

髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定相关并发症预测模型建立与验证

王晓伟 杨红梅 孙天胜 刘智 刘川 高杰

【摘要】 **目的** 建立髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定并发症预测模型并验证其效能。**方法** 回顾性分析2015年1月至2022年12月期间我院骨科采用髓内钉治疗的451例股骨转子间骨折患者资料,平均年龄(81.97±7.91)岁,其中男性129例,女性322例,A1型135例,A2型225例,A3型91例,按照3:1的比例将患者随机分配至建模组(338例)和验证组(113例),利用建模组数据,采用Logistic回归分析筛选术后内固定并发症的独立危险因素,并构建预测模型;利用验证组数据,使用受试者工作曲线分析其预测效能,利用Hosmer-Lemeshow拟合优度检验评价其拟合程度。**结果** 平均随访时间(19.08±9.50)月,随访期间共有72例(15.9%)内固定并发症,其中头钉切出16例(INTERTAN 11例,PFNA 5例),切穿股骨头5例(INTERTAN 1例,PFNA 4例),断钉2例(INTERTAN 1例,PFNA 1例),骨不连合17例(INTERTAN 13例,PFNA 4例),过度退出32例(INTERTAN 9例,PFNA 24例),多因素Logistic结果显示:不稳定骨折、复位质量差、重度骨质疏松、PFNA和开始负重时间>4周是术后内固定并发症的独立危险因素($P<0.05$)。基于以上指标构建预测模型,建模组ROC曲线下面积为0.864,灵敏度和特异度分别为0.882和0.700,模型拟合度良好($\chi^2=5.094, P=0.747$)。验证组ROC曲线下面积为0.858,灵敏度和特异度分别为0.810和0.804, Youden指数为0.614,且该模型拟合程度良好($\chi^2=8.110, P=0.423$)。**结论** 不稳定骨折、复位质量差、重度骨质疏松、PFNA和开始负重时间>4周是髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定并发症的独立危险因素,基于以上指标建立的预测模型具有良好的预测效能。

【关键词】 老年人; 股骨转子间骨折; 内固定并发症

Establish a predictive model for postoperative complications of intramedullary nailing in the treatment of elderly intertrochanteric fractures and validate its effectiveness Wang Xiaowei, Yang Hongmei, Sun Tiansheng, Liu Zhi, Liu Chuan, Gao Jie. Department of orthopedics, the seventh medical center, General Hospital of the Chinese people's Liberation Army, Beijing 100700, China

Corresponding author: Gao Jie, Email: liuyedao101@126.com

【Abstract】 **Objective** To establish a prediction model for postoperative complications of intramedullary nail treatment for elderly intertrochanteric fractures and verify its effectiveness. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the data of 451 patients with intertrochanteric fractures treated with intramedullary nails in our orthopedic department from January 2015 to December 2022. The average age was 81.97±7.91 years, including 129 males and 322 females, 135 patients with A1 type, 225 patients with A2 type, and 91 patients with A3 type. The patients were randomly assigned to a modeling group (338 cases) and a validation group (113 cases) in a 3:1 ratio. Using the modeling group data, logistic regression analysis was used to screen for independent risk factors for postoperative internal fixation complications, and a prediction model was constructed; Using validation group data, we analyzed its predictive performance using the subject work curve, and evaluate its fitting degree using Hosmer Lemeshow fitting toxicity test. **Results** There were a total of 72 cases (15.9%) after surgery, including 16 cases (11 cases of INTERTAN, 5 cases of PFNA), 5 cases (1 case of INTERTAN, 4 cases of PFNA), 2 cases (1 case of INTERTAN, 1 case of PFNA), 17 cases (13 cases of INTERTAN, 4 cases of PFNA), and 32 cases (9 cases of INTERTAN, 24 cases of PFNA)

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2026.01.006

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(82172389); 北京科技新星计划(Z181100006218031)

作者单位: 100700 北京, 中国人民解放军总医院第七医学中心骨科

通信作者: 高杰, Email: liuyedao101@126.com

of excessive withdrawal. Multivariate logistic analysis showed that unstable fractures, poor reduction quality, severe osteoporosis, PFNA, and weight-bearing time>4 weeks were independent risk factors for postoperative internal fixation complications ($P<0.05$). Based on the above indicators, a prediction model was constructed with a modeling group ROC curve area of 0.864, sensitivity and specificity of 0.882 and 0.7, respectively. The model fit was good ($\chi^2=5.094, P=0.747$). The area under the ROC curve of the validation group is 0.858, with sensitivity and specificity of 0.810 and 0.804, respectively. The Youden index is 0.614, and the model fits well ($\chi^2=8.110, P=0.423$). **Conclusions** Unstable fractures, poor reduction quality, severe osteoporosis, PFNA, and weight-bearing time>4 weeks are independent risk factors for postoperative internal fixation complications in the treatment of elderly intertrochanteric fractures with intramedullary nails. The predictive model established based on these indicators has good predictive performance.

【Key words】 Aged; Intertrochanteric fracture; Complications of internal fixation

随着我国人口老龄化趋势的日益显著,股骨转子间骨折的发病率持续上升。这类患者往往具有高龄、合并症复杂、预后不良等特点,目前临床普遍主张通过手术治疗实现疼痛缓解与功能康复双重目标^[1-2]。当前外科干预策略主要分为两大类:以动力髌螺钉为代表的髓外固定系统^[3]和以股骨近端髓内钉(PFNA和INTERTAN)为核心的髓内固定体系^[4]。生物力学研究^[5]证实,髓内固定因其负荷传导更符合股骨近端解剖轴线,在抗旋转稳定性方面具有明显优势,临床研究^[6]报道髓内固定系统预后由于髓外固定,国内指南^[7]推荐股骨转子间骨折优先选择髓内固定系统,髓内固定在临床应用越来越广泛。

尽管髓内固定技术显著改善了临床疗效,但术后仍存在内固定失效的风险,而内固定失效会导致髋关节功能障碍、卧床时间延长及死亡风险升高^[8-9]。认识并避免内固定失效危险因素对于提高股骨转子间骨折临床预后十分重要,虽然近年来学者对内固定失效的相关危险因素进行了初步探讨^[8-10],但现有研究存在样本规模较小、随访周期不足、结局指标异质性高等局限,且缺乏合适预测模型,难以为临床决策提供充分依据。本研究拟通过多因素分析筛选髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定失效危险因素,构建并验证内固定实习风险预测模型,以期早期识别高危患者,为高危患者尽早提供个体化干预策略。

资料与方法

一、纳入与排除标准

纳入标准:年龄 ≥ 60 岁、股骨转子间骨折、低能量损伤、受伤前可独立行走、门诊连续随访6月以上;排除标准:年龄 < 60 岁、股骨颈骨折、转子下骨

折、病理性骨折、骨折愈合前死亡、拒绝随访及资料不完整的患者。

二、一般资料

采用回顾性研究,选择2015年1月至2022年12月我院收治的股骨转子骨折患者作为研究对象,共451例患者符合入组标准,平均年龄 (81.97 ± 7.91) 岁,其中男性129例,女性322例,根据2018年的AO/ASIF (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen - Association for the Study of Internal Fixation)分型^[11]将患者分为A1、A2和A3型,其中A1型为稳定型骨折,A2和A3型为不稳定型骨折,A1型135例,A2型225例,A3型91例,稳定型骨折135例,不稳定骨折316例。

术前并存病主要有高血压病247例(54.8%)、糖尿病118例(26.2%)、心律失常75例(16.6%)、冠心病119例(26.4%)、肾功能不全29例(6.4%)、COPD (慢性阻塞性肺部疾病,chronic obstructive pulmonary disease)41例(9.1%)。本研究得到解放军总医院第七医学中心伦理委员会批准(S2021-062-35),所有患者均知情同意并签署知情同意书。

三、治疗方法

入院后开始下肢静脉血栓预防,治疗相关内科疾病,尽早安排手术治疗,我院髓内钉种类包括PFNA(proximal femoral nail anti-rotation,瑞士,辛迪斯公司)和INTERTAN(美国,施乐辉公司)。术中首先尝试闭合复位,如3次闭合复位困难,就需要采用切开复位,本研究中406例行闭合复位内固定,45例采用切开复位。根据骨折线累及范围选择合适的髓钉长度,如骨折线累及转子下4 cm选择长钉,反之选择短钉,本研究中76例选择长钉,375例使用短钉。

手术操作过程:患者仰卧位于骨科牵引床,健肢外展位牵引,患肢伸直位牵引固定,在C型臂辅助

下调整患肢牵引力量和旋转角度,如复位满意后,在股骨大转子顶点上方取长约2 cm的纵形皮肤切口,逐层显露皮肤、皮下至股骨大转子尖,在股骨大转子尖内侧向股骨髓腔置入1枚导针,C型臂确认导针位于髓腔中央,阶梯钻沿导针开口,扩髓器扩髓后,选择合适长度的主钉,将其沿导针置入股骨髓腔,调整前倾角后,通过瞄准器定位,将1枚(PFNA)或2枚(INTERTAN)螺纹导针置入股骨头关节面下1 cm处,C型臂透视导针位于股骨颈及股骨头正中或偏下1/3,将合适长度的头钉(PFNA或INTERTAN)沿导针置入,随后通过瞄准器置入远端螺钉,逐层缝合切口。在切开复位的患者中,在骨折端外侧取长约3~4 cm皮肤切口,逐层显露至骨折端,根据骨折情况选择合适的辅助装置(骨剥、骨钩等)复位。术后复查双髋关节X线,根据Baumgaertner评分^[12]评估骨折复位质量,判定标准为:①颈干角正常或轻度外翻和侧方成角<20°和②骨块移位<4 mm,满足2条判定为优,满足1条为良,2条都不满足判定为差。使用TAD(tip apex distance, TAD, 尖顶距)值评估术后头螺钉位置,评估方法为术后标准正侧位下头螺钉尖端到股骨头关节面顶点的距离之和。

术后第2日就开始进行抬腿训练,随后在疼痛允许的范围内鼓励患者早期下地活动,开始可在助行器辅助下进行部分负重,常规在术后4周内达到完全负重,逐步恢复正常行走功能。患者出院后,分别在术后4周、8周、12周、6月随访,记录患者最后一次随访时的骨折愈合情况和内固定位置。

四、内固定并发症诊断标准

术后观察内固定相关并发症,包括头螺钉切出、切入、断裂、过度退出、内固定断裂和骨折不愈合,其中头螺钉切出(cut out)^[9]是指头螺钉向外上方移位,进而导致骨块旋转移位,发生髓内翻畸形;头螺钉切入(cut through)^[9]是指头螺钉向内侧移位,穿透股骨头,进入髓臼,同时不伴有骨折移位;头螺钉过度退出(over sliding)^[13]是在骨折愈合过程中头颈块向外侧移位,头螺钉退出距离超过10 mm。骨折不愈合,术后6个月骨折未愈合,且在接下来3个月内无愈合趋势,可判定为骨折不愈合。内固定断裂是指内固定物断裂,包括头螺钉、主钉和远端锁钉。

五、统计学分析

统计学分析采用SPSS 23.0软件(IBM公司,美国),计量资料使用均数±标准差表示,组间比较采用t检验;计数资料以例(%)的形式表示,组间比较

采用 χ^2 检验或Fisher精确检验。由研究者使用统计学软件将患者生成随机数字,使用简单随机法将患者按照3:1的比例分为建模组和验证组,建模组的数据用于建立预测模型,验证组数据用于评估模型的预测效能。首先在建模组中进行单因素分析,自变量包括年龄、性别、骨折类型、伤前并存病、骨密度、复位质量、螺钉位置和内固定类型,自变量赋值方法如表1,以 $P<0.05$ 为标准筛选出纳入多因素Logistic回归分析的自变量,通过多因素Logistic回归分析建立股骨转子间骨折术后内固定并发症的预测模型,根据预测模型使用R语言绘制股骨转子间骨折内固定失效的Nomogram列线图。在验证组中根据预测模型绘制ROC曲线,计算曲线下面积(AUC)评估模型的预测效能,通过Hosmer-Lemeshow拟合优度检验评价预测模型的拟合度。 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、一般结果

共451例患者符合入组标准,平均随访时间(19.08±9.50)月。术后共有72例(15.9%)并发症,并

表1 自变量名称及赋值

变量	赋值
年龄	1=年龄>80岁,0=年龄≤80岁
性别	1=男,0=女
并存病	
高血压病	1=有,0=无
冠心病	1=有,0=无
心律失常	1=有,0=无
糖尿病	1=有,0=无
肺部感染	1=有,0=无
COPD	1=有,0=无
肾功能不全	1=有,0=无
骨密度	1=T≤-3.0,0=T>-3.0
骨折类型	1=不稳定型骨折,0=稳定型骨折
手术时机	1=入院至手术>48 h,0=入院至手术≤48 h
麻醉方式	1=全身麻醉,0=区域麻醉
复位方法	1=切开,0=闭合
复位质量	1=复位质量差,0=复位质量优或良
螺钉位置	1=TAD≥25 mm,0=TAD<25 mm
内固定种类	1=PFNA,0=Inter-Tan
开始负重时间	1=开始负重时间>4周,0=开始负重时间≤4周

发症原因:头螺钉切出16例(INTERTAN 11例,PFNA 5例),头螺钉切入5例(INTERTAN 1例,PFNA 4例),断钉2例(INTERTAN 1例,PFNA 1例),骨折不愈合17例(INTERTAN 13例,PFNA 4例),头螺钉过度退出32例(INTERTAN 9例,PFNA 24例);并发症出现时间:术后1月10例,术后1~3月20例,术后3~6月17例,术后6~12月11例,术后12月以上14例。

按照3:1的比例将患者随机分为建模组和验证组,建模组患者338例,平均年龄(82.15±7.89)岁,男98例,女240例,随访期间内固定并发症51例;验证组患者113例,平均年龄(81.40±7.97),男31例,女82例,随访期间内固定并发症21例。两组患者基线资料比较无统计学意义($P>0.05$),见表2。

二、髓内钉治疗股骨转子间骨折术后内固定并发症单因素分析

单因素分析结果显示,具有统计学意义的因素共7个,包括年龄、骨密度、骨折类型、麻醉方式、复位质量、内固定类型和负重时间与术后内固定并发症相关(表3)。

三、髓内钉治疗股骨转子间骨折术后内固定并发症多因素 Logistic 回归分析

将单变量分析中具有统计学差异的变量纳入多因素 Logistic 回归分析中,采用向前逐步法进行进一步筛选,结果显示:不稳定骨折、复位质量差、重度骨质疏松、PFNA 和开始负重时间>4周是术后内固定并发症的独立危险因素($P<0.05$,表4)。

四、髓内钉治疗股骨转子间骨折术后内固定并发症预测模型的构建

根据上述5个独立因素(表4)和各自因素对应的回归系数,构建髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定并发症的预测模型, $Z=-5.773+2.939\times(\text{年龄})+1.462\times(\text{骨折类型})+0.792\times(\text{内固定方式})+1.194\times(\text{骨密度})+0.953\times(\text{开始负重时间})$ 。绘制髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定并发症的列线图(图1)。根据列线图中的自变量分类,可算出每项指标对应的得分,将各项得分相加计算总分,总分对应的预测概率就是髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定并发症的概率。

五、预测模型的验证

本研究通过 ROC 曲线分析及 Hosmer-Lemeshow 检验对预测模型的区分度和校准度进行验证,结果显示,建模组术后内固定并发症 ROC 曲线下面积为0.864,95% CI为0.812-0.916(图2),灵敏度和

特异度分别为0.882和0.700,Youden指数为0.582,Hosmer-Lemeshow 检验结果显示,模型预测值与实际观测值差异无统计学意义($\chi^2=5.094,P=0.747$)。

在验证组,应用 ROC 曲线评估上述预测模型,结果显示,曲线下面积为0.858(95% CI: 0.747, 0.948),灵敏度和特异度分别为0.810和0.804,Youden指数为0.614,说明该模型的区分能力较好,Hosmer-Lemeshow 检验结果显示,模型预测值与实际观测值差异无统计学意义($\chi^2=8.110,P=0.423$),说明该模型拟合程度较好。

讨 论

髓内钉质量股骨转子间骨折具有手术时间短,创伤小,生物力学性能好的特点,目前已成为股骨转子间骨折治疗的主要固定方式^[4],但术后仍有可能出现各种内固定并发症,不仅会增加患者痛苦,也加剧社会和家庭的经济负担。提前识别高危患者,采取相应措施,理论上可以降低内固定并发症,提高临床预后。本研究构建了髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定失效风险的预测模型,结果显示,不稳定骨折、复位质量差、重度骨质疏松、PFNA 和负重时间>4周是术后内固定并发症的独立危险因素,建模组 ROC 曲线下面积为0.864,验证组 ROC 曲线下面积为0.858,说明该预测模型在老年股骨转子间骨折中筛选出术后内固定并发症患者的能力强,准确度和特异度高。此外,在校准度的检验中, P 值分别为0.747和0.423,均大于0.05,说明预测模型在老年股骨转子间骨折中识别出术后内固定并发症的概率与实际发生率接近,即预测模型校准度好。

一、髓内钉治疗股骨转子间骨折术后内固定并发症

目前关于股骨转子间骨折术后内固定并发症的报道较多,但随访时间不同,对内固定并发症的定义不一致,因此,结果千差万别^[15,16,17]。David J Ciufu等^[15]报道髓内钉治疗老年股骨转子间骨折后内固定并发症率为4%,但随访时间局限在术后3个月内。Zhang等^[16]报道髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后4个月内失效率为10.7%,随访时间较短。赵晓涛等^[17]报道PFNA治疗股骨转子间骨折术后3个月内固定失效率为3.3%,但未对受伤机制、年龄限制。本研究报道髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定并发症15.9%,以头钉过度退出和骨不连最为常见,

术后6个月内发生并发症高峰,进一步研究发现PFNA以头螺钉过度退出和切入最常见,而INTERTAN以头螺钉切出和骨不连为主,可能与内固定设计理念有关,PFNA髓内钉不限制头螺钉向外滑动,当骨

表2 建模组和验证组老年股骨转子间骨折患者基线资料比较[例(%)]

指标	建模组(n=338例)	验证组(n=113例)	χ^2 值	P值
年龄(岁)				
≤80	130(38.5)	44(38.9)	0.008	0.928
>80	208(61.5)	69(61.2)		
性别				
男	98(29.0)	31(27.4)	0.101	0.751
女	240(71.0)	82(72.6)		
并存病				
高血压病	184(54.4)	63(55.8)	0.059	0.808
冠心病	88(26.0)	31(27.4)	0.085	0.770
心律失常	50(14.8)	25(22.1)	3.283	0.070
糖尿病	87(25.7)	31(27.4)	0.126	0.723
肺部感染	44(13.0)	22(19.5)	2.821	0.093
COPD	28(8.3)	13(11.5)	1.063	0.303
肾功能不全	24(7.1)	5(4.4)	1.008	0.315
骨密度(T≤-3.0)	160(47.3)	51(45.1)	0.165	0.684
骨折类型			0.981	0.322
稳定型	97(28.7)	38(33.6)		
不稳定型	241(71.3)	75(66.4)		
手术时机				
≤48 h	92(27.2)	29(25.7)	0.104	0.747
>48 h	246(72.8)	84(74.3)		
麻醉方式				
全身麻醉	93(27.5)	40(35.4)	2.531	0.112
区域麻醉	245(72.5)	73(64.6)		
复位方法				
切开	32(9.5)	13(11.5)	0.391	0.532
闭合	306(90.5)	100(88.5)		
复位质量				
优或良	300(88.8)	103(91.2)	0.510	0.475
差	38(11.2)	10(8.8)		
TAD				
<25 mm	291(86.1)	99(87.6)	0.166	0.683
≥25 mm	47(13.9)	14(12.4)		
内固定类型				
PFNA	126(37.3)	39(34.5)	0.279	0.597
INTERTAN	212(62.7)	74(65.5)		
髓内钉长度				
短钉	283(83.7)	92(81.4)	0.323	0.570
长钉	55(16.3)	21(18.6)		
开始负重时间				
≤4周	131(38.8)	49(43.4)	0.749	0.387
>4周	207(61.2)	64(56.6)		

折端存在间隙时可导致头螺钉向外侧过度退出;此外,PFNA置入过程中会夯实周围骨质,导致头螺钉向股骨头上方切出困难,但PFNA尖端锐利,因此更容易发生螺钉向前方穿出股骨头。INTERTAN髓内

表3 建模组老年股骨转子间骨折患者术后内固定并发症单因素分析[例(%)]

项目	并发症组(n=51例)	无并发症组(n=287例)	χ^2 值	P值
年龄(岁)				
≤80	13(25.5)	117(40.8)	4.270	0.039
>80	38(74.5)	170(59.2)		
性别			1.609	0.205
男	11(21.6)	87(30.3)		
女	40(78.4)	200(69.7)		
合并症				
高血压病	26(51.0)	158(55.1)	0.289	0.591
冠心病	12(23.5)	76(26.5)	0.196	0.658
心律失常	5(9.8)	45(15.7)	1.186	0.276
糖尿病	15(29.4)	72(25.1)	0.424	0.515
肺部感染	5(9.8)	40(13.9)	0.641	0.423
COPD	3(5.9)	25(8.7)	0.160	0.689
肾功能不全	5(9.8)	19(6.6)	0.270	0.415
骨密度(T≤-3.0)	34(66.7)	126(43.9)	9.002	0.003
骨折类型				
稳定型	6(11.8)	91(31.7)	8.417	0.004
不稳定型	45(88.2)	196(68.3)		
手术时机				
≤48 h	15(29.4)	77(26.8)	0.146	0.703
>48 h	36(70.6)	210(73.2)		
麻醉方式			4.123	0.042
全身麻醉	20(39.2)	73(25.4)		
区域麻醉	31(60.8)	214(74.6)		
复位方法				
切开	4(7.8)	28(9.8)	0.029	0.667
闭合	47(92.2)	259(90.2)		
复位质量				
优或良	28(54.9)	272(94.8)	68.991	<0.001
差	23(45.1)	15(5.2)		
TAD				
<25 mm	43(84.3)	248(86.4)	0.159	0.690
≥25 mm	8(15.7)	39(13.6)		
内固定类型				
PFNA	25(49.0)	100(19.6)	4.823	0.028
INTERTAN	26(51.0)	187(80.4)		
髓内钉长度				
短钉	44(86.3)	239(83.3)	0.286	0.593
长钉	7(13.7)	48(16.7)		
开始负重时间				
≤4周	13(25.5)	169(58.9)	4.454	0.035
>4周	38(74.5)	118(41.1)		

表4 髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定并发症多因素分析

项目	<i>B</i>	<i>Wald</i>	<i>P</i> 值	<i>OR</i> 值	95% <i>CI</i> 值
复位质量差	2.939	42.116	0.000	18.905	7.781-45.933
不稳定骨折	1.462	7.577	0.006	4.314	1.523-12.216
PFNA	0.792	4.516	0.034	2.208	1.063-4.583
重度骨质疏松	1.194	9.491	0.002	3.301	1.544-7.057
开始负重时间(>4周)	0.953	5.122	0.024	2.593	1.136-5.916

图1 髓内钉治疗老年股骨转子间骨折患者术后内固定并发症预测列线图



图2 建模组老年股骨转子间骨折患者术后内固定并发症预测模型的ROC曲线

图3 验证组老年股骨转子间骨折患者术后内固定并发症预测模型的ROC曲线

钉的两枚近端螺钉拧入时可对骨折端加压,加压完毕后置入稳定螺钉,将髓内钉主钉与头钉紧密固定,当骨折端仍存在间隙时,骨折端不能接触,在愈合过程中,头螺钉会向上方切出。

二、髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定并发症危险因素

(一)不稳定类型骨折会增加股骨转子间骨折术后内固定并发症风险

不稳定型股骨转子间骨折包括后内侧骨块粉碎后失去皮质支撑的A2骨折和逆转子间骨折或外侧

壁骨折(A3),此类骨折尽管经过复位和固定,断端依然会发生移位,致使内固定承受全部力量,甚至发生内固定失败。既往许多研究^[9,18]已经报道不稳定型骨折与老年股骨转子间骨折术后内固定并发症密切相关,本研究同样报道不稳定型骨折是术后内固定并发症的独立危险因素,风险比为4.314,进一步证实不稳定骨折在内固定失效过程中起了重要作用。临床工作中,对于不稳定类型股骨转子间骨折,我们在告知患者内固定并发症风险较高基础上,还应采取针对性干预措施,如术中注意复位质量,术后

积极参加康复功能锻炼。

(二)复位质量差可增加股骨转子间骨折术后内固定并发症风险

骨折治疗的三原则:复位、固定和功能锻炼,骨折复位是开展骨折治疗的第一前提要素,骨折复位质量好,可增加骨与骨接触力,减少对内固定物的应力,减少内固定失效的风险。Li等^[19]报道复位质量与股骨转子间骨折术后内固定并发症风险密切相关,通过提高复位治疗可以减少内固定并发症。本研究报道复位质量是股骨转子间骨折术后内固定并发症的独立危险因素,风险比显著高于其他因素,证明复位质量是决定内固定十分成功的最关键因素。临床工作中始终要将骨折复位质量做为最重要的把控指标,对于难复位患者,可使用切开复位,此外,对于复位不良患者,采取延缓下地时间,提前告知要告知患者内固定失效风险。

(三)骨质疏松可增加术后股骨转子间内固定并发症风险

骨质量好可以增加内固定与骨的锚定能力,减少内固定物移位、切割风险,增加骨折愈合能力;反之,骨质量差,可以增加内固定移位、切割风险。本研究报道重度骨质疏松(T 值 ≤ -3.0)显著增加股骨转子间骨折术后内固定失效风险。针对此类重度骨质疏松患者,可采用改良内植物设计、骨水泥强化技术、围术期联合抗骨质疏松药物等措施减少内固定失效风险^[20]。

(四)PFNA会增加股骨转子间骨折术后内固定并发症风险

目前临床应用较多的髓内钉主要有PFNA和INTERTAN,关于两者孰优孰劣争议较大。PFNA采用单枚螺旋刀片,通过打入时挤压松质骨形成骨水泥效应,增加内固定物的锚定力。INTERTAN髓内钉特点是将两枚头颈钉的螺纹结合在一起,在增加防旋的同时,可完成加压。部分学者^[21]认为PFNA在置入头钉的过程中不损失骨量,会减少内固定切割股骨头风险;但也有学者^[22]认为PFNA为单钉固定,抗旋转能力差,缺乏强大的加压能力,而INTERTAN为双钉固定,置入过程中,可完成加压,同时抗旋转能力较单钉系统强。本文结果显示:PFNA术后并发症发生率高于INTERTAN,是术后内固定并发症的独立危险因素($OR=2.208$),但进一步分析发现INTERTAN内固定并发症主要以切出和骨不连为主,而PFNA髓内钉内固定并发症主要以

过度退出为主,因此,对于这一结果需要谨慎对待,笔者建议采用个性化治疗方案,如骨折端接触很好,可选择INTERTAN髓内钉,达到稳定骨折的目的,如骨折端存在一定间隙,则选择PFNA髓内钉,充分利用PFNA滑动加压的特点。

(五)晚期负重会增加股骨转子间骨折术后内固定并发症风险

目前对于股骨转子间骨折术后负重时间具有一定争议。部分学者^[23]认为早期负重可以促使骨折端微动,增加骨折愈合能力。但也有学者^[24]对早期负重持怀疑态度,认为老年人骨质疏松,内固定后如骨折端不能达到有效接触,早期负重可能会发生内固定失效。本研究报道晚期负重(开始负重时间 >4 周)是术后内固定并发症的独立危险因素,符合目前早期下地负重活动,早期功能锻炼的潮流。临床工作中,对于老年股骨转子间骨折患者,在能够耐受疼痛的基础上选择尽可能早期负重,早期功能锻炼。

(六)其他因素

股骨转子间骨折失效是多方面因素共同作用的结果,如患者因素(年龄、性别、骨质疏松、依从性、骨折类型等)、手术因素(医生熟练程度、手术时长、内固定选择、头钉位置等)和术后康复因素(早期负重时间、负重力量等),受样本量及实验设计限制,本研究未能逐一排除,这些因素可能导致部分危险因素 OR 值的95% CI 较宽,需再进一步的研究中逐步验证。

本研究存在一些不足,包括:①本研究为单中心的回顾性研究,代表性差,具有混杂因素控制盲区;②样本量相对较少;③在模型验证中,本研究虽然采用外部验证方法,但仅局限于本单位,缺乏多中心外部验证数据库支撑,影响模型的临床普适性评估。

总之,髓内钉治疗股骨转子间骨折具有一定优越性,但亦有一定失效风险。不稳定骨折、复位质量差、重度骨质疏松、PFNA和负重时间 >4 周会增加术后内固定并发症发生风险,基于以上指标建立的预测模型具有良好的预测效能,可为临床指导老年股骨转子间骨折提供理论依据。

参 考 文 献

- 1 Maheshwari K, Planchard J, You J, et al. Early surgery confers 1-Year mortality benefit in Hip-Fracture patients [J]. J Orthop Trauma, 2018, 32(3): 105-110.
- 2 Johansen A, Viberg B. Nonoperative hip fracture care: how conservative should we be [J]? Acta Orthop, 2025, 96: 174-175.
- 3 Medda S, Sullivan RJ, Marquez-Lara A, et al. Treatment of peritro-

- chanteric femur fractures with proximal femur locked plating [J]. *J Orthop Trauma*, 2019, 33(7): 341-345.
- 4 王晓伟, 杨红梅, 高杰, 等. InterTAN髓内钉固定老年股骨转子间骨折术中限定与不限定头髓钉滑动的失效风险比较 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2024, 26(9): 761-767.
- 5 Kyriakopoulos G, Panagopoulos A, Pasiou E, et al. Optimizing fixation methods for stable and unstable intertrochanteric hip fractures treated with sliding hip screw or cephalomedullary nailing: A comparative biomechanical and finite element analysis study [J]. *Injury*, 2022, 53(12): 4072-4085.
- 6 El Madboh MS, Yonis LMAE, Kabbash IA, et al. Proximal femoral plate, intramedullary nail fixation versus hip arthroplasty for unstable intertrochanteric femoral fracture in the elderly: a meta-analysis [J]. *Indian J Orthop*, 2022, 56(1): 155-161.
- 7 中国脆性骨折联盟, 中国老年医学学会骨与关节分会创伤骨科学术工作委员会, 白求恩·骨科加速康复联盟, 等. 老年股骨转子间骨折诊疗指南 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2020, 22(2): 93-99.
- 8 Şişman A, Avci Ö, Çepni SK, et al. Risk factors for cut-out in intertrochanteric fractures treated with proximal femoral nail of double proximal screw design [J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2022, 28: 101832.
- 9 王晓伟, 杨红梅, 高杰, 等. Inter-Tan髓内钉固定治疗老年股骨转子间骨折术后内固定相关并发症发生的危险因素分析 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2024, 40(8): 692-698.
- 10 Huang JW, Gao XS, Yang YF. Risk factors for cut-outs in geriatric intertrochanteric fractures with cephalomedullary nailing after obtaining acceptable reduction: a case-control study [J]. *BMC Musculoskeletal Disord*, 2022, 23(1): 354.
- 11 Davidson A, Revach Y, Rodham P, et al. New versus Old-How reliable is the new OTA/AO classification for trochanteric hip fractures? [J]. *J Orthop Trauma*, 2023, 37(4): 200-205.
- 12 Baumgaertner MR, Curtin SL, Lindskog DM, et al. The value of the tip-apex distance in predicting failure of fixation of peritrochanteric fractures of the hip [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1995, 77(7): 1058-1064.
- 13 Ortolani A, Lana D, Martucci A, et al. Correlation between cephalic screw positioning of Standard Gamma 3 Nail for intertrochanteric fractures and cut-out incidence [J]. *SICOT J*, 2024, 10: 9.
- 14 Shon OJ, Choi CH, Park CH. Factors associated with mechanical complications in intertrochanteric fracture treated with proximal femoral nail antirotation [J]. *Hip Pelvis*, 2021, 33(3): 154-161.
- 15 Ciufu DJ, DA ZRT, Lipof JS, et al. risk factors associated with cephalomedullary nail cutout in the treatment of trochanteric hip fractures [J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31(11): 583-588.
- 16 Zhang W, Antony Xavier RP, Decruz J, et al. Risk factors for mechanical failure of intertrochanteric fractures after fixation with proximal femoral nail antirotation (PFNA II): a study in a Southeast Asian population [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2021, 141(4): 569-575.
- 17 赵晓涛, 张殿英, 郁凯, 等. 股骨近端防旋髓内钉固定治疗股骨转子间骨折的失效原因分析 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23(3): 202-208.
- 18 Klima ML. Mechanical Complications After Intramedullary Fixation of Extracapsular Hip Fractures [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2022, 30(24): e1550-e1562.
- 19 Li XD, Zhao C, Sun GT, et al. Accurate reduction of medial arch fracture fragments in intertrochanteric fractures: A novel technical note [J]. *Front Surg*, 2023, 10: 1140250.
- 20 Goodnough LH, Wadhwa H, Tigheleaar SS, et al. Indications for cement augmentation in fixation of geriatric intertrochanteric femur fractures: a systematic review of evidence [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2022, 142(10): 2533-2544.
- 21 Li L, Fang X, Gao J, et al. Comparison of InterTAN and PFNA internal fixation for elderly patients with intertrochanteric fracture: A retrospective cohort study [J]. *Pak J Med Sci*, 2024, 40(4): 589-594.
- 22 Wang W, Ni B, Shen H, et al. Meta-analysis of InterTan, PFNA and PFNA-II internal fixation for the treatment of unstable intertrochanteric fractures in elderly individuals [J]. *Acta Orthop Belg*, 2023, 89(1): 51-58.
- 23 Turabi RY, Wyatt D, Guerra S, et al. Barriers and facilitators of weight bearing after hip fracture surgery among older adults. A scoping review [J]. *Osteoporos Int*, 2023, 34(7): 1193-1205.
- 24 Jia XY, Qiang MF, Zhang K, et al. Influence of timing of postoperative Weight-Bearing on implant failure rate among older patients with intertrochanteric hip fractures: a propensity score matching cohort study [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2021, 8: 795595.

(收稿日期: 2025-04-15)

(本文编辑: 吕红芝)

王晓伟, 杨红梅, 孙天胜, 等. 髓内钉治疗老年股骨转子间骨折术后内固定相关并发症预测模型建立与验证 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2026, 12(1): 38-46.