

· 临床论著 ·

## 髓内钉与经皮钢板固定肱骨干骨折比较

宣勇<sup>1</sup>, 吴迪<sup>1</sup>, 张保<sup>1\*</sup>, 张焱<sup>2\*</sup>

(1. 合肥市第二人民医院骨科, 安徽合肥 230011; 2. 中国人民解放军联勤保障部队第904医院骨科, 江苏无锡 214000)

**摘要:** [目的] 比较髓内钉 (intramedullary nailing, IMN) 与微创经皮钢板 (minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis, MIPPO) 固定成人肱骨干骨折的疗效。[方法] 回顾性分析 2016 年 1 月 1 日—2021 年 1 月 1 日收治的成人肱骨干骨折 59 例患者的临床资料。依据术前医患沟通结果, 26 例采用 IMN 固定, 33 例采用 MIPPO 固定。比较两组围手术期、随访和影像资料。[结果] 两组均顺利完成手术, 术后均未出现桡神经及肌皮神经麻痹。两组手术时间、术中失血量、切口愈合等级和住院时间的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。但是, MIPPO 组切口显著长于 IMN 组 ( $P<0.05$ ), IMN 组术中透视次数及术后引流量显著多于 MIPPO 组 ( $P<0.05$ )。两组患者均获随访 12 个月以上, 随访过程中, 骨不连并行翻修手术 IMN 组 4 例, 而 MIPPO 组 0 例, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。肩部撞击痛并翻修 IMN 组 5 例, MIPPO 组 0 例, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。随术后时间推移, 两组肩上举 ROM 和 UCLA 肩评分均显著改善 ( $P<0.05$ )。术后各时间点, MIPPO 组的肩上举 ROM 和 UCLA 肩评分均显著优于 IMN 组 ( $P<0.05$ ); 但两组间肘伸屈 ROM 和 MEPS 评分的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。影像方面, 两组骨折复位质量的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 但是, MIPPO 组骨折影像骨折愈合时间显著早于 IMN 组 ( $P<0.05$ )。[结论] 本研究中 MIPPO 治疗成人肱骨干骨折的临床效果显著优于 IMN。

**关键词:** 肱骨干骨折, 髓内钉, 微创经皮钢板, 临床结果

**中图分类号:** R683.41      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2022) 24-2213-05

**Intramedullary nailing versus minimal invasive percutaneous plate osteosynthesis for humeral shaft fractures // XUAN Yong<sup>1</sup>, WU Di<sup>1</sup>, ZHANG Bao<sup>1</sup>, ZHANG Yan<sup>2</sup>. 1. Department of Orthopedics, The Second People's Hospital of Hefei City, Hefei 230011, China; 2. Department of Orthopaedics, The 904<sup>th</sup> Hospital, Joint Logistic Support Force of PLA, Wuxi 214000, China**

**Abstract: [Objective]** To compare the clinical efficacy of intramedullary nailing (IMN) versus minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) for humeral shaft fractures in the adult. **[Methods]** A retrospective study was done on 59 adult patients who received surgical treatment for humeral shaft fractures in our hospitals from January 1, 2016 to January 1, 2021. According to preoperative doctor-patient communication, 26 patients underwent IMN, while the remaining 33 patients had MIPPO used. The documents regarding perioperative period, follow-up and radiographs were compared between the two groups. **[Results]** All the patients in both groups had operation performed successfully without radial nerve or musculocutaneous nerve paralysis after operation. There were no significant differences in terms of operation time, intraoperative blood loss, incision healing grade and hospital stay between the two groups ( $P>0.05$ ), however, the incision length was significantly longer, and the number of intraoperative fluoroscopy and postoperative drainage volume were significantly lower in MIPPO group than those in IMN group ( $P<0.05$ ). All patients in the two groups were followed up for more than 12 months. During the follow-up, revision surgery for fracture nonunion happened in 4 cases of the IMN group, while 0 case of the MIPPO group, which was statistically significant ( $P=0.035$ ). In addition, revision operation was performed for subacromial impingement in 5 cases of the IMN group, while 0 case of the MIPPO group, and the difference was statistically significant ( $P=0.013$ ). Shoulder lifting ROM and UCLA shoulder score significantly improved in both groups over time ( $P<0.05$ ). The MIPPO group proved significantly superior to the IMN group in terms of shoulder lifting ROM and UCLA shoulder score at all corresponding time points postoperatively ( $P<0.05$ ), however, there was no significant difference in elbow ROM and MEPS scores between the two groups ( $P>0.05$ ). Radiographically, there was no significant difference in fracture reduction quality after operation between the two groups ( $P>0.05$ ). However, the MIPPO group got fracture healing on images significantly earlier than the IMN group ( $P<0.05$ ). **[Conclusion]** In this study MIPPO achieves considerably better clinical outcome than the IMN in the treatment of adult humeral shaft fractures.

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.24.02

**作者简介:** 宣勇, 主治医师, 医学硕士, 研究方向: 创伤骨科, (电话) 15251620255, (电子信箱) 464895170@qq.com

\* **通信作者:** 张焱, (电话) 18921150313, (电子信箱) xy15251620255@163.com; 共同通信作者: 张保, (电话) 13721101629, (电子信箱) 674260829@qq.com

**Key words:** humeral shaft fracture, intramedullary nailing, minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis, clinical outcome

肱骨干骨折占四肢骨折的3%左右<sup>[1]</sup>, 治疗方法较多, 包括手术治疗和非手术治疗, 各有利弊。非手术治疗可能会增加骨不连的发生率。手术内固定治疗包括切开复位钢板内固定术、微创经皮钢板内固定术及髓内钉内固定术等<sup>[2]</sup>。切开复位钢板内固定术可以直视骨折断端, 便于骨折复位, 但需剥离骨膜, 软组织损伤较大, 会导致组织失活并增加骨不连及桡神经损伤的风险。髓内钉(intramedullary nailing, IMN)内固定术创伤小, 组织损伤少, 但会增加衣袖损伤的风险<sup>[3]</sup>。微创经皮钢板内固定术(minimal invasive percutaneous plate osteosynthesis, MIPPO)可能导致术中桡神经和肌皮神经损伤, 但可保留骨折的生物学特性, 利于促进骨折愈合<sup>[4-6]</sup>。因此, 对于肱骨干骨折的治疗方法还没有完全统一, 有必要进行进一步的临床随访研究。本研究进行回顾性队列研究, 从本院数据库中检索2016年1月—2021年1月收治的肱骨干骨折患者的临床资料, 比较IMN与MIPPO组两种手术方法治疗肱骨干骨折的疗效, 为临床治疗提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) AO/OTA A、B、C型闭合性肱骨干骨折; (2) 年龄 $\geq 18$ 岁; (3) 无手术禁忌证; (4) 选择手术治疗者。

排除标准: (1) 病理性肱骨干骨折; (2) 开放性肱骨干骨折; (3) 既往有肩肘关节功能障碍者; (4) 骨折3周以后接受治疗者; (5) 采用非手术方法治疗的患者, 或随访不足12个月以上者。

### 1.2 一般资料

本研究采用回顾性队列研究, 共纳入59例。其中, 女26例, 男33例; 年龄18~81岁, 平均(51.01 $\pm$ 16.43)岁。依据术前医患沟通结果, 将患者分为两组。两组术前一般资料见表1, 两组年龄、性别构成、体重指数(body mass index, BMI)、损伤至手术时间、损伤侧别和AO/OTA骨折类型的差异均无统计学意义。本研究经医院伦理委员会审批, 所有患者术前均签署手术知情同意书。

### 1.3 手术方法

IMN组: 采用顺行扩髓交锁髓内钉, 近端平肩峰水平, 沿肱骨大结节内侧向远端作4 cm切口, 纵向劈开三角肌, 注意保护腋神经, 切开三角肌下滑

囊, 用开口器自肱骨头软骨面与大结节内侧交点开口, 插入导针, 闭合复位骨折, 使导针通过骨折线, 沿导针插入扩髓器依次扩至合适大小, 插入主钉后锁定、回敲, 将钉尾放于软骨面下。放置引流, 缝合切口。

表1 两组患者术前一般资料与比较

指标	IMN组 (n=26)	MIPPO组 (n=33)	P值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	49.73 $\pm$ 16.39	52.03 $\pm$ 16.65	0.598
性别(例, 男/女)	15/11	18/15	0.809
BMI(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	24.52 $\pm$ 2.52	23.95 $\pm$ 2.99	0.443
损伤至手术时间(d, $\bar{x} \pm s$ )	3.85 $\pm$ 1.43	3.97 $\pm$ 1.67	0.765
侧别(例, 左/右)	12/14	15/18	0.957
AO/OTA分型(例, A/B/C)	15/8/3	18/11/4	0.971

MIPPO组: 于骨折近、远端分别行2个前侧切口, 远端切口将肱二头肌向内侧拉开, 显露肱肌, 纵向劈开肱肌显露至骨膜; 近端切口将三角肌和头静脉一起向外侧牵拉, 胸肌向内侧牵拉, 显露至骨膜。从远端向近端做肌下通道后, 插入有限接触锁定加压钢板。通过纵向牵引, 配合折顶和旋转等手法复位骨折, 采用Krettek等<sup>[7]</sup>提出的皮质步进征和直径差征来避免旋转偏位。自远近端各打入1枚普通螺钉临时固定, 透视确认骨折复位和钢板位置良好后, 两端各置入3枚锁定钉, 并将临时固定钉更换为锁定钉。对于横行骨折, 复位后, 滑动孔可置入普通螺钉加压断端。放置引流, 缝合切口。

两组术中均预防性应用1次一代或二代头孢菌素, 对于头孢菌素过敏者采用林可霉素, 术后口服非甾体抗炎药用于疼痛管理。术后尽早主被动行肘关节屈伸活动练习及肩关节钟摆、上举、外展锻炼, 骨折愈合后可完全负重。

### 1.4 评价指标

记录围手术期资料, 包括手术时间、切口长度、术中出血量、术中透视次数、术后引流量、切口愈合等级、住院时间。采用完全负重活动时间、肘伸屈活动度(range of motion, ROM)、肩上举ROM、Mayo肘功能表现评分(Mayo elbow performance score, MEPS)、美国加州大学洛杉矶分校(University of California at Los Angeles, UCLA)肩评分评价临床效果。行影像检查, 评估骨折复位质量, 优为解剖复位; 良为骨折移位 $< 3$  mm, 不伴成角或旋转移位; 差为骨折

移位 $\geq 3$  mm, 伴成角或旋转畸形。观察骨折愈合和内固定物改变情况。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 23.0 软件行统计学处理, 计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示, 资料呈正态分布时, 两组间比较采用独立样本  $t$  检验, 组内时间点间比较采用单因素方差分析; 资料不符合正态分布时, 采用秩和检验。等级资料两组比较采用 Mann-whitney  $U$  检验。计数资料采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 围手术期情况

两组均顺利完成手术, 无严重术中并发症。术后均未出现桡神经及肌皮神经麻痹。两组患者围手术期资料见表 2, 两组手术时间、术中失血量、切口愈合等级和住院时间的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 但 IMN 组术中透视次数、术后引流量显著多于 MIPPO 组 ( $P < 0.05$ ), MIPPO 组切口总长度较 IMN 组长 ( $P < 0.001$ )。两组术后均未发生感染、血栓等早期并发症, MIPPO 组有 1 例切口出现积液渗出, 加强换药后愈合良好。

表 2 两组患者围手术期资料 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

指标	IMN 组 (n=26)	MIPPO 组 (n=33)	P 值
手术时间 (min)	95.96 $\pm$ 5.30	96.12 $\pm$ 4.75	0.903
切口总长度 (cm)	8.73 $\pm$ 0.86	10.87 $\pm$ 1.37	<0.001
术中失血量 (ml)	216.23 $\pm$ 15.23	211.73 $\pm$ 16.93	0.294
术中透视次数 (次)	11.54 $\pm$ 3.16	8.58 $\pm$ 2.66	<0.001
术后引流量 (ml)	73.08 $\pm$ 5.30	68.58 $\pm$ 5.99	0.004
切口愈合等级 (例, 甲/乙/丙)	26/0/0	32/1/0	0.559
住院时间 (d)	10.82 $\pm$ 1.20	11.45 $\pm$ 1.23	0.052

### 2.2 随访结果

两组患者均获随访 12 个月以上, 平均 (13.61 $\pm$ 1.61) 个月, 随访资料见表 3。IMN 组恢复完全负重活动时间显著晚于 MIPPO 组 ( $P < 0.001$ )。MIPPO 组中无骨不连发生, IMN 组有 4 例骨不连发生, 两组差异有统计学意义 ( $P = 0.035$ )。IMN 组中有 5 例因术后肩关节疼痛, 行肩关节镜检查, 显示髓内钉尾撞击, 2 例伴冈上肌损伤, 3 例伴肩峰下滑膜炎, 给予清创和调整髓内钉位置后肩关节功能明显改善; MIP-

PO 组无肩部疼痛, 两组差异有统计学意义 ( $P = 0.013$ )。随术后时间推移, 两组肩上举 ROM 和 UCLA 肩评分均显著改善 ( $P < 0.05$ )。术后各时间点, MIPPO 组的肩上举 ROM 和 UCLA 肩评分均显著优于 IMN 组 ( $P < 0.05$ ); 相应时间点两组间肘伸屈 ROM 和 MEPS 评分的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。随访过程中, IMN 组中有 4 例术后 6 个月无骨痂形成, 至 9 个月仍然无改善, 诊断为骨不连, 其中 3 例是膨大型骨不连, 1 例是萎缩型骨不连, 行翻修手术, 自体植骨及增加钢板固定后愈合良好 (图 1)。

表 3 两组患者随访结果与比较

指标	IMN 组 (n=26)	MIPPO 组 (n=33)	P 值
完全负重活动时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	114.95 $\pm$ 1.25	104.82 $\pm$ 2.07	<0.001
肘伸屈 ROM ( $^{\circ}$ , $\bar{x} \pm s$ )			
术后 3 个月	114.69 $\pm$ 1.87	114.09 $\pm$ 1.68	0.200
术后 6 个月	115.12 $\pm$ 2.73	114.45 $\pm$ 2.22	0.310
末次随访	115.23 $\pm$ 1.82	114.97 $\pm$ 2.05	0.612
P 值	0.646	0.205	
MEPS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$ )			
术后 3 个月	91.42 $\pm$ 2.14	91.45 $\pm$ 2.55	0.960
术后 6 个月	92.42 $\pm$ 1.79	91.85 $\pm$ 1.95	0.250
末次随访	92.62 $\pm$ 1.90	92.33 $\pm$ 2.07	0.592
P 值	0.067	0.274	
肩上举 ROM ( $^{\circ}$ , $\bar{x} \pm s$ )			
术后 3 个月	112.04 $\pm$ 11.85	135.42 $\pm$ 10.24	<0.001
术后 6 个月	122.81 $\pm$ 8.34	141.73 $\pm$ 9.18	<0.001
末次随访	135.69 $\pm$ 7.80	157.30 $\pm$ 9.08	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
UCLA 评分 (秩次)			
术后 3 个月	24.13	34.62	0.017
术后 6 个月	25.15	33.82	0.049
末次随访	25.08	33.88	0.029
P 值	<0.001	<0.001	

### 2.3 影像评估

两组患者影像评估资料见表 4, 两组骨折复位质量的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 但是, MIPPO 组骨折影像可见连续性骨痂通过骨折线的时间显著早于 IMN 组 ( $P < 0.05$ )。随访过程中 MIPPO 组无内固定物松动, 典型病例影像见图 2。



图1 患者,女,38岁,肱骨干中段骨折,行IMN术 1a:术前正位X线片显示右侧肱骨干中段横行骨折 1b,1c:术后9个月正侧位X线片示髓内钉在位,骨折断端骨吸收萎缩,骨不连 1d:行自体髂骨植骨及钢板内固定翻修术后6个月正位X线片示骨折端骨痂形成,骨折线模糊



图2 患者,女,49岁,肱骨干中段骨折行MIPPO治疗 2a,2b:术前肱骨正侧位X线片示肱骨中段横行骨折 2c,2d:术后1年正侧位X线片示骨折愈合良好,内固定物无松动

表4 两组患者影像评估结果 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

指标	IMN组 (n=26)	MIPPO组 (n=33)	P值
骨折复位质量(例,%)			0.223
优	10 (38.46)	18 (54.55)	
良	16 (61.54)	15 (45.45)	
差	0	0	
影像骨折愈合(例,%)			0.006
<10周	1 (3.85)	7 (21.21)	
10~16周	8 (30.77)	18 (54.55)	
≥16周	13 (50)	8 (24.24)	

### 3 讨论

成人肱骨干骨折的治疗方法目前仍然没有统一的标准,IMN和MIPPO目前广泛应用于肱骨干骨折的治疗,然而二者的差异报道不一。依据骨折治疗的

AO原则,简单骨折应采用坚强内固定,使骨折端加压促进一期愈合。复杂骨折采用相对稳定固定,断端允许微动,促进二期愈合。MIPPO及IMN均属于相对稳定固定,促使骨折二期骨痂愈合。安晋宇等<sup>[8]</sup>采用杂交式桥接系统点接触固定,减少骨面接触及血运破坏,取得良好疗效。樊伟等<sup>[9]</sup>采用B超定位结合MIPPO治疗肱骨干骨折,可以显著减少手术时间及术中出血量,改善预后。然而,本研究中MIPPO组骨折愈合时间及骨不连发生率明显优于IMN组。作者分析可能原因有:(1)IMN组属于弹性固定,更加适用于复杂骨折,应用于简单骨折时,固定强度不够,断端微动,不利于骨折的愈合;(2)IMN扩髓时进一步破坏髓腔血供,且在横行骨折扩髓时断端更加容易摩擦产热进一步加重断端的缺血性骨坏死;(3)由于肱骨远端变平,髓内钉可导致骨折处的牵张分离移位,骨折断端缝隙增大,引起分离移位,增加

了骨不连的可能,而 MIPPO 组相对于 IMN 组无上述风险<sup>[10]</sup>。MIPPO 手术入路有前方入路、侧方入路及后方入路,由于桡神经的解剖特点,肱骨前方入路是 MIPPO 入路的首选。MIPPO 在手术操作中过度牵引和放置远端螺钉时可能发生桡神经损伤,解剖肱二头肌和肱肌时也可能损伤肌皮神经<sup>[11]</sup>。张瑜等<sup>[12]</sup>比较前侧与外侧入路 MIPPO 技术治疗肱骨中段骨折对机体应激、骨代谢及肩肘关节功能的影响,结果显示前侧入路明显减轻应激反应,改善骨代谢并促进肩肘关节功能恢复。陈光等<sup>[13]</sup>认为上臂双入路 MIPPO 技术治疗肱骨干骨折,疗效满意,值得临床推广。本研究中,作者采用近端及远端双切口入路,均无桡神经及肌皮神经损伤的发生。

本研究表明 MIPPO 组肩关节功能明显优于 IMN 组,IMN 组肩关节功能问题主要体现在术后肩关节撞击、肩袖损伤及定位点开口产生的骨碎屑引起的无菌性炎症反应。髓内钉的开口定位点对术后肩关节功能至关重要,Johnston 等<sup>[14]</sup>通过尸体及影像学研究显示肱骨大结节内侧定位可以避免肩袖及足印区,增加了近端锁定螺钉到腋神经的距离。Mocini 等<sup>[15]</sup>使用内侧入钉点的顺行交锁钉进行固定,未发现开口部位相关的并发症,并认为术中肩袖意外损伤、开孔骨碎屑堆积、后期肩关节撞击是肩关节功能障碍的主要原因。Wang 等<sup>[16]</sup>研究报道当置钉尾帽的突出超过骨面 2 mm 时可能会引发肩峰撞击。

有研究报道 MIPPO 较 IMN 术后切口感染率增加,但本研究中两组术后感染率未见差异。Wen 等<sup>[17]</sup>的荟萃分析中,报道 IMN 术后感染率低于使用钢板组。薛镜等<sup>[18]</sup>进行的顺序髓内钉和动力加压钢板治疗肱骨干骨折的系统评价同样得出使用钢板治疗较使用髓内钉治疗感染率高的结论。

综上所述,本研究认为 MIPPO 组骨折愈合时间较 IMN 组明显缩短,IMN 组较 MIPPO 组更容易发生肩关节功能障碍及骨不连。但由于本组病例数量有限,难免产生偏倚。IMN 术后肩关节功能障碍亦是急需解决的问题,作者认为合适的进针点及完全清除开口处骨碎屑避免无菌性炎症反应至关重要,进一步的解剖学研究及基于肩关节活动的动态影像学研究很有必要。

#### 参考文献

[1] Zhang R, Yin Y, Li S, et al. Intramedullary nailing versus a locking compression plate for humeral shaft fracture (AO/OTA 12-A and B): a retrospective study [J]. *Revue de Chirurgie Orthopedique et Traumatologique*, 2020, 106 (7): 1391-1397.

[2] 李亚伟,杨求勇,张静,等.肱骨干骨折手术与非手术治疗的荟萃分析[J].*中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (16): 1481-1486.

[3] Updegrave GF, Mourad W, Abboud JA. Humeral shaft fractures [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2018, 27 (4): e87-e97.

[4] Apivatthakakul T, Arpornchayanon O, Bavomratanavech S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of the humeral shaft fracture. Is it possible? A cadaveric study and preliminary report [J]. *Injury*, 2005, 36 (4): 530-538.

[5] Livani B, Belangero WD, Castro dMR. Fractures of the distal third of the humerus with palsy of the radial nerve: management using minimally-invasive percutaneous plate osteosynthesis [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2006, 88 (12): 1625-1628.

[6] Zogbi DR, Terrivel AM, Mouraria GG, et al. Fracture of distal humerus: MIPO technique with visualization of the radial nerve [J]. *Acta Ortop Bras*, 2014, 22 (6): 300-303.

[7] Krettek C, Miclau T, Grün O, et al. Intraoperative control of axes, rotation and length in femoral and tibial fractures. Technical note [J]. *Injury*, 1998, 29 (Suppl 3): 29-39.

[8] 安晋宇,李桂军,高立波,等.肱骨干骨折两种桥接系统固定方式比较[J].*中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (15): 1350-1354.

[9] 樊伟,宋哲,王晨,等.单纯经皮微创钢板内固定技术与结合 B 超定位上臂神经治疗肱骨干中上段骨折的疗效比较[J].*中华创伤骨科杂志*, 2021, 23 (8): 669-673.

[10] Baltov A, Mihail R, Dian E. Complications after interlocking intramedullary nailing of humeral shaft fractures [J]. *Injury*, 2013, 45 (Suppl 1): S9-S15.

[11] Pospula W, Abu Noor T. Percutaneous fixation of comminuted fractures of the humerus: initial experience at Al Razi hospital, Kuwait [J]. *Med Princ Pract*, 2006, 15 (6): 423-426.

[12] 张瑜,邓锦锋,赵敏,等.前侧与外侧入路 MIPO 技术对肱骨干中段骨折患者机体应激反应、骨代谢活性以及肩肘关节功能的影响[J].*中国骨与关节损伤杂志*, 2021, 36 (11): 1200-1202.

[13] 陈光,刘涛,周晓永,等.上臂双入路 MIPPO 技术手术治疗复杂肱骨干骨折的疗效观察[J].*中国骨与关节损伤杂志*, 2020, 35 (9): 989-991.

[14] Johnston PS, Hatzidakis AM, Tagouri YM, et al. Anatomic evaluation of radiographic landmarks for accurate straight antegrade intramedullary nail placement in the humerus [J]. *JSES Int*, 2020, 4 (4): 745-752.

[15] Mocini F, Cazzato G, Masci G, et al. Clinical and radiographic outcomes after antegrade intramedullary nail fixation of humeral fractures [J]. *Injury*, 2020, 51 (Suppl 3): S34-S38.

[16] Wang J, Lin CC, Zhao YM, et al. Comparison between minimally invasive deltoid-split and extended deltoid-split approach for proximal humeral fractures: a case-control study [J]. *BMC Musculoskel Disord*, 2020, 21 (1): 406-413.

[17] Wen H, Zhu S, Li C, et al. Antegrade intramedullary nail versus plate fixation in the treatment of humeral shaft fractures: An update meta-analysis [J]. *Medicine*, 2019, 98 (46): 872-878.

[18] 薛镜,黄富国,项舟,等.顺行锁定髓内钉和动力加压钢板治疗肱骨干骨折的系统评价[J].*中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (22): 2055-2060.

(收稿:2022-09-04 修回:2022-10-25)

(同行评议专家:骆宇春 樊嵘 张焱)

(本文编辑:闫承杰)