

# 股骨颈基底部骨折髓内固定治疗研究进展

覃 祺<sup>1</sup>, 刘宇哲<sup>1</sup>, 阿里木江·玉素甫<sup>1</sup>, 崔 莎<sup>2</sup>, 冉 建<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>新疆医科大学第六附属医院创伤骨科一科, 新疆 乌鲁木齐

<sup>2</sup>石柱县人民医院内科, 重庆

收稿日期: 2023年7月17日; 录用日期: 2023年8月8日; 发布日期: 2023年8月17日

## 摘 要

股骨颈基底部骨折在临床中相对罕见且易误诊, 目前该类骨折的定义虽有争论但逐渐趋于一致, 这使其诊断和治疗的讨论有了共同基础。股骨颈基底解剖位置及生物力学特殊, 该部位骨折具有股骨颈骨折的旋转不稳定与转子间骨折的内翻不稳定双重特点, 从而导致治疗困难。目前关于股骨颈基底部骨折内固定的选择仍未达统一, 虽然有学者质疑髓内钉固定在治疗股骨颈基底部骨折的作用, 但近年来髓内钉固定已经取得了良好的治疗效果。本文对近年股骨颈基底部骨折的髓内固定治疗的研究进展进行综述。

## 关键词

股骨颈骨折, 股骨颈基底部骨折, 髓内钉, 疗效, 综述

# Research Progress of Intramedullary Fixation for Basal Femoral Neck Fractures

Qi Qin<sup>1</sup>, Yuzhe Liu<sup>1</sup>, Alimujiang·Yusufu<sup>1</sup>, Sha Cui<sup>2</sup>, Jian Ran<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Orthopedic Trauma, The Sixth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

<sup>2</sup>Department of Internal Medicine, Shizhu People's Hospital, Chongqing

Received: Jul. 17<sup>th</sup>, 2023; accepted: Aug. 8<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 17<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Femoral neck base fracture is relatively rare and easy to be misdiagnosed in the clinic. Although there are debates on the definition of this kind of fracture, it is gradually converging, which makes the discussion of diagnosis and treatment have a common basis. The basal anatomic location and biomechanics of the femoral neck are special, and the fracture in this part is characterized by both

\*通讯作者。

文章引用: 覃祺, 刘宇哲, 阿里木江·玉素甫, 崔莎, 冉建. 股骨颈基底部骨折髓内固定治疗研究进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(8): 13031-13037. DOI: 10.12677/acm.2023.1381825

rotational instability of the femoral neck fracture and varus instability of the intertrochanteric fracture, which makes treatment difficult. At present, the selection of internal fixation for femoral neck base fracture is still not unified. Although some scholars have questioned the effect of intramedullary nail fixation in the treatment of femoral neck base fracture, intramedullary nail fixation has achieved good therapeutic effect in recent years. This article reviews the recent research progress of intramedullary fixation in the treatment of femoral neck base fracture.

## Keywords

Femoral Neck Fracture, Fracture of the Base of the Femoral Neck, Intramedullary Nail, Efficacy, Review

Copyright © 2023 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

髋部骨折是引起老年人健康问题的重要诱因，在临床上被认为是“人生中最后一次骨折”，其中股骨颈骨折约占髋部骨折的 50%，是骨科常见的骨折类型之一，其发生率随着年龄和交通事故的增加而上升[1]。其中股骨颈基底部骨折相对罕见，仅占所有股骨颈骨折分类的 1.8%~7.6% [2]。

股骨颈基底部骨折也被叫做股骨近端基底部骨折(Basicervical 骨折)，多见于高能量损伤的年轻患者和低能量损伤的骨质疏松的老年患者。由于该类型的骨折部位特殊、生物力学分布复杂，且较其他类型罕见易漏诊误诊，造成内固定装置失效率高、治疗效果差的结局，可能会直接影响患者的生存质量，引起致残率和致死率的上升，所以此类型骨折正越来越受到临床工作者的重视[3]。但目前股骨颈基底部骨折的定义及手术方式均存在争议，本文通过回顾国内外文献，对股骨颈基底部骨折髓内固定治疗进行综述。

## 2. 股骨颈基底部骨折定义及诊断

股骨颈基底部骨折是一类骨折线沿股骨颈基底部延伸的特殊类型骨折。由于骨折线位置特殊，从不同的观察角度可得到有差异的结论，导致众多学者对其定义出现差别：从前向后观察骨折线位于关节囊内，而从后向前看则属于关节囊外骨折。Dekhne 等[4]把股骨颈基底部骨折定义为是一种骨折线位于股骨近端大小转子连线内侧的骨折；Chen 等[5]则将其描述为骨折线位于股骨近端大小转子连线周围的骨折；Guo 等[6]则认为它是一类骨折线位于股骨颈与股骨近端大小转子间交界部位的特殊骨折，且为囊外骨折。股骨颈基底部骨折的定义在近年来逐渐产生了共识，主要强调的是骨折线位于股骨颈基底部，大小转子连线的内侧，且不累及大、小转子。但即便有了相对统一的共识，但在临床诊断上仍然会避免不了出现部分误差，例如在患侧髋关节或股骨近端的正位 X 线片中，常出现骨折线位于转子间区被遮挡隐藏，使得骨折线发生显示不清甚至未显现的情况，导致漏诊误诊。Khurana 等[7]的研究提示内旋牵引状态侧位 X 片可提高对股骨颈基底部骨折诊断的有效性，但部分患者因疼痛不能配合，此时则应完善 CT 扫描 + 三维重建明确诊断。

## 3. 股骨颈基底部骨折髓内固定进展

2007 年 AO 学会认为治疗股骨颈基底部骨折的金标准是在 DHS 的标准上再加一枚防旋螺钉，但我们

通过分析股骨颈基底部的骨质结构及骨折线位置,发现该类骨折与股骨转子间骨折相似。首先,从骨质结构上看,近端皮质骨密度高结构坚硬,且股骨近端颈部较细小,远侧转子间部位松质骨密度低结构松软,且转子间部位较粗大,即骨折线两端主要骨质成分、密度高低、软硬程度及直径大小均不对称,导致骨折断端极不稳定。其次,从不同的位置观察可见部分骨折线延伸至关节囊外,由于无韧带及肌肉包覆,抵抗旋转及移位能力有限,造成骨折不稳定情况。最后,通过观察骨折线位置及角度,可见骨折线沿转子间线分布,与两髁棘连线的夹角较大,属于不稳定型骨折。由此可见,股骨颈基部骨折的各个不稳定因素相互叠加,由于这种不稳定性特点,在治疗时对骨折良好的复位及内固定稳固的要求较高,所以手术方案和典型股骨颈骨折有所差异,与股骨转子间骨折髓内固定治疗方案类似[8]。但 Watson 等人[9]在 2016 年发表的文章中认为在治疗严格定义的股骨颈基部骨折时,髓内钉固定可能是不可靠的,该研究在众多髋部骨折病例中发现了 11 例股骨颈基部骨折,该 11 例患者均行髓内固定治疗,但结果内固定失败率过半,出现 6 例内固定失效病例,而且失败病例在术中均获得了解剖复位或接近解剖复位,此结论再次引起关于髓内固定是否能有效应用于股骨颈基部骨折的讨论。但后续通过分析 Watson 的研究发现内固定装置的头髓钉植入位置偏高,未锁定远端锁定钉,导致植入的整个内固定装置稳定性下降,可能这是导致髓内固定失效的原因,从而引起研究结果出现偏差。

近年来,随着髓内钉的更新迭代,用于治疗 and 研究的髓内固定装置层出不穷,加上有限元研究证明髓内固定具有明显生物力学优势,说明髓内固定是治疗股骨颈基部骨折有效可行的方法[10],髓内固定在股骨颈基部骨折在临床的应用越来越多。

### 3.1. Gamma 钉

Gamma 钉由髓内主钉、近端防旋钉帽、近端拉力螺钉以及远端锁定螺钉所组成,具有力臂短、抗弯应力强等优点,可防止髓内翻的发生和抗旋转作用[11]。20 世纪 80 年代法国学者 Grosse 率先应用 Gamma 钉来治疗股骨转子间骨折,并取得了满意的临床疗效,目前已发展至第 3 代(Gamma-3),与之前的 Gamma 钉相比, Gamma-3 钉手术时间短,术中出血量较少,在围术期更为安全。Gamma 钉在治疗股骨颈基部骨折的应用中同样表现良好, Kweon 等[12]使用 Gamma-3 治疗 15 例老年股骨颈基部骨折,在术后改良 Harris 髋关节和 WOMAC 评分均有所改善,在为期 2 年的随访后,所有患者均未发生螺钉穿孔股骨头、拉力螺钉过度滑动、内翻畸形、侧壁骨折或股骨头缺血性坏死等并发症,且所有患者均能独立或依靠助步器行走,骨折愈合和临床结果良好。但 Gamma 钉的抗扭转能力较 PFNA 及 Inter Tan 差,抗扭转能力很大程度上影响内固定的成败。Gamma 3 U-Blade 螺钉可以控制拉力螺钉扭转、旋转和迁移,更够更好地抵抗拉力螺钉的偏移。Yoo 等[13]使用 Gamma 3 U-Blade 螺钉治疗的 68 例髋部骨折中仅出现 1 例内固定失效,其中 9 例股骨颈基部骨折在愈合时间、颈干角变化、内固定有效性及行走能力恢复上均取得良好效果。Yoo 将基部骨折视为不稳定型骨折,在该研究的内固定失败组中,62.5% (5/8)是股骨颈基部骨折,表明股骨颈基部骨折移位水平决定着内固定成败。

### 3.2. 股骨近端防旋髓内钉(PFNA)

PFNA 是目前临床上治疗股骨近端骨折的常用方案,该装置在顶端设计有 6°的外翻角,可更好的与股骨近端解剖结构相匹配,让主钉插入操作变得更为简单、准确及不容易断钉,且对髓腔内血运破坏性更小。在装置更新替换上,该装置使用空心螺旋刀片代替传统螺钉,这更有利于加压骨折断端,同时增加骨折接触面,使其拥有更好的抗旋转能力,保证骨折稳定性,减小内固定失效的可能。近年来,诸多研究均表明闭合复位和 PFNA 固定装置可以有效治疗股骨近端基部骨折,并可提供极高的稳定性,可用于股骨近端基部骨折的治疗中[14] [15] [16]。Guo 等[5]回顾性分析了 14 例接受 PFNA 治疗的股骨颈

基底部骨折患者的临床资料,提示 PFNA 对减少股骨颈缩短、螺钉突出等并发症有较好的效果,骨不连等并发症发生率低,术后 TAD 及髋关节 Harris 评分均满意。高煜青[17]研究发现,PFNA 固定术更有利于患者的髋关节功能恢复,且更适合骨质疏松患者。

### 3.3. 股骨近端防旋髓内钉-II (PFNA-II)

随着内固定装置不断更新改善,PFNA-II 正渐应用于治疗股骨颈基底部骨折。通过分析 PFNA-II 的设计特点,可发现该装置髓内钉的中外侧角减小到  $5^\circ$ ,这使得髓内钉植入口的定位点上可以通过大转子顶端的更外侧。此外,与 PFNA 相比,PFNA-II 还降低了主钉植入过程中再次骨折的风险,因为它提供了一个更平坦的外侧面,减少了对外侧皮质撞击长度。而且,PFNA-II 的螺旋刀片装置增加了对股骨头颈部的稳定性,可以提供更大的轴向负荷力,其螺钉锁定装置也有效防止了近端骨折碎片的旋转或压缩。通过生物力学研究,Kwak 等人[18]利用有限元分析了三种不同的髓内钉固定不稳定型颈基底部骨折的效果,发现 PFNA-II 具有出色的抗旋能力、结构稳定性和最大的载荷能力,能够更好的降低近端骨折旋转不稳定性。其次,PFNA-II 拥有较低的穿孔(切出)率,并且在骨质疏松骨病例中也能达到较为稳定的固定,这得益于改良的螺钉刀片和股骨颈处部件的滑动性能的提高,降低了内固定断裂失效及再次骨折的风险。PFNA-II 的操作复位更加简便,只需要较小的术中显露,同时也降低对软组织损伤,有效降低了感染和大量失血的风险。通过上述 PFNA-II 的优良性能,PFNA-II 装置是可在治疗颈基底部骨折中取得良好效果的。2020 年 Wang [19]回顾了 52 名采用 PFNA-II 治疗的股骨近端基底部骨折的患者,通过为期 6 月的观察随访,所有患者骨折均已愈合,无内固定移位病例,也未观察到内固定螺旋刀片切出,取得了良好的预后效果。

### 3.4. 股骨近端联合拉力交锁髓内钉(Inter Tan)

Inter Tan 是由 Smith-Nephew 公司设计的双钉髓内钉系统,该装置由主钉、联合交锁组合钉、远端锁定钉及尾帽四部分组成。主钉设计为  $4^\circ$  的外翻角,近端横截面为梯形设计,可增强其外侧壁抗张力的性能,远端采用发卡样开槽设计,可分散主钉远端周围股骨干所受的应力,减少对股骨近端外侧壁的损伤,降低置钉后股骨干骨折的风险[20]。Inter Tan 在稳定性及抗扭转性方面十分突出,其最大特点是股骨头内有两枚头髓钉,并且可以相互锁定,不仅能够有效避免发生“Z”字旋转效应,有效把持住股骨的头颈部,增强防旋稳定性,减少切出的几率,而且其独创联合交锁钉组合能更好的防止螺钉切出,在拧入加压钉时可产生显著的加压效果[21]。此外,Inter Tan 髓内钉长度适中,与我国人口股骨近端的解剖学匹配性更佳[22]。Knobe 等[23]曾用人尸体骨标本进行相关生物力学实验证明,Inter Tan 髓内钉可承受很高的循环负荷和人体 3.5 倍的重量,此特点符合人体生物力学特点,可满足大多数患者的日常生活需求。曾展鹏等[24]通过对比 Inter Tan 及 PFNA 两种内固定装置治疗股骨颈基底部骨折的疗效,通过随访得出结论:髓内钉在股骨颈基底部骨折的治疗中,Inter Tan 及 PFNA 这两种髓内钉均可取得良好效果。该研究 Inter Tan 组中 19 例患者全部顺利愈合,未出现内固定失效及因内固定不稳定导致的髓内翻的情况,这是因为 Inter Tan 可提供强大的轴线加压,保证了坚强的内固定,为患者早期负重提供保障,所以降低了术后头颈内翻塌陷和短缩等并发症的风险。

## 4. 总结

在治疗股骨颈基底部骨折方面,虽然使用髓内固定装置在总体治疗效果上能够取得较为理想的结果,但临床上应用的髓内固定装置众多,各款内固定装置在围术期及恢复期的各项具体指标上也各有利弊。在使用 Gamma 钉内固定时,为了得到更好的显露,导致术中暴露范围大、术中出血量多,导致术后恢复

时间较长,不利于患者髋关节的功能恢复。而且 Gamma-3 钉为了更加顺利的植入主钉,植入时需充分扩髓,否则会导致螺钉置入困难和股骨干骨折,因此在进行扩髓时造成骨量的丢失,在老年患者中固定效果差,抗旋转能力有限,并不适用于骨质疏松患者[25]。PFNA 在临床上应用广泛,该装置采用的防旋转螺钉可有效控制旋转,但它更容易发生与外侧皮质的撞击,引起再次骨折的风险[26]。PFBN- II 在设计上虽然降低了对外侧皮质的撞击长度,减少了插入过程中再次骨折的风险,但如果术中将无法固定的碎骨块取出较多,则继发性骨折风险就会上升,也很难达到股骨颈骨折的复位标准,若置钉过程中因不顺而暴力插入主钉,也可能会导致复位好的骨折断端移位,所以,该项内固定装置在临床实践中的应用一直存在争议[27] [28]。相比于 Gamma 钉、PFNA 来看,Inter Tan 的操作更为复杂,这意味着手术时间延长,造成术中出血量更多,软组织损伤更严重,对围术期患者的恢复造成一定影响。

## 5. 展望

Frederick Oldfield Ward 认为股骨近端压力骨小梁和张力骨小梁在股骨颈交叉中心区形成一个明显的三角区(Trigonum),即“Ward 三角理论”。事实上,在股骨近端存在着无数个这样的三角区,除了数个“宏观三角”外,还有数量庞大的“微观三角”,即“张氏 N 三角理论”[29]。股骨近端仿生髓内钉(PFBN)正是基于“张氏 N 三角理论”而研发设计出的新一代股骨近端髓内固定装置。PFBN 由 1 枚髓内钉、2 枚头髓钉和 2 枚远端锁钉组成,此装置的最大特点是将平行植入的螺钉改为与固定螺钉相交叉的横向支撑螺钉,让它和固定螺钉在股骨近端形成三维空间交叉,成为三角形悬臂梁稳定结构,次三角形稳定结构将涵盖范围扩展至股骨近端边界,将股骨近端所有三角结构均包含其中,不仅明显提高了内固定强度,而且更大的发挥其抗旋效果。与传统其他的股骨近端髓内钉相比,PFBN 有效解决了骨折后张力缺失的问题,使横向支撑螺钉与固定螺钉和髓内钉主钉通过钉孔和螺纹结构牢固地结合在一起,形成稳定的三角支撑结构,在抗旋、抗压、抗张等方面均发挥最大优势[30]。目前 PFBN 在治疗股骨转子间骨折已经取得一定进展,研究表明该装置可提供更可靠的早期稳定性,术后下地完全负重时间更早,是股骨近端骨折的理想内固定装置[31] [32] [33]。同时,PFBN 的出现也为股骨颈基底部骨折的治疗提出新的治疗方案,但由于该装置设计成形时间较短,在临床上的应用也有限,导致目前使用 PFBN 治疗股骨颈基底部骨折的相关报道有限,所以,PFBN 用于治疗股骨颈基底部骨折的具体疗效还需要进一步研究观察。

## 6. 结论

随着对股骨颈基底部骨折的定义及诊断标准的统一,加上髓内固定装置的不断改良更新,大量的模型实验与临床研究表明,髓内固定治疗股骨颈基底部骨折可取得满意的临床效果,且更适用于老年骨质疏松患者。虽然目前在内固定选择上尚未共识,但使用髓内固定治疗股骨颈基底部骨折,必须选用抗旋转能力较强的头髓钉类型,必须把头髓钉置入最理想、最牢靠的位置,必须完成静态锁定[2]。

临床工作者在治疗股骨颈基底部骨折患者的过程中,应明确诊断,且根据患者不同的情况,如年龄、骨质疏松、既往病史、既往生活状态及预后期望值等,使用个体化治疗原则,依据实际情况选择最恰当的手术方案和内固定装置,既要保障患者利益,又要尽量取得良好的治疗效果。

## 参考文献

- [1] Xu, J.L., Liang, Z.R., Xiong, B.L., *et al.* (2019) Risk Factors Associated with Osteonecrosis of Femoral Head after Internal Fixation of Femoral Neck Fracture: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20, Article No. 632. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2990-5>
- [2] 林健, 王建东, 王秋根. 股骨颈基底部骨折诊断与治疗研究进展[J]. 国际骨科学杂志, 2022, 43(1): 4-7.
- [3] Lee, Y.K., Yoon, B.H., Hwang, J.S., *et al.* (2018) Risk Factors of Fixation Failure in Basicervical Femoral Neck Frac-

- ture: Which Device Is Optimal for Fixation? *Injury*, **49**, 691-696. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.02.009>
- [4] Dekhne, M.S., Thomas, H.M., Haider, T., *et al.* (2021) Treatment and Outcomes of Basicervical Femoral Neck Fractures: A Systematic Review. *Journal of Orthopaedic Surgery*, **29**. <https://doi.org/10.1177/23094990211003344>
- [5] Chen, C.Y., Chiu, F.Y., Chen, C.M., *et al.* (2008) Surgical Treatment of Basicervical Fractures of Femur—A Prospective Evaluation of 269 Patients. *The Journal of Trauma*, **64**, 427-429. <https://doi.org/10.1097/01.ta.0000239255.47280.6f>
- [6] Guo, J., Dong, W., Jin, L., *et al.* (2019) Treatment of Basicervical Femoral Neck Fractures with Proximal Femoral Nail Antirotation. *Journal of International Medical Research*, **47**, 4333-4343. <https://doi.org/10.1177/0300060519862957>
- [7] Khurana, B., Mandell, J.C., Rocha, T.C., *et al.* (2018) Internal Rotation Traction Radiograph Improves Proximal Femoral Fracture Classification Accuracy and Agreement. *AJR American Journal of Roentgenology*, **211**, 409-415. <https://doi.org/10.2214/AJR.17.19258>
- [8] Chapman, T., Zmistowski, B., Krieg, J., *et al.* (2018) Helical Blade versus Screw Fixation in the Treatment of Hip Fractures with Cephalomedullary Devices: Incidence of Failure and Atypical “Medial Cutout”. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **32**, 397-402. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001193>
- [9] Watson, S.T., Schaller, T.M., Stephanie, L.T., *et al.* (2016) Outcomes of Low-Energy Basicervical Proximal Femoral Fractures Treated with Cephalomedullary Fixation. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, **98**, 1097-1102. <https://doi.org/10.2106/JBJS.15.01093>
- [10] Imren, Y., Gurkan, V., Bilsel, K., *et al.* (2015) Biomechanical Comparison of Dynamic Hip Screw, Proximal Femoral Nail, Cannulated Screw, and Monoaxial External Fixation in the Treatment of Basicervical Femoral Neck Fractures. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca*, **82**, 140-144. <https://doi.org/10.55095/achot2015/020>
- [11] 吕红伟, 李树锋, 陈猛, 等. Gamma 钉治疗股骨粗隆间骨折[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2008, 5(2): 1.
- [12] Kweon, S.H., Lee, S.H., Kook, S.H., *et al.* (2017) Outcomes of Cephalomedullary Nailing in Basicervical Fracture. *Hip & Pelvis*, **29**, 270-276. <https://doi.org/10.5371/hp.2017.29.4.270>
- [13] Yoo, J., Kim, S., Choi, J., *et al.* (2019) Gamma 3 U-Blade Lag Screws in Patients with Trochanteric Femur Fractures: Are Rotation Control Lag Screws Better than Others? *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **14**, Article No. 440. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1427-z>
- [14] Wang, W.Y., Liu, L., Wang, G.L., *et al.* (2010) Ipsilateral Basicervical Femoral Neck and Shaft Fractures Treated with Long Proximal Femoral Nail Antirotation or Various Plate Combinations: Comparative Study. *Journal of Orthopaedic Science*, **15**, 323-330. <https://doi.org/10.1007/s00776-010-1468-y>
- [15] Hu, S.J., Yu, G.R. and Zhang, S.M. (2013) Surgical Treatment of Basicervical Intertrochanteric Fractures of the Proximal Femur with Cephalomedullary Hip Nails. *Orthopaedic Surgery*, **5**, 124-129. <https://doi.org/10.1111/os.12038>
- [16] Tasyikan, L., Ugutmen, E., Sanel, S., *et al.* (2015) Short-Term Results of Surgical Treatment with Cephalomedullary Nails for Basicervical Proximal Femoral Fractures. *Acta Orthopaedica Belgica*, **81**, 427-434.
- [17] 高煜青. 不同固定方式对股骨颈基底部骨折的影响[J]. 中外医学研究, 2022, 20(13): 112-115. <https://doi.org/10.14033/j.cnki.cfmr.2022.13.030>
- [18] Kwak, D.K., Kim, W.H., Lee, S.J., *et al.* (2018) Biomechanical Comparison of Three Different Intramedullary Nails for Fixation of Unstable Basicervical Intertrochanteric Fractures of the Proximal Femur: Experimental Studies. *BioMed Research International*, **2018**, Article ID: 7618079. <https://doi.org/10.1155/2018/7618079>
- [19] Wang, Q., Gu, X.H., Li, X., *et al.* (2019) Management of Low-Energy Basicervical Proximal Femoral Fractures by Proximal Femoral Nail Anti-Rotation. *Orthopaedic Surgery*, **11**, 1173-1179. <https://doi.org/10.1111/os.12579>
- [20] 张力鹏. InterTan 髓内钉治疗老年骨质疏松患者股骨转子间骨折的临床研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 第四军医大学, 2016.
- [21] 张兴胜, 桑庆华, 张晓光, 等. 内侧皮质支撑在 InterTan 内固定治疗股骨转子间骨折中的应用研究[J]. 实用骨科杂志, 2023, 29(6): 487-490+508. <https://doi.org/10.13795/j.cnki.sgkz.2023.06.002>
- [22] 冯卫, 余斌, 郝廷, 等. 三种股骨近端髓内固定系统与国人股骨近端的形态学匹配性研究[J]. 中华创伤骨科杂志, 2011, 13(11): 1029-1033.
- [23] Knoke, M., Gradl, G., Buecking, B., *et al.* (2015) Locked Minimally Invasive Plating versus Fourth Generation Nailing in the Treatment of AO/OTA 31A2.2 Fractures: A Biomechanical Comparison of PCCP® and Intertan Nail®. *Injury*, **46**, 1475-1482. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.05.011>
- [24] 曾展鹏, 黄学员, 黄枫, 等. Intertan 与 PFNA 髓内钉治疗老年股骨颈基底部骨折的比较分析[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2015, 23(4): 45-46.

- 
- [25] 房康, 朱晓光, 吴蔚, 等. 不同内固定方式治疗老年股骨转子间骨折疗效比较[J]. 临床军医杂志, 2019, 47(7): 661-664.
- [26] Karapinar, L., Kumbaraci, M., Kaya, A., *et al.* (2012) Proximal Femoral Nail Anti-Rotation (PFNA) to Treat Peritrochanteric Fractures in Elderly Patients. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, **22**, 237-243. <https://doi.org/10.1007/s00590-011-0810-1>
- [27] 刘涛, 牛国旗, 王志焘, 等. PFNA 与 InterTan 髓内钉治疗老年股骨粗隆间骨折的疗效比较[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2020, 41(5): 573-576.
- [28] 李祖涛, 周文正, 缪晓刚, 等. InterTan、PFNA、Gamma 3 型髓内钉内固定治疗老年不稳定股骨粗隆间骨折的疗效比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018, 33(10): 1017-1020.
- [29] 张英泽, 王海程, 陈伟, 等. 三角支撑固定: 股骨转子间骨折手术的革新[J]. 中华创伤骨科杂志, 2021, 23(6): 461-466.
- [30] 朱燕宾, 陈伟, 叶丹丹, 等. 股骨近端 N 三角理论及股骨近端仿生髓内钉(PFNB)的设计理念[J]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2021, 7(5): 257-259.
- [31] Zhao, H., Deng, X., Liu, W., *et al.* (2023) Proximal Femoral Bionic Nail (PFBN)—An Innovative Surgical Method for Unstable Femoral Intertrochanteric Fractures. *International Orthopaedics*, **47**, 1089-1099. <https://doi.org/10.1007/s00264-023-05696-y>
- [32] 林栋, 陈长青, 王升, 等. 股骨近端仿生髓内钉与股骨近端防旋髓内钉固定治疗老年股骨转子间骨折的早期疗效比较[J]. 中华创伤杂志, 2022, 38(11): 1027-1035. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn501098-20220711-00487>
- [33] 李祖涛, 殷剑, 肖伟, 等. 股骨近端仿生髓内钉与股骨近端防旋髓内钉固定治疗老年股骨转子间骨折的近期疗效比较. 中华创伤骨科杂志, 2022, 24(6): 528-532. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn115530-20211017-00448>