

髓内钉治疗肱骨近端骨折的临床研究进展

马 帅^{1,2*}, 李新志^{1,2#}

¹三峡大学附属仁和医院骨科, 湖北 宜昌

²三峡大学基础医学院, 湖北 宜昌

收稿日期: 2022年11月21日; 录用日期: 2022年12月15日; 发布日期: 2022年12月26日

摘 要

肱骨近端骨折为肩部骨折中常见的骨折类型, 是一种较为复杂的骨折, 随着人口老龄化, 其发生率逐年增高。目前临床上治疗肱骨近端骨折的主要内固定方式是锁定钢板内固定, 其治疗肱骨近端骨折中的某些骨折类型疗效尚可, 但其固定方式和术后并发症较多等常引起临床医师使用和操作时的犹豫。近几年随着髓内钉的不断发展, 其临床应用也逐渐增多, 并且显示出了诸多优点和良好的临床疗效, 成为了临床医师治疗肱骨近端骨折时的一种良好的选择。因此, 该综述重点阐述了髓内钉的特点及优势、手术入路及注意事项、临床疗效与并发症, 旨在为临床工作者更好地了解与使用髓内钉来治疗肱骨近端骨折。

关键词

肱骨近端骨折, 髓内钉, 临床进展

Clinical Research Progress of Intramedullary Nail in the Treatment of Proximal Humeral Fracture

Shuai Ma^{1,2*}, Xinzhi Li^{1,2#}

¹Department of Orthopaedics, Affiliated Renhe Hospital of China Three Gorges University, Yichang Hubei

²College of Basic Medical Science, China Three Gorges University, Yichang Hubei

Received: Nov. 21st, 2022; accepted: Dec. 15th, 2022; published: Dec. 26th, 2022

Abstract

Proximal humeral fracture is a common type of shoulder fracture, which is a more complex frac-

*第一作者。

#通讯作者。

ture. With the aging of the population, its incidence is increasing year by year. At present, locking plate internal fixation is the main internal fixation method for the treatment of proximal humeral fractures. The curative effect of locking plate internal fixation in the treatment of some types of proximal humeral fractures is acceptable, but its fixation method and postoperative complications often cause clinicians' hesitation in the use and operation. In recent years, with the continuous development of intramedullary nail, its clinical application is also gradually increasing, and shows many advantages and good clinical efficacy, has become a good choice for clinicians in the treatment of proximal humeral fractures. Therefore, this review focuses on the characteristics and advantages of intramedullary nail, surgical approaches and techniques, clinical efficacy and complications, in order to better understand and use intramedullary nail for the treatment of proximal humeral fractures.

Keywords

Proximal Humeral Fractures, Intramedullary Nail, Clinical Progress

Copyright © 2022 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. 引言

肱骨近端骨折是一种常见骨折类型, 占有骨折的 4%~5% [1]。随着我国人口老龄化, 其发生率正在不断升高, 从 2008 年的 26.8/10 万增加到 2017 年的 45.7/10 万[2]。肱骨近端骨折往往较为复杂, 且复杂骨折的发生率随年龄增长而增加[3]。如今, 即使对于经验丰富的医师来说, 复杂肱骨近端骨折的治疗也是一个挑战。在手术方式的选择上, 国内外医师使用的主要手术方式有: 锁定钢板内固定, 髓内钉固定、克氏针固定和肩关节置换术[4]。目前, 锁定钢板内固定仍是临床医师最常使用的方法, 但因其固定方式为偏心固定, 并发症较多而广为诟病。近些年兴起的髓内钉内固定治疗肱骨近端骨折, 在实际的临床工作中收获了较为良好的口碑。能有效地避免锁定钢板内固定存在的某些不足之处, 且髓内钉在切口长度、出血量、手术时间和骨折愈合时间等方面明显均优于锁定钢板[5], 受到广大医师的认可及使用。但仍有部分医师对该手术方式认识及了解不充分, 故本文将对肱骨近端骨折的髓内钉手术治疗作一综述。

2. 肱骨近端髓内钉(Proximal Humeral Nail, PHN)

髓内钉技术最早起源于利用微创的方法对移位的骨折进行稳定的固定。在过去 40 多年中, 髓内钉技术发生了明显的改变和创新。髓内钉固定的目的是能有效的对复位后的骨折提供稳定, 同时进行肩关节早期康复活动, 从而改善患者的预后[6] [7]。目前, 髓内钉技术已经发展到了第三代, 如 Targon 钉、MultiLoc 钉、Aequalis 钉等为代表。与前两代相比, 第三代髓内钉治疗肱骨近端骨折的愈合率更高, 临床疗效更好, 并发症发生率更低[8]。

2.1. 发展变化与设计特点

第一代髓内钉为近端未锁定的大直径直钉, 主要缺点为近端螺钉的安全性不足, 无法固定不稳定的骨折块, 也无法控制骨折的旋转, 易造成固定失败而再次手术。第二代髓内钉为近端锁定(但无交锁螺钉)、主钉有一定弯度的弯钉, 主要缺点为弯钉易造成肩袖损伤等并发症, 无交锁螺钉则不能提供角稳定固定

而造成固定失败。而第三代髓内钉都具有主钉近端形状为直型, 近端多枚锁定螺钉、多个方向、多个角度锁定, 远端螺钉为多方向的和髓内锁定等特点。设计多关注于置入效果和固定效果, 如 MultiLoc 髓内钉采用了钉中钉和肱骨距螺钉的技术提高了头部稳定性和固定效果。Aequalis 髓内钉采用了小而短的主钉来避免进入肱骨干峡部, 通过聚乙烯套管固定近端锁定螺钉从而避免螺钉后退[8]。

2.2. 生物力学及解剖学优势

所有内固定方式都有各自的优缺点, 与锁定钢板相比, 髓内钉为中心型固定, 在正常骨和骨质疏松骨中有更高的与骨结合的稳定性和强度, 近端螺钉在正常解剖和解剖变异的情况下都不会侵犯腋神经或其分支, 具有良好的安全性, 如 Aequalis 髓内钉[9], 具有良好的抗折弯和抗旋转能力, 如 Targon 髓内钉[10]。

2.3. 适应证与禁忌证

NEER 分型是目前临床医师应用最广泛的确定髓内钉适应症的分类方法。在 NEER 分型中, 以肱骨近端的 4 个部位为基础, 根据骨折的移位标准(移位 ≥ 1 cm, 成角 $\geq 45^\circ$)将肱骨近端骨折分为 4 个类型的骨折。肱骨近端髓内钉在临床上主要应用于肱骨近端移位和不稳定的 Neer II、III 型骨折, 也可用于合并有肱骨干骨折。随着肱骨近端髓内钉的临床应用逐渐增多, 许多学者发现使用髓内钉来治疗 Neer IV 型骨折的临床疗效也十分优良。而对于肱骨近端稳定且移位最小的骨折、身体或精神状况不佳、入口处局部软组织感染、既往存在的肩关节骨性关节炎和肩关节僵硬(不能倾斜手臂)、肱骨近端不能复位的肱骨头粉碎的骨折等则禁忌使用髓内钉。

3. 外科技术要点

3.1. 手术入路的选择

目前临床最常使用的手术入路为肩峰前外侧入路[11], 该入路可以克服传统的胸大肌 - 三角肌间沟入路的缺点如: ① 广泛软组织或软组织包膜损伤; ② 潜在的损伤旋肱前动脉和腋神经的风险。且该入路在缩小手术切口、减短手术时间、降低术中出血量方面均胜于传统入路。近几年, 国内外学者发现使用 Neviaser 入路[12] [13] [14]也有着良好的临床效果, 该入路为肩关节镜常用入路, 具有: ① 在肱骨头内翻畸形的情况下, 很容易确定髓内钉的正确入钉点; ② 扩大大结节骨折间隙的风险较小, 特别是对于肩部肌肉发达或皮下脂肪较厚的患者; ③ 无肩袖和肌腱损伤; ④ 手术时间和放射时间短等优点。但该入路也有着损伤肱骨的头部关节面的风险[15] [16]。

3.2. 进针点选择

进针点的选择对避免医源性冈上肌腱损伤至关重要, 关于进针点的研究报道有很多。Johnston PS 等[17]认为理想的起点应尽量减少对肩袖肌腱的损伤, 避免在骨折部位放置植入物, 关节面有足够深度来插入螺钉, 优化螺钉固定到主钉和肱骨头上位置, 同时尽量减少对腋神经的风险。他们发现应尽可能的将髓内钉放置的起点更中间化, 一个更中间化的髓内钉放置起点可以保护周围的软组织结构, 同时改善近端锁定螺钉的定位。Euler SA 等[18]认为可以通过术前的 CT 评估健侧来选择一个最佳的进针点, 从而避免患者受到医源性肩袖损伤的风险。一般理想的髓内钉的进钉点在肱骨头的最高点和肱骨干正侧位片的解剖轴线上[19]。

3.3. 手术中需注意事项[6] [20] [21]

骨折块的复位是得到术后良好的肩关节功能和治疗效果的关键、应尽力复原骨折碎块。对于一些简

单的复位, 我们需要避免内翻畸形。而对于一些较为复杂的骨折复位, 我们应该首先复位肱骨头, 然后再进行其它移位的结节的骨折块进行解剖复位, 并且恢复肱骨近端的“蛋壳”结构。值得注意的是在确认髓内钉主钉进入点时, 需将主要的骨折碎片良好的复原。尤其是在骨折固定之前, 应恢复肱骨头部和骨干碎片之间的对齐[22]。当复位完成后, 我们可以在 x 线监视下从最佳进针点插入主钉, 主钉的位置和方向应在正侧位与肱骨干解剖轴线一致, 这可以避免骨折内翻畸形。在插入髓内钉时值得注意的是钉子的末端应该应位于骨近端的骨密度最高的区域(软骨下区域) [23], 以避免发生撞击并增强稳定性。对于近端锁定, 角度稳定性是必要的。打入螺钉应尽可能朝向骨密度最佳的方向, 即后内方向, 也要防止交锁螺钉插入到肱二头肌肌腱沟中。在钻孔时, 应该使用钝性螺钉头, 可以通过不穿透软骨下骨来防止螺钉穿透盂肱关节, 并且最好在多方向 C 臂监视下进行。最近端的螺钉尾部必须良好的隐藏以防手臂外展时肩峰下的刺激。远端的锁定是多平面和、或多角度的, 这样可以尽可能减少髓内钉的扭动[24] [25]。

3.4. 复位标准

Stefaen 等人将以下标准视为“解剖复位”: 1) 关节内无移位; 2) 头部既不内翻也不外翻; 3) 头部相对于轴的前后倾斜度不超过 20°; 4) 前(小结节)和大结节在任何方向的位移均不超过 3 mm; 5) 没有大于 5 mm 的头轴平移。

4. 术后康复[8]

1) 术后、术后 2 周、6 周和 12 周后的两个平面的 X 线照片, 用于记录复位、植入位置和骨折愈合情况; 2) 建议使用吊臂 7~10 天; 3) 术后第一天开始被动和主动辅助训练(建议主动辅助运动, 因为被动活动会引起对侧肌肉的非自愿收缩, 而主动辅助活动则会放松对侧肌肉, 外展应小于 60°, 并持续 2 周, 随后限制外展至 90°, 并持续到第 4 周); 4) 6 周后, 允许进行反重力运动[26] [27]。

5. 临床疗效与优势

Setaro N 等[28]一项回顾性分析比较了髓内钉、锁定钢板和克氏针治疗肱骨近端 Neer II、III 型骨折效果: 148 名患者纳入研究。其中 64 例(37 Neer II 型和 27 Neer III 型)采用锁定钢板内固定, 53 例(34 Neer II 型和 19 Neer III 型)采用髓内钉固定, 31 例(20 Neer II 型和 11 Neer III 型)采用克氏针固定, 结果显示在使用锁定钢板内固定的患者中有 11 名在术后数月内抱怨固定装置疼痛, 其中 8 名患者随后接受了手术翻修, 4 名缺血性坏死患者需要使用反向假体进行翻修。而在接受髓内钉治疗的患者中, 仅有 3 名患者由于钉突出而导致肩峰下撞击, 需要进行第二次干预以移除钉。且髓内钉和锁定钢板的 DASH 和 SF-12 评分均优于克氏针。因此, 对于治疗肱骨近端 Neer II、III 骨折, 髓内钉似乎比钢板和克氏针更可靠、更合适。Hao TD 等[29]的研究也表明出髓内钉(MultiLoc 钉)非常适合亚洲人移位的 Neer II、III 肱骨近端骨折。Zhaofeng Jia 等[30]随访了使用 MultiLoc 钉治疗 32 名肱骨近端 Neer IV 型骨折的病人: 平均年龄为 50.7 岁, 平均随访时长为 14.6 个月, 随访结束时, 发现随访的患者骨折均已骨性愈合, 肩关节功能恢复良好。Constant-Murley 评分(70.3 ± 6.1), 并发症发生率为 13.3%。由此可见将髓内钉应用于治疗复杂的 Neer IV 型骨折的临床效果尚可。

Hui Song 等[31]于 2020 年发表了一项回顾性分析, 该分析研究对比了髓内钉与锁定钢板在固定伴有肱骨干的骨折的肱骨近端骨折: 有 40 名患者被纳入研究, 锁定钢板平均随访 35 个月, 髓内钉组平均随访 34 个月结果, 发现髓内钉与锁定钢板之间的 Constant-Murley 评分, ASES, VAS 或上棘和三角肌的相对力量无明显差异。但是髓内钉在术中失血量, 手术时间和手术切口长度均明显优于锁定钢板。Xiaoqing Shi 等[32]一项关于髓内钉和锁定钢板治疗肱骨近端骨折疗效的 meta 分析: 此项分析包括了 2699 名患者,

也显示出使用髓内钉时的术中出血量、手术时间、骨折愈合时间、整体并发症、术后感染等方面均优于锁定钢板治疗。考虑到髓内钉治疗肱骨近端骨折能带来有效的效果,如减少手术创伤,保护骨折端血供,骨折愈合更加快速,减少术后并发症的发生,尤其是术后感染的发生,在精准把握手术适应证后,髓内钉治疗是较好的选择。Xiang-Yi Deng 等[33]的一项髓内钉治疗肱骨近端伴肱骨头内翻移位骨折的前瞻性研究发现在最后一次随访中,患者的肩关节功能恢复良好,VAS 疼痛评分平均 1.4 分,CSS 评分平均 83.1 分,DASH 评分平均 80.8 分,ASES 评分平均 84.0 分,活动度满意。与锁定钢板相比,有着防止复发(肱骨头再内翻移位)和造成较轻的手术创伤等优点,且再次描述髓内钉治疗肱骨近端骨折具有创伤小、手术时间短、术中出血少、术后功能恢复快等优点。

6. 手术并发症与应对措施

随着肱骨近端髓内钉的临床应用逐渐增多,许多弊端也逐一显露。Congia 等[34]随访的使用髓内钉治疗肱骨近端 Neer II、III 骨折的 38 名患者中,有 2 名患者发生螺旋刀片穿透肱骨头的关节面,2 名患者因主钉突出而导致肩峰下撞击,1 名患者的螺钉脱落,其中 5 名患者再次接受手术。作者并且回顾性地研究了 530 名患者,显示出最常见的并发症有:螺钉脱出、肩部肌肉损伤、钉尾突出和失血性坏死。他们认为如果选择正确的适应症和拥有良好的外科技术,大多数并发症是可以避免的。Kloub M 等[35]一项使用髓内钉治疗肱骨近端 Neer IV 型骨折的前瞻性研究中,35 名患者有 20 名出现了并发症,最常见的并发症为固定失败和肱骨的头部缺血性坏死。其中有 6 名肱骨头完全坏死和 3 名部分坏死的患者,5 名大结节吸收的患者,4 名骨折再移位的患者,1 名内翻的患者,1 名感染的患者,有 12 名患者接受二次手术。作者表明在复位和手术操作时减少骨折碎片是得到良好功能和疗效的关键。故我们在术中要尽力减少骨折块和达到解剖复位。Muccioli C 等[36]随访使用髓内钉治疗肱骨近端骨折的 40 名患者,其中有 17 例伴有骨干骨折和 17 例 Neer II 型骨折和 6 例 Neer III 骨折。结果显示有 1 例畸形愈合,6 例内翻;8 例冈上肌腱损伤;8 例肱二头肌腱鞘炎。作者认为这些并发症的产生多与髓内钉主钉的进入点和入路相关,并提出增加术者对髓内钉的学习、严格控制主钉进入点、精密把握主钉钉尾的进针深度,正确的复位技巧等来解决这些问题[37]。

7. 总结与展望

目前肱骨近端髓内钉正在不断地发展,髓内钉种类越来越多,设计也越来越完善。临床上对于不稳定的肱骨近端骨折的手术治疗,髓内钉在治疗 Neer II、III、IV 型骨折和合并肱骨干骨折已经显示出了良好的疗效。髓内钉与锁定钢板相比虽然不能明显改善术后肩关节的一些功能,但是有着许多生物力学优势和减少手术创伤、时间,并发症等优点。运用髓内钉时,一个好的主钉进入点、复位和手术技巧都非常重要。手术者应选择合适的适应证,规范操作,避免因操作不当引起的并发症。虽然髓内钉在临床应用上尚处于起步阶段,且疗效仍需要更多的实践来检验。但我们可以相信髓内钉这种既有生物力学优势、手术创伤小和并发症少的手术会成为未来常规和优先治疗肱骨近端骨折的方法之一。

参考文献

- [1] Bell, J.E., Leung, B.C., Spratt, K.F., *et al.* (2011) Trends and Variation in Incidence, Surgical Treatment, and Repeat Surgery of Proximal Humeral Fractures in the Elderly. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, **93**, 121-131. <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01505>
- [2] 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>
- [3] 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>
- [4] Klug, A., Gramlich, Y., Wincheringer, D., *et al.* (2019) Trends in Surgical Management of Proximal Humeral Fractures in Adults: A Nationwide Study of Records in Germany from 2007 to 2016. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **139**, 1713-1721. <https://doi.org/10.1007/s00402-019-03252-1>
- [5] Li, M., Wang, Y., Zhang, Y., *et al.* (2018) Intramedullary Nail versus Locking Plate for Treatment of Proximal Humeral Fractures: A Meta-Analysis Based on 1384 Individuals. *Journal of International Medical Research*, **46**, 4363-4376. <https://doi.org/10.1177/0300060518781666>
- [6] Dilisio, M.F., Nowinski, R.J., Hatzidakis, A.M., *et al.* (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>
- [7] 范文斌, 崔学良, 石柳, 等. 锁定钢板与髓内钉治疗老年肱骨近端 Neer 二、三部分骨折的疗效比较[J]. 中国修复重建外科杂志, 2022, 36(3): 274-278.
- [8] Boileau, P., Ollonne, T., *et al.* (2019) Displaced Humeral Surgical Neck Fractures: Classification and Results of Third-Generation Percutaneous Intramedullary Nailing. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **28**, 276-287. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.07.010>
- [9] Clavert, P., Hatzidakis, A. and Boileau, P. (2016) Anatomical and Biomechanical Evaluation of an Intramedullary Nail for Fractures of Proximal Humerus Fractures Based on Tuberosity Fixation. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, **32**, 108-112. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.12.005>
- [10] Rothstock, S., Plecko, M., Kloub, M., *et al.* (2012) Biomechanical Evaluation of Two Intramedullary Nailing Techniques with Different Locking Options in a Three-Part Fracture Proximal Humerus Model. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, **27**, 686-691. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2012.03.003>
- [11] 王琳, 陈丹莹, 崔岩, 等. 肩峰下前外侧入路与肌间沟入路治疗肱骨近端骨折的 Meta 分析[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2017, 10(3): 220-223, 235.
- [12] Gerich, T., Mouton, C., Jabbarian, L., *et al.* (2020) The Portal of Neviaser: A Valid Option for Antegrade Nailing of Humerus Fractures. *Journal of Experimental Orthopaedics*, **7**, Article No. 8. <https://doi.org/10.1186/s40634-020-00222-0>
- [13] Tanaka, Y., Gotani, H., Sasaki, K., *et al.* (2019) Evaluation of Intramedullary Nail Fixation via the Neviaser Portal for Proximal Humerus Fracture. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, **10**, 474-479. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2019.02.007>
- [14] Knierim, A.E., Bollinger, A.J., Wirth, M.A., *et al.* (2013) Short, Locked Humeral Nailing via Neviaser Portal: An Anatomic Study. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **27**, 63-67. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e31825194ad>
- [15] 朱春晖, 梁文卫, 吴昊, 等. Multiloc 肱骨髓内钉系统与肱骨近端锁定内固定系统治疗成人肱骨近端骨折的疗效比较[J]. 中华创伤骨科杂志, 2021, 23(11): 931-936.
- [16] 左思力, 赵东晓, 何映山, 等. Multiloc 髓内钉治疗三部分肱骨近端骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29(6): 567-569.
- [17] Johnston, P.S., Hatzidakis, A.M., Tagouri, Y.M., *et al.* (2020) Anatomic Evaluation of Radiographic Landmarks for Accurate Straight Antegrade Intramedullary Nail Placement in the Humerus. *JSES International*, **4**, 745-752. <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2020.06.004>
- [18] Euler, S.A., Hengg, C., Boos, M., *et al.* (2017) Computed Tomography-Based Prediction of the Straight Antegrade Humeral Nail's Entry Point and Exposure of "Critical Types": Truth or Fiction? *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **26**, 902-908. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2016.10.021>
- [19] Schwarz, A.M., Hohenberger, G.M., Euler, S., *et al.* (2018) Straight Proximal Humeral Nailing: Risk of Iatrogenic Tendon Injuries with Respect to Different Entry Points in Anatomical Specimens. *Injury*, **49**, 1750-1757. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.07.007>
- [20] Sears, B.W., Hatzidakis, A.M. and Johnston, P.S. (2020) Intramedullary Fixation for Proximal Humeral Fractures. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **28**, e374-e383. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-18-00360>
- [21] Hertel, R. (2005) Fractures of the Proximal Humerus in Osteoporotic Bone. *Osteoporosis International*, **16**, S65-S72. <https://doi.org/10.1007/s00198-004-1714-2>
- [22] Noda, M., Saegusa, Y. and Maeda, T. (2011) Does the Location of the Entry Point Affect the Reduction of Proximal Humeral Fractures? A Cadaveric Study. *Injury*, **42**, S35-S38. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(11\)70010-9](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(11)70010-9)
- [23] Euler, S.A., Petri, M., Venderley, M.B., *et al.* (2017) Biomechanical Evaluation of Straight Antegrade Nailing in Proximal Humeral Fractures: The Rationale of the "Proximal Anchoring Point". *International Orthopaedics*, **41**,

- 1715-1721. <https://doi.org/10.1007/s00264-017-3498-y>
- [24] 张军, 武永刚, 余磊, 等. TriGen 髓内钉与锁定钢板固定肱骨近端骨折比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29(12): 1077-1081.
- [25] 梁永辉, 李永军, 顾锋, 等. 锁定钢板结合微创钢板接骨技术和髓内钉固定治疗老年肱骨近端骨折的疗效比较[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2020, 19(7): 499-503.
- [26] 丁晨, 王光超. Philos 钢板与 TRIGEN 交锁髓内钉内固定治疗 Neer 二部分、三部分肱骨近端骨折的疗效分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2021, 36(11): 1152-1155.
- [27] 王庆伟, 王华松, 黄继锋, 等. 髓内钉与半肩置换治疗内翻型肱骨近端骨折: 回顾性非随机小样本优势分析[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(36): 5782-5786.
- [28] Setaro, N., Rotini, M., Luciani, P., *et al.* (2022) Surgical Management of 2- or 3-Part Proximal Humeral Fractures: Comparison of Plate, Nail and K-Wires. *Musculoskeletal Surgery*, **106**, 163-167. <https://doi.org/10.1007/s12306-020-00686-4>
- [29] Hao, T.D. and Huat, A.W.T. (2017) Surgical Technique and Early Outcomes of Intramedullary Nailing of Displaced Proximal Humeral Fractures in an Asian Population Using a Contemporary Straight Nail Design. *Journal of Orthopaedic Surgery (Hong Kong)*, **25**, 1-9. <https://doi.org/10.1177/2309499017713934>
- [30] Jia, Z., Li, C., Lin, J., *et al.* (2020) Clinical Effect of Using MultiLoc[®] Nails to Treat Four-Part Proximal Humeral Fractures. *Journal of International Medical Research*, **48**, 1-11. <https://doi.org/10.1177/0300060520979212>
- [31] Song, H., He, T., Guo, H.Y., *et al.* (2020) Locking Plates versus Locking Intramedullary Nails Fixation of Proximal Humeral Fractures Involving the Humeral Shaft: A Retrospective Cohort Study. *Medical Science Monitor*, **26**, e922598. <https://doi.org/10.12659/MSM.922598>
- [32] 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>
- [33] Deng, X.Y., Fan, Z.Y., Yu, B.F., *et al.* (2020) Use of a Locking Intramedullary Nail for the Treatment of Initial Varus Proximal Humeral Fracture: A Prospective Pilot Study. *Journal of International Medical Research*, **48**, 1-10. <https://doi.org/10.1177/0300060520935286>
- [34] Congia, S., Palmas, A., Marongiu, G., *et al.* (2020) Is Antegrade Nailing a Proper Option in 2- and 3-Part Proximal Humeral Fractures? *Musculoskeletal Surgery*, **104**, 179-185. <https://doi.org/10.1007/s12306-019-00610-5>
- [35] Kloub, M., Holub, K., Urban, J., *et al.* (2019) Intramedullary Nailing of Displaced Four-Part Fractures of the Proximal Humerus. *Injury*, **50**, 1978-1985. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.06.029>
- [36] Muccioli, C., Chelli, M., Caudal, A., *et al.* (2020) Rotator Cuff Integrity and Shoulder Function after Intra-Medullary Humerus Nailing. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **106**, 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2019.11.004>
- [37] 鲍飞龙, 姬广伟, 亢世杰, 等. MultiLoc 髓内钉技术在肱骨近端骨折中的应用和体会[J]. 中华肩肘外科电子杂志, 2021, 9(1): 42-47.