定理念的发展,微创经皮锁定钢板内固定因其手术创伤小,术中出血少,骨膜剥离少,并发症发生率低等优点,受到越来越多术者的青睐;但是该技术存在术中钢板塑形不便、手术操作技术要求高等问题。由于成人双侧锁骨的对称性,3D 镜像打印技术能够直观地反映患侧锁骨伤前的三维立体结构,术前可对接骨板塑形、螺钉固定等进行体外模拟,使得微创经皮钢板内固定(minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis, MIPPO)技术治疗锁骨中段移位骨折的成功率大大提升。本研究自 2019 年 10 月至 2020 年 10 月,采用 3D 镜像打印结合 MIPPO 技术治疗成人锁骨 Allman I 型移位骨折 32 例,现报告如下。

1 临床资料

1.1 病例选择

纳入标准:(1)年龄>18 岁。(2)锁骨中段骨折属 Allman 分型中的 Ib、Ic 型。(3)骨折时间<14 d。(4)手术顺利完成,无严重并发症。(5)临床资料完整。排除标准:(1)病理性骨折。(2)开放性骨折。(3)合并血管及神经损伤。(4)合并严重器质性疾病不能耐受手术者。(5)手术部位有感染。(6)依从性差,随访不配合。

1.2 临床资料

本组 32 例,男 19 例,女 13 例;年龄 19~55 (34.12±16.42)岁;均为锁骨中段骨折患者。交通伤 21 例,跌伤 7 例,坠落伤 4 例。按 Allman 分型, Ib 型 14 例, Ic 型 18 例。左侧 17 例,右侧 15 例;受伤至手术时间 1~7(2.88±1.56) d。

2 治疗方法

2.1 打印 3D 镜像模型并术前模拟

利用 CT 数据,通过计算机软件将健侧锁骨镜像建模后行 1:1 模型 3D 打印,术前在该模型上对接骨板塑形,同时规划好置钉数量、长度及切口位置。

2.2 手术方法

术前 30 min 预防性应用抗生素,仰卧于可透视手术床,患侧颈丛加臂丛神经阻滞麻醉后,采用沙滩椅位,肩胛区垫高呈扩胸状态。常规消毒铺无菌巾,手法复位经 C 形臂 X 线证实骨折复位满意后,选用克氏针或普通螺钉维持骨折复位(对于复位后较稳定的骨折可省略),分别于锁骨骨折断端两侧于规划位置行长约 2 cm 手术切口,用窄骨膜剥离器于皮下

软组织与骨膜间建立通道,再将预塑形的锁定接骨板于切口处插入通道,优先置入两侧近骨折端 2 枚螺钉,必要时选用普通螺钉增加接骨板贴附度,两端依次置入 3 枚预选螺钉固定。再次透视证实骨折复位满意、内固定装置合适后,冲洗并依次缝合切口,无菌敷料覆盖。

2.3 术后处理

患肢胸前悬吊,预防性应用抗生素 24~48 h,术后第 2 天开始肩关节钟摆活动,2 周开始主动肩关节功能锻炼,4 周复查效果满意后开始患肢体全功能锻炼。

3 结果

3.1 疗效评价标准

术前,术后 1、6 个月,采用 Constant-Murley^[2]肩关节评分从疼痛、肌力、功能活动及肩关节活动度 4 个方面进行临床疗效评价,满分 100 分;总分 90~100 分为优,80~89 分为良,70~79 分为可,<70 分为差。

3.2 治疗结果

本组 32 例患者均获得随访,时间 6~8 (6.67±2.13)个月。所有患者术后无刀口感染及术区皮肤麻木等并发症发生。本组手术时间(35.37±4.28) min,切口长度(3.78±0.45) cm,术中出血量(37.23±4.76) ml,透视次数(3.12±0.47)次,骨折愈合时间(8.18±2.58)周。术后 1、6 个月 Constant-Murley 肩关节评分分别为 81.08±3.92、98.03±1.05,与术前 54.62±5.25 比较差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 1。术后 6 个月根据 Constant-Murley 肩关节功能评分评定疗效,结果优 30 例,良 2 例。典型病例见图 1。

4 讨论

4.1 研究背景

钢板仍是治疗锁骨骨折的金标准^[3]。目前绝大部分的锁骨中段移位骨折均采用切开复位接骨板螺钉内固定术^[4],术中需广泛切开剥离显露,这会严重破坏骨折断端周围软组织的血运,导致骨折不愈合和延迟愈合的概率增加;锁骨形态不规则,且每个人的锁骨形态均有不同程度的差异,所以没有任何一种接骨板能不用塑形而直接贴合于锁骨表面,术中往往需要消耗很多时间进行接骨板预弯和塑形,因为显露有限,接骨板塑形有一定难度,最终很多病例接骨板与锁骨表面未实现完美贴合,导致骨折对位欠佳,增加了手术及麻醉时间,伤口感染率随之升高;另外,术后创口周围及前胸壁皮肤麻木的问题近来倍受关注,其主要原因多为常规开放切口对锁骨上神经的医源性损伤引起^[5]。

表 1 成人锁骨中段骨折 32 例手术前后 Constant-Murley 肩关节功能评分($\bar{x}\pm s$, 分)

Tab.1 Constant-Murley scores of 32 patients with adult median clavicle fracture before and after operation($\bar{x}\pm s$, score)

时间	疼痛	肌力	功能活动	肩关节活动度	总分
术前	6.76±2.24	15.92±3.08	12.31±2.02	19.68±3.54	54.62±5.25
术后 1 个月	12.21±2.45	20.03±2.36	17.68±1.78	28.33±4.02	81.08±3.92 ^①
术后 6 个月	14.76±0.19	23.45±1.70	19.76±0.23	38.64±1.33	98.03±1.05 ^②
F 值	145.012	76.041	194.291	283.958	1 043.569
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:与术前比较, ^①t=22.845, P<0.001; ^②t=45.866, P<0.001; ^①与^②比较, t=23.627, P<0.001

Note: Compared with preoperative data, ^①t=22.845, P<0.001; ^②t=45.866, P<0.001; ^①vs^②, t=23.627, P<0.001



图 1 患者,女,20 岁,左侧锁骨骨折 Allman I b 型 1a. 术前正位 X 线片示左锁骨中段骨折,断端成角明显 1b,1c. 术前 3D 模型打印并于镜像模型上模拟,预塑形接骨板 1d. 术中切口图片,分别于锁骨远近端做小切口 1e. 术后 1 d 正位 X 线片示骨折复位及内固定位置良好 1f. 术后 3 个月正位 X 线片示骨折线模糊 1g. 术后 6 个月正位 X 线片示骨折已骨性愈合 1h,1i,1j. 术后 6 个月患肢功能恢复优良

Fig.1 A 20-year-old female patient with the left clavicle fracture Allman type I b 1a. The pre-operative AP X-ray showed a fracture of the left median clavicle with obvious angulation at the broken end 1b,1c. Preoperative 3D model was printed and simulated on a mirror model and the bone plate was pre-molded 1d. Intraoperative incision picture; small incisions were made at the distal and proximal clavicle respectively 1e. Left clavicle AP X-ray showed good reduction and internal fixation position on the 1st day after operation 1f. Three months after operation, left clavicle AP X-ray showed that the fracture line was blurred 1g. Six months after operation, left clavicle AP X-ray showed that the fracture had bony healed 1h,1i,1j. Six months after operation, the function of the affected limb recovered well

and proximal clavicle respectively 1e. Left clavicle AP X-ray showed good reduction and internal fixation position on the 1st day after operation 1f. Three months after operation, left clavicle AP X-ray showed that the fracture line was blurred 1g. Six months after operation, left clavicle AP X-ray showed that the fracture had bony healed 1h,1i,1j. Six months after operation, the function of the affected limb recovered well

4.2 MIPPO 技术的优势

MIPPO 技术手术操作不显露骨折断端,骨折端骨膜保留,不清除骨折断端间的生物活性物质,骨折断端间微环境及血供得到有效保护,减少了医源性创伤的同时提高了骨愈合率,骨愈合时间和功能恢复时间缩短,避免了手术切开的弊病,符合现代骨科微创理念;用解剖型锁定接骨板行锁骨两端桥接固定,不仅增加了固定的强度,减少了应力遮挡,不造成钢板与骨界面间的组织坏死,同时有效保护了骨折端骨膜,提高了骨折愈合率,而且其合页功能可以提高固定的稳定性,符合骨折愈合的生物力学原理;术后无须外固定,指导患者循序渐进行上肢及肩部功能锻炼,加速骨折愈合;皮肤切口小且位于锁骨两端,有效地保护锁骨上神经,减少医源性损伤及术后皮肤麻木、感染的发生率^[6],从美观角度讲,患者心理上更容易接受,提高了患者满意度。

4.3 3D 打印技术在本研究中的应用价值

3D 打印技术发展迅速并广泛应用于医学领域^[7],特别是骨科方面,对于手术治疗帮助极大。对于创伤骨科医师而言,3D 打印技术可以将患者骨折部位的三维立体模型打印出来,利用模型更详细地规划手术方案,并在模型上进行操作、演练,从而缩短了手术时间,减少学习时间,提高手术的成功率^[8]。已有学者通过 3D 打印模拟骨折复位进行模拟操作,从而解决锁骨微创手术中的难点,并取得了良好效果^[9]。笔者将该方法进行了改良,通过计算机直接镜像打印模拟骨折解剖复位,可以减少打印 3D 骨折模型所需要的额外费用及缩短术前准备时间。通过 3D 镜像打印进行术前手术模拟,对接骨板精确塑形并计划螺钉数目与长度,可以显著减少手术操作步骤,从而缩短手术及麻醉时间,降低感染率,进一步提高手术成功率。

4.4 治疗体会

3D 镜像打印结合 MIPPO 技术治疗锁骨中段移位骨折,主要是针对锁骨骨折复位容易、固定难的特点。术中肩胛区垫高达极度扩胸位,力求自然无创复位,可最大限度地避免了因切开复位所带来的医源性损伤;通过术前 3D 镜像模型行手术模拟,对接骨板精确预塑形并计划螺钉数目与长度,可以显著减少手术操作步骤,从而减少手术及麻醉时间,降低感染率;利用 MIPPO 技术和锁定接骨板生物学固定优

势将骨折牢固固定,促进骨折愈合,同时助于术后功能恢复。该方法不仅可以使骨折良好复位及坚强固定,同时也不破坏骨折断端的原始微环境,是 3D 打印技术与现代微创技术的完美结合。

4.5 本研究不足与展望

本研究能较好地反映出 3D 镜像打印结合 MIPPO 技术治疗锁骨中段骨折的优越性,它能精细化手术步骤,缩短手术时间,提高手术安全性,进一步减少并发症的发生。但它同样存在一些问题:(1)部分骨折无法达到解剖复位,使预塑形的锁定接骨板存在不可控的误差。(2)3D 打印需要相关的打印器材、材料及软件费用偏高。(3)打印所需时间导致术前准备时间延长。(4)3D 打印需要培训专门的人员掌握相关软件处理及打印方法。但是,随着 3D 打印技术和材料学的发展,相信未来 3D 镜像打印结合 MIPPO 技术治疗锁骨中段骨折会更加的经济、快捷和安全。

参考文献

- [1] Allman FL Jr. Fractures and ligamentous injuries of the clavicle and its articulation[J]. J Bone Joint Surg Am, 1967, 49(4): 774-784.
- [2] Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder[J]. Clin Orthop Relat Res, 1987, 214(214): 160.
- [3] 王满宜. 锁骨骨折的治疗现状[J]. 中国骨伤, 2008, 21(7): 487-489.
WANG MY. Therapeutic status of clavicular fracture[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2008, 21(7): 487-489. Chinese.
- [4] 刘亚波. 锁骨骨折的治疗[J]. 中国骨伤, 2012, 25(4): 267-270.
LIU YB. Treatment of clavicular fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2012, 25(4): 267-270. Chinese.
- [5] Christensen TJ, Horwitz DS, Kubiak EN. Natural history of anterior chest wall numbness after plating of clavicle fractures: educating patients[J]. J Orthop Trauma, 2014, 28(11): 642-647.
- [6] Beirer M, Postl L, Crönlein M, et al. Does a minimal invasive approach reduce anterior chest wall numbness and postoperative pain in plate fixation of clavicle fractures[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2015, 16(1): 128.
- [7] Shon HC, Bang JY, Lee Y, et al. Optimal plate position in minimally invasive plate osteosynthesis for mid-shaft clavicle fractures: simulation using 3D-printed models of actual clinical cases[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2021, 47(5): 1411-1416.
- [8] Chae MP, Rozen WM, McMenamin PG, et al. Emerging applications of bedside 3D printing in plastic surgery[J]. Front Surg, 2015, 2: 25.
- [9] Jeong HS, Park KJ, Kil KM, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis using 3D printing for shaft fractures of clavicles: technical note[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2014, 134(11): 1551-1555.

(收稿日期: 2021-03-09 本文编辑: 李宜)