

肱骨近端骨折治疗研究进展

麦麦提依不巴吉·阿不都卡迪尔^{1,2}, 崔泳^{1,2*}

¹新疆医科大学第五临床医学院, 新疆 乌鲁木齐

²新疆医科大学第五附属医院骨科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年2月21日; 录用日期: 2024年3月15日; 发布日期: 2024年3月21日

摘要

肱骨近端骨折(Proximal Humerus Fracture, PHF)是指肱骨头至肱骨外科颈以远2~3 cm之内的骨折, 是临床常见骨折, 随着社会老龄化, 其发病率也随之升高, 给社会带来经济压力, 治疗方式众多, 但尚无金标准, 尤其复杂骨质疏松性老年肱骨近端骨折的治疗存在争议。因此, 本文总结当前治疗方法, 比较各方法之间的优缺点, 分析其适用场景及应用价值, 对老年复杂肱骨近端骨折的个性化治疗方式的选择提供一定的临床参考。

关键词

肱骨近端骨折, 锁定钢板, 关节置换, 治疗方式, 研究进展

Research Progress in the Treatment of Proximal Humerus Fractures

Maimaitiyubaji·Abudukadier^{1,2}, Yong Cui^{1,2*}

¹The Fifth Clinical College of Medicine, Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

²Department of Orthopaedic Surgery, The Fifth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Feb. 21st, 2024; accepted: Mar. 15th, 2024; published: Mar. 21st, 2024

Abstract

Proximal humerus fracture (PHF) refers to the fracture of the humerus head to the surgical neck of the humerus within 2~3 cm, which is a common clinical fracture. With the aging of society, its incidence also increases, bringing economic pressure to the society. There are many treatment

*通讯作者。

methods, but there is no gold standard. In particular, the treatment of proximal humeral fractures in elderly patients with complex osteoporotic conditions is controversial. Therefore, this article summarized the current treatment methods, compared the advantages and disadvantages of various methods, analyzed their application scenarios and application value, and provided certain clinical reference for the selection of individualized treatment for complex proximal humeral fractures in the elderly.

Keywords

Proximal Humerus Fracture, Locking Plate, Arthroplasty, Treatment Modalities, Research Progress

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 概述

肱骨近端骨折(Proximal Humerus Fracture, PHF)占全身所有骨折的5%~6% [1], 常见于中老年人, 是老年人仅次于桡骨远端骨折和髌部骨折的第三常见的骨折。不同国家和地区肱骨近端骨折的发生率存在差异, 在欧洲每10万人中PHF发生率为60.1, 澳大利亚这项数值为45.7, 而国内较早的文献报道占全身骨折的2.5% [2] [3] [4]。女性发病率明显高于男性, 约为其2倍[2]。随着社会老龄化, 近年来PHF发病率明显升高, 典型的肱骨近端骨折呈双峰分布[4]。年轻人PHF常常是由车祸、坠落伤、直接暴力等高能能量损伤所致, 而老年人由于骨质疏松、骨质条件差等原因, 摔伤、绊倒等低能量损伤就可引起骨折[5]。

2. 分型

Codman于1934年首次提出肱骨近端骨折的分型, 他根据肱骨头、肱骨干及大小结节四个骨折涉及部位进行分型[6]。此分型没有区分肱骨外科颈和解剖颈, 对骨折移位没有进行清晰的描述。NEER在Codman分型的基础上进一步定义移位(骨折成角 $>45^\circ$, 移位大于1 cm), 并根据骨折块数量分为一部分、二部分、三部分及四部分骨折。该分型简单实用, 概括了不同解剖部位及骨折块的组合, 是目前临床上最常用的分类方法[7]。另一常用分型为AO分型, 该分型根据骨折对肱骨头血运的影响、关节的受累程度对肱骨近端骨折进行了分类。A型为关节外单处骨折; B型为关节外两处骨折; C型为关节内骨折。每一分型又分为许多亚型, 整体上A型对肱骨头血运影响不大, 肱骨头坏死风险低; B、C型骨折对肱骨头血运影响大, 容易造成肱骨头坏死, 因此, B、C型为不稳定骨折。但该分类方法较复杂, 限制了其应用, 因此NEER分型为目前临床上最常用PHF的分类方法[8]。

3. 治疗

肱骨近端骨折的理想治疗方案存在较多争议。主要治疗原则是争取实现理想的骨折复位, 同时尽最大努力保持肱骨头血运, 确保骨折端的稳定性, 以便尽早开始功能恢复训练。同时, 考虑到肩关节是全身活动范围最广的关节, 一定程度的畸形可能在正常活动范围内得到补偿, 通常不会引起显著的功能障碍[9]。因此, 在选择治疗方法时, 应综合考虑患者的年龄、骨折类型、肱骨头的血液循环状况、肩袖损伤, 以及老年患者骨质疏松等因素。

3.1. 非手术治疗

约 65%~85% 肱骨近端骨折采用非手术治疗[3]。一般来说, 对于骨折相对稳定、移位较小的患者, 非手术治疗通常能取得比较满意的功能效果。常用的治疗方法有闭合复位悬吊固定、夹板固定或石膏固定等[9]。治疗目的为减轻疼痛、防止骨折进一步位移, 并尽早开始功能锻炼。合适的康复策略在非手术治中起关键作用。Koval 等[10]研究证实早期康复的重要性, 发现开始治疗的受伤后 14 天内开始康复锻炼的患者, 在肩关节功能、活动范围及头疼方面明显优于 14 天接受后康复治疗的患者。有关肱骨近端骨折非手术治疗的临床结果存在争议, 不同骨折类型和研究之间存在差异。Court-Brow 等[11]分析 125 例非手术治疗外翻塌陷型肱骨近端骨折患者的结果, 发现肩关节功能优良率为 80.6%。然而, Hanson 等[12]使用上肢功能障碍(DASH)评分对肩关节的恢复情况和功能进行评估, 随访 1 年后发现患侧肩关节评分明显低于健侧。Misra 等[13]通过荟萃分析比较非手术治疗与内固定和肩关节置换术治疗的患者, 非手术治组疼痛更明显、肩关节功能更差。而最近发表的一篇随机对照研究发现非手术治疗与手术治疗肱骨近端骨折患者 2 年后肩关节功能无明显差异, 手术治疗还存在并发症发生风险[14]。Beks 等[15]人也进一步证实了手术和非手术治疗之间的功能结果没有差异。因此, 非手术治疗肱骨近端骨折的有效性仍存在广泛的争议。

3.2. 手术治疗

近年来, 肱骨近端骨折的治疗理念不断演进, 其中包括微创理念、内固定理念和人工关节置换技术等。经皮微创内固定技术代表了微创理念, 其优势在于减少手术创伤、减少出血、缩短手术时间, 促进术后恢复。内固定理念则体现在锁定钢板的应用上, 其设计能够提供更强的稳定性, 减少骨折位移, 促进骨折愈合[16]。半肩关节置换技术的发展为复杂三、四部分粉碎骨折或老年骨质疏松患者提供了治疗选择, 反置式人工肩关节的应用则对无法重建的肱骨头爆裂骨折、各种手术失败后翻修提供了保障。这些发展为肱骨近端骨折的治疗提供了更多的可能性和更好的治疗效果[9]。

3.2.1. 闭合复位经皮内固定

尽切开复位钢板内固定虽然可获得解剖复位, 并坚强的内固定, 但由于广泛的软组织剥离, 对骨折周围组织损伤较大。经皮微创固定技术, 与传统的开放内固定相比, 可减少周围软组织损伤。文献报道, 经皮微创内固定与传统的开放性手术相比, 创伤小, 很大程度上减少了肌肉和软组织的损伤, 患者术后在更短的时间就可恢复, 因此, 发生肱骨头缺血坏死率较低、有着较高的骨折愈合率[16]。Fenichel 等[17]研究经皮微创内固定可以提供与切开复位钢板内固定相当甚至更好的功能恢复。另一项研究表明其临床结果与骨折复位质量有关[18]。因此, 对于较粉碎的不稳定骨折, 术中外科医师尝试闭合复位后失败时, 应转为切开复位内固定或关节置换, 术前应准备好相应器械。总体而言, 微创经皮内固定术是骨质条件较好的年轻肱骨近端骨折 NEER 一、二部分及较少移位的三部分骨折患者治疗的理想选择。

3.2.2. 髓内钉固定

髓内钉也是目前常用的肱骨近端骨折术式之一, 也适用于大多数类型的肱骨近端骨折。与传统的开放手术相比, 髓内钉通常采取肩峰下前外侧入路, 只需较小的切口就可固定牢固, 减少了软组织损伤[19]。生物力学研究显示, 肱骨髓内钉位于髓腔内, 属于中心型固定, 相比于钢板位于肱骨外侧, 提供更好的内侧支撑[20]。Lopez 等[21]研究提示, 相比于肱骨近端弯型髓内钉, 直钉发生肩部疼痛更少, 翻修率也更低, 具有更好的抵抗弯曲、扭转等外力的特点。一项包括 38 项研究 2699 名患者的荟萃分析显示, 髓内钉治疗肱骨近端骨折较锁定钢板具有骨折愈合时间少、肱骨头坏死发生率更低的优点[22]。因此认为, 髓内钉在把握手术技术及适应的前提下, 可以作为肱骨近端一、二部分骨折有效的内固定方式。

3.2.3. 切开复位内固定

随着肱骨近端骨折内固定理念的不断进步, 从传统接骨板到目前应用广泛的锁定钢板, 钢板内固定技术也发展迅速。与传统接骨板相比, 锁定钢板在生物力学性能上具有显著优势。传统的接骨板内固定技术存在固定不牢、易松动等不足, 原因在于传统接骨板依靠螺钉与骨的摩擦力提供稳定性, 术中接骨板需要紧贴骨面进行放置, 有时需进行弯折塑形, 容易增加钢板断裂率, 且术中对血运的破坏较大, 延长了骨折愈合时间[23]。相比之下, 锁定钢板通过带螺纹的锁定螺钉直接与钢板上带螺纹的锁定孔相锚合, 提供了更好的固定效果。在肱骨头打入至少 5 枚锁定螺钉, 结合肱骨距螺钉, 能够显著提高内固定系统的整体力学稳定性[24]。此外, 使用缝线将肩袖组织和大小结节固定在钢板预留的缝线孔中, 进一步加固了骨折部位的稳定性, 有效对抗内翻应力, 形成坚强的内固定支架, 能较好地维持骨折复位至骨折愈合[25]。

大量临床研究也表明, 锁定钢板治疗 PHF 肩关节功能恢复效果较为确切, 但随着其广泛应用, 相关并发症及较高的再手术率也被报道。研究显示, 切开复位锁定钢板治疗 PHF 术后并发症发生率为 20%~30%, 再手术率为 10%左右, 不同文献间有轻微差异, 其常见并发症有螺钉穿出、肩峰下撞击、复位丢失、肱骨头坏死、骨不连等。以上并发症的发生与多种因素有关, 如患者年龄、骨折类型、患者骨质条件和术者手术技术等, 其中伴有骨质疏松、缺乏内侧柱支撑的肱骨近端四部分骨折尤为明显[26] [27] [28]。根据 Gardner 的研究[29], 影响锁定钢板内固定维持骨折复位时效果的主要因素是骨质疏松和内侧柱的不稳定性。内侧支撑的概念指的是肱骨内侧距的作用, 这主要涉及到后内侧干骺端的完整和内侧铰链(即骨膜)的完整性。Hertel 等[27]指出, 缺乏肱骨内侧支撑可能会影响肱骨头后内侧骨膜的血流, 进而可能引发肱骨头的缺血性坏死。其他研究亦强调了内侧支撑的关键作用, 指出其在骨折复位后能提供必要的力学稳定性, 有助于减少骨折部位的再位移、不愈合和畸形愈合等并发症的风险[30] [31]。

目前常用的内侧支撑方法有肱骨距螺钉、双钢板固定、骨水泥条填充、自体髂骨移植和同种异体骨移植等。内侧柱粉碎的 PHF 四部分骨折常常需要骨移植来补充骨缺损。自体骨移植中最常用的是自体髂骨移植。自体髂骨通过爬行替代、再生和塑形, 可增加移植处骨折愈合速度, 因此, 广泛应用于骨缺损的治疗[32]。ZHU 等[33]比较锁定钢板联合自体髂骨移植与钢板单独应用治疗四部分 PHF, 发现骨移植组平均健康调查简表(SF-36)评分显著高于单独钢板组, 疼痛视觉模拟评分也显著低于对照组, 说明锁定钢板联合自体髂骨移植可以有效改善肩关节功能, 减少术后肩关节疼痛。然而, 自体骨取材有限, 还需要通过额外的手术切口, 增加手术时间及术中出血量。此外, 取骨处还可能出现相关并发症, 如血管或神经损伤、深部血肿形成, 甚至髂骨骨折等医源性损伤, 给患者带来痛苦。以上种种原因使其临床应用受到限制。Gardner 等 2008 年首次提出锁定钢板联合同种异体腓骨条置入肱骨近端髓腔的方法, 未出现内固定失效等并发症, 而移植骨最终能与肱骨完全融合[34]。研究显示, 骨折时的初始颈干角小于 120° 时, 会明显增加术后肱骨头塌陷的风险[35]。Myers 等[31]研究锁定钢板单独应用与联合同种异体腓骨比较治疗 PHF 疗效, 发现钢板组平均颈干角丢失达 22° , 而移植组仅为 5° , 说明应用同种异体腓骨重建内侧柱缺损, 达到髓内支撑、髓外固定的双稳定结构, 减少对肱骨头血运的影响, 可明显降低内翻塌陷、肱骨头坏死的并发症的发生。另有一些研究用同样的方法也取得了不错的临床效果, 但目前对于锁定钢板联合腓骨植入在并发症发生率、术后功能恢复等临床效果方面仍然存在争议[36]。

此外, 锁定钢板联合使用骨水泥棒可以避免供骨区域相关并发症的发生, 具有无来源限制等优势。骨水泥棒置入髓腔提高骨折区域抗压强度和结构支撑, 与锁定钢板相结合, 可以进一步增强复位稳定性和强度。Egol 等[37]对 92 例伴有内侧柱缺损的肱骨近端骨折患者平均随访 16 个月的回顾性研究显示, 与松质骨支撑相比, 使用骨水泥棒能够显著减少骨折移位。另一项近期发表的研究也显示[38], 术中在体外塑形骨水泥棒的方法, 可有效支撑肱骨头, 重建内侧柱, 较好的维持骨折复位。此外, 还避免了骨水

泥引起的热损伤, 价格便宜, 适合在基层推广。该方法需要通过前瞻性随机对照试验来进一步研究。

3.2.4. 半肩关节置换术

半肩关节置换术既往主要用于伴有肱骨头劈裂的不可重建 PHF 的治疗。行半肩关节置换术, 最关键的是正确的假体位置, 它是保证肩关节稳定性和周围组织平衡的关键, 因此在手术当中, 要正确的放置假体[39]。Marigi 等[40]比较 PHF 后一期与骨折后遗症患者行半肩关节置换治疗 2 年随访后发现, 两组在术后疼痛、肩关节活动度、ASES 评分、并发症和再手术率等方面均无差异。此外, 半肩关节置换能够有效避免切开复位内固定的缺点, 如肱骨头缺血性坏死, 复位不理想或复位丢失, 骨折畸形愈合等[41]。然而, 肩袖功能和大结节愈合情况也是影响手术成功与否的因素。文献报道半肩关节置换术后大结节不愈合发生率为 12%~14%, 大结节较差的影像学表现与肩关节功能不良相关[39]。因此, 行半肩关节置换术后肩关节功能恢复欠佳, 而且一旦发生假体周围感染将是灾难性的, 出现肱骨大结节不愈合、肩袖功能不全、康复训练不积极等都会严重影响术后功能的恢复, 尤其是对老年人来说, 术后一旦出现并发症将难以解决[9]。

3.2.5. 反式肩关节置换

反式肩关节置换术(Reverse Shoulder Arthroplasty, RSA)是三部分和四部分 PHF 的另一种治疗选择, 尤其在肩袖等软组织损伤较严重的情况下更适用。RSA 最初是用于巨大肩袖缺损的肱盂关节炎的治疗, 受大结节的不愈合或吸收的影响较小, 采用逆向设计的肩关节假体, 其独特的结构有助于提高患者在手术后的肩关节被动运动范围, 并通过改善关节稳定性, 降低了再次脱位的风险, 减轻患者的疼痛, 提高生活质量[42]。由于包括非手术、钢板、半肩关节置换等传统治疗方式的局限性, 自 20 世纪 90 年代以来, RSA 在老年 PHF 的治疗中逐渐崭露头角。据统计, 2012 年至 2019 年间英国 RSA 的手术量明显增加, 成为最主要的肩关节置换方式[43]。一项比较 RSA 与切开复位内固定包括 324 名患者的荟萃分析显示, 与切开复位内固定相比, RSA 肩关节前屈功能更佳, CMS 评分二者无差异。虽然并发症发生率 RSA 高于切开复位内固定, 而再手术率明显低于后者[44]。因此, 对于年龄大于 65 岁的三、四部分 PHF 推荐使用 RSA [45]。这些研究为其广泛应用提供了有力的支持。然而, 为了更全面地评估 RSA 的效果, 仍需要更多大规模的随机对照试验和长期随访数据的支持。

4. 总结

如何选择最合理的治疗方式, 以缓解肩关节疼痛, 恢复肩关节功能, 并降低医疗费用, 是所有肩关节外科医师所面临的问题, 仍然具有挑战性, 尚无金标准。因此, 肱骨近端骨折的治疗方式受年龄、骨折类型、功能状态等多种因素影响。尽管如此, 治疗的最终选择仍然是一个多因素的, 个性化的决定, 考虑到患者, 骨折和外科医生的具体方面。考虑到肱骨近端骨折的复杂性, 为了预防失败, 必须选择最合适的治疗方法。因此, 为了优化临床结果, 仍需要进一步的研究来改善患者选择和手术技术。

参考文献

- [1] Passaretti, D., Candela, V., Sessa, P., et al. (2017) Epidemiology of Proximal Humeral Fractures: A Detailed Survey of 711 Patients in a Metropolitan Area. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **26**, 2117-2124. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2017.05.029>
- [2] Iglesias-Rodríguez, S., Domínguez-Prado, D.M., García-Reza, A., et al. (2021) Epidemiology of Proximal Humerus Fractures. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **16**, Article No. 402. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02551-x>
- [3] McLean, A.S., Price, N., Graves, S., et al. (2019) Nationwide Trends in Management of Proximal Humeral Fractures: An Analysis of 77,966 Cases from 2008 to 2017. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **28**, 2072-2078. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2019.03.034>

- [4] 丁国庆, 李晓林. 老年肱骨近端骨折治疗进展[J]. 国际骨科学杂志, 2011, 32(6): 372-374, 383.
- [5] Court-Brown, C.M., Garg, A. and McQueen, M.M. (2001) The Epidemiology of Proximal Humeral Fractures. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, **72**, 365-371. <https://doi.org/10.1080/000164701753542023>
- [6] Codman, E.A. (1934) Rupture of the Supraspinatus Tendon and Other Lesions in or about the Subacromial Bursa. Thomas Todd, Boston.
- [7] Neer II, C.S. (1970) Displaced Proximal Humeral Fractures. I. Classification and Evaluation. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **52**, 1077-1089. <https://doi.org/10.2106/00004623-197052060-00001>
- [8] Marongiu, G., Leinardi, L., Congia, S., et al. (2020) Reliability and Reproducibility of the New AO/OTA 2018 Classification System for Proximal Humeral Fractures: A Comparison of Three Different Classification Systems. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, **21**, Article No. 4. <https://doi.org/10.1186/s10195-020-0543-1>
- [9] Baker, H.P., Gutbrod, J., Strelzow, J.A., et al. (2022) Management of Proximal Humerus Fractures in Adults—A Scoping Review. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, Article 6140. <https://doi.org/10.3390/jcm11206140>
- [10] Koval, K.J., Gallagher, M.A., Marsicano, J.G., et al. (1997) Functional Outcome after Minimally Displaced Fractures of the Proximal Part of the Humerus. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **79**, 203-207. <https://doi.org/10.2106/00004623-199702000-00006>
- [11] Court-Brown, C.M., Cattermole, H. and McQueen, M.M. (2002) Impacted Valgus Fractures (B1.1) of the Proximal Humerus. The Results of Non-Operative Treatment. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **84**, 504-508. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.84B4.0840504>
- [12] Hanson, B., Neidenbach, P., de Boer, P., et al. (2009) Functional Outcomes after Nonoperative Management of Fractures of the Proximal Humerus. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **18**, 612-621. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2009.03.024>
- [13] Misra, A., Kapur, R. and Maffulli, N. (2001) Complex Proximal Humeral Fractures in Adults—A Systematic Review of Management. *Injury*, **32**, 363-372. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(00\)00242-4](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(00)00242-4)
- [14] Launonen, A.P., Sumrein, B.O., Reito, A., et al. (2023) Surgery with Locking Plate or Hemiarthroplasty versus Nonoperative Treatment of 3-4-Part Proximal Humerus Fractures in Older Patients (NITEP): An Open-Label Randomized Trial. *PLOS Medicine*, **20**, e1004308. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1004308>
- [15] Beks, R.B., Ochen, Y., Frima, H., et al. (2018) Operative versus Nonoperative Treatment of Proximal Humeral Fractures: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Comparison of Observational Studies and Randomized Controlled Trials. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **27**, 1526-1534. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.03.009>
- [16] Magovern, B. and Ramsey, M.L. (2008) Percutaneous Fixation of Proximal Humerus Fractures. *Orthopedic Clinics of North America*, **39**, 405-416. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2008.05.005>
- [17] Fenichel, I., Oran, A., Burstein, G. and Perry, M. (2006) Percutaneous Pinning Using Threaded Pins as a Treatment Option for Unstable Two- and Three-Part Fractures of the Proximal Humerus: A Retrospective Study. *International Orthopaedics*, **30**, 153-157. <https://doi.org/10.1007/s00264-005-0058-7>
- [18] Keener, J.D., Parsons, B.O., Flatow, E.L., et al. (2007) Outcomes after Percutaneous Reduction and Fixation of Proximal Humeral Fractures. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **16**, 330-338. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2006.09.006>
- [19] 付中国, 马明太. 髓内钉在治疗内侧柱支撑缺失的肱骨近端骨折中的应用现状[J]. 中华创伤骨科杂志, 2022, 24(2): 93-96.
- [20] Dilisio, M.F., Nowinski, R.J., Hatzidakis, A.M. and Fehringer, E.V. (2016) Intramedullary Nailing of the Proximal Humerus: Evolution, Technique, and Results. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **25**, E130-E138. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2015.11.016>
- [21] Lopiz, Y., Garcia-Coiradas, J., Garcia-Fernandez, C. and Marco, F. (2014) Proximal Humerus Nailing: A Randomized Clinical Trial between Curvilinear and Straight Nails. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **23**, 369-376. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.08.023>
- [22] Shi, X., Liu, H., Xing, R., et al. (2019) Effect of Intramedullary Nail and Locking Plate in the Treatment of Proximal Humerus Fracture: An Update Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **14**, Article No. 285. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1345-0>
- [23] 汪志中, 刘冠军, 王斌. 钢板与髓内钉治疗肱骨近端骨折的研究进展[J]. 广州医科大学学报, 2021, 49(5): 168-172.
- [24] 陈立, 赵弟庆, 杨广忠, 等. 两种锁定钢板置入内固定治疗老年肱骨近端骨折[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(52): 9011-9016.
- [25] Stone, M.A. and Namdari, S. (2019) Surgical Considerations in the Treatment of Osteoporotic Proximal Humerus Fractures. *Orthopedic Clinics of North America*, **50**, 223-231. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2018.10.005>

- [26] Robinson, C.M., Amin, A.K., Godley, K.C., *et al.* (2011) Modern Perspectives of Open Reduction and Plate Fixation of Proximal Humerus Fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **25**, 618-629. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e31821c0a2f>
- [27] Hertel, R., Hempfing, A., Stiehler, M. and Leunig, M. (2004) Predictors of Humeral Head Ischemia after Intracapsular Fracture of the Proximal Humerus. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **13**, 427-433. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2004.01.034>
- [28] Barlow, J.D., Logli, A.L., Steinmann, S.P., *et al.* (2020) Locking Plate Fixation of Proximal Humerus Fractures in Patients Older than 60 Years Continues to Be Associated with a High Complication Rate. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **29**, 1689-1694. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2019.11.026>
- [29] Gardner, M.J., Weil, Y., Barker, J.U., *et al.* (2007) The Importance of Medial Support in Locked Plating of Proximal Humerus Fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **21**, 185-191. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3180333094>
- [30] Polykandriotis, E., Zschiegner, A., Horch, R.E. and Schürmann, M. (2021) Bone Allograft and Locking Plate for Severe Proximal Humeral Fractures: Early and Late Outcomes. *Medical Science Monitor*, **27**, e928982. <https://doi.org/10.12659/MSM.928982>
- [31] Myers, D.M., Triplet, J.J., Warmoth, P.J., *et al.* (2020) Improved Outcomes Using a Fibular Strut in Proximal Humerus Fracture Fixation. *Orthopedics*, **43**, 262-268. <https://doi.org/10.3928/01477447-20200721-02>
- [32] Kim, S.H., Lee, Y.H., Chung, S.W., *et al.* (2012) Outcomes for Four-Part Proximal Humerus Fractures Treated with a Locking Compression Plate and an Autologous Iliac Bone Impaction Graft. *Injury*, **43**, 1724-1731. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2012.06.029>
- [33] Zhu, L., Liu, Y., Yang, Z., *et al.* (2014) Locking Plate Fixation Combined with Iliac Crest Bone Autologous Graft for Proximal Humerus Comminuted Fracture. *Chinese Medical Journal*, **127**, 1672-1676. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0366-6999.20133104>
- [34] Gardner, M., Boraiah, S., Helfet, D., *et al.* (2008) Indirect Medial Reduction and Strut Support of Proximal Humerus Fractures Using an Endosteal Implant. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **22**, 195-200. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e31815b3922>
- [35] Omid, R., Trasolini, N.A., Stone, M.A. and Namdari, S. (2021) Principles of Locking Plate Fixation of Proximal Humerus Fractures. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **29**, e523-e535. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-20-00558>
- [36] Segarra, B., Molina, M. and Aguilera, L. (2022) Role of Fibular Allograft in Proximal Humerus Fractures: A Systematic Review. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **36**, e425-e430. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000002404>
- [37] Egol, K.A., Sugi, M.T., Ong, C.C., *et al.* (2012) Fracture Site Augmentation with Calcium Phosphate Cement Reduces Screw Penetration after Open Reduction-Internal Fixation of Proximal Humeral Fractures. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **21**, 741-748. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2011.09.017>
- [38] 马志强, 买买艾力·玉山, 王筠. 骨水泥髓内植入联合 PHILOS 钢板治疗老年骨质疏松型肱骨近端骨折[J]. *中国骨与关节杂志*, 2023, 12(8): 593-599.
- [39] Park, Y.K., Kim, S.H. and Oh, J.H. (2017) Intermediate-Term Outcome of Hemiarthroplasty for Comminuted Proximal Humerus Fractures. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **26**, 85-91. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2016.05.008>
- [40] Marigi, E.M., Bartels, D.W., Aibinder, W.R., *et al.* (2023) Hemiarthroplasty for Proximal Humerus Fractures and for Fracture Sequelae: Did Not Differ in Their Outcomes. *JSES International*, **7**, 239-246. <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2022.10.009>
- [41] Aldinger, P.R., Raiss, P., Rickert, M. and Loew, M. (2010) Complications in Shoulder Arthroplasty: An Analysis of 485 Cases. *International Orthopaedics*, **34**, 517-524. <https://doi.org/10.1007/s00264-009-0780-7>
- [42] Jobin, C.M., Galdi, B., Anakwenze, O.A., *et al.* (2015) Reverse Shoulder Arthroplasty for the Management of Proximal Humerus Fractures. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **23**, 190-201. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-13-00190>
- [43] Dey Hazra, R.O., Blach, R.M., Ellwein, A., *et al.* (2022) Latest Trends in the Current Treatment of Proximal Humeral Fractures—An Analysis of 1162 Cases at a Level-1 Trauma Centre with a Special Focus on Shoulder Surgery. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, **160**, 287-298. <https://doi.org/10.1055/a-1333-3951>
- [44] Suroto, H., De Vega, B., Deapsari, F., *et al.* (2021) Reverse Total Shoulder Arthroplasty (RTSA) versus Open Reduction and Internal Fixation (ORIF) for Displaced Three-Part or Four-Part Proximal Humeral Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Efort Open Reviews*, **6**, 941-955. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.210049>
- [45] Fraser, A.N., Bjørdal, J., Wagle, T.M., *et al.* (2020) Reverse Shoulder Arthroplasty Is Superior to Plate Fixation at 2 Years for Displaced Proximal Humeral Fractures in the Elderly: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **102**, 477-485. <https://doi.org/10.2106/JBJS.19.01071>