

股骨颈动力交叉钉系统治疗股骨颈骨折的研究进展

曹政, 郜叶标, 陆洪军*

佳木斯大学附属第一医院关节外科, 黑龙江 佳木斯

收稿日期: 2026年3月15日; 录用日期: 2026年4月9日; 发布日期: 2026年4月16日

摘要

随着人口老龄化的加重, 成年人的股骨颈骨折的发生率也在逐年升高, 股骨颈骨折也被称为“人生最后一次骨折”, 给患者自身以及家庭带来极大的负担。对于这类患者需要尽早行手术治疗, 避免患者因长期卧床带来的一系列并发症。对于保髋治疗来讲, 手术方式分为空心加压螺钉(CCS)以及最新研发的股骨颈动力交叉钉系统(FNS)等。本文将针对股骨颈动力交叉钉系统的优缺点等方面展开讨论, 探讨最新股骨颈骨折内固定方式的研究进展。

关键词

股骨颈骨折, 股骨颈动力交叉钉系统, 空心加压螺钉, 动力髋螺钉, 内侧支撑钢板

Research Progress on Femoral Neck Dynamic Cross Screw System for the Treatment of Femoral Neck Fractures

Zheng Cao, Yebiao Gao, Hongjun Lu*

Department of Joint Surgery, The First Affiliated Hospital of Jiamusi University, Jiamusi Heilongjiang

Received: March 15, 2026; accepted: April 9, 2026; published: April 16, 2026

Abstract

With the intensification of population aging, the incidence of femoral neck fractures in adults is increasing year by year. Femoral neck fractures are also known as “the last fracture in a lifetime”,

*通讯作者。

文章引用: 曹政, 郜叶标, 陆洪军. 股骨颈动力交叉钉系统治疗股骨颈骨折的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 3434-3439. DOI: 10.12677/acm.2026.1641606

which impose a huge burden on patients and their families. Surgical treatment should be performed as soon as possible for such patients to avoid a series of complications caused by long-term bed rest. For hip-preserving therapy, surgical methods include cannulated compression screws (CCS) and the newly developed femoral neck dynamic cross screw system (FNS), among others. This paper discusses the advantages and disadvantages of the femoral neck dynamic cross screw system and reviews the research progress of the latest internal fixation methods for femoral neck fractures.

Keywords

Femoral Neck Fracture, Femoral Neck Dynamic Cross Screw System, Cannulated Compression Screw, Dynamic Hip Screw, Medial Buttress Plate

Copyright © 2026 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

临床上股骨颈骨折是骨科多发伤，呈现高发态势，致残率突出[1]，临床处理较为棘手，由于人口结构老龄化态势加剧，骨质疏松相关股骨颈骨折的发生率不断上升[2]，青壮年因高能量暴力作用发生股骨颈骨折的例数增加[3]，青壮年患者多见高剪切力相关的不稳定骨折，Pauwels III型即属此类，传统内固定术后常并发骨不连或股骨头缺血性坏死[4]。

内固定手段随医学进步不断演变，由多枚平行空心加压螺钉，力求实现力学稳定与生物相容性的统一，CCS对抗旋转力的表现欠佳，DHS的操作创伤性较强，还存在干扰股骨头血供的可能[5]，2017年前后，一体化股骨颈固定装置——FNS开始进入临床实践阶段，设计上采用滑动加压与角度稳定固定相结合的方式，为改善股骨颈骨折固定效果而设计[6]，本研究整合性探讨了FNS的设计机制、生物力学参数、临床使用现状与未来研究路径。

2. FNS的设计原理与生物力学特性

2.1. 器械构成与固定机制

FNS采用集成化设计的固定系统，由四个核心部件组成：沿股骨颈中轴线置入的主螺栓，通过防旋螺钉交叉锁定实现抗旋，配合外侧皮质固定的钢板，以及用于将侧方钢板固定在股骨干上的锁定螺钉[7]，系统创新性表现在动态滑移加压模块与刚性角度稳定单元的融合，轴向负重时主螺栓能引导骨折端实现生理性滑动加压，核心螺栓联合防旋螺钉形成的交叉锚定体系，以及螺钉钢板联合构成的角稳定架构，联合抵御剪切及旋转应力，可有效应对不稳定骨折[8]。

2.2. 生物力学优势的实证研究

有限元分析成为FNS力学性能研究的关键手段，通过有限元计算对比Pauwels II型骨折各内固定方案的力学参数[9]，FNS主钉的植入部位选定为股骨颈下三分之一，在上1/3平行安装辅助空心螺钉，股骨与内固定材料的应力顶点及形变程度最轻微，体现应力分散性最优，可减少内固定物断裂的潜在风险。有研究通过生物力学测试对比了FNS和Hansson Pins在新鲜冷冻人骨中的固定效果[10]，在反复加载测试阶段，FNS组展现出更高的抗剪切及抗扭转刚度水平，破坏强度明显占优，多项研究结果一致表明，

从生物力学角度看，FNS 交叉钉设计优于平行钉配置，有利于维持骨折愈合所需的力学稳态。

3. 手术关键技术

3.1. 标准操作要点与学习曲线

FNS 标准程序要求患者采用牵引床仰卧姿势，基于 C 型臂 X 线实时显像执行闭合或小切口复位，其关键工艺涉及中心导针的精准置入，正位影像上导针的正确位置是股骨颈中下三分之一，侧位成像中导针与股骨颈轴线重合，接着通过导针定位植入主螺栓、防旋螺钉与钢板[11]，熟练运用 FNS 技术需经历必要的学习阶段，术者需系统掌握该套工具的操作规程及手感特征，实现单次置钉有效固定，降低反复修正对血运的损害。

3.2. 智能化与精准化辅助技术

FNS 手术实践中采用骨科机器人配合导航技术，着眼于提升螺钉固定的精准性与可重复操作度，机器人辅助系统依托术前三维建模，能精准规划导针的进针位置、角度及穿刺深度，术中驱动机械臂精准实施，可明显减少影像引导频次，同时减少因操作误差导致的血管损伤概率[12]，初步实验证实，采用机器人辅助技术植入 FNS 时精度可达亚毫米水平，为复杂骨折的固定开辟了新的技术路径。

4. 临床应用疗效分析

4.1. 围手术期与近期疗效

若干回顾性研究对 FNS 与 CCS 的初期疗效进行对比，就外科操作而言，采用 FNS 一体化系统及专用导向工具可减少术中操作调整，最新研究证实，FNS 组的手术透视次数较 CCS 组明显减少，辐射对患者的影响减轻[13]，从术后恢复角度看，部分文献指出，采用 FNS 固定的患者实现完全负重的时间或更短，这归功于 FNS 系统实现的快速稳定效果，使患者功能锻炼时间得以提前[14]。骨折愈合阶段，统计评估显示两组总体愈合率差异无统计学意义，但 FNS 组临床愈合时间存在降低倾向[15]，某临床研究对中青年 Pauwels II 型骨折患者进行统计后指出，FNS 组患者术后出现股骨颈短缩的病例数较 CCS 组更少，表明其在保持骨折部位轴向稳定方面效果更佳[16]。

4.2. 并发症比较

实施内固定后，股骨颈骨折患者可能出现固定失效、股骨颈短缩及股骨头血运障碍。内固定失效：可分为切出、穿出、断裂及松动等，FNS 凭借其角稳定设计，理论上可抑制螺钉移位，临床实践证实，CCS 术后偶见螺钉位置改变或切出骨面现象，FNS 临床应用并发症报告率低，但存在主螺栓及防旋螺钉断裂的病例报告，常与提前负重或骨折过度不稳定相关[17]。股骨颈短缩：采用滑动加压机制时，骨折愈合必然伴随可控的短缩变化，FNS 术后出现中重度短缩的病例数或许少于 CCS，滑动加压机制的调控性更强[18]。股骨头缺血性坏死：该并发症引发的功能远期损害最显著，该结果受原始创伤烈度、骨折对位效果及股骨头血供中断程度共同影响，现有前瞻性研究数据尚不一致，无法证实 FNS 在降低股骨头坏死率上明显优于 CCS，但 FNS 的微创置钉配合有限扩髓，从机制上更利于血运保护[19]。

5. 特殊问题与争议

5.1. 技术局限性

针对 Pauwels III 型合并重度后方皮质粉碎的高危骨折，FNS 的固定可靠性尚存争议，主螺栓直径的适配范围有限，瘦小骨骼患者的适用性存疑，侧方钢板尺寸因素偶会诱发邻近软组织不适或痛感[20]。

5.2. 并发症的应对

为预防头钉脱出,手术中精准的解剖复位是核心要点,并将主螺栓前端放置在距股骨头软骨下骨 5~10 mm 的安全位置,针对骨质疏松人群,术后康复需按阶段逐步推进计划,需避免术后立即完全负重[21]。

5.3. 适用范围

现阶段 FNS 优先考虑骨质条件优良的 65 岁以下股骨颈骨折患者,针对高龄、骨质疏松程度重、预期寿命短或骨折复位效果差的人群,人工髋关节置换术仍是最佳治疗手段[22]。

6. 局限性与未来展望

作为新兴技术的 FNS,其进步空间体现在若干关键维度:

6.1. 复位质量是关键因素

解剖复位的方式、骨折端的固定强度是影响内固定物疗效的主要因素。所以,在未来的研究中,应针对这两个方面对内固定物治疗策略进行改进。虽然切开复位的效果更佳,但由于其对软组织破坏较大,所以提高闭合复位的成功率是重点,目前已经有学者提出在闭合复位困难时可使用经皮穿针撬拨技术[23][24]。

6.2. 手术技术智能化

手术技术智能化:实现人工智能与手术机器人的高度协同,实现个性化手术方案自动生成及术中力反馈即时调节,分析增强现实导航辅助 FNS 置钉的可行性,提升手术操作的直观度与效率[25]。

6.3. 临床研究深化

等待开展多中心、大样本的前瞻性随机对照研究,得出 FNS 对比 CCS 等固定方式的高等级循证结论,必须密切跟踪远期随访数据,清晰界定其对股骨头坏死发病率的影响范围,制定依据骨折分类、骨密度检测结果及年龄层次的个体化治疗策略,为 FNS 的临床使用提供科学依据[26]。

7. 总结

股骨颈动力交叉钉系统(FNS)以交叉钉钢板一体化设计为核心,融合滑动加压与角度稳定固定,主螺栓、防旋螺钉等部件形成的力学结构,在抗剪切、抗扭转性能上显著优于传统固定方式,能有效分散应力,降低内固定断裂风险,且微创操作减少术中透视与血运损伤,助力患者早期负重。从力学固定效果看,针对股骨颈骨折(特别是不稳定型如 Pauwels III型)的固定效果优于传统空心螺钉,在减少股骨颈短缩等方面表现更优,但 FNS 仍存关键争议,对 Pauwels III型合并后方皮质粉碎骨折的固定可靠性不足,骨质疏松患者应用中易出现螺钉断裂,且无法证实其能显著降低股骨头坏死率。未来需通过智能化手术提升复位精度,开展大样本前瞻性研究明确其远期疗效,结合骨密度、骨折分型制定个体化方案,进一步拓宽其临床适用边界。

参考文献

- [1] 周剑,王锟,李树祥,等.全髋关节与人工股骨头置换手术治疗对老年股骨颈骨折患者手术相关指标及术后疼痛的影响比较[J].黑龙江医药,2026,39(1):194-197.
- [2] 王辉.青壮年股骨颈骨折的治疗进展[J].中国医学创新,2022,19(19):184-188.
- [3] 汪维芳,张雯雯,罗晶晶,等.ERAS理念联合骨科康复护理对股骨颈骨折患者髋关节置换术后疼痛及恢复情况

- 的影响[J]. 中国医药导报, 2024, 21(2): 166-169+174.
- [4] 张伟, 陈宇浩, 吴沼锋, 等. 不同内固定方式治疗 Pauwels III型股骨颈骨折术后并发症发生率的网状 Meta 分析[J]. 现代医学, 2024, 52(3): 369-378.
- [5] Huang, H., Feng, Z., Wang, W., Yang, C., Liao, J. and Ouyang, J. (2021) Finite Element Analysis of Femoral Neck Fracture Treated with Bidirectional Compression-Limited Sliding Screw. *Medical Science Monitor*, **27**, e929163. <https://doi.org/10.12659/msm.929163>
- [6] Wang, Z., Yang, Y., Feng, G., Guo, H., Chen, Z., Chen, Y., et al. (2022) Biomechanical Comparison of the Femoral Neck System versus InterTan Nail and Three Cannulated Screws for Unstable Pauwels Type III Femoral Neck Fracture. *BioMedical Engineering OnLine*, **21**, Article No. 34. <https://doi.org/10.1186/s12938-022-01006-6>
- [7] 龚冰南, 曹杰, 张冬福, 等. 克氏针撬拨复位联合股骨颈动力交叉系统治疗股骨颈骨折[J]. 临床骨科杂志, 2025, 28(3): 399-403.
- [8] Huang, S., Zhang, Y., Zhang, X., Zhou, C., Li, W., Wang, Y., et al. (2023) Comparison of Femoral Neck System and Three Cannulated Cancellous Screws in the Treatment of Vertical Femoral Neck Fractures: Clinical Observation and Finite Element Analysis. *BioMedical Engineering OnLine*, **22**, Article No. 20. <https://doi.org/10.1186/s12938-023-01083-1>
- [9] 阿里木江·玉素甫, 阿卜杜吾普尔·海比尔, 阿不都拉·阿不来提, 等. 股骨颈动力交叉钉联合空心钉治疗 Pauwels II 型中青年股骨颈骨折的有限元分析[J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(15): 3095-3100.
- [10] Schopper, C., Zderic, I., Menze, J., Müller, D., Rocci, M., Knobe, M., et al. (2020) Higher Stability and More Predictive Fixation with the Femoral Neck System versus Hansson Pins in Femoral Neck Fractures Pauwels II. *Journal of Orthopaedic Translation*, **24**, 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2020.06.002>
- [11] Zeng, H., Yuan, X., Xiang, B. and Zheng, M. (2023) Clinical Application of the Femoral Neck System in Femoral Neck Fractures. *Asian Journal of Surgery*, **46**, 4885-4886. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2023.05.157>
- [12] 王曦竹, 陈依民, 韩巍, 等. 骨科机器人辅助股骨颈动力交叉钉系统治疗股骨颈骨折[J]. 中国骨伤, 2024, 37(2): 114-119.
- [13] He, C., Lu, Y., Wang, Q., Ren, C., Li, M., Yang, M., et al. (2021) Comparison of the Clinical Efficacy of a Femoral Neck System versus Cannulated Screws in the Treatment of Femoral Neck Fracture in Young Adults. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **22**, Article No. 994. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04888-0>
- [14] 张彬, 张一, 余荣峰, 等. 加速康复外科理念下应用股骨颈系统和空心螺钉治疗股骨颈骨折的近期疗效比较[J]. 骨科临床与研究杂志, 2022, 7(1): 15-21.
- [15] 梁辉, 王逸康. 股骨颈动力交叉钉系统与空心钉内固定治疗股骨颈骨折的疗效比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2023, 38(4): 384-386.
- [16] 周博, 尹莲平. 股骨颈系统对 Pauwels II型股骨颈骨折患者的影响[J]. 中外医学研究, 2023, 21(8): 44-47.
- [17] Guo, C., Huang, J., Chen, Z., Cai, Z. and Cai, T. (2024) Clinical Efficacy of Femoral Neck System for Treatment of Unstable Femoral Neck Fractures in Young Adults. *Journal of International Medical Research*, **52**, No. 5. <https://doi.org/10.1177/03000605241238983>
- [18] Patel, S., Kumar, V., Baburaj, V. and Dhillon, M.S. (2023) The Use of the Femoral Neck System (FNS) Leads to Better Outcomes in the Surgical Management of Femoral Neck Fractures in Adults Compared to Fixation with Cannulated Screws: A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, **33**, 2101-2109. <https://doi.org/10.1007/s00590-022-03407-8>
- [19] 隋聪, 张盛庭, 郭澳, 等. 股骨颈动力交叉钉系统与空心加压螺钉内固定治疗股骨颈骨折的疗效比较[J]. 临床骨科杂志, 2024, 27(3): 400-404.
- [20] 刘英科, 陈勤, 陈柯, 等. 两种内固定治疗 Pauwels III 型股骨颈骨折的疗效比较[J]. 临床骨科杂志, 2024, 27(2): 247-251.
- [21] 朴海旺, 祖思源, 陈申跳, 等. 股骨颈骨折空心钉内固定术后股骨颈短缩的危险因素分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2023, 38(12): 1238-1241.
- [22] 王德斌, 毕郑刚. 内固定和关节置换治疗老年股骨颈骨折: 如何体现个体化的精准治疗[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(27): 4395-4400.
- [23] Mahajan, R.H., Kumar, S. and Mishra, B. (2017) Technique for Gentle Accurate Reproducible Closed Reduction of Intracapsular Fracture of Neck of Femur. *Injury*, **48**, 789-790. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2016.10.030>
- [24] Su, Y., Chen, W., Zhang, Q., Li, B., Li, Z., Guo, M., et al. (2011) An Irreducible Variant of Femoral Neck Fracture: A Minimally Traumatic Reduction Technique. *Injury*, **42**, 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2010.05.008>
- [25] Dai, Y., Wang, K., Shen, G., Chen, Y., Hu, A. and Jin, Q. (2025) Tirobot-Assisted versus Freehand Femoral Neck System

Placement in the Treatment of Femoral Neck Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Robotic Surgery*, **19**, Article No. 43. <https://doi.org/10.1007/s11701-024-02204-1>

- [26] 杨家赵, 周雪峰, 李黎, 等. 股骨颈动力交叉钉系统和倒三角空心钉治疗 Pauwels III型股骨颈骨折疗效比较[J]. 中国修复重建外科杂志, 2021, 35(9): 1111-1118.