

· 临床论著 ·

开放获取

老年肱骨近端骨折小切口与开放复位内固定比较

朱剑津^{1,2}, 潘勇卫^{1,2}, 赵喆^{1,2*}

(1. 清华大学附属北京清华长庚医院骨科, 北京 102218; 2. 清华大学临床医学院, 北京 102218)

摘要: [目的] 前瞻性研究小切口与开放复位内固定治疗老年肱骨近端骨折的临床疗效。[方法] 选取2019年3月—2022年3月本院骨科收治的87例老年肱骨近端骨折患者, 以随机数字表法分为开放组(44例)和小切口组(43例)。比较两组围手术期、随访及影像结果。[结果] 两组患者均顺利完成手术, 小切口组的手术时间[(94.3±9.2) min vs (79.1±10.8) min, $P<0.001$]显著长于开放组, 但切口长度[(7.4±0.9) cm vs (10.8±1.5) cm, $P<0.001$]、术中失血量[(138.6±8.9) ml vs (190.2±13.7) ml, $P<0.001$]、主动活动时间[(6.4±1.8) d vs (8.9±1.5) d, $P<0.001$]和住院时间[(8.5±0.7) d vs (9.7±1.1) d, $P<0.001$]均显著少于开放组。术后随时间推移, 两组患者VAS评分、Constant-Murley评分、前屈上举及外展上举ROM均显著改善($P<0.05$)。术后3个月及末次随访时, 小切口组VAS评分[(1.3±0.5) vs (1.6±0.7), $P=0.024$; (0.8±0.4) vs (1.0±0.5), $P=0.042$]均显著优于开放组。术后1、3个月, 小切口组Constant-Murley评分[(70.3±3.2) vs (68.3±3.9), $P=0.011$; (82.5±5.7) vs (80.1±4.5), $P=0.032$]均显著优于开放组。术后相应时间点, 小切口组的前屈上举与外展上举ROM均显著优于开放组($P<0.05$)。影像方面, 两组骨折复位质量的差异无统计学意义($P>0.05$)。术后8周小切口组骨折愈合率[例(%), 34(77.3) vs 25(58.1) $P=0.028$]显著高于开放组。相应时间点, 两组间肩峰下间隙(subacromial interval, SAI)的差异无统计学意义($P>0.05$)。[结论] 小切口微创复位内固定和传统开放切口均可用于治疗老年肱骨近端骨折, 但小切口微创技术能够有效保护骨折端微循环系统, 有利于骨折早期愈合和康复。

关键词: 肱骨近端骨折, 切开复位内固定, 经皮微创接骨板内固定, 肱骨近端锁定内固定系统

中图分类号: R683.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478(2024)24-2215-06

Comparison of small incision and open reduction internal fixation of proximal humerus fractures in elderly // ZHU Jian-jin^{1,2}, PAN Yong-wei^{1,2}, ZHAO Zhe^{1,2}. 1. Department of Orthopedics, Tsinghua Changgeng Hospital, Tsinghua University, Beijing 102218, China; 2. School of Clinical Medicine, Tsinghua University, Beijing 102218, China

Abstract: [Objective] To prospectively investigate the clinical efficacy of small incision (minimally invasive percutaneous plating osteosynthesis, MIPPO) versus open reduction and internal fixation (ORIF) in the treatment of proximal humerus fractures in the elderly. **[Methods]** A total of 87 elderly patients with proximal humerus fracture admitted to our Department of Orthopedics from March 2019 to March 2022 were included into this study. The patients were divided into the MIPPO group (44 cases) and the routine ORIF group (43 cases) by random number table method. The documents regarding perioperative period, follow-up and images were compared between the two groups. **[Results]** All patients in both group had operation performed successfully. Although the MIPPO consumed significantly longer operation time than the ORIF group [(94.3±9.2) min vs (79.1±10.8) min, $P<0.001$], the former proved significantly superior to the ORIF group in terms of incision length [(7.4±0.9) cm vs (10.8±1.5) cm, $P<0.001$], intraoperative blood loss [(138.6±8.9) ml vs (190.2±13.7) ml, $P<0.001$], active movement time [(6.4±1.8) days vs (8.9±1.5) days, $P<0.001$] and hospital stay [(8.5±0.7) days vs (9.7±1.1) days, $P<0.001$]. The VAS score, Constant-Murley score, forward flexion-uplift range of motion (ROM) and abduction-uplift ROM significantly improved over time in both groups ($P<0.05$). At 3 months and the last follow-up, the MIPPO group was significantly better than the ORIF group regarding to VAS score [(1.3±0.5) vs (1.6±0.7), $P=0.024$; (0.8±0.4) vs (1.0±0.5), $P=0.042$]. In addition, at 1 and 3 months after surgery, the MIPPO group was also superior to the ORIF group in Constant-Murley scores [(70.3±3.2) vs (68.3±3.9), $P=0.011$; (82.5±5.7) vs (80.1±4.5), $P=0.032$]. At all corresponding time points after operation, the MIPPO group proved significantly better than the ORIF in ROMs ($P<0.05$). As for imaging, there was no significant difference in fracture reduction quality between the two groups ($P>0.05$), while the fracture healing rate 8 weeks after surgery in the MIPPO group was better than the ORIF group [cases (%), 34 (77.3) vs 25 (58.1) $P=0.028$]. There was no significant difference in subacromial interval (SAI) between the two groups at any corresponding time points ($P>0.05$). **[Conclusion]** Both MIPPO and traditional OR-

DOI:10.20184/j.cnki.issn1005-8478.100773

作者简介: 朱剑津, 主治医师, 研究方向: 创伤骨科, (电子信箱) Zhujianjin163@163.com

* 通信作者: 赵喆, (电话) 010-56112345, (电子信箱) 13910466779@163.com

IF can be used in the treatment of proximal humerus fractures in elderly. By comparison, the MIPPO can effectively protect the local blood circulation near the fracture ends, which is conducive to early healing and rehabilitation of fractures.

Key words: proximal humerus fractures, open reduction and internal fixation, minimally invasive percutaneous plating osteosynthesis, proximal humerus internal locking system

肱骨近端骨折 (proximal humerus fracture, PHF) 是老年人第三常见的骨折, 约占所有骨折类型的 4%~5%, 其发病率随着年龄的增长而增加^[1, 2]。肩关节支具或手法闭合复位后内固定容易出现肩关节粘连、僵硬等, 严重影响患者生活质量。在患者身体状况允许的条件下, 早期手术均能获得相对满意的临床效果^[3]。切开复位内固定 (open reduction and internal fixation, ORIF) 为治疗 PHF 的传统手段, 手术视野暴露充分, 便于复位及植骨, 但容易引发骨折周围血运, 影响愈合^[4]。近年来随着微创技术的发展, 很多学者认为, 小切口微创接骨板内固定 (minimally invasive percutaneous plating osteosynthesis, MIPPO) 具有创伤小、出血少及恢复快等优点, 推荐用于治疗 PHF^[5, 6]。但 MIPPO 也存在不足, 因闭合复位, 容易造成隐性失血及神经损伤, 可能影响关节屈伸, 并且为了减少 MIPPO 反复透视造成的放射性伤害, 对施术者的操作技能要求较高^[7]。因此, ORIF 和 MIPPO 治疗 PHF 仍存在较大争议^[8]。基于此, 本研究拟前瞻性对照比较 ORIF 和 MIPPO 治疗老年 PHF 的临床疗效, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 年龄 ≥ 65 岁; (2) 受伤至治疗的时间 < 48 h; (3) 术前影像显示 PHF (图 1a, 1b); (4) 术前检查无臂丛神经损伤症状; (5) 临床资料完整。

排除标准: (1) 年龄 < 65 岁; (2) 合并严重的内科疾病无法耐受手术; (3) 局部存在骨破坏, 可能为病理性骨折; (4) 伤前存在患侧上肢功能障碍或其他影响肩关节功能康复的疾病; (5) 随访资料不完整。

1.2 一般资料

前瞻性选取 2019 年 3 月—2022 年 3 月本院骨科收治的 87 例老年 PHF 患者, 其中男性 36 例, 女性 51 例; 左肩 37 例, 右肩 50 例; 年龄 65~86 岁, 平均 (75.6 \pm 5.1) 岁; 骨折按 Neer 分型: 一部分骨折 31 例、二部分骨折 21 例、三部分骨折 20 例、四部分骨折 15 例。依据随机数字表法, 将患者分为小切口组 (44 例) 及开放组 (43 例)。两组患者一般资料

见表 1。两组患者年龄、性别、BMI、受伤至手术时间、侧别、Neer 分型的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。本研究经本院伦理委员会审批 (编号: 20013-0-03), 所有患者均知情同意。

表 1. 两组患者术前一般资料比较
Table 1. Comparison of preoperative general data between the two groups

指标	小切口组 (n=44)	开放组 (n=43)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	75.2 \pm 5.1	76.1 \pm 4.8	0.419
性别 (例, 男/女)	17/27	19/24	0.599
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	25.8 \pm 2.9	25.4 \pm 3.1	0.536
损伤至手术时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	2.9 \pm 0.8	2.8 \pm 0.5	0.487
侧别 (例, 左/右)	20/24	17/26	0.576
Neer 分型 (例, I/II/III/IV)	16/11/9/8	15/10/11/7	0.953

1.3 手术方法

小切口组: 采用全麻, 半仰卧位, 消毒铺巾。于肩峰前外侧纵向切开约 5 cm, 劈开三角肌前缘, 可在肩峰前缘切断部分三角肌前束, 两侧牵开以保护后方腋神经, 探及肱二头肌长头腱作为定位标志, 将大结节骨块向上方翻转, 牵引复位肱骨头与肱骨近端, 克氏针固定, 对内侧骨缺损的患者可进行短缩上移, C 形臂 X 线机透视检查颈干角及内侧柱是否存在分离, 将大结节骨块复位, 如复位困难, 可去除骨块远端的部分骨质, 插入肱骨近端内锁定钢板 (proximal humerus internal locking system, PHILOS), 钢板近端在肱骨大结节下方约 0.5 cm, 前缘靠近长头腱沟外侧约 1 cm, 克氏针固定, 再次透视确认钢板高度和后倾角 (图 1c), 打入锁定螺钉 (图 1d)。若断端骨缺损严重应植入自体松质骨颗粒。术中如发现存在肩袖损伤者, 用高强缝线固定于大结节骨面。

开放组: 术前准备同上。于肩关节前外侧做约 10 cm 的弧形切口, 皮下分离, 暴露头静脉, 在其外侧劈开三角肌, 两侧牵开, 暴露骨折端, 复位大结节骨块与肱骨头的解剖关系, 克氏针固定牵引肱骨复位肱骨干, 克氏针固定。C 形臂 X 线机透视检查复位的颈干角及内侧骨缺损情况, 插入 PHILOS, 根据骨缺损情况选择是否植骨。对肩袖损伤或大结节骨块不稳定患者可用高强线进行张力带缝合。

1.4 评价指标

记录围手术相关指标，包括手术时间、切口长度、术中失血量、术中并发症、主动活动时间、切口愈合、住院时间。采用疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、Constant-Murley 评分，肩关节外展上举、前屈上举活动度 (range of motion, ROM) 及并发症发生情况评价临床效果。行影像学检查，记录骨折复位质量^[9]、骨折愈合时间及肩峰下间隙 (subacromial interval, SAI)^[10]。

骨折复位质量：优，远近骨折端解剖对位、肱骨头无旋转；良，远近骨折端接近解剖对位、肱骨头旋转；可，肱骨头旋转、倾斜均 $<15^\circ$ ，远近骨折端对位 $\geq 2/3$ ，成角 $<15^\circ$ ；差：无达到上述标准甚至恶化。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计学软件进行数据处理。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，两组间比较采用独立样本 t 检验，组内时间点比较采用单因素方差分析。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验；等级计数资料两组比较采用 Mann-Whitney-U 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期资料

两组患者均顺利完成手术，术中均未发生血管、神经损伤。两组围手术期资料见表 2，小切口组的手术时间显著长于开放组，但小切口组的切口长度、术

中失血量、主动活动时间和住院时间均显著少于开放组 ($P < 0.05$)。术后均未发生切口感染及深静脉血栓等并发症。

表 2. 两组患者围手术期资料与比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2. Comparison of perioperative data between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	小切口组 (n=44)	开放组 (n=43)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	94.3 \pm 9.2	79.1 \pm 10.8	<0.001
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	7.4 \pm 0.9	10.8 \pm 1.5	<0.001
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	138.6 \pm 8.9	190.2 \pm 13.7	<0.001
主动活动时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	6.4 \pm 1.8	8.9 \pm 1.5	<0.001
切口愈合 (例, 甲/乙/丙)	42/2/0	40/2/1	0.595
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	8.5 \pm 0.7	9.7 \pm 1.1	<0.001

2.2 随访结果

两组随访结果见表 3。术后随时间推移，两组患者 VAS 评分显著减少 ($P < 0.05$)，Constant-Murley 评分、前屈上举 ROM、外展上举 ROM 均显著增加 ($P < 0.05$)。术后 1 个月，两组 VAS 评分的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，术后 3 个月及末次随访时，小切口组 VAS 评分显著优于开放组 ($P < 0.05$)。术后 1 个月及 3 个月，小切口组 Constant-Murley 评分显著优于开放组 ($P < 0.05$)，但末次随访时两组 Constant-Murley 评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后相应时间点，小切口组的前屈上举与外展上举 ROM 均显著优于开放组 ($P < 0.05$)。

表 3. 两组患者随访资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

Table 3. Comparison of follow-up data between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	时间点	小切口组 (n=44)	开放组 (n=43)	P 值
VAS 评分 (分)	术后 1 个月	2.5 \pm 0.8	2.9 \pm 1.1	0.055
	术后 3 个月	1.3 \pm 0.5	1.6 \pm 0.7	0.024
	末次随访	0.8 \pm 0.4	1.0 \pm 0.5	0.042
	P 值	<0.001	<0.001	
Constant-Murley 评分 (分)	术后 1 个月	70.3 \pm 3.2	68.3 \pm 3.9	0.011
	术后 3 个月	82.5 \pm 5.7	80.1 \pm 4.5	0.032
	末次随访	92.1 \pm 5.9	91.7 \pm 6.1	0.757
	P 值	<0.001	<0.001	
前屈上举 ROM ($^\circ$)	术后 1 个月	92.2 \pm 7.1	83.4 \pm 9.5	<0.001
	术后 3 个月	124.6 \pm 9.7	95.7 \pm 8.6	<0.001
	末次随访	159.4 \pm 9.4	126.9 \pm 10.5	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
外展上举 ROM ($^\circ$)	术后 1 个月	85.7 \pm 5.6	64.9 \pm 7.3	<0.001
	术后 3 个月	95.1 \pm 6.4	88.6 \pm 7.9	<0.001
	末次随访	126.5 \pm 9.6	108.7 \pm 10.5	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	

2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4。两组骨折复位质量的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。术后 8 周小切口组骨折愈合率显著高于开放组 ($P<0.05$)。与术前比较, 术后 1 个月及末次随访时, 小切口组 SAI 无显著变化 ($P>0.05$), 而开放组 SAI 显著减小 ($P<0.05$)。相应时间点, 两组间 SAI 的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。小切

口组螺钉穿出及内固定失效各 1 例。2 例螺钉穿出的患者无明显肩部症状, 未作特殊治疗; 内固定失效的患者, 肩部制动后愈合; 开放组肩关节半脱位 2 例、内固定失效 1 例、螺钉穿出与肱骨头坏死各 1 例。2 例肩关节半脱位患者均为术后早期发现, 给予肩部支具悬吊制动后康复。两组术后总并发症发生率的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。小切口组术后影像见图 1e, 1f。

表 4. 两组患者影像评估结果比较
Table 4. Comparison of radiographic data between the two groups

指标	时间点	小切口组 (n=44)	开放组 (n=43)	P 值
骨折复位 (例, 优/良/可/差)		35/8/1/0	37/4/2/0	0.425
骨折愈合时间 [例 (%)]	<8 周	34 (77.3)	25 (58.1)	0.028
	8~12 周	7 (15.9)	12 (27.9)	0.087
	≥12 周	3 (6.8)	6 (14.0)	0.138
SAI (mm, $\bar{x} \pm s$)	术前	17.2±2.5	17.4±2.1	0.689
	术后 1 个月	16.4±3.1	15.5±2.8	0.159
	末次随访	16.6±2.3	15.9±2.7	0.196
	P 值	0.342	<0.001	

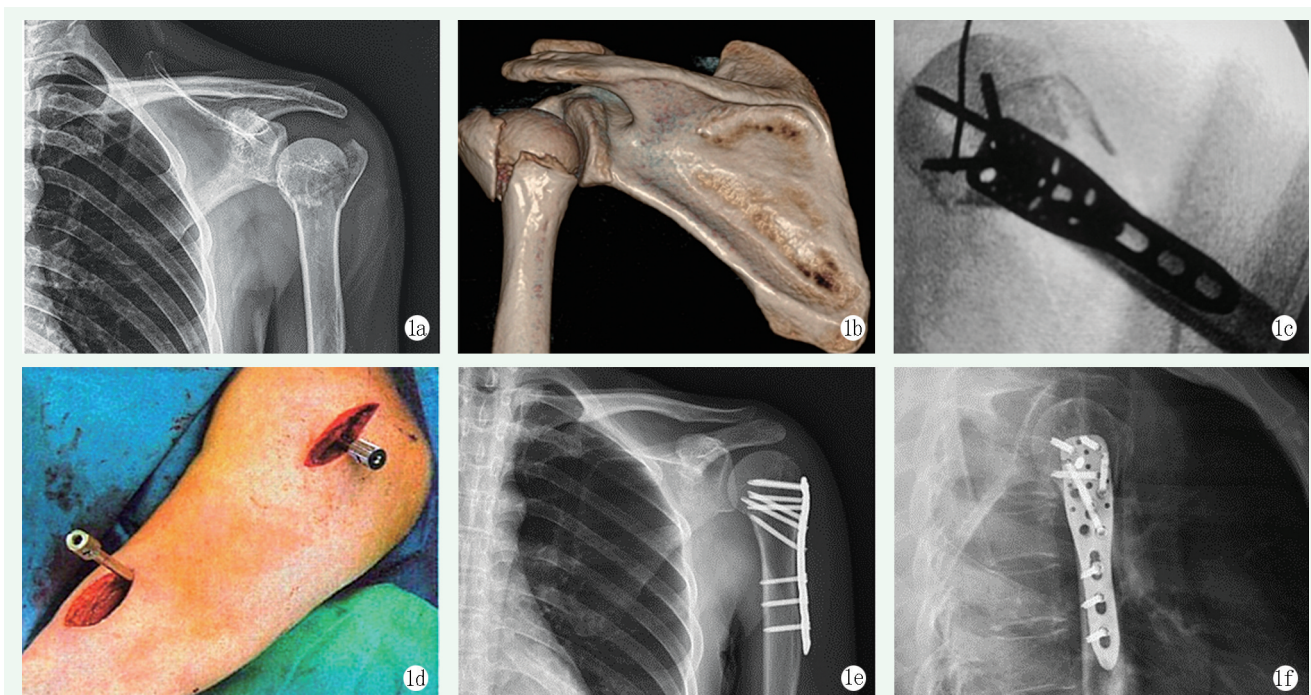


图 1. 患者女性, 65 岁。1a, 1b: 术前 X 线片及三维 CT 重建显示肱骨头压缩, 大结节外移; 1c: 术中透视复位情况及钢板位置; 1d: MIPPO 术中置入钢板及螺钉导向器; 1e, 1f: 术后 6 个月正位穿胸位 X 线片显示骨折复位良好, 骨折愈合, 无松动及螺钉断裂。

Figure 1. A 65-year-old female. 1a, 1b: Preoperative X ray and 3D CT reconstruction showed compression of humeral head and outward displacement of greater tubercle; 1c: Intraoperative fluoroscopic revealed fracture reduction and plate position; 1d: Intraoperative insertion of plate and screw guide with MIPPO technique; 1e, 1f: X-rays 6 months after surgery showed good fracture reduction, fracture healing, no loosening or screw breakage.

3 讨论

尽管 ORIF 是治疗 PHF 的传统手段, 但随着微创技术的迅速发展, MIPPO 近年来也在 PHF 中展开应用^[11, 12]。本研究结果显示, MIPPO 和 ORIF 均可

用于治疗老年 PHF 患者，两组患者术后骨折复位质量无显著差异，但小切口组的手术时间长于开放组，而切口长度、术中失血量和住院时间均明显减少。术后随访显示，小切口组 1、3 个月的 Constant-Murley 评分、肩关节的前屈上举和外展上举 ROM 均显著优于开放组，充分体现了小切口组微创化操作通道，减少了软组织损伤，更有利于患者术后康复，充分体现了小切口在老年 PHF 患者治疗中具有明显的优势。主要原因在于：(1) 开放组广泛剥离骨折端软组织，对骨块残存血运影响较大，特别是旋肱前动脉。解剖研究显示，该动脉与大结节顶点的垂直距离为 53.1~61.3 mm，平均 (56.2±1.7) mm，向近端发出分支，穿过大结节在骨内形成弓形动脉。MIPPO 技术采用劈开三角肌前束，直达大结节的前外侧区，该区为钢板置入的安全区，减少了对旋肱前动脉血管网的影响，保留了骨块的微循环系统，有利于肱骨头血运的恢复^[13-16]；(2) 传统的三角肌-胸大肌入路剥离范围广，可能损伤三角肌的神经支配，影响患者术后康复。

但 MIPPO 作为闭合复位，手术视野远不及 ORIF，作为一种新型技术，MIPPO 也存在不足，如本研究中小切口组早期开展的 5 例患者复位质量较差，但后期深入理解闭合复位技巧和判断标准后，复位质量与开放组无显著差异，在复位质量问题上，MIPPO 需要较长的学习曲线，对施术者的挑战性较高，具体体现在以下几点：(1) MIPPO 技术的技巧性强，切口长度不应超过距肩峰外缘 6 cm。解剖学研究显示，腋神经主干距肩峰的距离为 53~71 mm，平均 63.3 mm，切口过长将会导致三角肌前束失神经支配，而影响肩关节的前屈功能^[17]。此时，如钢板置入困难，可切断三角肌前束在肩峰的止点，而不是过度牵拉切口；(2) MIPPO 在复位过程中应以撬拨复位为主，尽量减少骨块的游离；(3) MIPPO 需重视对内侧柱完整性的恢复。与髓内固定不同，PHILOS 钢板为偏心固定模式，肱骨头下内侧皮质骨粉碎失支撑是导致钢板内固定螺钉的应力集中，而成为失败的重要危险因素^[16, 18]。在必要的时候可以去除部分影响复位的内侧骨块或碎骨，使肱骨头与肱骨获得良好的对位；(4) 在 MIPPO 中，PHILOS 钢板置入的高度，一般在大结节下方 0.5~1 cm，可在术中克氏针临时固定后，活动肩关节检查是否与肩峰之间存在撞击^[19]；(5) 术中注意对大结节骨块的处理，在 MIPPO 手术过程中，往往是以肱骨头及内侧柱为主确定复位效果，而此时会给大结

节骨块的复位带来困难，导致大结节骨块过高，导致肩峰下间隙变窄，影响肩关节的外展和前屈^[20]。本研究中术后随访影像学检查显示开放组的 SAI 与术前比较显著减小，而小切口组与术前比较无显著差异。这可能与开放组复位顺序有关。

综上所述，MIPPO 和 ORIF 均可用于治疗老年 PHF 患者，但 MIPPO 能够有效地保护骨折端微循环系统，有利于 PHF 早期愈合和康复。

参考文献

- [1] Koeppe J, Stolberg-Stolberg J, Fischhuber K, et al. The incidence of proximal humerus fracture—an analysis of insurance data [J]. *Dtsch Arztebl Int*, 2023, 120 (33-34): 555-556. DOI: 10.3238/arztebl.m2023.0132.
- [2] Jacobs AN, Umlauf JA, Kniss JR. Proximal humerus fracture following arthroscopic biceps tenodesis [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2020, 50 (11): 649. DOI: 10.2519/jospt.2020.9497.
- [3] 张玉富, 蒋协远. 肱骨近端骨折手术治疗的进展与思考 [J]. *中国骨伤*, 2023, 36 (2): 99-102. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.02.001.
Zhang YF, Jiang XY. Progress and thinking in surgical treatment of proximal humeral fracture [J]. *China Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 2023, 36 (2): 99-102. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.02.001.
- [4] Miltenberg B, Masood R, Katsiaunis A, et al. Fracture dislocations of the proximal humerus treated with open reduction and internal fixation: a systematic review [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2022, 31 (10): e480-e489. DOI: 10.1016/j.jse.2022.04.018.
- [5] 吴荣光, 刘艳辉, 靳宝青, 等. PHILOS 钢板+MIPPO 技术经肱骨近端前外侧微创入路治疗肱骨近端骨折 [J]. *创伤外科杂志*, 2020, 22 (6): 474-475. DOI: 10.3969/j.issn.1009-4237.2020.06.017.
Wu RG, Liu YH, Jin BQ, et al. PHILOS plate+MIPPO technique for the treatment of proximal humerus fractures via minimally invasive anterolateral approach [J]. *Journal of Traumatic Surgery*, 2020, 22 (6): 474-475. DOI: 10.3969/j.issn.1009-4237.2020.06.017.
- [6] 赵朵, 李小峰, 覃文航, 等. MIPPO 与 ORIF 治疗肱骨近端骨折的临床疗效分析 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2019, 12 (5): 362-366. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2019.05.009.
Zhao D, Li XF, Qin WH, et al. Comparison of curative effect between minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis and open reduction and internal fixation for proximal humeral fractures [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint Surgery*, 2019, 12 (5): 362-366. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2019.05.009.
- [7] Wang JQ, 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 Musculoskelet Disord*, 2020, 21 (1): 406. DOI: 10.1186/s12891-020-

- 03417-9.
- [8] Garcia-Maya B, Pérez-Barragans F, Lainez Galvez JR, et al. Percutaneous plate fixation of displaced proximal humerus fractures: Do minimally invasive techniques improve outcomes and reduce complications [J]. *Injury*, 2023, 54: 111042. DOI: 10.1016/j.injury.2023.111042.
- [9] Chamseddine AH, El-Hajj OM, Haidar IM, et al. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis for treatment of proximal humeral shaft fractures [J]. *Int Orthop*, 2021, 45 (1): 253-263. DOI: 10.1007/s00264-020-04858-6.
- [10] 席蕊, 周敬滨, 何江华, 等. 肩峰下撞击综合征患者肩胛肌群肌力与肩峰下间隙变化的相关性研究 [J]. *中国运动医学杂志*, 2022, 41 (4): 260-265. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6710.2022.04.002.
- Xi R, Zhou JB, He JH, et al. Correlation between Muscle Strength of Scapular Muscles and Change in Subacromial Space of Patients with Subacromial Impingement Syndrome [J]. *Chinese Journal of Sports Medicine*, 2022, 41 (4): 260-265. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6710.2022.04.002.
- [11] 姜壮, 祁静, 项阳, 等. 肱骨近端外展嵌插型骨折两种入路复位内固定比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (8): 695-699. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.08.05.
- Jiang Z, Qi J, Xiang Y, et al. Lateral deltoid-splitting approach versus deltopectoral approach for open reduction and internal fixation of proximal humeral abduction impacted fractures [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (8): 695-699. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.08.05.
- [12] 于波, 李冬. 结节间沟外侧钢板结合 PHILOS 接骨板治疗肱骨近端骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (10): 958-960. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.10.22.
- Yu B, Li D. Treatment of proximal humeral fractures with lateral plate of intertuberal groove combined with PHILOS plate [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (10): 958-960. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.10.22.
- [13] Wu JW, Shen HL, Liu LM, et al. Analysis of early failure of the PHILOS in proximal humerus fractures [J]. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*, 2016, 48 (4): 683-685.
- [14] Zhao L, Qi YM, Yang L, et al. Comparison of the effects of proximal humeral internal locking system (PHILOS) alone and PHILOS combined with fibular allograft in the treatment of Neer three- or four-part proximal humerus fractures in the elderly [J]. *Orthop Surg*, 2019, 11 (6): 1003-1012. DOI: 10.1111/os.12564.
- [15] 董辉详, 黄长明, 范华强, 等. 肱骨近端骨折钢板治疗的并发症及处理 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (2): 106-110. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.02.03.
- Dong HX, Huang CM, Fan HQ, et al. Complications of plate fixation for proximal humeral fractures and their management [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (2): 106-110. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.02.03.
- [16] 沈小龙, 孔劲松. 肩峰前外侧 MIPPO 技术联合 PHILOS 钢板治疗老年肱骨近端骨质疏松性骨折的疗效分析 [J]. *浙江创伤外科*, 2023, 28 (1): 153-155. DOI: 10.3969/j.issn.1009-7147.2023.01.051.
- Shen XL, Kong JS. Analysis of the therapeutic effect of MIPPO technique combined with PHILOS steel plate in the treatment of osteoporotic fractures of the proximal humerus in elderly patients [J]. *Zhejiang Journal of Traumatic Surgery*, 2023, 28 (1): 153-155. DOI: 10.3969/j.issn.1009-7147.2023.01.051.
- [17] 李四波, 陈晓春, 姜海涛, 等. 三角肌与三角肌胸大肌入路治疗老年肱骨近端骨折比较研究 [J]. *实用骨科杂志*, 2019, 25 (11): 974-977.
- Li SB, Chen XC, Jiang HT, et al. Comparative analysis of clinical efficacy of deltoid approach and deltopectoral approach for the treatment of elderly proximal humeral fractures [J]. *Journal of Practical Orthopaedics*, 2019, 25 (11): 974-977.
- [18] 刘炎, 葛鸿庆, 管华, 等. 内侧柱缺失型肱骨近端骨折不同固定方式的有限元分析 [J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24 (9): 25-28. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2021.01.007.
- Liu Y, Ge HQ, Guan H, et al. Finite element analysis of 3 different fixation methods for reconstruction of medial column for proximal humeral fractures [J]. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 2020, 24 (9): 25-28. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2021.01.007.
- [19] 张笑, 张鹏举, 谢冰, 等. 肩峰下横切口微创接骨板内固定治疗肱骨近端骨折的临床分析及手术技巧 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2016, 9 (1): 49-52. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2016.01-10.
- Zhang X, Zhang PJ, Xie B, et al. Clinical outcome and surgical skills of small incision of locking proximal humeral clinical outcome and surgical skills of small incision of locking proximal humeral plate in treating proximal humeral fractures [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint Surgery*, 2016, 9 (1): 49-52. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2016.01-10.
- [20] 吴增志, 曾国琼, 赖茂松, 等. 肱骨近端骨折术后发生肩峰下撞击综合征与肩峰形态及肩峰下间隙的相关性研究 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23 (11): 952-956. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20210603-00262.
- Wu ZZ, Zeng GQ, Lai MS, et al. Correlations between subacromial impingement syndrome and acromial morphology and subacromial intervals after surgery of proximal humerus fracture [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2021, 23 (11): 952-956. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20210603-00262.

(收稿:2023-10-31 修回:2024-10-08)
(同行评议专家:江水华, 苏郁)
(本文编辑:郭秀婷)