

# 股骨颈骨折空心螺钉内固定术后 股骨颈短缩危险因素的 Meta 分析

邝孝坤<sup>1</sup>, 田可为<sup>2</sup>, 范克杰<sup>2</sup>, 马文龙<sup>2</sup>, 刘英科<sup>1</sup>, 严嘉祥<sup>2</sup>, 王敬威<sup>2</sup>, 田燃<sup>2</sup>, 栗林<sup>1</sup>, 陈柯<sup>2</sup>

(1. 河南中医药大学研究生院, 河南 郑州 450046;

2. 河南省洛阳正骨医院/河南省骨科医院, 河南 洛阳 471002)

**摘要 目的:**系统评价股骨颈骨折(femoral neck fracture, FNF)空心螺钉内固定术后股骨颈短缩(femoral neck shortening, FNS)的危险因素。**方法:**检索中国知网、中国生物医学文献服务系统、万方数据库、维普网、PubMed、Cochrane Library、Embase、Web of Science, 搜集有关 FNF 空心螺钉内固定术后 FNS 危险因素的队列研究或病例对照研究, 检索时限均为建库至 2024 年 3 月 1 日。由 2 名研究人员独立筛选文献、提取数据并评价纳入研究的偏倚风险后, 采用 Stata16.0 软件进行 Meta 分析。**结果:**共纳入 16 项研究, 均为病例对照研究, 共涉及 1583 例 FNF 患者。Meta 分析结果显示, 年龄[ $MD=3.10, 95\% CI(0.36, 5.84), P=0.026$ ]、骨质疏松[ $OR=3.44, 95\% CI(2.50, 4.75), P=0.000$ ]、Singh 指数 IV ~ VI 级[ $OR=1.57, 95\% CI(1.11, 2.23), P=0.011$ ]、Garden III ~ IV 型[ $OR=3.65, 95\% CI(1.95, 6.85), P=0.000$ ]、Pauwels III 型[ $OR=5.01, 95\% CI(2.98, 8.43), P=0.000$ ]、切开复位[ $OR=3.29, 95\% CI(1.69, 6.42), P=0.000$ ]、Garden 指数 III ~ IV 级[ $OR=5.15, 95\% CI(3.94, 6.74), P=0.000$ ]均为 FNF 空心螺钉内固定术后 FNS 的危险因素; 性别、高血压病史、糖尿病病史、置钉方式、住院时间与 FNS 的关联性均无统计学意义。体质量指数按照数据类型进行亚组分析, 二分类变量组( $\leq 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} / > 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )的分析结果显示, 体质量指数  $> 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  是 FNS 的危险因素[ $OR=3.32, 95\% CI(2.19, 5.03), P=0.000$ ]; 连续性变量组的分析结果显示, 体质量指数与 FNS 的关联性无统计学意义。受伤至手术时间按照时间划分的界值进行亚组分析, 24 h 界值组( $\leq 24 \text{ h} / > 24 \text{ h}$ )的分析结果显示, 受伤至手术时间与 FNS 的关联性无统计学意义; 4 d 界值组( $\leq 4 \text{ d} / > 4 \text{ d}$ )的分析结果显示, 受伤至手术时间  $> 4 \text{ d}$  是 FNS 的危险因素[ $OR=2.04, 95\% CI(1.46, 2.86), P=0.000$ ]。完全负重时间按照时间划分的界值进行亚组分析, 2 个月界值组( $\leq 2 \text{ 个月} / > 2 \text{ 个月}$ )的分析结果显示, 术后 2 个月内完全负重是 FNS 的危险因素[ $OR=2.57, 95\% CI(1.03, 6.38), P=0.000$ ]; 3 个月界值组( $\leq 3 \text{ 个月} / > 3 \text{ 个月}$ )的分析结果显示, 完全负重时间与 FNS 的关联性无统计学意义。分别采用固定效应模型和随机效应模型对上述指标进行 Meta 分析, 所得结果接近, 表明研究结果稳健可靠。基于 Garden 分型进行发表偏倚分析, Egger's 检验结果提示不存在发表偏倚( $P=0.190$ )。**结论:**现有证据表明, 年龄、骨质疏松、Singh 指数 IV ~ VI 级、Garden III ~ IV 型、Pauwels III 型、切开复位、Garden 指数 III ~ IV 级是 FNF 空心螺钉内固定术后 FNS 的危险因素, 体质量指数、受伤至手术时间、完全负重时间与 FNS 的关系尚不明确。

**关键词** 股骨颈骨折; 骨折固定术, 内; 骨螺丝; 股骨颈短缩; 危险因素; 专题 Meta 分析

## Risk factors for femoral neck shortening after hollow screw internal fixation for femoral neck fracture: a meta analysis

KUANG Xiaokun<sup>1</sup>, TIAN Kewei<sup>2</sup>, FAN Kejie<sup>2</sup>, MA Wenlong<sup>2</sup>, LIU Yingke<sup>1</sup>, YAN Jiaxiang<sup>2</sup>, WANG Jingwei<sup>2</sup>, TIAN Ran<sup>2</sup>, LI Lin<sup>1</sup>, CHEN Ke<sup>2</sup>

1. Postgraduate College of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, Henan, China

2. Luoyang Orthopedic-Traumatological Hospital, Luoyang 471002, Henan, China

**ABSTRACT Objective:** To systematically review the risk factors for femoral neck shortening (FNS) after internal fixation with hollow screw for treating femoral neck fracture (FNF). **Methods:** All the cohort study articles and case-control study articles about the risk factors for FNS after internal fixation with hollow screw for FNF included from database's inception to March 1, 2024 were retrieved from the China National Knowledge Infrastructure, Chinese Biomedical Literature Service System, Wanfang Database, Vip Database, PubMed, Cochrane

基金项目: 河南省重点研发与推广专项项目(182102310467); 河南省医学科技攻关计划项目(LHGJ20230483); 河南省中医药科学研究专项课题(20-21ZY2253, 20-21ZY2238)

通讯作者: 陈柯 E-mail: 115946827@qq.com

Library, Embase and Web of Science. The pertinent articles were screened, the information was extracted and the risk of bias of the included researches was assessed independently by two researchers, and then a Meta-analysis was conducted by using Stata16.0 software. **Results:** Sixteen case-control study articles were included in the final analysis, involving 1583 FNF patients. The results of Meta-analysis revealed that the age ( $MD = 3.10, 95\% CI(0.36, 5.84), P = 0.026$ ), osteoporosis ( $OR = 3.44, 95\% CI(2.50, 4.75), P = 0.000$ ), Singh's index graded from IV to VI ( $OR = 1.57, 95\% CI(1.11, 2.23), P = 0.011$ ), Garden type III - IV ( $OR = 3.65, 95\% CI(1.95, 6.85), P = 0.000$ ), Pauwels type III ( $OR = 5.01, 95\% CI(2.98, 8.43), P = 0.000$ ), open reduction ( $OR = 3.29, 95\% CI(1.69, 6.42), P = 0.000$ ), Garden's index graded from III to IV ( $OR = 5.15, 95\% CI(3.94, 6.74), P = 0.000$ ) were the risk factors for FNS in patients who underwent hollow screw internal fixation for FNF; while, the associations of gender, hypertension history, diabetes mellitus history, screw placement method, and hospital stays with FNS were not statistical significant. A subgroup analysis on body mass index (BMI) was conducted according to the data type, and the results of binary variable group ( $BMI \leq 24 \text{ kg/m}^2$  or  $> 24 \text{ kg/m}^2$ ) showed that a BMI greater than  $24 \text{ kg/m}^2$  was the risk factor for FNS ( $OR = 3.32, 95\% CI(2.19, 5.03), P = 0.000$ ); while the results of continuous variable group indicated that the association between BMI and FNS was not statistical significant. Additionally, a subgroup analysis on time from injury to surgery was performed according to the cut-off value defined by time, and the results of 24-hour cut-off value group (time from injury to surgery  $\leq 24$  hours or  $> 24$  hours) indicated that the association between time from injury to surgery and FNS was not statistical significant; while the results of 4-day cut-off value group (time from injury to surgery  $\leq 4$  days or  $> 4$  days) suggested that the time from injury to surgery over 4 days was a risk factor for FNS ( $OR = 2.04, 95\% CI(1.46, 2.86), P = 0.000$ ). Moreover, a subgroup analysis on full weight-bearing walking start time was performed according to the cut-off value defined by time, and the results of 2-month cut-off value group (full weight-bearing walking start time  $\leq 2$  months or  $> 2$  months) revealed that full weight-bearing within 2 months after surgery was a risk factor for FNS ( $OR = 2.57, 95\% CI(1.03, 6.38), P = 0.000$ ); while the results of 3-month cut-off value group (full weight-bearing walking start time  $\leq 3$  months or  $> 3$  months) suggested that the association between full weight-bearing walking start time and FNS was not statistical significant. The Meta-analysis was performed on the aforementioned indicators by employing a fixed-effect model and a random-effect model, respectively, and the results showcased that no evident change was found in the result of each indicator, suggesting the findings of the Meta-analysis in this study were relatively stable and reliable. Moreover, the publication bias was analyzed based on the Garden typing, and the result of Egger's test showed that there was no publication bias in the included articles ( $P = 0.190$ ). **Conclusion:** Available evidences suggest that the age, osteoporosis, Singh's index graded from IV to VI, Garden type III - IV, Pauwels type III, open reduction, Garden's index graded from III to IV are the risk factors for FNS after internal fixation with hollow screw for FNF; while, the relation of BMI, time from injury to surgery and full weight-bearing walking start time to FNS are not yet clear.

**Keywords** femoral neck fractures; fracture fixation, internal; bone screws; femoral neck shortening; risk factors; meta-analysis as topic

空心螺钉内固定术是治疗股骨颈骨折 (femoral neck fracture, FNF) 的主要方法之一, 具有操作简单、创伤小、价格低廉等优势<sup>[1]</sup>, 但存在发生股骨颈短缩 (femoral neck shortening, FNS) 等并发症的风险<sup>[2]</sup>。FNS 是 FNF 空心螺钉内固定术的主要并发症之一, 短缩距离  $> 5 \text{ mm}$ , 患者就会出现疼痛、跛行等表现, 甚至继发髋、膝关节骨关节炎和股骨头坏死<sup>[3]</sup>。因此, 早期识别、预防 FNS 具有重要的临床价值。目前已有不少针对 FNF 空心螺钉内固定术后 FNS 危险因素的研究, 但尚未形成共识。为此, 本研究收集既往相关研究进行了 Meta 分析, 从循证医学角度探讨了 FNF 空心螺钉内固定术后 FNS 的危险因素, 以期为临床早期识别和预防 FNS 提供依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 文献检索

应用计算机检索中国知网、中国生物医学文献服

务系统、万方数据库、维普网、PubMed、Cochrane Library、Embase、Web of Science, 搜集有关 FNF 空心螺钉内固定术后 FNS 危险因素的相关研究, 检索时限均为建库至 2024 年 3 月 1 日。中文检索词包括“股骨颈”“股骨颈骨折”“空心螺钉”“内固定”“短缩”“因素”“危险因素”; 英文检索词包括“neck of femur”“femoral neck”“femur neck”“femoral neck fracture”“femur neck fractures”“femur neck fracture”“femoral neck fractures”“proximal femoral fractures”“femoral fractures”“hollow screw”“cannulated screw”“internal fixation”“fixation, internal fracture”“fixations, internal fracture”“fracture fixations, internal”“internal fracture fixation”“internal fracture fixations”“shortening”“factors”“risk factors”。

### 1.2 文献筛选

由 2 名研究人员依据文献纳入和排除标准独立

筛选文献,意见不一致时通过讨论决定。

**1.2.1 文献纳入标准** ①研究类型为队列研究或病例对照研究;②研究对象为已接受空心螺钉内固定术治疗的 FNF 患者;③研究内容涉及 FNF 空心螺钉内固定术后 FNS 的危险因素;④结局指标为 FNS 发生率或 FNF 空心螺钉内固定术后 FNS 的危险因素。

**1.2.2 文献排除标准** ①非中、英文文献;②会议论文;③数据重复或重复发表的文献;④数据不完整或数据无法提取的文献。

### 1.3 数据提取和文献偏倚风险评价

由 2 名研究人员独立进行数据提取和偏倚风险评价,意见不一致时通过讨论决定。提取的数据包括第 1 作者、出版时间、研究类型、研究地、患者基本信息、随访时间、暴露因素(性别、年龄、体质量指数、骨质疏松、高血压病史、糖尿病病史、烟酒史、Singh 指数<sup>[4]</sup>、Garden 分型<sup>[5]</sup>、Pauwels 分型<sup>[6]</sup>、受伤至手术时间、复位方式、置钉方式、住院时间、Garden 指数<sup>[7]</sup>、完全负重时间)等信息。采用纽卡斯尔-渥太华量表(Newcastle-Ottawa scale, NOS)<sup>[8]</sup>对纳入的研究进行偏倚风险评价。

### 1.4 数据统计

采用 Stata16.0 软件进行 Meta 分析。性别、体质量指数(数据类型为二分类变量)、骨质疏松、高血压病史、糖尿病病史、Singh 指数、Garden 分型、Pauwels 分型、受伤至手术时间、复位方式、Garden 指数、住院时间、完全负重时间均以 OR 作为综合效应量,年龄、体质量指数(数据类型为连续性变量)均以 MD 作为综合效应量。若各研究间不存在异质性( $P > 0.100$  且  $I^2 < 50\%$ ),采用固定效应模型进行 Meta 分析,反之则采用随机效应模型进行 Meta 分析。通过比较固定效应模型和随机效应模型 Meta 分析结果的一致性进行敏感性分析。采用 Egger's 检验进行发表偏倚分析。检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

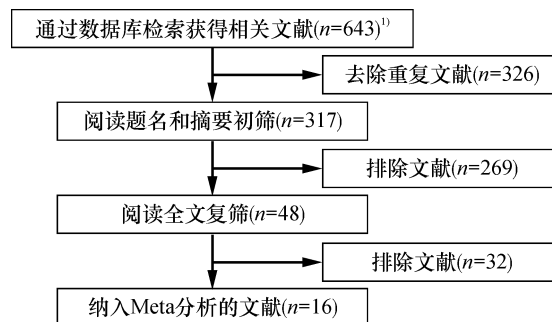
## 2 结果

### 2.1 文献检索及筛选结果

共检索到 643 篇文献,经过逐层筛选最终纳入 16 篇文献<sup>[9-24]</sup>。文献筛选流程见图 1。

### 2.2 纳入研究的基本特征和偏倚风险评价结果

纳入的 16 项研究均为病例对照研究,共涉及 1583 例 FNF 患者。纳入研究的基本特征和偏倚风险评价结果见表 1。



1) 643 篇文献分别来源于中国知网( $n = 138$ )、中国生物医学文献服务系统( $n = 94$ )、万方数据库( $n = 22$ )、维普网( $n = 35$ )、PubMed( $n = 177$ )、Cochrane Library( $n = 9$ )、Embase( $n = 74$ )、Web of Science( $n = 94$ )。

图 1 文献筛选流程图

### 2.3 Meta 分析结果

**2.3.1 性别** 共纳入 16 项研究<sup>[9-24]</sup>,各研究间存在异质性。随机效应模型分析结果显示,性别与 FNS 的关联性无统计学意义。见表 2。

**2.3.2 年龄** 共纳入 5 项研究<sup>[9-10,21,23-24]</sup>,各研究间存在异质性。随机效应模型分析结果显示,年龄是 FNS 的危险因素。见表 2。

**2.3.3 体质量指数** 共纳入 9 项研究<sup>[9,13-16,19,21-23]</sup>。按照数据类型进行亚组分析,二分类变量组( $\leq 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} / > 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )的 5 项研究<sup>[13-16,19]</sup>间不存在异质性,固定效应模型分析结果显示,体质量指数  $> 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  是 FNS 的危险因素;连续性变量组的 4 项研究<sup>[9,21-23]</sup>间存在异质性,随机效应模型分析结果显示,体质量指数与 FNS 的关联性无统计学意义。见表 2。

**2.3.4 骨质疏松** 共纳入 8 项研究<sup>[9-12,18-20,24]</sup>,各研究间不存在异质性。固定效应模型分析结果显示,骨质疏松是 FNS 的危险因素。见表 2。

**2.3.5 高血压病史** 共纳入 3 项研究<sup>[9-10,12]</sup>,各研究间不存在异质性。固定效应模型分析结果显示,高血压病史与 FNS 的关联性无统计学意义。见表 2。

**2.3.6 糖尿病病史** 共纳入 3 项研究<sup>[9-10,12]</sup>,各研究间不存在异质性。固定效应模型分析结果显示,糖尿病病史与 FNS 的关联性无统计学意义。见表 2。

**2.3.7 Singh 指数(I ~ III 级 / IV ~ VI 级)** 共纳入 6 项研究<sup>[9-14]</sup>,各研究间不存在异质性。固定效应模型分析结果显示,Singh 指数 IV ~ VI 级是 FNS 的危险因素。见表 2。

表 1 纳入研究的基本特征和偏倚风险评价结果

研究	研究地	样本量 <sup>1)</sup> / (C/T, 例)	随访时间/月	暴露因素 <sup>2)</sup>	NOS <sup>3)</sup> 评分/分
张番 2022 <sup>[9]</sup>	中国	46/114	24	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	8
吴涛华 2022 <sup>[10]</sup>	中国	10/48	12	①②④⑤⑥⑦⑨⑩⑪⑫⑬	8
牟帅 2020 <sup>[11]</sup>	中国	54/111	24	①④⑦⑧⑨⑩⑪	7
陈德 2020 <sup>[12]</sup>	中国	50/116	24	①④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑭	7
冯晓飞 2018 <sup>[13]</sup>	中国	61/110	12 ~ 48	①③⑦⑧⑨⑩⑪	7
Liu 2013 <sup>[14]</sup>	中国	31/86	8 ~ 36	①③⑦⑧⑨⑩⑭	8
刘红伟 2022 <sup>[15]</sup>	中国	25/90	12	①③⑧⑫⑮	6
潘永飞 2019 <sup>[16]</sup>	中国	28/86	11 ~ 36	①③⑧⑨⑩	6
余波 2016 <sup>[17]</sup>	中国	40/120	12	①⑧⑨⑩⑮	6
蒲晓斌 2012 <sup>[18]</sup>	中国	43/106	12	①④⑧⑨⑩⑪⑫⑬	7
Zhao 2021 <sup>[19]</sup>	中国	37/122		①③④⑧⑨⑩⑪⑬	7
Chen 2017 <sup>[20]</sup>	中国	46/110	3 ~ 39	①④⑧⑨⑩⑪⑫⑬	8
Slobogean 2017 <sup>[21]</sup>	中国	13/102	24	①②③⑧⑭	8
Zielinski 2013 <sup>[22]</sup>	荷兰	51/76	11.7	①③⑧⑭	8
Sung 2017 <sup>[23]</sup>	韩国	13/83	12 ~ 98	①②③⑪⑭	7
朴海旺 2023 <sup>[24]</sup>	中国	51/103	15 ~ 26	①②④⑩	8

注:1) 中 C 为发生股骨颈短缩的患者人数, T 为纳入研究的总人数; 2) 中①为性别, ②为年龄, ③为体质量指数, ④为骨质疏松, ⑤为高血压病史, ⑥为糖尿病病史, ⑦为 Singh 指数, ⑧为 Garden 分型, ⑨为 Garden 指数, ⑩为完全负重时间, ⑪为受伤至手术时间, ⑫为置钉方式, ⑬为住院时间, ⑭为 Pauwels 分型, ⑮为复位方式; 3) 纽卡斯尔-渥太华量表。

**2.3.8 Garden 分型 (I ~ II 型 / III ~ IV 型)** 共纳入 13 项研究<sup>[9,11-22]</sup>, 各研究间存在异质性。随机效应模型分析结果显示, Garden III ~ IV 型是 FNS 的危险因素。见表 2。

**2.3.9 Pauwels 分型 (I ~ II 型 / III 型)** 共纳入 5 项研究<sup>[12,14,21-23]</sup>, 各研究间不存在异质性。固定效应模型分析结果显示, Pauwels III 型是 FNS 的危险因素。见表 2。

**2.3.10 受伤至手术时间** 共纳入 8 项研究<sup>[10-13,18-20,23]</sup>。按照时间划分的界值进行亚组分析, 24 h 界值组 ( $\leq 24$  h /  $> 24$  h) 的 2 项研究<sup>[19,23]</sup> 间不存在异质性, 固定效应模型分析结果显示, 受伤至手术时间与 FNS 的关联性无统计学意义; 4 d 界值组 ( $\leq 4$  d /  $> 4$  d) 的 6 项研究<sup>[10-13,18,20]</sup> 间不存在异质性, 固定效应模型分析结果显示, 受伤至手术时间  $> 4$  d 是 FNS 的危险因素。见表 2。

**2.3.11 复位方式 (闭合复位 / 切开复位)** 共纳入 2 项研究<sup>[15,17]</sup>, 各研究间不存在异质性。固定效应模型分析结果显示, 切开复位是 FNS 的危险因素。见表 2。

**2.3.12 置钉方式 (平行置入 / 强斜置入)** 共纳入 4 项研究<sup>[10,15,18,20]</sup>, 各研究间存在异质性; 剔除吴涛华<sup>[10]</sup> 的研究后, 其余 3 项研究<sup>[15,18,20]</sup> 间不存在异质性。固定效应模型分析结果显示, 置钉方式与 FNS 的

关联性无统计学意义。见表 2。

**2.3.13 Garden 指数 (I ~ II 级 / III ~ IV 级)** 共纳入 11 项研究<sup>[9-14,16-20]</sup>, 各研究间不存在异质性。固定效应模型分析结果显示, Garden 指数 III ~ IV 级是 FNS 的危险因素。见表 2。

**2.3.14 住院时间 ( $\leq 7$  d /  $> 7$  d)** 共纳入 4 项研究<sup>[10,18-20]</sup>, 各研究间存在异质性; 剔除 Chen 等<sup>[20]</sup> 的研究后, 其余 3 项研究<sup>[10,18-19]</sup> 间不存在异质性。固定效应模型分析结果显示, 住院时间与 FNS 的关联性无统计学意义。见表 2。

**2.3.15 完全负重时间** 共纳入 12 项研究<sup>[9-14,16-20,24]</sup>。按照时间划分的界值进行亚组分析, 2 个月界值组 ( $\leq 2$  个月 /  $> 2$  个月) 的 7 项研究<sup>[9,11-12,18-20,24]</sup> 间存在异质性, 随机效应模型分析结果显示, 术后 2 个月内完全负重是 FNS 的危险因素; 3 个月界值组 ( $\leq 3$  个月 /  $> 3$  个月) 的 5 项研究<sup>[10,13-14,16-17]</sup> 间不存在异质性, 固定效应模型分析结果显示, 完全负重时间与 FNS 的关联性无统计学意义。见表 2。

## 2.4 敏感性分析结果

分别采用固定效应模型和随机效应模型对上述指标进行 Meta 分析, 所得结果接近 (表 3), 表明研究结果稳健可靠。

表 2 Meta 分析结果

暴露因素	纳入研究 数量/项	异质性检验结果		效应 模型	Meta 分析结果	
		$I^2$ 值/%	P 值		MD/OR(95% CI) <sup>1)</sup>	P 值
性别	16	68.4	0.000	随机	0.95(0.62,1.46)	0.640
年龄	5	52.8	0.076	随机	3.10(0.36,5.84)	0.026
体质量指数	9					
二分类变量组( $\leq 24\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}/>24\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	5	0	0.587	固定	3.32(2.19,5.03)	0.000
连续性变量组	4	58.4	0.066	随机	1.08(-0.71,2.87)	0.093
骨质疏松	8	0	0.947	固定	3.44(2.50,4.75)	0.000
高血压病史	3	0	0.555	固定	1.07(0.64,1.79)	0.793
糖尿病病史	3	0	0.616	固定	1.06(0.63,1.78)	0.831
Singh 指数(Ⅰ~Ⅲ级/Ⅳ~Ⅵ级)	6	23.7	0.256	固定	1.57(1.11,2.23)	0.011
Garden 分型(Ⅰ~Ⅱ型/Ⅲ~Ⅳ型)	13	80.9	0.000	随机	3.65(1.95,6.85)	0.000
Pauwels 分型(Ⅰ~Ⅱ型/Ⅲ型)	5	40.0	0.155	固定	5.01(2.98,8.43)	0.000
受伤至手术时间	8					
24 h 界值组( $\leq 24\text{ h}/>24\text{ h}$ )	2	0	0.556	固定	1.03(0.53,2.00)	0.937
4 d 界值组( $\leq 4\text{ d}/>4\text{ d}$ )	6	4.1	0.391	固定	2.04(1.46,2.86)	0.000
复位方式(闭合复位/切开复位)	2	45.3	0.176	固定	3.29(1.69,6.42)	0.000
置钉方式(平行置入/强斜置入)	3	47.4	0.149	固定	1.46(0.90,2.36)	0.122
Garden 指数	11	0	0.620	固定	5.15(3.94,6.74)	0.000
住院时间	3	0	0.792	固定	1.06(0.63,1.79)	0.817
完全负重时间	12					
2 个月界值组( $\leq 2\text{ 个月}/>2\text{ 个月}$ )	7	88.1	0.000	随机	2.57(1.03,6.38)	0.000
3 个月界值组( $\leq 3\text{ 个月}/>3\text{ 个月}$ )	5	0	0.517	固定	0.95(0.64,1.43)	0.822

注:1)年龄和体质量指数连续性变量组的综合效应量均为 MD,其余暴露因素的综合效应量均为 OR。

表 3 敏感性分析结果

暴露因素	Meta 分析结果[MD/OR(95% CI) <sup>1)</sup> ]	
	固定效应模型	随机效应模型
性别	0.95(0.75,1.19)	0.95(0.62,1.46)
年龄	3.17(1.45,4.88)	3.10(0.36,5.84)
体质量指数		
二分类变量组( $\leq 24\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}/>24\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	3.32(2.19,5.03)	3.32(2.19,5.03)
连续性变量组	0.94(-0.16,2.05)	1.08(-0.71,2.87)
骨质疏松	3.44(2.50,4.75)	3.44(2.50,4.75)
高血压病史	1.07(0.64,1.79)	1.07(0.64,1.79)
糖尿病病史	1.06(0.63,1.78)	1.06(0.63,1.78)
Singh 指数(Ⅰ~Ⅲ级/Ⅳ~Ⅵ级)	1.57(1.11,2.23)	1.54(1.03,2.31)
Garden 分型(Ⅰ~Ⅲ级/Ⅳ~Ⅵ级)	3.17(2.42,4.15)	3.65(1.95,6.85)
Pauwels 分型(Ⅰ~Ⅱ型/Ⅲ型)	5.01(2.98,8.43)	4.66(2.25,9.65)
受伤至手术时间		
24 h 界值组( $\leq 24\text{ h}/>24\text{ h}$ )	1.03(0.53,2.00)	1.03(0.53,2.00)
4 d 界值组( $\leq 4\text{ d}/>4\text{ d}$ )	2.04(1.46,2.86)	2.04(1.45,2.88)
复位方式(闭合复位/切开复位)	3.29(1.69,6.42)	3.68(1.37,9.91)
置钉方式(平行置入/强斜置入)	1.46(0.90,2.36)	1.42(0.73,2.77)
Garden 指数	5.15(3.94,6.74)	5.15(3.94,6.74)
住院时间	1.06(0.63,1.79)	1.06(0.63,1.79)
完全负重时间		
2 个月界值组( $\leq 2\text{ 个月}/>2\text{ 个月}$ )	2.41(1.76,3.30)	2.57(1.03,6.38)
3 个月界值组( $\leq 3\text{ 个月}/>3\text{ 个月}$ )	0.95(0.64,1.43)	0.95(0.64,1.43)

注:1)年龄和体质量指数连续性变量组的综合效应量为 MD,其余暴露因素的综合效应量均为 OR。

## 2.5 发表偏倚分析结果

基于 Garden 分型进行发表偏倚分析, Egger's 检验结果提示不存在发表偏倚 ( $P=0.190$ )。

## 3 讨论

本研究结果显示, 年龄和骨质疏松是 FNF 空心螺钉内固定术后 FNS 的危险因素。随着年龄增长, 体力活动减少、机体营养吸收能力下降, 骨重建失衡造成骨量丢失<sup>[25]</sup>。关于体质量指数对 FNS 的影响, 本研究没有得出明确的结论, 但其中多数研究<sup>[9, 13-14, 16, 19, 22]</sup>报道高体质量指数是 FNS 的危险因素。一般认为高体重会增加骨骼的机械负荷, 刺激骨重塑, 导致骨密度升高; 但高龄合并肥胖, 往往伴随着机体脂代谢异常与内分泌紊乱, 这些因素会导致破骨细胞活性增强和骨形成减少, 进而引发骨质疏松<sup>[26-28]</sup>。而螺钉固定的强度主要取决于骨-螺钉界面处的骨小梁力学结构强度, 骨质疏松患者骨小梁结构强度降低, 会导致螺钉的把持力下降, 难以对抗体重对骨折端带来的轴向压力, 术后骨折端受到挤压后容易出现 FNS<sup>[29]</sup>。因此, 高龄 FNF 患者术前进行骨密度检测对预测 FNS 具有重要价值。

Garden 分型和 Pauwels 分型是目前最常用的 FNF 分型方法, 对手术规划和预后判断具有重要价值<sup>[30-32]</sup>。本研究结果显示, Garden III ~ IV 型和 Pauwels III 型均为 FNS 的危险因素。Garden III ~ IV 型和 Pauwels III 型 FNF 多由高能量损伤导致, 且多伴有骨折端皮质骨粉碎, 这意味着断端移位更明显、骨折不稳定。研究显示, 合并骨折端皮质骨粉碎的 FNF 患者, 无论使用何种构型的空心螺钉固定方式, FNS 发生率均明显高于皮质骨完整者<sup>[33-34]</sup>。FNF 空心螺钉内固定术后, 对抗短缩的作用力来自于骨折断端皮质骨的有效抵抗, 而皮质骨粉碎的骨折端在髋周肌肉收缩及空心螺钉的加压作用下无法形成有效抵抗来对抗 FNS 的发生。术中通过牵引复位可使股骨颈恢复到一定长度, 但仅尖端有部分螺纹的空心螺钉会使骨折远端向近端滑动加压, 这虽然有利于骨折愈合, 但也会导致 FNS 的发生。

关于完全负重时间与 FNS 的关系, 本研究没有得出明确的结论, 其中 4 项研究<sup>[9, 11-12, 24]</sup>报道术后 2 个月内完全负重是 FNS 的危险因素, 5 项研究<sup>[10, 13-14, 16-17]</sup>报道术后 3 个月内完全负重与 FNS 的关联性无统计学意义。这可能与各医疗机构的诊疗方案和患者样

本差异有关。对于 FNF 空心螺钉内固定术后的完全负重时间, 目前尚未形成共识, 临床中应根据骨折类型及骨折端固定的稳定性等因素来决定。

Singh 指数是以股骨近端骨小梁形态判断骨量流失的形态学指标, 级别越低提示骨量流失越严重。此次 Meta 分析结果显示, Singh 指数 IV ~ VI 级也是 FNS 的危险因素。这与 Meta 分析结果中骨质疏松是 FNS 的危险因素矛盾。这可能是由于 Singh 指数 IV ~ VI 级的患者多较为年轻, 而年轻 FNF 患者的骨折多由高能量损伤导致, 损伤机制复杂、骨折端粉碎较严重、解剖复位较困难, 并且年轻患者术后下地负重较早, 这些都会导致 FNS 的风险增加。

关于 FNF 的手术时机, 目前尚未形成共识, 本研究也未能得出明确结论。但有证据表明, 尽早手术可以有效降低 FNF 术后骨折不愈合和股骨头坏死的发生率<sup>[35-36]</sup>。相关指南也建议, 无论老年还是年轻患者, 发生 FNF 后都应尽快安排手术<sup>[37]</sup>。FNF 发生后, 尤其是移位型、不稳定性骨折会造成严重的血管损伤, 导致局部血供不足, 而且严重的移位会导致关节囊内压力升高, 造成残留动脉阻塞和卡压, 从而进一步损伤局部血供, 使骨折端骨细胞活性下降, 发生坏死骨, 最终在骨折愈合过程中骨吸收和骨折端挤压的双重作用下发生 FNS。尽早手术, 无论是切开还是闭合手术, 均可建立髋关节囊与外界连通的钉道, 从而降低关节囊内压力。因此, FNF 发生后, 若无明显手术禁忌证, 应尽早手术, 保护骨折端残余血供、促进血管修复, 减少 FNS 的发生。

复位质量也是影响 FNF 预后的重要因素。解剖复位可以避免骨折端血管扭曲, 有利于股骨头血供重建<sup>[38-39]</sup>, 减少骨折端骨吸收, 降低 FNS 的风险。本研究结果显示, Garden 指数 III ~ IV 级是 FNS 的危险因素, 也证实了这一点。切开复位也被证实是 FNS 的危险因素。这可能与选择切开复位的骨折往往更复杂有关。但切开复位可以取得更好的复位效果, 还可以更好地释放关节囊内压力, 降低股骨头坏死的发生率。同时, 本研究结果显示, 置钉方式与 FNS 的关联性无统计学意义。但有研究表明, 对于高能量损伤导致的 Pauwels III 型等不稳定骨折, 平行分布的螺钉易导致骨折块沿螺钉轴线产生滑动效应, 而且这种固定方式缺乏足够的抗剪切力, 易发生颈干角丢失、FNS、内固定失效等并发症<sup>[40]</sup>。因此, 对于 FNF 患者, 我们

应尽量追求解剖复位,并综合考虑患者年龄、骨折类型及术者经验等因素,选择合适的手术方案。

本研究存在的局限性包括:①研究只纳入了中、英文文献,且多为中国学者的研究,不能排除人种、地域等因素的影响;②部分暴露因素对应的研究数量较少,可能会对研究结果造成一定影响。因此,未来仍需进行多中心、大样本的流行病学调查,进一步明确 FNF 内固定术后 FNS 的危险因素。

现有证据表明,年龄、骨质疏松、Singh 指数Ⅳ~Ⅵ级、Garden Ⅲ~Ⅳ型、Pauwels Ⅲ型、切开复位、Garden 指数Ⅲ~Ⅳ级是 FNF 空心螺钉内固定术后 FNS 的危险因素,体质量指数、受伤至手术时间、完全负重时间与 FNS 的关系尚不明确。临床中可根据以上研究结果,加强对 FNF 患者的术前评估和手术规划,制定针对性的康复策略,尽可能降低 FNF 内固定术后 FNS 的风险。

### 参考文献

- [1] WU H, LI Y, TONG L, et al. Worldwide research tendency and hotspots on hip fracture: a 20-year bibliometric analysis [J]. Arch Osteoporos, 2021, 16(1): 73.
- [2] HAIDER T, SCHNABEL J, HOCHPÖCHLER J, et al. Femoral shortening does not impair functional outcome after internal fixation of femoral neck fractures in non-geriatric patients [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2018, 138(11): 1511–1517.
- [3] CROSBY J M, PARKER M J. Femoral neck collapse after internal fixation of an intracapsular hip fracture: does it indicate a poor outcome? [J]. Injury, 2016, 47(12): 2760–2763.
- [4] SINGH M, RIGGS B L, BEABOUT J W, et al. Femoral trabecular-pattern index for evaluation of spinal osteoporosis [J]. Ann Intern Med, 1972, 77(1): 63–67.
- [5] GARDEN R S. Low-angle fixation in fractures of the femoral neck [J]. J Bone Joint Surg Br, 1961, 43-B(4): 647–663.
- [6] BARTONÍČEK J. Pauwels' classification of femoral neck fractures: correct interpretation of the original [J]. J Orthop Trauma, 2001, 15(5): 358–360.
- [7] GARDEN R S. Stability and union in subcapital fractures of the femur [J]. J Bone Joint Surg Br, 1964, 46: 630–647.
- [8] STANG A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses [J]. Eur J Epidemiol, 2010, 25(9): 603–605.
- [9] 张番, 杜云峰. 股骨颈骨折复位内固定后股骨颈短缩的因素分析 [J]. 数理医药学杂志, 2022, 35(2): 197–199.
- [10] 吴涛华. 青壮年外展嵌插型股骨颈骨折术后出现股骨颈短缩的影响因素 [J]. 实用中西医结合临床, 2022, 22(23): 58–61.
- [11] 牟帅, 肖鹏, 张建亮, 等. 股骨颈骨折复位内固定后股骨颈短缩的发生率及相关因素 [J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(21): 3304–3309.
- [12] 陈德, 王海洋, 郭思远, 等. 股骨颈骨折复位内固定术后股骨颈短缩危险因素分析 [J]. 创伤与急危重病医学, 2020, 8(6): 434–437.
- [13] 冯晓飞. 股骨颈骨折内固定术后股骨颈短缩的临床研究 [D]. 宁波: 宁波大学, 2018.
- [14] LIU Y, AI Z S, SHAO J, et al. Femoral neck shortening after internal fixation [J]. Acta Orthop Traumatol Turc, 2013, 47(6): 400–404.
- [15] 刘红伟. 老年股骨颈骨折患者内固定术后发生股骨颈短缩的影响因素 [J]. 黑龙江医药科学, 2022, 45(4): 151–152.
- [16] 潘永飞, 何一成, 张晓峰. 股骨颈骨折空心螺钉固定术后股骨颈短缩影响因素的初步分析 [J]. 当代医学, 2019, 25(33): 21–24.
- [17] 余波, 周道政, 包毅, 等. 股骨颈骨折内固定术后股骨颈短缩的影响因素分析 [J]. 中国中医骨伤科杂志, 2016, 24(6): 41–44.
- [18] 蒲晓斌, 李裕标, 马波, 等. 内固定术后股骨颈短缩的多因素分析及其对骨折的影响 [J]. 现代生物医学进展, 2012, 12(17): 3263–3266.
- [19] ZHAO F, GUO L, WANG X, et al. Analysis on risk factors for neck shortening after internal fixation for Pauwels II femoral neck fracture in young patients [J]. Eur J Med Res, 2021, 26(1): 59.
- [20] CHEN X, ZHANG J, WANG X, et al. Incidence of and factors influencing femoral neck shortening in elderly patients after fracture fixation with multiple cancellous screws [J]. Med Sci Monit, 2017, 23: 1456–1463.
- [21] SLOBOGEAN G P, STOCKTON D J, ZENG B F, et al. Femoral neck shortening in adult patients under the age of 55 years is associated with worse functional outcomes: analysis of the prospective multi-center study of hip fracture outcomes in China (SHOC) [J]. Injury, 2017, 48(8): 1837–1842.
- [22] ZIELINSKI S M, KEIJSERS N L, PRAET S F, et al. Femoral neck shortening after internal fixation of a femoral neck fracture [J]. Orthopedics, 2013, 36(7): e849–e858.

- [23] SUNG Y B, JUNG E Y, KIM K I, et al. Risk factors for neck shortening in patients with valgus impacted femoral neck fractures treated with three parallel screws: is bone density an affecting factor? [J]. *Hip Pelvis*, 2017, 29(4): 277–285.
- [24] 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.
- [25] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊疗指南(2022)[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2022, 15(6): 573–611.
- [26] HAJAR R. Risk factors for coronary artery disease: historical perspectives[J]. *Heart Views*, 2017, 18(3): 109–114.
- [27] YOU L, TEMIYASATHIT S, LEE P, et al. Osteocytes as mechanosensors in the inhibition of bone resorption due to mechanical loading[J]. *Bone*, 2008, 42(1): 172–179.
- [28] 秦威城, 何博文, 尚奇, 等. 从脂代谢指标探究骨质疏松症和骨质疏松性骨折的风险因素[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2023, 29(12): 1791–1796.
- [29] 栗林, 徐毓菡, 周英杰, 等. 腰椎椎体间融合术后 cage 后移危险因素的 Meta 分析[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2023, 33(10): 917–927.
- [30] VAN EMBDEN D, ROUKEMA G R, RHEMREV S J, et al. The Pauwels classification for intracapsular hip fractures: is it reliable? [J]. *Injury*, 2011, 42(11): 1238–1240.
- [31] VAN EMBDEN D, RHEMREV S J, GENELIN F, et al. The reliability of a simplified Garden classification for intracapsular hip fractures[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2012, 98(4): 405–408.
- [32] BEIMERS L, KREDER H J, BERRY G K, et al. Subcapital hip fractures: the Garden classification should be replaced, not collapsed[J]. *Can J Surg*, 2002, 45(6): 411–414.
- [33] POLAT A, MISIR A, BUYUKKUSCU M O, et al. Factors associated with femoral neck shortening after closed or open reduction and screw fixation[J]. *Indian J Orthop*, 2022, 56(2): 303–311.
- [34] 吾米提·塔西, 马信龙, 韩哲, 等. 断端皮质粉碎对青壮年股骨颈骨折股骨颈动力交叉钉系统固定术后疗效的影响研究[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23(9): 775–781.
- [35] JAIN R, KOO M, KREDER H J, et al. Comparison of early and delayed fixation of subcapital hip fractures in patients sixty years of age or less[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2002, 84(9): 1605–1612.
- [36] ALKHATIB N, YOUNIS M H, HEGAZY A, et al. Early versus late treatment of paediatric femoral neck fractures: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int Orthop*, 2019, 43(3): 677–685.
- [37] 中华医学会骨科学分会创伤骨科学组, 中国医师协会骨科医师分会创伤专家工作委员会. 成人股骨颈骨折诊治指南[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2018, 20(11): 921–928.
- [38] QIU L, HUANG Y, LI G, et al. Essential role of reliable reduction quality in internal fixation of femoral neck fractures in the non-elderly patients—a propensity score matching analysis[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 346.
- [39] WANG Y, MA J X, YIN T, et al. Correlation between reduction quality of femoral neck fracture and femoral head necrosis based on biomechanics [J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(2): 318–324.
- [40] 魏文卿, 崔海坡, 陈舰, 等. 不同固定方式对股骨颈骨折固定效果的影响[J]. *医用生物力学*, 2020, 35(2): 216–222.

(收稿日期: 2024-06-13 本文编辑: 李晓乐)

(上接第 43 页)

- [20] DUMBRIGUE H B, DUMBRIGUE E C, DUMBRIGUE D C, et al. Reporting of sample size parameters in randomized controlled trials published in prosthodontic journals [J]. *J Prosthodont*, 2019, 28(2): 159–162.
- [21] 冯国双. 临床研究中样本量估算的影响因素[J]. *慢性病学杂志*, 2022, 23(5): 687–690.
- [22] HU J, FENG S, ZHANG X, et al. The use of multiple primary outcomes in randomized controlled trials of Chinese herbal medicine [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2021, 2021: 9975351.
- [23] ODUTAYO A, GRYAZNOV D, COPSEY B, et al. Design, analysis and reporting of multi-arm trials and strategies to address multiple testing[J]. *Int J Epidemiol*, 2020, 49(3): 968–978.

(收稿日期: 2024-06-24 本文编辑: 吕宁)