

· 临床研究 ·

微创钢板内固定术中两种入路方式对肱骨干中段骨折患者骨代谢活性与桡神经损伤的影响

杜一鑫, 陈建军, 曹斌豪, 曾利, 郑锋

(台州市第一人民医院骨科, 浙江 台州 318020)

【摘要】 目的: 比较外侧入路与前侧入路两种不同入路方式在肱骨干中段骨折微创钢板内固定(minimally invasive plate osteosynthesis, MIPO)术中的应用, 并分析其对患者骨代谢活性与桡神经损伤的影响。方法: 自 2014 年 4 月至 2017 年 5 月采用 MIPO 术治疗肱骨干中段骨折患者 76 例, 分为前侧入路组(A 组)和外侧入路组(B 组)。A 组 38 例, 男 22 例, 女 16 例; 年龄 18~74(48.21±5.79)岁; 交通事故伤 24 例, 重物压砸伤 6 例, 高处坠落 8 例; 左侧 18 例, 右侧 20 例; AO 分型: A 型 15 例, B 型 17 例, C 型 6 例; 采用前侧入路方式进行微创 MIPO 术治疗。B 组 38 例, 其中男 23 例, 女 15 例; 年龄 20~73(48.40±5.81)岁; 交通事故伤 26 例, 重物压砸伤 5 例, 高处坠落伤 7 例; 左侧 17 例, 右侧 21 例; AO 分型: A 型 15 例, B 型 18 例, C 型 5 例; 采用外侧入路方式进行微创 MIPO 术治疗。比较两组患者的术中出血量、手术时间、住院时间、骨折愈合时间, 检测并比较手术前后血清骨钙素(bone gla protein, BGP), 胶原 C 端肽(collagen C-terminal peptide, CTX)及护骨因子(osteoprotegerin, OPG)变化, 并观察术后桡神经损伤发生情况。结果: 所有患者获得随访, 时间 12~18(15.4±2.1)个月。两组患者手术时间、术中出血量比较差异无统计学意义($P>0.05$); A 组住院时间、骨折愈合时间分别为(6.52±1.81) d、(13.27±3.01)周, B 组分别为(9.61±1.99) d、(14.83±3.08)周, 两组比较差异有统计学意义($P<0.05$)。两组术前 BGP、OPG、CTX 比较差异无统计学意义, A 组术后 1 个月 BGP、OPG 水平分别为(7.10±0.58) ng/ml、(173.67±9.12) pg/ml, 高于 B 组的(6.63±0.62) ng/ml、(152.80±9.23) pg/ml, 而 A 组的 CTX 水平(224.52±12.67) μg/ml, 低于 B 组(259.13±13.54) μg/ml($P<0.05$)。A 组术后未出现桡神经损伤, B 组术后 4 例出现桡神经损伤, 差异有统计学意义($\chi^2=4.220, P<0.05$)。结论: 相较于外侧入路, 前侧入路在肱骨干中段骨折微创 MIPO 术中的应用效果更为显著, 可改善骨代谢活性, 降低桡神经损伤发生风险。

【关键词】 肱骨骨折; 骨折固定术, 内; 代谢; 桡神经

中图分类号: R683.41

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.11.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effect of minimally invasive plate osteosynthesis through two approaches on bone metabolic activity and radial nerve injury in patients with humeral midshaft fracture DU Yi-xin, CHEN Jian-jun, CAO Bin-hao, ZENG Li, and ZHENG Feng. Department of Orthopaedics, Taizhou First People's Hospital, Taizhou 318020, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective: To compare application of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) through two approaches for patients with humeral midshaft fracture, and analyzes the effect on bone metabolic activity and radial nerve injury. **Methods:** From April 2014 to May 2017, 76 patients with humeral midshaft fracture treated by MIPO were selected and randomly divided into group A (anterior approach group) and group B (lateral approach group) according to random number stable. In group A, there were 38 patients including 22 males and 16 females, aged from 18 to 74 years old with an average age of (48.21±5.79) years old; 24 patients were caused by traffic accidents, 6 patients were caused by heavy object crushing, 8 patients were caused by falling down; 20 patients were on the right side, 18 patients were on the left side; 15 patients were type A, 17 patients were type B, 6 patients were type C according to AO classification; the patients were treated by MIPO through anterior approach. In group B, there were 38 patients including 23 males and 15 females, aged from 20 to 73 years old with an average age of (48.40±5.81) years old; 26 patients were caused by traffic accidents, 5 patients were caused by heavy object crushing, 7 patients were caused by falling down; 17 patients were on the right side, 21 patients were on the left side; 15 patients were type A, 18 cases were type B, 5 cases were type C according to AO classification; the patients were treated by MIPO through lateral approach. Intraoperative blood loss, operative time, hospital stays, fracture healing time between two groups were compared.

基金项目: 浙江省台州市科技局项目(编号: 1301ky43)

Fund program: Project of Taizhou Science and Technology Bureau of Zhejiang Province (No. 1301ky43)

通讯作者: 陈建军 E-mail: chjianjun@163.com

Corresponding author: CHEN Jian-jun E-mail: chjianjun@163.com

Bone gla protein (BGP), collagen C-terminal peptide (CTX) and osteoprotegerin (OPG) were tested before and after operation. The incidence of radial nerve injury after operation was observed. **Results:** All patients were followed-up from 12 to 18 months with an average of (15.4±2.1) months. There were no statistical differences in operative time, intraoperative blood loss between two groups. Hospital stays, fracture healing time in group A were (6.52±1.81) d, (13.27±3.01) weeks respectively, while in group B were (9.61±1.99) d, (14.83±3.08) weeks; and had differences between two groups. There were no differences in BGP, OPG and CTX, BGP between two groups and OPG in group A at 1 month after operation were (7.10±0.58) ng/ml, (173.67±9.12) pg/ml and higher than that of group B (6.63±0.62) ng/ml, (152.80±9.23) pg/ml; while CTX in group A (224.52±12.67) μg/ml was lower than that of group B (259.13±13.54) μg/ml ($P<0.05$). No patient occurred radial nerve injury in group A, 4 patients occurred radial nerve injury in group B, and had statistical differences between two groups ($\chi^2=4.220, P<0.05$). **Conclusion:** Compared with lateral approach, anterior approach has much more effective in minimally invasive MIPO for humeral shaft fractures, which could improve bone metabolism and reduce risk of radial nerve injury.

KEYWORDS Humeral fractures; Fracture fixation, internal; Metabolism; Radial nerve

肱骨干骨折在临床中较为常见,多发生于中段,主要表现为局部疼痛、畸形、肿胀及活动障碍。复位内固定手术是治疗肱骨干中段骨折有效方法,随着微创技术的发展及新型材料出现,微创钢板内固定(minimally invasive plate osteosynthesis, MIPO)在临床中得到广泛应用,并取得了显著疗效^[1]。前侧入路与外侧入路是 MIPO 最常见的两种入路方式,但关于两者的具体选择,目前尚无统一标准。本研究探讨了 MIPO 术中前侧入路与外侧入路对肱骨干中段骨折患者骨代谢活性与桡神经损伤的影响,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:单侧新鲜骨折;年龄≥18岁;手法复位无法达到或维持功能复位;无手术禁忌证;患者对本研究知情且同意。排除标准:开放性骨折;重要脏器严重功能不全;病理性骨折;术前合并桡神经损伤;凝血功能障碍;合并其他部位骨折;妊娠期、哺乳期女性。

1.2 临床资料

选取 2014 年 4 月至 2017 年 5 月采用 MIPO 术治疗的 76 例肱骨干中段骨折患者为研究对象,研究经伦理委员会审查并批准,分为前侧入路组(A组)和外侧入路组(B组)。A组 38 例,男 22 例,女 16 例,

年龄 18~74 (48.21±5.79) 岁;致伤原因:交通事故 24 例,重物压砸伤 6 例,高处坠落伤 8 例;左侧 18 例,右侧 20 例;骨折按照 AO 分型^[2]:A 型 15 例, B 型 17 例, C 型 6 例。B 组 38 例,男 23 例,女 15 例;年龄 20~73 (48.40±5.81) 岁;致伤原因:交通事故伤 26 例,重物压砸伤 5 例,高处坠落伤 7 例;左侧 17 例,右侧 21 例;AO 分型:A 型 15 例, B 型 18 例, C 型 5 例。两组患者术前一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表 1。

1.3 治疗方法

两组患者均接受 MIPO 术治疗,选择臂丛神经阻滞麻醉。入路后选择合适的螺钉,拧入后固定。骨折碎块或撕裂的肩袖以可吸收缝线经锁定钢板近端的缝合孔进行缝合修补,最后于 C 形臂 X 线机辅助下检查骨折对位对线,被动活动肩关节,对位对线理想则表明内固定牢靠,证实肩关节活动良好后,冲洗并止血。完成手术后留置引流管,缝合切口,术后均给予抗生素预防感染,引流管拔除后行关节功能锻炼:颈腕带固定 2 周,3 d 后进行肘关节主动屈伸活动,2 周后进行主动肩外展、上举活动。

1.3.1 A 组 患者取仰卧位,前臂旋后,上臂外展 90°,于上臂前侧近端三角肌与肱二头肌间隙取 3 cm 切口,将肱二头肌及深层肱肌纵行分离,至肱骨远

表 1 两组肱骨干骨折患者术前一般资料比较

Tab.1 Comparison of preoperative general data of patients with humeral midshaft fracture between two groups

组别	例数	性别(例)		年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	骨折原因(例)			侧别(例)		AO 分型(例)		
		男	女		交通事故	重物压砸	高处坠落	左侧	右侧	A 型	B 型	C 型
A 组	38	22	16	48.21±5.79	24	6	8	18	20	15	17	6
B 组	38	23	15	48.40±5.81	26	5	7	17	21	15	18	5
检验值		$\chi^2=0.961$		$t=0.798$	$\chi^2=1.035$			$\chi^2=0.843$		$\chi^2=0.314$		
P 值		0.176		0.337	0.098			0.515		0.120		

注:A 组为前侧入路组,B 组为外侧入路组。下同

Note: Group A stands for anterior approach group, group B stands for lateral approach group. the same below

端, 在肘横纹以上肱二头肌外侧缘取 3 cm 切口, 逐层切开, 并将肱二头肌纵行分开。选择 10~12 孔 4.5 mm 窄型动力加压钢板, 经骨折部位插入, 置于肱骨干前方, 在屈肘纵向牵引下, 对骨折进行手法复位, 钢板两端各以 1 枚 2.0 mm 克氏针进行临时固定, 在 C 形臂 X 线机指导下, 确认钢板远端位于冠状窝上缘, 骨折断端无缩短及分离, 钢板远端在肘伸、屈时与骨冠突无撞击。在钢板两端无克氏针的螺钉孔中, 打入螺钉, 适当调整后拧紧, 拔出克氏针并拧入螺钉。

1.3.2 B 组 患者取沙滩椅位, 前臂旋后。在肩峰下方纵向劈开三角肌上部取 3 cm 切口, 对骨折予以间接复位整复后, 选择 10~12 孔 4.5 mm 窄型动力加压钢板, 从近端切口插入, 经骨膜外跨越骨折断端, 紧贴骨面, 达到肱骨远端, 适当剥离三角肌止点, 远端根据钢板长度取 3~4 cm 切口, 对肱桡肌实施钝性分离, 直至骨面, 远近端分别采用 3 枚螺钉固定。

1.4 观察项目与方法

1.4.1 一般情况 记录两组患者手术时间、住院时间、术中出血量及骨折愈合时间。

1.4.2 骨代谢活性指标 分别于术前、术后 1 个月, 抽取两组患者肘静脉血 3 ml, 经 3 000 r/min 速度离心 10 min 后, 取上层血清, 以酶联免疫吸附试验检测血清骨钙素 (bone gla protein, BGP), 胶原 C 端肽 (collagen C-terminal peptide, CTX) 及护骨因子 (osteoprotegerin, OPG)。

1.4.3 神经损伤评估 两组患者术后采用日本光电公司 EMB-5304K 型神经-肌电检测仪对桡神经损伤情况予以评估^[3]: 完全损伤, 无自发电活动及运动单位电位 (motor unit potential, MUP), 运动神经传导速度 (motor nerve conduction velocity, MNCV), 复合肌肉动作电位 (compound muscle action potential,

CMAP), 感觉神经动作电位 (sensory nerve action potential, SNAP) 均消失; 严重损伤, 存在自发电活动, SNAP 及 CMAP 下降, MNCV 减慢, 无 MUP; 不全损伤, 存在自发电活动, SNAP 及 CMAP 下降, MNCV 正常, MUP 减少。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析, 术中出血量、手术时间、术后住院时间、骨折愈合时间以及血清 BGP、CTX、OPG 等定量资料以均数±标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示, 采用独立样本 *t* 检验; 桡神经损伤发生例数、致伤原因、侧别等定性资料比较采用 χ^2 检验。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况对比

两组患者均获得随访, 时间 12~18 (15.4±2.1) 个月。两组患者手术时间、术中出血量比较差异无统计学意义 (*P*>0.05); A 组住院时间、骨折愈合时间较 B 组明显缩短 (*P*<0.05)。见表 2。

表 2 两组肱骨干骨折患者术后一般情况对比 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of postoperative general data of patients with humeral midshaft fracture between two groups ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	术中出血量 (ml)	手术时间 (min)	住院时间 (d)	骨折愈合时间(周)
A 组	38	79.57±8.42	90.36±10.47	6.52±1.81	13.27±3.01
B 组	38	81.63±8.65	92.53±10.81	9.61±1.99	14.83±3.08
<i>t</i> 值		1.052	0.889	7.081	2.233
<i>P</i> 值		0.296	0.377	0.000	0.027

2.2 骨代谢活性指标比较

两组患者术前骨代谢活性相关指标比较差异无统计学意义 (*P*>0.05), 术后 1 个月两组 BGP、OPG、

表 3 两组肱骨干骨折患者手术前后血清 BGP、CTX、OPG 水平比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.3 Comparison of serum BGP, CTX and OPG levels before and after operation between two groups of patients with humeral midshaft fracture ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	BGP(ng/ml)		CTX(μg/ml)		OPG(pg/ml)	
		术前	术后 1 个月	术前	术后 1 个月	术前	术后 1 个月
A 组	38	3.37±0.62	7.10±0.58 ^a	352.14±25.42	224.52±12.67 ^b	122.95±9.74	173.67±9.12 ^c
B 组	38	3.39±0.65	6.63±0.62 ^d	349.42±25.38	259.13±13.54 ^e	123.51±9.80	152.80±9.23 ^f
<i>t</i> 值		0.137	3.413	0.467	11.505	0.250	9.915
<i>P</i> 值		0.891	0.001	0.642	0.000	0.803	0.000

注: 与 A 组术前比较, ^a*t*=27.083, *P*=0.000; ^b*t*=22.235, *P*=0.000; ^c*t*=27.698, *P*=0.000。与 B 组术前比较, ^d*t*=19.349, *P*=0.000; ^e*t*=23.432, *P*=0.000; ^f*t*=13.412, *P*=0.000

Note: Compared with group A before operation, ^a*t*=27.083, *P*=0.000; ^b*t*=22.235, *P*=0.000; ^c*t*=27.698, *P*=0.000. Compare with group B before operation, ^d*t*=19.349, *P*=0.000; ^e*t*=23.432, *P*=0.000; ^f*t*=13.412, *P*=0.000

CTX 水平均较其术前明显改善, 而且 A 组 BGP、OPG 水平显著高于 B 组, 但 CTX 水平明显较 B 组低 ($P < 0.05$)。见表 3。

2.3 桡神经损伤发生情况对比

A 组术后未出现桡神经损伤; B 组术后 4 例出现桡神经损伤, 其中 1 例出现严重损伤 1 例, 3 例不

完全损伤。两组术后发生桡神经损伤例数比较, 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 4.220, P = 0.040 < 0.05$)。典型病例图片见图 1-2。

3 讨论

3.1 肱骨干中段骨折流行病学及手术治疗现状

肱骨干骨折具有较高的发生率, 占全身骨折的



图 1 患者,男,55 岁,交通事故伤致左肱骨干骨折,采用前侧入路治疗 1a. 术前 1 周正位 X 线片示左肱骨干骨折 1b. 术中正位 C 形臂 X 线透视示骨折复位,内固定满意 1c. 术后 5 个月正位 X 线片示骨折固定满意,骨痂形成,骨折线模糊 1d. 术后 8 个月正位 X 线片示骨折固定良好,骨痂形成,骨折线基本消失

Fig.1 Patient, male, 55-year-old, left humeral shaft fracture caused by traffic accident and treated by anterior approach 1a. Preoperative AP X-ray at 1 week showed left humeral shaft fracture 1b. Positive C-arm fluoroscopy in operation showed reduction of fracture and satisfied internal fixation 1c. Postoperative AP X-ray at 5 months showed good fracture fixation with formation of callus and fracture line blurred 1d. Postoperative AP X-ray at 8 months showed good fracture fixation with formation of callus and fracture line blurred disappeared



图 2 患者,女,69 岁,摔倒致左肱骨干骨折,采用外侧入路治疗 2a. 术前 1 周正位 X 线片示左肱骨干骨折 2b. 术中正位 C 形臂 X 线透视示骨折复位,内固定满意 2c. 术后 8 个月正位 X 线片示骨折固定满意,骨痂少,骨折线模糊 2d. 术后 17 个月正位 X 线片示骨折固定良好,骨折线基本消失

Fig.2 Patient, female, 69-year-old, left humeral shaft fracture caused by falling down, treated by lateral approach 2a. Preoperative AP X-ray at 1 week showed left humeral shaft fracture 2b. Positive C-arm fluoroscopy in operation showed fracture reduction and satisfied reduction 2c. Postoperative AP X-ray at 8 months showed good fracture fixation with little callus and fracture line blurred 2d. Postoperative AP X-ray at 17 months showed good fracture fixation and fracture line disappeared

3%~5%,其中以中段骨折较为常见^[4]。切开复位钢板内固定是以往常用的手术方式,但该术式创伤较大,术后并发症发生率高,易引起医源性桡神经损伤,不利于患者预后^[5]。随着微创理念的不断深入,MIPO术已广泛应用于临床,其通过间接复位,经皮肌肉下隧道将钢板插入,对骨折予以桥接固定,具有创伤小、固定牢靠、安全性高、术后恢复快等优势^[6]。MIPO术治疗肱骨干中段骨折临床效果已得到认可,前侧入路与外侧入路是目前临床较为常用的两种手术入路方式,但该手术的入路方式的选择,仍存在争议^[7-8]。

3.2 两种入路手术的优劣势分析

外侧入路为 MIPO 术式经典的手术入路,术中须游离桡神经,所以对于合并桡神经损伤患者而言,该入路方式为最佳选择。然而,也因为术中须游离桡神经,钢板置入时会对该神经产生一定程度的损伤,且二次手术取出内固定时桡神经易和瘢痕组织融合,导致术者无法对其进行游离、保护,容易出现医源性损伤^[9]。本研究 B 组术后出现桡神经损伤 4 例,发生率为 10.53%。另外,该入路方式的手术难度较高,尤其是术中放置钢板时难以找到理想的位置^[10],此为 MIPO 术中经外侧入路手术的临床不足。

与外侧入路相比,前侧入路的优势更为明显,其优点主要体现在:(1)无须对三角肌止点予以剥离,且不显露桡神经,可最大程度减少对肩关节功能及桡神经影响。(2)肱骨前缘较为平坦,无重要神经、血管通过,选择前侧入路,钢板插入更为便利,加之肱肌外侧部保护,可避免钢板同桡神经直接接触造成后者损伤。(3)前侧入路创伤相对较轻,可减少对成骨细胞活性影响,对骨代谢干扰较轻,有利于骨折愈合^[11-13]。

杨久山等^[1]在 MIPO 术中选择经前侧入路手术治疗肱骨干中上段骨折,结果显示该入路手术操作简单,对患者的创伤小,术后并发症少,患者的恢复时间短,骨折愈合快。伏治国等^[12]经前方入路行 MIPO 手术治疗肱骨干中段骨折患者 36 例,结果表明经前侧入路 MIPO 手术对患者的创伤小、术中出血量少,故患者术后的骨折愈合率高。本研究的结果显示,A 组术后住院时间、骨折愈合时间均明显优于 B 组。本研究中 A 组也是经前侧入路行 MIPO 手术,结果显示该组无桡神经损伤;而 B 组经外侧入路手术,结果显示该组术后出现桡神经损伤 4 例。笔者分析,肱骨前缘较为平坦,无重要神经、血管通过,选择前侧入路,使得术中钢板插入更为便利;加之肱肌外侧部保护,可避免钢板同桡神经直接接触造成后者损伤^[10]。故经前侧入路行 MIPO 手术的安全性更高。

顾鸿程等^[6]经前侧入路行 MIPO 联合锁定加压

钢板(lacking compression plate,LCP)内固定手术治疗肱骨干中下段骨折,结果表明经前侧入路行 MIPO 手术可保护骨折处及其周边组织的血供及神经,骨折愈合率高。本研究中 A 组患者术后 1 个月的 BGP、OPG、CTX 等骨代谢活性指标均优于 B 组,提示 A 组患者骨代谢活性受手术的影响小于 B 组。本研究结果表明,在 MIPO 术中经前侧入路手术对患者骨代谢、骨折愈合的不良影响小。经前侧入路能有效避免桡神经损伤,使得手术本身对机体的创伤相对较轻,可减少对成骨细胞活性影响,故对骨代谢干扰较轻,有利于骨折愈合^[11-13]。

3.3 治疗体会

经前侧、外侧入路行 MIPO 手术治疗肱骨骨折均为临床常用的手术入路,但实际工作中需对患者的病情进行评估确定最终的手术入路。笔者体会,在肱骨干中段骨折 MIPO 术中,需注意以下几点:(1)术中患者保持前臂旋后,外展 90°,手掌心朝向肩关节,使桡神经远离肱骨。(2)在钢板最远端及最近端采用螺钉固定,中段避免使用螺钉,以防止伤及后方桡神经。(3)直视下拧入远端螺钉,避免对肌皮神经造成损伤^[14-16]。

综上所述,在微创 MIPO 术中,前侧入路方式能增强骨代谢活性,减少桡神经损伤,缩短患者术后恢复及骨折愈合时间,效果优于外侧入路,更具有临床应用价值。

参考文献

- [1] 杨久山,王少山,于波,等.前侧入路 MIPO 技术在肱骨干中上段骨折内固定术中的应用[J].中国骨与关节损伤杂志,2015,30(11):1204-1205.
YANG JS,WANG SS,YU B,et al. Application of anterior approach MIPO technique in internal fixation of mid-upper humeral shaft fractures[J]. Zhongguo Gu Yu Guan Jie Sun Shang Za Zhi,2015,30(11):1204-1205. Chinese.
- [2] 姜春岩. 肱骨近端骨折分型[J]. 中华肩肘外科电子杂志,2016,4(1):61.
JIANG CY. Classification of proximal humeral fractures[J]. Zhonghua Jian Zhou Wai Ke Dian Zi Za Zhi,2016,4(1):61. Chinese.
- [3] 刘杰. 骨科疾病诊断分类与功能评定[M]. 北京:人民军医出版社,2012:124.
LIU J. Diagnostic Classification and Functional Evaluation of Orthopaedic Diseases[M]. Beijing:People's Military Medical Publishing House,2012:124. Chinese.
- [4] Benninger E,Meier C. Minimally invasive lateral plate placement for metadiaphyseal fractures of the humerus and its implications for the distal deltoid insertion-it is not only about the radial nerve. A cadaveric study[J]. Injury,2017,48(3):615-620.
- [5] Ko SH,Cha JR,Lee CC,et al. Minimally invasive plate osteosynthesis using a screw compression method for treatment of humeral shaft fractures[J]. Clin Orthop Surg,2017,9(4):506-513.
- [6] 顾鸿程,朱义用,刘晓峰,等.前侧入路 MIPO 技术 LCP 内固定

- 治疗肱骨干中下段骨折[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2016, 31(3): 270-273.
- GU HC, ZHU YY, LIU XF, et al. Anterior approach MIPO LCP internal fixation for humeral shaft fracture[J]. Zhongguo Gu Yu Guan Jie Sun Shang Za Zhi, 2016, 31(3): 270-273. Chinese.
- [7] 孙勇. 闭合复位经皮双针内固定治疗肱骨干多段骨折[J]. 中国骨伤, 2017, 30(2): 184-186.
- SUN Y. Closed reduction and percutaneous double-needle internal fixation for the treatment of multiple humeral shaft fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(2): 184-186. Chinese with abstract in English.
- [8] Hohmann E, Glatt V, Tetsworth K. Minimally invasive plating versus either open reduction and plate fixation or intramedullary nailing of humeral shaft fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2016, 25(10): 1634-1642.
- [9] Lee T, Yoon J. Newly designed minimally invasive plating of a humerus shaft fracture: a different introduction of the plate[J]. Int Orthop, 2016, 40(12): 2597-2602.
- [10] 李欣, 刘宏, 肖晟, 等. 有限切开复位经皮克氏针内固定治疗儿童难复性 Gartland III 型肱骨髁上骨折[J]. 中国骨伤, 2017, 30(1): 60-63.
- LI X, LIU H, XIAO S, et al. Limited open reduction and percutaneous Kirschner wire internal fixation for the treatment of irreducible Gartland type III supracondylar fracture of the humerus in children[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(1): 60-63. Chinese with abstract in English.
- [11] Xue G, Chahal K, Lim T, et al. Titanium mini locking plate with trans-osseous sutures for the treatment of humeral greater tuberosity fracture osteosynthesis versus PHILOS: a retrospective view[J]. Int Orthop, 2018, 3(1): 1-7.
- [12] 伏治国, 张曦, 施耀华, 等. 前方入路微创接骨板接骨术治疗肱骨干中段骨折[J]. 中华创伤杂志, 2015, 31(4): 328-332.
- FU ZG, ZHANG X, SHI YH, et al. Minimally invasive anterior approach plate osteosynthesis for humeral shaft fracture[J]. Zhonghua Chuang Shang Za Zhi, 2015, 31(4): 328-332. Chinese.
- [13] 胡彬, 刘焯文, 黄家骏. 肱骨远端 C 型骨折手术治疗的研究进展[J]. 中国骨伤, 2018, 31(10): 976-982.
- HU B, LIU XW, HUANG JJ. Progress in surgical treatment of distal humeral type C fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(10): 976-982. Chinese with abstract in English.
- [14] Alberio RL, Re MD, Grassi FA. Minimally invasive plate osteosynthesis for proximal humerus fractures: a retrospective study describing principles and advantages of the technique[J]. Adv Orthop, 2018: 5904028.
- [15] 马也, 杨光, 李忠义, 等. 经皮微创锁定钢板和交锁髓内钉治疗成人胫骨中下段骨折的效果对比[J]. 中国临床保健杂志, 2016, 19(6): 624-627.
- MA Y, YANG G, LI ZY, et al. Comparison of the effects of percutaneous minimally invasive locking plate and interlocking intramedullary nail in the treatment of middle and lower tibial fractures in adults[J]. Zhongguo Lin Chuang Bao Jian Za Zhi, 2016, 19(6): 624-627. Chinese.
- [16] 张功林, 王勇, 赵来绪, 等. 桡神经内移在肱骨干骨折固定中的应用[J]. 中国骨伤, 2012, 25(6): 502-504.
- ZHANG GL, WANG Y, ZHAO LX, et al. Medial transposition of the radial nerve in humeral shaft fractures fixation[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2012, 25(6): 502-504. Chinese with abstract in English.

(收稿日期: 2019-05-21 本文编辑: 李宜)