

解剖锁定钢板内固定联合喙锁韧带重建治疗 Neer II b 型锁骨远端骨折的疗效研究



汤红伟, 殷勇, 韩擎天, 徐小平, 李云飞

上海市嘉定区中心医院骨科(上海 201800)

【摘要】目的 通过与单纯解剖锁定钢板治疗比较, 探讨解剖锁定钢板内固定联合喙锁韧带重建治疗 Neer II b 型锁骨远端骨折的临床疗效。**方法** 回顾分析 2013 年 2 月–2017 年 1 月收治并符合选择标准的 40 例 Neer II b 型锁骨远端骨折患者临床资料, 其中 18 例采用解剖锁定钢板内固定联合 1 枚锚钉重建喙锁韧带治疗(重建组), 22 例采用单纯解剖锁定钢板内固定治疗(非重建组)。两组患者性别、年龄、受伤侧别、致伤原因、合并伤、受伤至手术时间等一般资料比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 具有可比性。记录并比较两组手术时间、医疗费用以及术后患侧喙锁间距、肩关节 Constant-Murley 评分、并发症发生情况。**结果** 两组患者均获随访, 随访时间 12~27 个月, 平均 16.3 个月。重建组 1 例术后发生切口浅表感染, 非重建组 1 例术后 1 个月发生钢板螺钉从远端骨块中拔出伴复位丢失。重建组手术时间及医疗费用均较非重建组明显增加 ($P<0.05$)。末次随访时, 骨折均达骨性愈合, 重建组患侧喙锁间距增加率明显低于非重建组 ($t=2.371, P=0.023$)。术前及术后 1、3 个月及末次随访时, 两组 Constant-Murley 评分比较差异均无统计学意义 ($P>0.05$); 但组内术后各时间点评分均高于术前, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。**结论** 对于 Neer II b 型锁骨远端骨折, 无论是否行喙锁韧带重建, 采用解剖锁定钢板内固定后均能获得良好疗效。因此, 除远端骨块小于 1 cm 的粉碎性骨折或依从性较差者外, 无需常规重建喙锁韧带。

【关键词】 锁骨远端骨折; 解剖锁定钢板; 内固定; 喙锁韧带重建

Effectiveness of anatomical locking plate internal fixation combined with coracoclavicular ligament reconstruction for Neer type II b distal clavicle fractures

TANG Hongwei, YIN Yong, HAN Qintian, XU Xiaoping, LI Yunfei

Department of Orthopaedics, Jiading Center Hospital, Shanghai, 201800, P.R.China

Corresponding author: LI Yunfei, Email: leeyunfei@163.com

【Abstract】Objective To investigate the effectiveness of anatomical locking plate internal fixation combined with coracoclavicular ligament reconstruction in treatment of the Neer type II b distal clavicle fractures by comparing with the simple anatomical locking plate internal fixation. **Methods** The clinical data of 40 patients with Neer type II b distal clavicle fractures who met the criteria between February 2013 and January 2017 were analyzed. Eighteen cases were treated with anatomical locking plate internal fixation and coracoclavicular ligament reconstruction by using a suture anchor (reconstruction group), and 22 cases were treated only with anatomical locking plate internal fixation (non-reconstruction group). There was no significant difference in gender, age, injured side, causes of injury, associated injuries, time from injury to operation between 2 groups ($P>0.05$). The operation time, medical expense, postoperative coracoclavicular distance, Constant-Murley scores of injured side, and complications were recorded and compared between 2 groups. **Results** All patients were followed up 12-27 months (mean, 16.3 months). One patient in reconstruction group had superficial wound infection. One patient in non-reconstruction group had pullout of screws from the distal fragment and reduction loss at 1 month postoperatively. The operation time and medical expense in reconstruction group significantly increased when compared with those in non-reconstruction group ($P<0.05$). All fractures in 2 groups achieved bony union at last follow-up. The rate of coracoclavicular distance increase of injured side

in non-reconstruction group was significantly higher than that in reconstruction group ($t=2.371, P=0.023$). The Constant-Murley scores at 1 month, 3 months after operation, and last follow-up were significantly improved when compared with preoperative values in 2 groups ($P<0.05$), but no significant difference was observed between 2 groups ($P>0.05$).

Conclusion Both anatomical locking plate internal fixation with and without coracoclavicular ligament reconstruction can achieve good effectiveness for the Neer type II b distal clavicle fractures. Therefore, the coracoclavicular ligament reconstruction is not necessary, except for comminuted fractures with the length of lateral fragment less than 1 cm or the patients with poor compliance.

【Key words】 Distal clavicle fracture; anatomical locking plate; internal fixation; coracoclavicular ligament reconstruction

Foundation item: Funds from Science and Technology Commission of Jiading District of Shanghai (2015001)

锁骨远端骨折临床少见, 占有锁骨骨折的 15% ~ 30%^[1]。Neer II b 型锁骨远端骨折属于不稳定骨折, 保守治疗后骨不连或畸形愈合发生率较高^[1-2], 因此临床多推荐手术治疗^[3-4]。目前治疗此类骨折的手术方式较多, 但均有不足之处, 仍无一种可作为“金标准”^[5-7]。近年来有学者采用锁骨远端解剖锁定钢板治疗 Neer II b 型锁骨远端骨折, 并取得了满意疗效^[8-9]。但也有学者认为此类骨折外侧常为较小的粉碎骨块, 同时伴有喙锁韧带损伤, 单纯钢板固定强度有限, 需要重建喙锁韧带来加强骨折端的稳定性^[10-11], 但目前缺乏相关的临床对照研究来支持这一观点。鉴于此, 本研究回顾性分析了 2013 年 2 月—2017 年 1 月采用解剖锁定钢板结合或不结合锚钉重建喙锁韧带治疗的 40 例 Neer II b 型锁骨远端骨折患者临床资料, 比较两组患者疗效, 进一步探讨结合喙锁韧带重建的必要性, 为临床选择提供参考。报告如下。

1 临床资料

1.1 患者选择标准

纳入标准: ① Neer II b 型锁骨远端骨折; ② 急性单侧闭合性骨折; ③ 单纯解剖锁定钢板固定或联合 1 枚锚钉重建喙锁韧带; ④ 伤前肩关节功能正常; ⑤ 随访时间达 12 个月。排除标准: ① 合并同侧上肢血管、神经损伤或其他部位骨折(如胸锁关节或肩锁关节脱位、肩胛骨骨折、锁骨骨折等); ② 伴有喙突骨折或喙突畸形; ③ 有精神疾病和无法完成定期随访者。

2013 年 2 月—2017 年 1 月, 共 40 例患者符合选择标准纳入研究。其中 18 例采用解剖锁定钢板固定结合锚钉重建喙锁韧带(重建组), 22 例仅采用解剖锁定钢板固定(非重建组)。

1.2 一般资料

重建组: 男 11 例, 女 7 例; 年龄 24 ~ 61 岁, 平均 43.4 岁。左肩 12 例, 右肩 6 例。致伤原因:

跌伤 7 例, 交通事故伤 8 例, 其他伤 3 例。合并伤: 肋骨骨折 2 例, 肾挫伤 1 例。受伤至手术时间 2 ~ 11 d, 平均 3.9 d。非重建组: 男 10 例, 女 12 例; 年龄 26 ~ 65 岁, 平均 45.4 岁。左肩 15 例, 右肩 7 例。致伤原因: 跌伤 11 例, 交通事故伤 9 例, 其他伤 2 例。合并伤: 头外伤 2 例, 肋骨骨折 2 例, 下肢骨折 1 例。受伤至手术时间 2 ~ 10 d, 平均 4.0 d。

两组患者性别、年龄、受伤侧别、致伤原因、合并伤、受伤至手术时间等一般资料比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$), 具有可比性。

1.3 手术方法

两组手术均由同一组医师完成。

重建组: 全麻后, 患者取“沙滩椅”位。于锁骨远端作一 6 ~ 8 cm 长的横切口, 沿锁骨表面逐层切开至骨膜, 暴露骨折部位。部分剥离锁骨外侧前缘三角肌附着处并向外牵拉, 暴露喙突基底部。清理骨折部位, 对喙锁韧带进行探查, 确认锥状部分断裂。将 1 枚直径 5 mm 带双线锚钉植入喙突体部中央。将骨折复位并用 1 枚克氏针临时固定, 经透视确认骨折复位满意。用直径 2 mm 的克氏针于近端骨折的末端钻 2 个骨孔, 用细钢丝将锚钉缝线分别从 2 个骨孔中引出, 并在锁骨表面打结固定。根据骨折长度和锁骨形态, 选择合适的解剖锁定钢板, 锁定螺钉固定。骨折远端植入 4 ~ 5 枚锁定螺钉。再次透视确认骨折复位满意, 内固定位置满意(所有螺钉都位于肩锁关节外)。常规冲洗创面, 逐层关闭切口。

非重建组: 除术中不探查喙锁韧带, 不剥离锁骨外侧前缘三角肌外, 本组麻醉方式、患者体位、切口以及骨折复位、钢板固定方式与重建组一致。

1.4 术后处理

所有患者术后均需佩戴颈腕吊带 3 周。术后 1 周开始在健肢辅助下进行“钟摆”样运动和被动

平缓运动,以防止肩关节僵硬。术后 1 个月内被动前屈、外展范围限制在肩关节水平以下,以免骨折端应力过大;之后运动范围逐渐增大,主动与被动运动相结合。术后 2 个月开始肌力康复锻炼及各种抗阻力练习,直至恢复日常活动。术后 3 个月可重返工作岗位,但术后 6 个月内应避免进行体育运动及重体力劳动。

1.5 疗效评价指标

记录两组手术时间、医疗费用、并发症发生情况;随访时定期复查 X 线片,了解骨折愈合及内固定情况;术前及术后 1、3 个月、末次随访时采用 Constant-Murley 评分标准对肩关节功能进行评价。末次随访时,于肩关节或胸部前后位 X 线片上,采用医学影像信息系统测量患侧及健侧喙锁间距,即喙突上缘至锁骨下部锥状结节外侧缘的垂直长度,计算患侧喙锁间距增加率,公式为:(患侧值-健侧值)/健侧值 \times 100%。

1.6 统计学方法

采用 SPSS 19.0 统计软件进行分析。计量资料以均数 \pm 标准差表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验;组内手术前后比较采用重复测量方差分析,两

两比较采用 Bonferroni 检验;检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

重建组手术时间为(67.8 \pm 9.3) min、医疗费用为(41 938.0 \pm 3 457.2)元,与非重建组(59.2 \pm 11.6) min、(36 920.8 \pm 2 896.0)元相比,均明显增加,比较差异有统计学意义($t=2.538$, $P=0.015$; $t=4.997$, $P=0.000$)。重建组 1 例术后 5 d 发生切口浅表感染,经换药及口服抗生素后愈合;两组其余患者切口均 I 期愈合。

两组患者均获随访,随访时间 12~27 个月,平均 16.3 个月。非重建组 1 例术后 1 个月发生钢板螺钉从远端骨块中拔出伴复位丢失,行翻修手术,加用锚钉及克氏针固定;二次术后 1 个月拔出克氏针,术后 3 个月复查 X 线片提示骨折达骨性愈合。其余患者内固定无松动、移位,末次随访时骨折均达骨性愈合。见图 1、2。末次随访时重建组患侧喙锁间距增加率为 12.7% \pm 13.6%,明显低于非重建组的 26.0% \pm 20.3%,比较差异有统计学意义($t=2.371$, $P=0.023$)。两组组内术后各时间点 Constant-Murley 评分均高于术前,差异均有统计学



图 1 非重建组患者,男,53 岁,右锁骨远端骨折(Neer II b 型) a. 术前 X 线片; b. 术前 CT; c. 术后 1 d X 线片; d. 术后 9 个月 X 线片; e. 术后 12 个月肩关节功能

Fig.1 A 53-year-old male patient with Neer type II b distal clavicle fracture in non-reconstruction group a. Preoperative X-ray film; b. Preoperative CT; c. X-ray film at 1 day after operation; d. X-ray film at 9 months after operation; e. The shoulder functions at 12 months after operation

意义 ($P<0.05$)；术前以及术后 1、3 个月及末次随访时两组间评分比较，差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 1。

3 讨论

3.1 Neer II b 型锁骨远端骨折的治疗难点

Neer II b 型锁骨远端骨折的骨折线位于喙锁韧带的锥状部分和斜方部分之间，锥状部分完全断裂，而斜方部分完整附着于远端骨块，骨折近端和远端常在相反方向的作用力下发生移位。因此，从生物力学角度看，此类骨折极不稳定，保守治疗效

果欠佳，长期制动还可能导致肌肉萎缩和肩关节僵硬^[12]。但由于远端骨块体积较小，传统钢板允许植入的螺钉有限，难以获得坚强固定^[1, 13]。国内外学者设计了多种内固定技术用于治疗此特殊类型骨折，包括经肩锁关节克氏针或张力带、喙锁螺钉、钩钢板等。但上述技术均存在不足，例如延迟愈合、骨不连、植入物周围骨折或与植入物相关的并发症等^[5-7]。

3.2 解剖锁定钢板的优势

对于锁骨远端骨折，解剖锁定钢板的外侧渐宽设计使得在远端骨块内能植入多枚螺钉，且这些锁

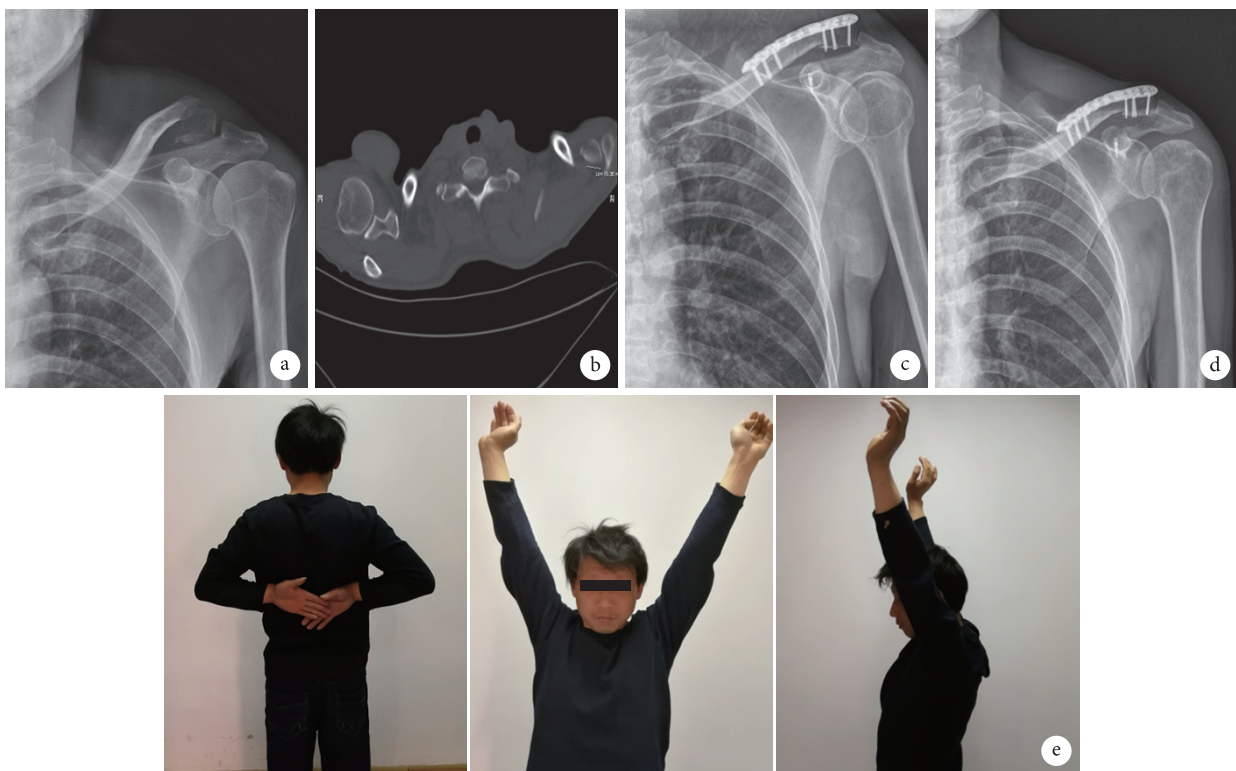


图 2 重建组患者，男，42 岁，左锁骨远端骨折 (Neer II b 型) a. 术前 X 线片；b. 术前 CT；c. 术后 1 d X 线片；d. 术后 10 个月 X 线片；e. 术后 15 个月肩关节功能

Fig.2 A 42-year-old male patient with Neer type II b distal clavicle fracture in reconstruction group a. Preoperative X-ray film; b. Preoperative CT; c. X-ray film at 1 day after operation; d. X-ray film at 10 months after operation; e. The shoulder functions at 15 months after operation

表 1 两组患者手术前后 Constant-Murley 评分比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.1 Comparison of Constant-Murley scores between 2 groups ($\bar{x}\pm s$)

组别 Group	例数 n	术前 Preoperative	术后 1 个月 One month after operation	术后 3 个月 Three months after operation	末次随访 Last follow-up	统计值 Statistic
重建组 Reconstruction group	18	42.7±6.1	82.9±6.0*	89.8±4.9*	93.1±4.4*	F=761.477 P= 0.000
非重建组 Non-reconstruction group	22	43.4±5.2	80.8±9.8*	89.1±6.3*	91.7±6.6*	F=332.018 P= 0.000
统计值 Statistic		t=0.384 P=0.703	t=0.805 P=0.426	t=0.411 P=0.684	t=0.789 P=0.435	

*与术前比较 $P<0.05$

*Compared with preoperative value, $P<0.05$

定螺钉在多个平面呈发散分布,最大限度地增加了对远端骨块的把持力及抗拔出,从而实现对锁骨远端骨折的坚强固定。此外,解剖锁定钢板不侵犯肩峰下间隙和肩锁关节,可减少肩锁关节骨关节炎、肩袖损伤、肩峰下撞击及骨溶解等并发症的发生^[8-9,14]。Vaishya 等^[14]研究认为解剖锁定钢板可能是解决锁骨远端骨折固定问题的一个较好办法。Fleming 等^[8]应用解剖锁定钢板治疗 19 例 Neer II 型锁骨远端骨折,平均随访 25 个月,所有患者均获得骨性愈合且功能恢复良好,无 1 例患者强制要求去除内固定。Govindasamy 等^[9]报道 12 例移位的锁骨远端骨折应用解剖锁定钢板固定后肩关节功能评分优良,且无骨不连、钢板断裂等并发症发生。由于临床疗效满意,解剖锁定钢板技术近年来越来越受到临床医师的推崇。

3.3 解剖锁定钢板结合喙锁韧带重建的优势

由于 Neer II b 型锁骨远端骨折的外侧常为较小的粉碎性骨块,同时伴有喙锁韧带损伤,有学者认为钢板固定的生物力学强度可能不足,有内固定失效的风险^[10-11]。目前临床上已有解剖锁定钢板固定失败的报道^[15],本研究中非重建组也有 1 例患者发生钢板螺钉从远端骨块中拔出。生物力学研究显示^[13,16],结合喙锁韧带重建可显著提高解剖锁定钢板的失效负荷,其强度甚至可超过原有的喙锁韧带。Nandra 等^[17]应用解剖锁定钢板结合喙锁韧带重建技术治疗不稳定锁骨远端骨折,无 1 例患者因内固定失败或骨不连行翻修手术。林三福等^[18]对 33 例 Neer II b 型锁骨远端骨折患者在解剖锁定钢板固定后应用锚钉重建喙锁韧带,所有患者功能恢复满意,且并发症发生率明显低于钩钢板固定患者。因此,对于锁骨远端骨折,喙锁韧带重建技术可作为钢板固定的一种有效辅助手段。

3.4 结合喙锁韧带重建的必要性分析

虽然临床上已有多项关于解剖锁定钢板结合或不结合喙锁韧带重建治疗 Neer II b 型锁骨远端骨折的研究报道^[8,11,14,17-20],但这些研究均没有将彼此设为对照,故目前对于重建喙锁韧带的必要性仍不清楚。Madsen 等^[13]的生物力学研究报道,解剖锁定钢板于远端骨块固定 5 枚螺钉就足以承受术后中等强度的康复训练(40~80 N)。由于喙锁韧带的斜方部分通常附着于锁骨远端内侧 2 cm 的部位,而本研究所使用的解剖钢板在距钢板外缘 1.5 cm 范围内可同时植入 6 枚 2.4 mm 锁定螺钉,故原则上已无需再重建喙锁韧带。本次对照研究的临床结果也验证了这一观点,与重建组患者相比,非重

建组患者同样获得了骨性愈合及满意的临床疗效,肩关节评分比较差异无统计学意义($P>0.05$),两组仅 1 例发生相关并发症。此外,重建喙锁韧带增加了手术时间及医疗费用,且有损伤喙突下神经、血管结构的潜在风险^[18],本研究中重建组的手术时间及医疗费用均显著高于非重建组($P<0.05$)。由于重建组于骨折近端重建喙锁韧带,降低了钢板固定后骨折近端及肩锁关节向上位移的应力,因而重建组可获得更为理想的喙锁间距,但临床上已有研究报道喙锁间距的增加对术后肩关节功能和骨折愈合没有显著影响^[19,21],本研究也得到了相同的结果。

此外,我们对非重建组 1 例内固定失效的患者进行了进一步研究,发现其失败原因可能与以下因素有关:① 术前 CT 及术中所见都提示远端骨块粉碎严重,最外侧骨折线距肩锁关节不足 1 cm,因而无法获得 5 枚锁定螺钉的有效固定;② 患者未按照康复计划循序渐进地进行功能锻炼,过早进行肩关节主动运动及上臂过肩运动,术后 3 周即参加日常工作,这可能导致骨折端的应力超过钢板、螺钉所能承受的负荷。所以,对于术前 CT 发现外侧骨块小于 1 cm 且粉碎程度较高的患者或依从性较差的患者,我们推荐结合喙锁韧带重建以减少内固定失败的风险。

综上所述,解剖锁定钢板内固定结合与不结合喙锁韧带重建治疗 Neer II b 型锁骨远端骨折均能取得良好疗效。但结合喙锁韧带重建手术时间更长、医疗成本更高考虑,其无需作为常规选择。而对于远端骨块小于 1 cm 的粉碎性骨折或依从性较差的患者,结合喙锁韧带重建可提高钢板固定后骨折端的稳定性,有效减少内固定失败的风险。本研究为回顾性研究,所选病例较为局限(仅为本院手术病例),样本量较小,随访时间相对较短,还需一项更大规模、多中心、前瞻性随机对照研究来进一步验证这一结论。

参考文献

- 1 Sandstrom CK, Gross JA, Kennedy SA. Distal clavicle fracture radiography and treatment: a pictorial essay. *Emerg Radiol*, 2018, 25(3): 311-319.
- 2 Ockert B, Wiedemann E, Haasters F. Distal clavicle fractures. Classifications and management. *Unfallchirurg*, 2015, 118(5): 397-406.
- 3 Erdle B, Izadpanah K, Jaeger M, et al. Comparative analysis of locking plate versus hook plate osteosynthesis of Neer type II B lateral clavicle fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2017, 137(5): 651-662.
- 4 Kanchanatawan W, Wongthongsalee P. Management of acute unstable distal clavicle fracture with a modified coracoclavicular

- stabilization technique using a bidirectional coracoclavicular loop system. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2016, 26(2): 139-143.
- 5 Kwak SH, Lee YH, Kim DW, *et al.* Treatment of unstable distal clavicle fractures with multiple steinmann Pins-A modification of Neer's method: A series of 56 consecutive cases. *J Orthop Trauma*, 2017, 31(9): 472-478.
 - 6 Lee W, Choi CH, Choi YR, *et al.* Clavicle hook plate fixation for distal-third clavicle fracture (Neer type II): comparison of clinical and radiologic outcomes between Neer types II A and II B. *J Shoulder Elbow Surg*, 2017, 26(7): 1210-1215.
 - 7 Cho CH, Jung JH, Kim BS. Coracoclavicular stabilization using a suture button device for Neer type II B lateral clavicle fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 2017, 26(5): 804-808.
 - 8 Fleming MA, Dachs R, Maqungo S, *et al.* Angular stable fixation of displaced distal-third clavicle fractures with superior precontoured locking plates. *J Shoulder Elbow Surg*, 2015, 24(5): 700-704.
 - 9 Govindasamy R, Kasirajan S, Doke T. Functional results of unstable (Type 2) distal clavicle fractures treated with superior anterior locking plate. *Arch Bone Jt Surg*, 2017, 5(6): 394-399.
 - 10 Han L, Hu Y, Quan R, *et al.* Treatment of Neer II b distal clavicle fractures using anatomical locked plate fixation with coracoclavicular ligament augmentation. *J Hand Surg (Am)*, 2017, 42(12): 1036.e1-1036.e6.
 - 11 朱立帆, 曾金才, 蒋富贵, 等. 解剖锁定板联合聚酯缝线固定治疗 Neer II B 型锁骨远端骨折. *中国修复重建外科杂志*, 2017, 31(6): 760-761.
 - 12 Fan J, Zhang Y, Huang Q, *et al.* Comparison of treatment of acute unstable distal clavicle fractures using anatomical locking plates with versus without additional suture anchor fixation. *Med Sci Monit*, 2017, 23: 5455-5461.
 - 13 Madsen W, Yaseen Z, LaFrance R, *et al.* Addition of a suture anchor for coracoclavicular fixation to a superior locking plate improves stability of type II B distal clavicle fractures. *Arthroscopy*, 2013, 29(6): 998-1004.
 - 14 Vaishya R, Vijay V, Khanna V. Outcome of distal end clavicle fractures treated with locking plates. *Chin J Traumatol*, 2017, 20(1): 45-48.
 - 15 Brouwer KM, Wright TC, Ring DC. Failure of superior locking clavicle plate by axial pull-out of the lateral screws: a report of four cases. *J Shoulder Elbow Surg*, 2008, 18(1): e22-e25.
 - 16 Rieser GR, Edwards K, Gould GC, *et al.* Distal-third clavicle fracture fixation: a biomechanical evaluation of fixation. *J Shoulder Elbow Surg*, 2013, 22(6): 848-855.
 - 17 Nandra R, Kowalski T, Kalogrianitis S. Innovative use of single-incision internal fixation of distal clavicle fractures augmented with coracoclavicular stabilisation. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2017, 27(8): 1057-1062.
 - 18 林三福, 姚学东, 戴章生, 等. 解剖锁定钢板结合锚钉与锁骨钩钢板治疗 Neer II b 型锁骨远端骨折的疗效比较. *中华创伤骨科杂志*, 2017, 19(1): 41-46.
 - 19 Shin SJ, Ko YW, Lee J, *et al.* Use of plate fixation without coracoclavicular ligament augmentation for unstable distal clavicle fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 2016, 25(6): 942-948.
 - 20 Seyhan M, Kocaoglu B, Kiyak G, *et al.* Anatomic locking plate and coracoclavicular stabilization with suture endo-button technique is superior in the treatment of Neer Type II distal clavicle fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2015, 25(5): 827-832.
 - 21 Shin SJ, Kim NK. Complications after arthroscopic coracoclavicular reconstruction using a single adjustable-loop-length suspensory fixation device in acute acromioclavicular joint dislocation. *Arthroscopy*, 2015, 31(5): 816-824.

收稿日期: 2018-03-27 修回日期: 2018-07-17

本文编辑: 刘丹