

锁骨骨折微创髓内固定的研究进展

于大鹏* 综述 陈玲玲 审校

(山东省文登整骨医院急诊创伤科, 威海 264400)

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2021)07-0652-05

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2021.07.015

锁骨骨折占肩部骨折的 35%^[1], 锁骨骨折的治疗方案目前尚无统一意见, 移位超过 2 cm 的不稳定锁骨骨折采用保守治疗往往会导致骨折部位畸形愈合, 甚至骨折不愈合^[2], 影响肩关节功能。高质量的随机对照研究和 meta 分析显示, 手术治疗锁骨骨折畸形愈合率较保守治疗明显降低^[3], 而且可以降低骨不连发生率, 缩短治疗时间^[4,5], 在恢复肩关节功能方面也优势显著^[6]。

锁骨骨折的主要手术方法是切开复位钢板内固定和微创手术固定。切开复位内固定虽然是锁骨骨折手术的金标准, 但存在手术创伤大、组织血运破坏容易诱发感染等缺点^[7,8]。微创手术包括小切口经皮钢板内固定(minimally invasive plate osteosynthesis, MIPO)技术、外固定支架外固定技术和闭合复位经皮髓内固定技术等。其中 MIPO 技术是切开复位钢板内固定的小切口改良方案, 但需要在钢板置入前进行预塑形, 如果不能精准塑形, 不但会影响骨折端复位, 还会因为钢板与锁骨贴敷不良无法达到坚强内固定的效果。外固定支架多用于合并肩部手术区域严重皮肤软组织损伤或感染的锁骨骨折的治疗, 外固定支架占位空间较大, 不利于肩部功能锻炼, 还会对患者的工作生活产生较大影响。随着内固定理念的更新和髓内固定材料的不断涌现, 锁骨骨折髓内固定因其简单微创并且更符合人体生物力学而逐渐推广。研究^[9,10]显示髓内固定与钢板固定在术后功能及愈合上无明显差异, 髓内固定并发症更少。本文从锁骨解剖、锁骨骨折髓内固定不同方式和优缺点、髓内固定物的发展等方面进行综述, 为锁骨骨折微创髓内治疗提供参考。

1 锁骨解剖及易骨折原因

锁骨解剖上为“S”形结构细长骨, 有 2 个生理弯曲, 锁骨两端为胸锁关节和肩锁关节。锁骨骨质坚硬, 髓腔呈蜂窝状, 解剖学结构显示其能够承受较大应力^[11], 但因其处于胸骨的前上方, 又是上肢连接躯干的唯一骨性结构^[12], 直接暴力或间接力量沿上肢传导往往汇集至纤细的锁骨处, 这是锁骨容易发生骨折的主要原因。锁骨中段(锁骨中 1/3 段)骨折占有所有锁骨骨折的 80%~85%, 而且以不稳定骨折为主。这是因为锁骨中段平均骨皮质厚度仅为 2 mm, 而且位置表浅, 周围仅有少量肌肉和脂肪组织附着, 无法与两端的胸锁关节、肩锁关节一样依靠丰富的肌肉和韧带提供坚强支撑, 并且锁骨中段骨横截面积相对较小, 更容易导致应力集中, 解剖形态上的特殊性是锁骨中段骨折高发的主要原因。

2 锁骨骨折分型及髓内固定的适应证和禁忌证

常用的锁骨骨折分型有美国创伤骨科协会(Orthopaedic Trauma Association, OTA)分型^[13]和 Robinson 分型^[14]。

OTA 分型: 1 型为锁骨内侧段骨折, 其中 1A 型为内侧段关节外骨折, 1B 型为内侧段关节内部分骨折, 1C 型为内侧段关节内粉碎骨折; 2 型为锁骨中段干部骨折, 其中 2A 型为干部简单骨折, 2B 型为干部楔形粉碎骨折, 2C 型为干部多段粉碎骨折; 3 型为锁骨外侧段骨折, 其中 3A 型为外侧段关节外骨折, 3B 型为外侧段关节内部分骨折, 3C 型为外侧段关节内粉碎骨折。

Robinson 分型: 1 型为锁骨内侧 1/5 骨折, 其中

* 通讯作者, E-mail: xzmd99@126.com

1A 为无移位骨折, 1B 为移位骨折, 1A 和 1B 型骨折分为关节外骨折(1A1、1B1)和关节内骨折(1A2、1B2); 2 型为锁骨中 3/5 骨折, 其中 2A 型为骨折端有骨接触, 分为无移位骨折(2A1)和成角骨折(2A2), 2B 型骨折端无骨接触, 分为单纯或楔形粉碎性骨折(2B1)和孤立的或粉碎性节段性骨折(2B2); 3 型为锁骨外侧 1/5 骨折, 其中 3A 为无移位骨折, 3B 为移位骨折, 3A 和 3B 型骨折分为关节外骨折(3A1、3B1)和关节内骨折(3A2、3B2)。

首先, 锁骨陈旧骨折或伴有血管神经损伤的新鲜骨折均不宜采用髓内固定; 其次, 对于严重粉碎性锁骨骨折也不建议采用髓内固定; 第三, 因为锁骨纤薄且呈 S 形, 目前技术尚无法进行精准扩髓, 所以锁骨髓腔狭窄者也不建议行髓内固定; 第四, 锁骨处皮肤软组织严重损伤或感染也是髓内固定的禁忌证。除此之外, 绝大多数需要手术治疗的锁骨骨折均可以采用髓内固定的方式。

3 锁骨骨折髓内固定的优势和缺点

与切开复位钢板内固定相比, 髓内固定技术有以下优势: ①切口小, 出血少, 痛苦少, 手术时间短, 无须显露锁骨前方的锁骨上神经, 避免切开手术引起的锁骨下区域皮肤感觉缺失, 不破坏骨膜和血运, 利于骨折端骨痂生长和骨折早期愈合; ②由于锁骨前上方软组织薄弱, 钢板安置易激惹软组织导致疼痛和感染, 而微创术式由于切口小并且内置物与皮肤软组织接触面积小, 切口感染和软组织激惹少; ③内固定去除比较方便, 不存在钢板偏心固定后去除内固定时留下的大量螺钉钉道, 所以不易发生内固定去除后的钉道周围二次骨折; ④允许术后早期功能锻炼, 更易于被患者接受; ⑤髓内固定为轴心固定, 与钢板偏心固定相比更符合人体生物力学。

髓内固定的缺点主要是无法给予坚强内固定, 易于松动和滑脱, 与髓外钢板固定比较在断端加压能力及锁定可靠性上存在不足, 力学强度及抗旋转能力相对较差, 可能会导致锁骨长度及旋转控制不良, 在治疗严重粉碎性锁骨骨折时效果不理想^[15,16]。随着新一代髓内固定材料的不断涌现, 这些不足正在不断消除。

4 锁骨骨折微创髓内固定方式

4.1 弹性髓内钉

钛制弹性髓内钉(titanium elastic nail, TEN, 又

称 elastic stable intramedullary nailing, ESIN) 依靠钛合金作用于锁骨的变形回弹力通过髓腔转化为对骨折端的压力和推力, 进而使骨折达到解剖复位。TEN 具有钛合金良好的弹性恢复力, 更容易进入锁骨“S”形髓腔, 在锁骨髓腔内呈弓形分布, 在生物力学上更合理, 依靠髓内钉的弹性支撑在锁骨髓腔内形成 3 个支撑点固定, 在有效维持锁骨长度的同时, 实现骨折二期愈合。Fuglesang 等^[17]针对 123 例锁骨中段完全移位骨折的前瞻性随机对照试验显示, TEN 与钢板固定都能使患者在 1 年内恢复到损伤前的肩关节功能水平, 锁骨中段简单骨折在恢复时间和肩关节功能上 2 组没有差别, 但对于锁骨中段粉碎性骨折, 钢板内固定后的恢复时间比 TEN 更快; TEN 组手术时间(22 ~ 120 min, 平均 53.4 min)短于钢板固定组(35 ~ 106 min, 平均 69.7 min); TEN 组患者对外观的满意度高于钢板固定组; TEN 组感染率和内固定失败率低于钢板固定; 除 1 年评分外, 闭合复位的 TEN 在所有时间点的功能结果均优于开放复位的 TEN。Hulsmans 等^[18]锁骨中段骨折 120 例的研究显示, 术后 3 个月臂肩手功能障碍(Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand, DASH)评分 TEN 组(9.4 ± 11.6 , 62 例)明显优于钢板组(5.1 ± 7.2 , 58 例)($P=0.023$)。

TEN 理论上适用于青少年及成人各种类型锁骨骨折, 尤其适用于 OTA 中 1/3 干部骨折; 因老年患者骨质疏松会影响 TEN 的固定强度, 老年患者需谨慎用。

4.2 带尾帽弹性髓内钉

Frigg 等^[19]报道 34 例锁骨中段骨折患者为期 3 年的带尾帽 TEN(15 例)与 TEN(19 例)的随机对照试验, 术后 6 周 67% (18/27) 的患者肩关节活动可达到正常范围, 12 周后 89% (24/27) 外展和 93% (25/27) 前屈达到正常范围; 平均随访 2.7 年, 末次随访 ASES 评分(American Shoulder and Elbow Surgeons' Form) 97.3 ± 3.95 (85 ~ 100) 分, DASH 评分 1.5 ± 3.24 (0 ~ 12.5) 分; 尾帽可以阻止 TEN 向内侧移位(0/12 vs. 7/18), 并显著减少疼痛(3/12 vs. 13/18)。林鸿宽等^[20]采用带尾帽 TEN 治疗 26 例儿童锁骨骨折, 随访 6 ~ 12 个月, 骨折均达到解剖复位, 骨性愈合良好, 肩关节功能恢复良好, 术后 2 个月患侧肩关节 NEER 评分(98.46 ± 1.07)与健侧(98.58 ± 1.10)比较差异无统计学意义。Frima 等^[21]对 34 例带尾帽 TEN 和 68 例 TEN 为期 7 年的

回顾性研究显示,对于移位的锁骨中段骨折,带尾帽 TEN 组与 TEN 组皮肤刺激反应发生率分别为 41% (14/34) 和 53% (36/68) ($P = 0.26$),带尾帽 TEN 组极少发生术后翻修手术 [0% (0/34) vs. 15% (10/68), $P = 0.03$];但对于骨折间隙较大或粉碎性骨折,尾帽的存在会阻止骨折部分顺 TEN 滑动,这可能会妨碍骨折愈合。

带尾帽 TEN 适用于 OTA 分型青少年及成人锁骨中 1/3 的 A 型、B 型、C 型骨折。

4.3 头端螺纹弹性髓内钉

在 TEN 的基础上,头端螺纹 TEN (threaded elastic intramedullary nail, TEIN) 的远端结构设计为锋利锥状,便于在锁骨髓腔内滑行,近端结构为圆锥头,表面有自攻螺纹,螺纹深度为 0.05 mm。与 TEN 相比,TEIN 在保障锁骨干弹性微动的同时,可以通过螺纹降低弹性钉在髓腔内松动、退钉的发生率。Bi 等^[22]对 45 例采用 TEIN 治疗的锁骨中段骨折进行回顾性研究,随访 14 (3~42) 个月,骨性愈合时间 3~4 个月,末次随访肩关节 Constant 评分平均 96.5 分, DASH 评分 1.4 分,未发生骨不连及髓内钉松动。

头端螺纹 TEN 适用 OTA 分型青少年及成人锁骨中 1/3 的 A 型及 B 型骨折。

4.4 双螺纹锁定弹性髓内钉

双螺纹锁定 TEN (elastic locking intramedullary nailing, ELIN) 头端有长 15~20 mm 的圆锥螺纹体,在距离头端螺纹 100~150 mm 处有同样螺纹。ELIN 头端的螺纹与锁骨近端锁定,中间的螺纹与锁骨远端锁定,双锁定的设计可以有效避免锁骨短缩畸形。赵志辉等^[23]对 47 例锁骨骨折采用 ELIN (23 例) 或锁定钢板 (24 例) 治疗,ELIN 组手术时间、术中失血量、皮肤切口长度分别较钢板组平均少 37 min、56 ml、8 cm,骨折愈合时间、取内固定时间分别早 4 周和 34 周,差异均有统计学意义;随访时间 14~76 周,ELIN 组和钢板组末次随访肩关节 Constant 评分分别为 (99.09 ± 1.86) 分和 (98.00 ± 2.17) 分, DASH 评分分别为 (1.20 ± 2.47) 分和 (0.89 ± 1.65) 分,差异均无统计学意义。Ullah 等^[24]采用 ELIN 治疗 38 例锁骨骨折,闭合复位固定成功率 84%,随访 8~33 个月,平均 16.5 月,末次随访肩关节 Constant 评分平均 98.47, DASH 评分 1.55,骨折愈合率 100%,骨折愈合时间 8~12 周。

双螺纹锁定 TEN 适用于 OTA 分型青少年及成

人锁骨中 1/3 的 A 型、B 型和 C 型,外侧 1/3 和内侧 1/3 的 A 型和 B 型骨折。

4.5 Anser 锁骨钉

Anser 锁骨钉设计理念是锁骨中段骨折愈合仅需保持对位良好,并不需要绝对稳定。先将带有螺纹的钉头自锁骨远端插入,骨折端复位后将 Anser 锁骨钉顺髓腔拧入锁骨胸骨端,最后于尾端依次植入带螺纹的侧方固定器和尾帽固定锁骨钉,通过骨折两端双锁定,防止锁骨钉移位和继发性缩短,并允许锁骨钉依靠侧方固定器在锁骨内保持一定的自由旋转。Hoogervorst 等^[25]用 Anser 锁骨钉治疗 20 例锁骨中段骨折,并进行 1 年随访,骨折愈合率为 100%,愈合时间 12~24 周,未发生锁骨上神经感觉缺失,末次随访肩关节 Constant 评分平均 96.7 分, DASH 评分 5.1 分,视觉模拟满意度评分 8.9 分。

Anser 锁骨钉适用于 Robinson 分型成人锁骨中段的 2A2 型或 2B1 型骨折。

4.6 Herbert 空心螺钉

Herbert 螺钉头尾采用双螺纹中空设计,并有螺纹差,可通过导针精准置入螺钉,具有更好的骨折端加压效果和更强的抗拔出。先于骨折处将导针由骨折胸骨端髓腔逆行穿出,将导针退至骨折断端,复位后将导针顺行打入肩峰端并穿出肩峰端骨皮质,拧入 Herbert 空心螺钉固定,螺钉尾部埋入骨面以下以减少软组织刺激。Zhang 等^[26]的研究显示,Herbert 螺钉在锁骨内无应力遮挡,应力分布与锁骨相似,Herbert 螺钉固定模式的锁骨最大应力 (30.14 MPa) 大于钢板固定模式 (11.97 MPa)。Richardson 等^[27]对 114 例锁骨骨折采用 Herbert 螺钉治疗,随访时间 10~25 个月,骨折愈合时间平均 8.8 周,只有 3 例 (2.6%) 发生骨不连, DASH 评分中位数 0.83 分,表明 Herbert 钉能够提供足够的骨折部位稳定性,是治疗锁骨中段骨折的有效方法。

Herbert 空心螺钉适用于 OTA 分型成人锁骨中 1/3 的 A 型、B 型骨折。

4.7 Hagie-Rockwood 钉

Hagie-Rockwood 钉尖有松质骨钉螺纹,尾端有 1 枚加压螺母和 1 枚锁定维持螺母。经骨折端逆行插入,从后外侧皮质穿出,复位后向内侧推进,直至顶到内侧皮质,使针尖螺纹与骨质咬合,最后锁紧 2 枚锁定螺母,完成断端加压并剪断针尾埋于皮下。Payne 等^[28]采用 Hagie-Rockwood 钉治疗 68 例锁骨骨折,愈合率为 97% (66/68),认为其对严重粉碎、

短缩的锁骨中段骨折也能提供良好治疗效果。Nordenstedt 等^[29]报道 Rockwood 钉治疗锁骨骨折 66 例,随访 13~96 个月,平均 39 个月,3 例骨折不愈合,12 例出现皮肤问题,后外侧螺母是导致皮肤刺激的主要原因。

Hagie-Rockwood 钉适用于 Robinson 分型成人锁骨中段 2B1、2B2 型骨折。

4.8 Sonoma CRx 钉

第二代髓内固定产品 Sonoma CRx 在置入时的可调节性和置入后的稳定性方面具有明显优势,是目前唯一具有先弹性置入后刚性固定特点的锁骨髓内内植物^[30]。Sonoma CRx 外形接近锁骨的解剖形态,长 100~130 mm,头端可随锁骨髓腔变化而弯曲变形,并有可收缩的触手,激发头端触手后可锁定髓腔,其尾部的 1 枚锁定钉具有加压固定功能。Sonoma CRx 的头端到达骨折线后应继续深入至少 50 mm,待固定良好后激发头端触手牢牢扎入髓腔,然后 Sonoma CRx 尾部置入锁定螺钉固定^[31]。King 等^[32]报道 72 锁骨骨干骨折,其中 Sonoma CRx 钉 35 例,解剖钢板 37 例, Sonoma CRx 钉在手术时间 $[(45 \pm 12) \text{ vs. } (65 \pm 21) \text{ min}]$ 和切口大小 $[(37 \pm 9) \text{ mm vs. } (116 \pm 18) \text{ mm}]$ 方面均明显优于钢板组($P < 0.05$);12 个月随访时 2 组骨折均愈合, Sonoma CRx 组的 DASH 评分更好($P = 0.022$)。Hoogervorst 等^[33]的 meta 分析显示,与 TEN 和 Hagie-Rockwood 钉相比, Sonoma CRx 钉的术后并发症最低。

Sonoma CRx 钉适用于 Robinson 分型成人锁骨中段 2B1 型、2B2 型、骨折线距离关节外至少 5 cm 的骨折,且锁骨髓腔 $\geq 4.2 \text{ mm}$ 。

5 展望

锁骨骨折微创髓内固定技术一直在改良创新,一方面通过固定材料升级来强化生物力学优势,另一方面通过外置螺纹、螺帽,内置触手等设计革新来增强髓内固定的断端加压能力和固定强度,其核心仍然是经皮微创髓内轴心固定。微创是外科发展的趋势,锁骨骨折微创髓内固定技术不但能减轻患者的手术痛苦,而且安全有效,微创便捷,这项技术会随着髓内固定材料的升级而不断发展。

参考文献

- Postacchini F, Gumina S, De Santis P, et al. Epidemiology of clavicle fractures. J Shoulder Elbow Surg, 2002, 11(5): 452–456.

- Brin YS, Palmanovich E, Dolev E, et al. Displaced mid-shaft clavicular fractures: is conservative treatment still preferred? Isr Med Assoc J, 2014, 16(12): 748–752.
- Woltz S, Stegeman SA, Krijnen P, et al. Plate fixation compared with nonoperative treatment for displaced midshaft clavicular fractures: a multicenter randomized controlled trial. J Bone Joint Surg Am, 2017, 99(2): 106–112.
- Smeeing DPJ, van der Ven DJC, Hietbrink F, et al. Surgical versus nonsurgical treatment for midshaft clavicle fractures in patients aged 16 years and older: a systematic review, meta-analysis, and comparison of randomized controlled trials and observational studies. Am J Sports Med, 2017, 45(8): 1937–1945.
- Ahrens PM, Garlick NI, Barber J, et al. The clavicle trial: a multicenter randomized controlled trial comparing operative with nonoperative treatment of displaced midshaft clavicle fractures. J Bone Joint Surg Am, 2017, 99(16): 1345–1354.
- Bhardwaj A, Sharma G, Patil A, et al. Comparison of plate osteosynthesis versus non-operative management for mid-shaft clavicle fractures: a prospective study. Injury, 2018, 49(6): 1104–1107.
- 苗凯松, 陈伟. 桥接组合式内固定系统治疗成年锁骨中段骨折的疗效分析. 中国微创外科杂志, 2018, 18(7): 628–631.
- Li Y, Helvie P, Farley FA, et al. Complications after plate fixation of displaced pediatric midshaft clavicle fractures. J Pediatr Orthop, 2018, 38(7): 350–353.
- Xu B, Lin Y, Wang Z, et al. Is intramedullary fixation of displaced midshaft clavicle fracture superior to plate fixation? Evidence from a systematic review of discordant meta-analyses. Int J Surg, 2017, 43: 155–162.
- Xie L, Zhao Z, Zhang S, et al. Intramedullary fixation versus plate fixation for displaced mid-shaft clavicle fractures: a systematic review of overlapping meta-analyses. Medicine (Baltimore), 2018, 97(4): e9752.
- Ropars M, Thomazeau H, Hutten D. Clavicle fractures. Orthop Traumatol Surg Res, 2017, 103(1S): S53–S59.
- Burnham JM, Kim DC, Kamineni S. Midshaft clavicle fractures: a critical review. Orthopedics, 2016, 39(5): e814–e821.
- Clavicle. J Orthop Trauma, 2018, 32 Suppl 1: S105.
- Robinson CM. Fractures of the clavicle in the adult. Epidemiology and classification. J Bone Joint Surg Br, 1998, 80(3): 476–484.
- Fuglesang HFS, Flugsrud GB, Randsborg PH, et al. Plate fixation versus intramedullary nailing of completely displaced midshaft fractures of the clavicle: a prospective randomised controlled trial. Bone Joint J, 2017, 99–B(8): 1095–1101.
- Wurm M, Beirer M, Biberthaler P, et al. Clavicular fractures: diagnostics, management and treatment. Unfallchirurg, 2018, 121(12): 983–998.
- Fuglesang HFS, Oksum MA, Wikerøy AKB. Mini-invasive intramedullary fixation of displaced midshaft clavicle fractures with an elastic titanium nail. JBJS Essent Surg Tech, 2018, 8(2): e16.
- Hulsman MH, van Heijl M, Houwert RM, et al. High irritation and

removal rates after plate or nail fixation in patients with displaced midshaft clavicle fractures. Clin Orthop Relat Res, 2017, 475 (2) : 532 - 539.

19 Frigg A, Rillmann P, Perren T, et al. Intramedullary nailing of clavicular midshaft fractures with the titanium elastic nail: problems and complications. Am J Sports Med, 2009, 37 (2) : 352 - 359.

20 林鸿宽, 周之平, 赖草生. 微创逆行插弹性钉治疗儿童移位锁骨骨折. 中国骨伤, 2018, 31 (9) : 808.

21 Frima H, Hulsmans MHJ, Houwert RM, et al. End cap versus no end cap in intramedullary nailing for displaced midshaft clavicle fractures; influence on implant-related irritation. Eur J Trauma Emerg Surg, 2018, 44 (1) : 119 - 124.

22 Bi H, Wang Y, Xiong Q, et al. Minimally invasive fixation of midclavicular fractures with threaded elastic intramedullary nails. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2015, 25 (5) : 833 - 8440.

23 赵志辉, 陈居文, 王永清, 等. 弹性带锁髓内钉与锁定钢板治疗锁骨中段骨折的疗效比较. 中华骨科杂志, 2019, 39 (16) : 1029 - 1036.

24 Ullah K, Khan S, Wang YQ, et al. Bilaterally threaded, minimal invasive, elastic locking intramedullary nailing (ELIN) for the treatment of clavicle fractures. Orthop Surg, 2020, 12 (1) : 321 - 332.

25 Hoogervorst P, Konings P, Hannink G, et al. Functional outcomes, union rate, and complications of the Anser clavicle pin at 1 year: a novel intramedullary device in managing midshaft clavicle fractures. JSES Int, 2020, 4 (2) : 272 - 279.

26 Zhang X, Cheng X, Yin B, et al. Finite element analysis of spiral plate and herbert screw fixation for treatment of midshaft clavicle fractures. Medicine (Baltimore), 2019, 98 (34) : e16898.

27 Richardson M, Asadollahi S, Richardson L. Management of acute displaced midshaft clavicular fractures using herbert cannulated screw: technique and results in 114 patients. Int J Shoulder Surg, 2013, 7 (2) : 52 - 58.

28 Payne DE, Wray WH, Ruch DS, et al. Outcome of intramedullary fixation of clavicular fractures. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2011, 40 (6) : E99 - 104.

29 Nordenstedt B, von Heideken J, Boström Windhamre H, et al. Intramedullary nailing of dislocated midshaft clavicle fractures with the Rockwood clavicle pin, a retrospective study. Acta Orthop Belg, 2019, 85 (4) : 412 - 420.

30 King PR, Basamania CJ, Lamberts RP. A novel intramedullary locked fixation device for treatment of clavicle shaft fractures. JBJS Essent Surg Tech, 2016, 6 (1) : e8.

31 Calbiyik M, Zehir S, Ipek D. Minimally invasive implantation of a novel flexible intramedullary nail in patients with displaced midshaft clavicle fractures. Eur J Trauma Emerg Surg, 2016, 42 (6) : 711 - 717.

32 King PR, Ikram A, Eken MM, et al. The effectiveness of a flexible locked intramedullary nail and an anatomically contoured locked plate to treat clavicular shaft fractures; a 1-year randomized control trial. J Bone Joint Surg Am, 2019, 101 (7) : 628 - 634.

33 Hoogervorst P, van Dam T, Verdonschot N, et al. Functional outcomes and complications of intramedullary fixation devices for midshaft clavicle fractures; a systematic review and meta-analysis. BMC Musculoskelet Disord, 2020, 21 (1) : 395.

(收稿日期: 2020 - 12 - 23)

(修回日期: 2021 - 06 - 08)

(责任编辑: 王惠群)