

股骨转子间骨折累及内侧壁损伤患者治疗策略的研究进展

苗锦虎^{1,2}, 戴 璘¹, 陈志豪¹, 邵国喜¹

(1. 吉林大学第二医院骨科, 吉林 长春 130022; 2. 山东省曲阜市人民医院骨科, 山东 曲阜 273100)

[摘 要] 股骨转子间骨折 (ITFF) 是指发生于大转子与小转子之间的骨折, 属于髋关节囊外骨折, 其中累及内侧壁损伤的患者类型在临床中较为多见。对于累及内侧壁损伤的 ITFF 的治疗方法主要以手术为主。手术方法主要包括髓外固定和髓内固定, 但对于采取何种内固定治疗方式目前尚无统一的观点, 尤其在涉及内侧壁不稳定的复杂病例中, 选择髓外固定或是髓内固定仍存争议。最佳治疗方式需根据内侧壁的稳定情况以及患者的基础条件进行个体化决策, 如骨质量、并发症和年龄等因素。然而, 对于不稳定型内侧壁损伤的患者, 应优先恢复内侧壁的骨性支撑和皮质的连续性, 以重建力学稳定性并降低内固定失败风险。现将对股骨转子间的解剖结构、ITFF 的损伤机制、骨折分型、生物力学研究和累及内侧壁损伤的 ITFF 内固定治疗方法进行综述, 系统比较不同固定策略的优劣, 为治疗累及内侧壁损伤的 ITFF 患者提供参考, 以期改善患者预后并促进临床规范化治疗。

[关键词] 股骨转子间骨折; 内侧壁; 解剖结构; 骨折分型; 内固定

[中图分类号] R683.42 **[文献标志码]** A

Research progress in treatment strategies for patients with intertrochanteric femoral fractures involving medial wall damage

MIAO Jinhu^{1,2}, DAI Jin¹, CHEN Zhihao¹, SHAO Guoxi¹

(1. Department of Orthopedics, Second Hospital, Jilin University, Changchun 130022, China;

2. Department of Orthopedics, People's Hospital, Qufu City, Shandong Province, QuFu 273100, China)

ABSTRACT Intertrochanteric femoral fracture (ITFF) refers to a fracture occurring between the greater trochanter and the lesser trochanter, which is an extracapsular fracture of the hip joint. Among these, the type involving medial wall injury is relatively common in clinical practice. The treatment for ITFF involving medial wall injury is primarily surgical. Surgical methods mainly include extramedullary fixation and intramedullary fixation. However, there is currently no unified consensus on which internal fixation method to adopt, especially for complex cases involving medial wall instability, where the choice between extramedullary and intramedullary fixation remains controversial. The optimal treatment approach requires individualized decision-making based on the stability of the medial wall and the patient's baseline conditions,

[收稿日期] 2024-09-23 **[录用日期]** 2024-11-07

[基金项目] 吉林省卫健委卫生健康科技能力提升项目 (2022JC067)

[作者简介] 苗锦虎 (1991—), 男, 山东省济宁市人, 在读硕士研究生, 主要从事髋部骨折、四肢骨折和骨质疏松性骨折方面的研究。

[通信作者] 邵国喜, 副教授, 主任医师, 硕士研究生导师 (E-mail: sgx@jlu.edu.cn)

©《吉林大学学报 (医学版)》编辑部, 开放获取遵循 CC BY-NC-ND 协议。

© Editorial Board of Journal of Jilin University (Medicine Edition). Open access under CC BY-NC-ND license.

such as bone quality, complications, and age. Nevertheless, for patients with unstable medial wall injury, priority should be given to restoring the bony support of the medial wall and cortical continuity to reconstruct mechanical stability and reduce the risk of internal fixation failure. This article reviews the anatomical structure of the intertrochanteric region, the injury mechanism of ITFF, fracture classification, biomechanical research, and internal fixation treatment methods for ITFF involving medial wall injury. It systematically compares the advantages and disadvantages of different fixation strategies, aiming to provide the reference for the treatment of ITFF patients with medial wall injury, with the goal of improving patient prognosis and promoting standardized clinical management.

KEYWORDS Intertrochanteric femoral fracture; Medial wall; Anatomical structure; Fracture classification; Internal fixation

股骨转子间骨折(intertrochanteric femur fractures, ITFF)是临床患者中常见的骨折损伤类型,其发病率随着人口老龄化的加剧呈上升趋势^[1]。由于制动原因,这类患者1年死亡率高达36%^[2]。因此ITFF的治疗目标在于尽早恢复患者的髋部功能,提高患者生活质量,并减少术后并发症。在ITFF中,内侧壁的完整性是影响骨折稳定性和愈合效果的关键因素^[3]。内侧壁损伤使髋部的生物力学环境变得不稳定,增加了复位难度和内固定失败的风险。因此,ITFF累及内侧壁损伤的患者,其治疗难度较高,术后并发症和再次骨折的发生率增加,对临床治疗提出了更高的要求。目前,ITFF的主要手术治疗方法包括髓外固定和髓内固定。然而,并发内侧壁损伤的患者使用现有髓内固定系统的术后并发症发生率高达20.5%^[4]。因此,如何根据患者的骨折类型、内侧壁的损伤程度和骨质状况,选择适宜的固定方法或创新手术策略已成为研究的热点。本文综述了近年来国内外关于ITFF并发内侧壁损伤患者治疗策略的研究进展,重点分析了各类术式的应用现状、适应证和疗效比较,为临床治疗提供参考依据,旨在帮助临床医师更好地理解不同治疗策略的优劣,并为未来研究方向的探索提供思路。

1 股骨转子间内侧壁的概念

股骨转子间内侧壁由股骨颈下端的内侧皮质、小转子及其深部的股骨矩组成,在股骨近端的压应力传递、维持股骨刚度及整体稳定性方面发挥至关重要的作用^[5]。内侧壁的破坏将会显著降低术后股骨近端结构的稳定性,容易导致髓内翻畸形、股骨颈短缩和内固定失败,甚至可能引发二次手术等并发症^[3]。

2 股骨转子间的解剖结构

2.1 股骨矩

股骨矩是一种致密的松质骨垂直板,从股骨颈的后方延伸至股骨干的后内侧,在股骨近端的外侧和内侧之间起到重要的连接作用。这一连接将来自小梁柱的压力有效分散至股骨干,从而在机械支撑和压力传递方面发挥关键作用^[6],是内侧壁的重要组成部分。股骨矩构成了股骨近端真正的后壁,其在该区域的松质骨中发育,以维持股骨干的连续性,并与前壁结合,作为生理性内轴,为该区域提供机械支撑。HAMMER^[6]研究显示:小转子及其深部的股骨矩共同构成了股骨转子间的后内侧壁,是决定骨折稳定性和预后的关键因素。当小转子骨折时,可视为内侧壁股骨矩缺损的标志,属于不稳定性骨折^[7]。

2.2 血管解剖

转子间区域的血液供应主要由股深动脉分支的旋股内侧动脉和旋股外侧动脉提供。其中,旋股内侧动脉发挥主要作用。旋股外侧动脉则供应股骨颈的前部,在大转子顶端的内侧与旋股内侧动脉形成吻合支,共同提供股骨头和颈的血液供应。臀下动脉也为股骨头提供了重要的血液供应^[8],其他血管(臀上动脉、闭孔动脉和圆韧带内的闭孔动脉髂白分支),对股骨头的血供相对较少^[9]。髋部骨折手术时插入导针可能损伤股深动脉的分支,导致假性动脉瘤,严重时可引发大腿筋膜室综合征^[10]。

2.3 肌肉解剖

股骨转子间周围有多种肌肉,在髋关节的活动中各自发挥重要作用。附着于小转子上的髂腰肌是主要的屈髋肌;臀小肌和臀中肌分别附着于大转子的前外侧和外侧,作为髋关节的主要外展肌。梨状肌、上下孖肌、股方肌和闭孔内外肌共同组成髋关节的外旋肌群^[11],股方肌附着于转子间嵴,股内

侧肌和股外侧肌分别附着于转子间线的内外侧^[9]。当股骨转子间发生骨折时,上述肌群的牵拉和收缩作用可能会阻碍骨折的复位。

2.4 神经解剖

髋关节周围的神经主要包括位于髋关节前内侧的闭孔神经、前侧的股神经、后侧的臀上神经以及内侧的股后皮神经和坐骨神经的关节支。其中,股外侧皮神经从髂前上棘内侧约2 cm处发出,然后分成2支,穿过阔筋膜张肌的前缘。在髋部手术中,股外侧皮神经容易受到损伤^[12]。

2.5 骨小梁

在股骨的近端有5组骨小梁:主要张力小梁、主要压力小梁、次要压力小梁、次要张力小梁和大转子小梁。其中,主要压力小梁、主要张力小梁和次要压力小梁围绕形成了Ward三角区域,该区域代表骨密度较低的部位^[12]。研究^[13]表明:Ward三角的增大与ITFF的发生有关。

3 ITFF的损伤机制与骨折分型

3.1 损伤机制

ITFF的损伤机制一般分为低能量损伤和高能量损伤,低能量损伤多见于老年人,男性与女性比例为1:4.6,主要发生于小转子区域,常见原因为跌倒;高能量损伤多发生于年轻患者,多累及内侧壁,常见原因为车祸或高处坠落伤^[14]。

3.2 骨折分型

目前,关于转子间骨折的分型有多种方法,最常用骨折分型主要为Evans分型^[15]和国际内固定研究协会(Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, AO)/骨科创伤协会(Orthopaedic Trauma Association, OTA)分型^[16-18]。1949年,EVANS根据后内侧壁,尤其是小转子的完整性,提出了Evans分型^[15],并强调了内侧壁的稳定性的:I型,单纯转子间骨折;II型,移位伴随小转子撕脱性骨折,股骨矩完整;III型,并发大转子骨折,骨折累及股骨矩,有移位,常伴有转子间后部骨折;IV型,并发小转子粉碎性骨折,可出现股骨颈和大转子冠状面的爆裂骨折;V型,III型与IV型的组合;R型,反转子间骨折,可伴随小转子骨折,股骨矩破坏^[19]。然而,Evans分型主要强调了小转子碎片和后内侧皮质,忽视了前内侧壁、大转子和外侧皮质的重要性。随后,JENSEN^[20]进一步细分了Evans分型,认为大转子和小转子的支撑作用决定了ITFF的稳定性。

AO/OTA分型也广泛应用于转子间骨折的分类。1996版AO/OTA分型和2007版AO/OTA分型与1994年原始AO/OTA分型基本一致^[21],分为3个亚型:A1型,顺转子间线简单骨折;A2型,顺转子间粉碎性骨折,通常伴有小转子的后内侧骨块和邻近的内侧皮质;A3型,逆转子间线骨折。每个亚型又分为3个亚组,共9个类别。其中,A2型按中间骨块数量和小转子骨块向下延伸长度(>1 cm)进行亚组划分。2018版的AO/OTA分型引入了外侧壁的概念,不再采用小转子骨块作为第2级细分指标,而是以20.5 mm作为区分A1与A2型的临界厚度,更加强调外侧壁的重要性^[22]。与1996/2007版AO/OTA分型相比,2018版AO/OTA分型完全修改了ITFF的分类原则。当外侧壁厚度>20.5 mm时为外侧壁完整的A1型;当外侧壁厚度≤20.5 mm时为外侧壁不完整的A2型。A2.2型以一个中间碎片为特征,而A2.3型以2个或2个以上中间游离碎片为特征,原A2.1型被重新划分为简单骨折中的A1.3型,与不稳定的小转子骨折类型A2.2型和A2.3型相区分;A3型则保持不变^[23]。然而,2018版AO/OTA分型也存在不足。ZHANG等^[22]指出:2018版AO分型未描述仅累及外侧皮质的骨折,且当骨折扩展至转子下区时无法明确分类。基于内侧支撑和外侧皮质完整性的转子间骨折新分类方法虽弥补了部分不足,但尚未在临床上广泛应用。

4 股骨转子间的生物力学研究

从力学角度来看,股骨近端的生物力学结构类似于桁架,股骨矩接受股骨上端后内侧皮质中骨小梁的应力传递,股骨矩、股骨上端和三束骨小梁构成合理的负重系统,该系统是抵抗屈曲和内翻应力最重要的部分。生物力学研究^[24]表明:内侧壁相较于外侧壁对于维持股骨近端的稳定性更加重要,且后内侧皮质支撑已被认为是ITFF稳定性的重要因素。YANG等^[25]进行的一项有限元分析,结果显示:外侧壁的缺损对股骨近端稳定性的影响仅为内侧壁缺损的36.6%。然而,由于后内侧壁常出现粉碎,前内侧壁通常更加完整,因此前内侧皮质的对位对线就显得尤为重要。因此,影像学常出现3种对位关系:阳性支撑、中性支撑和阴性支撑。内侧壁的3种对位关系中,阳性支撑和中性支撑均可接受,但应当避免阴性支撑。PARK等^[26]进行的尸体生物力学实验,结果显示:伴有后内侧壁粉碎

的转子间骨折,前内侧皮质阳性支撑不仅可以分担内固定装置的应力负荷,还可以促进骨折部位的密切接触和骨折愈合,优于阴性支撑。DOMINGO等^[27]研究显示:如果术中未对损伤的内侧壁进行处理,髓内翻畸形的发生率可达10%~16%。

5 ITFF的治疗策略

由于累及内侧壁损伤的ITFF多为不稳定性骨折,因此术后骨折局部的稳定性至关重要。常用的手术内固定方法包括髓外固定和髓内固定。髓外固定以动力髋螺钉(dynamic hip screw, DHS)为代表;髓内固定系统则包括伽马(Gamma)钉、股骨近端防旋髓内钉(proximal femoral nail anti-rotation, PFNA)、内侧支撑螺钉(medial support nail, MSN)、互锁拉力螺钉(trigen-intertan nail, InterTAN)、新型髓内钉系统(new intramedullary nail system, NIS)和股骨近端仿生髓内钉(proximal femoral bionic nail, PFBN)等。

5.1 髓外固定系统的DHS

DHS作为髓外固定转子间骨折的典型代表,因其能够更好地暴露骨折部位、不损伤臀中肌且费用相对低廉,成为治疗转子间骨折的“金标准”^[28]。然而,对于缺乏内侧壁和(或)后内侧皮质支撑的不稳定性转子间骨折,单独使用DHS存在一定的挑战。LINHART等^[29]对累及小转子的转子间骨折分别采用DHS联合钢丝与DHS联合螺钉进行生物力学比较,结果显示:后者在稳定性和应力分布方面均优于前者。然而,在使用DHS治疗转子间骨折的过程中,可能会出现术后贫血、医源性外侧壁骨折、拉力螺钉切除和内固定物断裂等并发症。HSU等^[17]研究发现:当外侧壁厚度<20.5 mm时,发生医源性外侧壁骨折的风险增加。拉力螺钉的切出和内固定物断裂则与螺钉位置和皮质复位质量存在密切关联。BAUMGAERTNER等^[30]提出了头髓钉尖顶距(tip-apex distance, TAD)的概念,并指出当TAD<25 mm,正位X线上骨折断端正常或轻微外翻,侧位X线的角度<20°,能够降低螺钉切出及内固定物的失败风险。研究者^[31]建议头髓内钉应尽可能放置于股骨头中心位置,轻微偏上、偏前的位置,偏心距离应小于股骨头半径的1/3,偏心距离越小,切出率越低。

5.2 髓内固定系统

5.2.1 Gamma钉 改良的第3代Gamma钉,其髓内钉直径减少,外翻角从10°调整为4°,并改变

了拉力螺钉的位置,增加了远端动态锁定固定。小转子的移位与术后髋部疼痛及股深动脉损伤有关,严重时可能危及生命^[32]。当小转子移位比>0.35时,小转子不愈合的概率较高,需进行手术固定^[33]。KIM等^[34]采用改良的糖果钢丝环扎技术固定22例累及小转子的不稳定转子间骨折,恢复了股骨近端的解剖结构,保留了髂腰肌功能,允许患者早期活动,减少了跛行和髋部疼痛,取得了良好效果。VILLANO等^[35]将Gamma钉联合等弹性聚合物电缆吊带与单独使用Gamma钉治疗31A2.1、31A2.2、31A2.3和31A3.3型转子间骨折进行比较,结果显示前者愈合时间更短,负重更早。该电缆允许载荷均匀分布,减少对术者的损伤,并避免钻孔,能够长期维持动态加压,改善患者预后。对于Gamma钉治疗转子间骨折的并发症和TAD、复位不良和骨折类型是螺钉切出的关键因素。TAD<15 mm可避免拉力螺钉的切出^[36]。

5.2.2 PFNA 标准的PFNA由近端的螺旋刀片和远端锁定螺钉组成。近端主钉具有6°的外翻角,直径为17 mm。在植入主钉后,近端螺旋刀片通过手动锁紧,提供了良好的防旋效果。螺旋刀片通过压缩松质骨形成钉道,增加了周围骨密度,增强了刀片的锚定力,提高了机械稳定性并缩短了手术时间,还具有抗旋转和抗内翻的优势,相较于Gamma钉和DHS具有明显生物力学优势^[37]。然而,由于缺乏后内侧支撑会导致PFNA应力集中,从而发生螺旋刀片的切出,重建后内侧支撑可分散并减少内固定物周围的应力,从而降低内固定失败的风险^[38]。EHRNTHALLER等^[39]采用PFNA联合钢丝环扎固定内侧壁治疗31A2型不稳定转子间骨折时,在轴向施加200 N的载荷下,总体刚度增加了30%,轴向施加400 N时,总体刚度增加了38%,得出固定小转子可使整体结构更加稳定。由于亚洲人群的股骨髓腔较窄,使用标准PFNA时主钉与股骨髓腔的力线不匹配,可能导致主钉尖端对股骨远端前皮质施加压力,产生继发性股骨干骨折。使用标准PFNA需要充分扩髓,这可能增加患者的隐性失血。为避免上述问题,国际内固定研究协会旗下的亚太专家团队研发了PFNA-II,其外翻角为5°,近端直径缩小至16.5 mm,扁平的远端设计降低了皮质骨接触率,更加适合亚洲人群,有效降低了股骨干内部的环向应力,从而显著减少股骨干骨折的发生率^[40]。研究者^[41]分别比较了PFNA-II联合环

扎缆线(51例)与单独使用PFNA-II(69例)治疗累及内侧壁损伤的不稳定转子间骨折,结果显示:前者的骨折愈合时间和负重时间较短,并发症少,并显著提高了患者的生活质量,表明PFNA-II联合环扎缆线是一种有效的治疗方式。然而,在使用PFNA治疗不稳定转子间骨折时,也会出现一些并发症,如髓内翻畸形、螺旋刀片的切出、假体周围骨折、骨折畸形愈合及骨不连等。研究^[42]表明:与并发症相关的因素包括骨折类型、高龄、骨质疏松、骨折复位质量、髓内钉进针点、TAD、螺旋刀片位置、内侧壁完整性及颈干角的大小。其中,TAD、股骨矩尖顶距、克利夫兰区与帕克比值和尖顶距比值是预测螺旋刀片切出风险的关键因素。骨折类型、高龄和骨质疏松为不可控因素,而骨折复位质量、髓内钉进针点、TAD、螺旋刀片位置、内侧壁完整性和颈干角则可通过临床医生技术操作改善患者的预后。QUENTAL等^[43]研究显示:骨质疏松以及螺旋刀片距离股骨头表面过近是导致切出的主要原因。建议螺旋刀片应位于股骨头中下位置,并与股骨头表面保持至少5 mm的距离,以降低切出风险。楔形效应和反楔形效应也是髓内固定系统常见的并发症之一,其中楔形效应的并发症发生率为9.4%^[44]。这种效应通常与不适当的进针点以及无法容纳较大直径的近端髓内主钉有关。通过从大粗隆顶点偏内选择入钉点,可减少骨块间的撑开效应。MALLYA等^[45]对40例不稳定转子间骨折分别采用大转子外侧和内侧进针点进行比较,结果显示:外侧进针点并发症较多,髋关节功能评分低于内侧进针点,且外侧进针点易损伤臀中肌。因此,研究者建议PFNA-II的进针点应位于大转子顶端内侧5 mm。

5.2.3 MSN 基于三角形稳定理论,NIE等^[46]开发了一种新型的内侧支撑髓内钉(MSN-I)。该髓内钉由1个套筒和4个螺旋刀片组成,并在螺旋刀片的中下部插入一个短型支撑螺钉,以形成股骨近端稳定的三角形结构。该设计填补了髓内钉与股骨内侧皮质之间的空隙,无需额外的切口,为股骨近端内侧皮质提供了良好的内侧支撑,从而有效防止髓内翻。通常情况下,断钉多发生于螺旋刀片与主髓内钉的交界处。随着支撑螺钉将应力分散至髓内钉的远端内侧,螺旋刀片与主髓内钉交界处的应力降低,从而减少了螺旋刀片断裂的风险。但MSN-I的结构存在过度滑动和切出的风险,且无

法很好地匹配中国人群股骨的生理曲率,可能会增加股骨干前皮质被撞击的风险^[47]。为此,NIE等^[48]删除了1个螺旋叶片,增加了1个有限的滑动槽,并调整了髓内钉的前弓曲率,并将其命名为MSN-II。生物力学分析^[48]结果显示:MSN-II相较于PFNA-II具有显著优势,轴向刚度增加了51.7%,位移减少了38%,扭转刚度增加了181.9%,上述改进降低了螺旋刀片切出或切穿的风险。因此,MSN-II较PFNA-II具有更好的稳定性,可避免股骨内移和二次截骨。

5.2.4 InterTAN InterTAN是一种由2枚相互咬合螺钉组成的髓内固定系统,主髓内钉的近端采用梯形截面设计,增强了抗旋转能力;其4°的外翻角较PFNA-II更小,减少了对大转子及外侧壁的挤压,12°的前倾角设计更加符合股骨近端的解剖结构。近端双螺钉系统提供了更好的压缩和抗旋转效果,2枚螺钉锁紧时,可对骨折断端产生线性加压,防止股骨近端骨折在愈合过程中发生不受控制的短缩和内侧畸形,从而改善旋转不稳定性。远端采用独特的音叉样设计,有效分散应力,降低股骨干骨折的风险^[49]。SEYHAN等^[50]在1项前瞻性研究中比较了PFNA与InterTAN治疗ITFF后的骨折间隙,结果显示:InterTAN固定后骨折间隙更小,提供了更大的压缩和固定能力,维持了骨折的稳定性。双螺钉系统的强大加压作用还降低了“V”效应的发生^[44]。HU等^[51]提出股骨转子间骨折的“V”效应,主要是在大转子顶点的位置插入髓内钉的过程中,髓内钉顺着骨折线开口进入导致骨折近端发生内翻,增加了髓内翻畸形或骨不连的发生概率。InterTAN治疗不稳定转子间骨折时内固定相关并发症的发生率为8%~56%,通常与转子内侧壁缺乏足够的支撑有关^[52]。对于累及小转子的不稳定ITFF,HUI等^[53]发现环板联合InterTAN治疗的髋关节功能评分高于对照组,并建议在患者病情允许下固定小转子。

5.2.5 NIS NIS采用2个头髓内钉,以7.5°的夹角分布在股骨头内。该设计不仅提供了良好的抗旋效果,还避免了由于角度过大而可能穿透股骨颈的风险。NIS引入了转子下髓内钉,从而在一定程度上分散了植入物的应力,降低了内固定失败的风险。NIS的转子下髓内钉支撑在小转子下方,能够为转子内侧壁提供支撑。有限元分析^[52]结果显示:NIS能够有效分散弯曲和轴向载荷,降低髓内翻畸

形的发生概率。

5.2.6 PFBN 基于张英泽院士课题组提出的“张氏N三角理论”和张殿英的杠杆平衡重建理论,张英泽院士课题组设计并研发了一种新型的髓内钉系统——PFBN^[54-55]。PFBN主要由主钉、张力螺钉、压力螺钉和锁定螺钉组成。主钉的近端外翻角为5°,更符合亚洲人群的股骨近端解剖结构。压力螺钉上设有1个附加孔,用于插入张力螺钉。该螺钉与主钉相互结合,形成了稳定的三角形结构,内侧为混合三角,外侧为金属三角。通过压力螺钉与张力螺钉的交叉组合,PFBN实现了股骨近端压力骨小梁与张力骨小梁的仿生重建。其重建的支点接近解剖支点,能够有效抵抗骨折术后负重时产生的应力^[56]。PFBN的双三角结构重建了受损的Ward三角,从而增强了骨折术后内固定系统整体稳定性,降低了螺钉退出、切出和髓内翻发生风险,同时避免了髓内固定中常见的“Z效应”。“Z效应”是指对应于2个头髓内钉植入物的滑动:1个向前滑动到关节,另1个向反方向滑动,从而导致1个“Z”形外观,其发生概率为5%~10%^[57]。由于新的重建支点,PFBN在内固定物应力方面降低了9.36%~59.32%^[58]。ZHAO等^[59]对12例31A2.3型不稳定转子间骨折患者进行了PFBN内固定治疗,随访1年后,患者的髋关节功能评分和帕克比值评分均达到良好水平。为了进一步改善31A3.3型不稳定转子间骨折的治疗效果,CHEN等^[60]设计了股骨近端全仿生髓内钉(proximal femoral total bionic nail, PFTBN),在压力螺钉后方附加了1个侧壁螺钉,穿过股骨外侧皮质并固定于股骨内侧皮质。有限元分析结果显示:相较于PFBN,PFTBN的外侧壁螺钉进一步分散了主钉、张力螺钉和压力螺钉的应力,有助于提高ITFF术后的整体稳定性,降低髓内翻畸形的发生概率。然而,PFBN作为一种相对较新的内固定方法,由于医生技术不熟练以及内侧支撑钉和外侧壁螺钉的应用可能会延长手术时间,从而增加相关并发症的发生风险^[56]。PFBN属于静态系统,缺乏固定后进一步滑动加压的功能,可能会增加骨折不愈合的风险。但良好的复位和术中交锁螺钉的主动加压仍可为骨折愈合提供良好条件。但是,并不是所有的转子间骨折均可采用髓内固定系统,当髓内钉主钉入钉点被破坏时,如大转子的粉碎骨折、梨状窝粉碎骨折及冠状面骨折,均不建议采用髓内固定。

6 总 结

ITFF是临床常见的髋部骨折,髓外固定和髓内固定均为有效的治疗方式,由于髓内固定系统在生物力学上的显著优势以及微创技术的应用,其已成为治疗ITFF的主流方法。对于内侧壁损伤的不稳定性ITFF,恢复内侧壁的支撑和连续性至关重要,可通过钢丝环扎、螺钉、大转子稳定钢板、钢缆以及环板联合髓外或髓内固定系统,进行重建和固定。然而,由于股骨转子间内侧壁解剖结构的复杂性以及手术操作空间的局限性,进一步复位可能会造成软组织的额外损伤,增加患者的手术风险。因此,术前需充分评估骨折类型及患者的身体状况,并根据患者的个体情况选择合适的联合治疗方案。目前临床上尚无统一的治疗方案能将内侧壁损伤的不稳定转子间骨折转变为稳定性骨折,未来还需要进一步研究股骨转子间内侧壁的损伤类型及患者的治疗方法。

利益冲突声明:

所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:

苗锦虎参与文献查阅、论文撰写和修改,戴璘参与选题设计,陈志豪参与论文修改,邵国喜参与选题设计、论文审阅和修改。

[参考文献]

- [1] LONG H B, CAO R Q, ZHANG H R, et al. Incidence of hip fracture among middle-aged and older Chinese from 2013 to 2015: results from a nationally representative study [J]. Arch Osteoporos, 2022, 17(1): 48.
- [2] BHANDARI M, SWIONTKOWSKI M. Management of acute hip fracture [J]. N Engl J Med, 2017, 377(21): 2053-2062.
- [3] REN H R, AO R G, WU L H, et al. Effect of lesser trochanter posteromedial wall defect on the stability of femoral intertrochanteric fracture using 3D simulation [J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15(1): 242.
- [4] LIU W J, ZHOU D S, LIU F, et al. Mechanical complications of intertrochanteric hip fractures treated with trochanteric femoral nails [J]. J Trauma Acute Care Surg, 2013, 75(2): 304-3410.
- [5] LIU C C, XING W Z, ZHANG Y X, et al. Three-dimensional finite element analysis and comparison of a new intramedullary fixation with interlocking intramedullary nail [J]. Cell Biochem Biophys, 2015,

- 71(2): 717-724.
- [6] HAMMER A. The calcar femorale: a new perspective[J]. J Orthop Surg(Hong Kong), 2019, 27(2): 2309499019848778.
- [7] MICHAEL D, YANIV W, TAL F R, et al. Expandable proximal femoral nail versus gamma proximal femoral nail for the treatment of AO/OTA 31A1-3 fractures[J]. Injury, 2016, 47(2): 419-423.
- [8] KALHOR M, HOROWITZ K, GHAREHDAGHI J, et al. Anatomic variations in femoral head circulation[J]. Hip Int, 2012, 22(3): 307-312.
- [9] COLLIN P G, D' ANTONI A V, LOUKAS M, et al. Hip fractures in the elderly: A Clinical Anatomy Review[J]. Clin Anat, 2017, 30(1): 89-97.
- [10] KIM J W, LEE J I, PARK K C. Pseudoaneurysm of the deep femoral artery caused by a guide wire following femur intertrochanteric fracture with a hip nail: a case report[J]. Acta Orthop Traumatol Turc, 2017, 51(3): 266-269.
- [11] SOLOMON L B, LEE Y C, CALLARY S A, et al. Anatomy of piriformis, obturator internus and obturator externus: implications for the posterior surgical approach to the hip[J]. J Bone Joint Surg Br, 2010, 92(9): 1317-1324.
- [12] YOUNG L, HARMEETH U. Hip fractures: relevant anatomy, classification, and biomechanics of fracture and fixation[J]. Geriatr Orthop Surg Rehabil, 2019, 10: 2151459319859139.
- [13] LU Y G, WANG L, HAO Y Q, et al. Analysis of trabecular distribution of the proximal femur in patients with fragility fractures[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2013, 14: 130.
- [14] CHANG S M, HOU Z Y, HU S J, et al. Intertrochanteric femur fracture treatment in Asia: what we know and what the world can learn[J]. Orthop Clin North Am, 2020, 51(2): 189-205.
- [15] EVANS E M. The treatment of trochanteric fractures of the femur[J]. J Bone Joint Surg Br, 1949, 31B(2): 190-203.
- [16] MEINBERG E G, AGEL J, ROBERTS C S, et al. Fracture and dislocation classification compendium-2018 [J]. J Orthop Trauma, 2018, 32 (Suppl 1): S1-S10.
- [17] HSU C E, SHIH C M, WANG C C, et al. Lateral femoral wall thickness. A reliable predictor of post-operative lateral wall fracture in intertrochanteric fractures[J]. Bone Joint J, 2013, 95-B(8): 1134-1138.
- [18] Fracture and dislocation compendium. Orthopaedic Trauma Association Committee for Coding and Classification[J]. J Orthop Trauma, 1996, 10 Suppl 1: v-ix, 1-154.
- [19] KRISCHAK G, DÜRSELEN L, RÖDERER G. Treatment of peritrochanteric fractures: biomechanical considerations[J]. Unfallchirurg, 2011, 114(6): 485-490.
- [20] JENSEN J S. Classification of trochanteric fractures[J]. Acta Orthop Scand, 1980, 51(5): 803-810.
- [21] MARSH J L, SLOGO T F, AGEL J, et al. Fracture and dislocation classification compendium-2007: Orthopaedic Trauma Association classification, database and outcomes committee [J]. J Orthop Trauma, 2007, 21(10 Suppl): S1-133.
- [22] ZHANG Y R, ZHANG F S, LI C, et al. Proposal and validation of a new classification for trochanteric fractures based on medial buttress and lateral cortical integrity [J]. Front Surg, 2023, 10: 1044941.
- [23] CHANG S M, WANG Z H, TIAN K W, et al. A sophisticated fracture classification system of the proximal femur trochanteric region (AO/OTA-31A) based on 3D-CT images [J]. Front Surg, 2022, 9: 919225.
- [24] HAO W, FANG L, YIN S S, et al. Reverse wedge effect following intramedullary nail fixation of trochanteric fracture, what does it imply? [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 497.
- [25] YANG A L, MAO W, CHANG S M, et al. Relative instability ratios of bone wall defects in trochanteric hip fractures: a finite element analysis [J]. Front Bioeng Biotechnol, 2023, 11: 1082613.
- [26] PARK Y C, YOON S P, YANG K H. The effects of extramedullary reduction in unstable intertrochanteric fracture: a Biomechanical study using cadaver bone[J]. J Korean Frac Soc, 2018, 31(3): 79-86.
- [27] DOMINGO L J, CECILIA D, HERRERA A, et al. Trochanteric fractures treated with a proximal femoral nail[J]. Int Orthop, 2001, 25(5): 298-301.
- [28] JACOB J, DESAI A, TROMPETER A. Decision making in the management of extracapsular fractures of the proximal femur — is the dynamic hip screw the prevailing gold standard?[J]. Open Orthop J, 2017, 11: 1213-1217.
- [29] LINHART C, KISTLER M, WOICZINSKI M, et al. Biomechanical comparison of screw *vs.* cerclage refixation in orthogeriatric lesser trochanteric fractures: a cadaveric study[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2023, 49(1): 181-188.
- [30] BAUMGAERTNER M R, CURTIN S L,

- LINDSKOG D M, 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.
- [31] YANG Y F, HUANG J W, GAO X S, et al. The correlation between cutout and eccentric distance (ED) of the cephalic fixator tip in geriatric intertrochanteric fractures with internal fixation[J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17(1): 263.
- [32] SUN Q, GE W, HU H, et al. The influence of position of the displaced lesser trochanter on clinical outcome of unstable trochanteric femur fractures in the elderly[J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 5013646.
- [33] YOU J M, WANG F, LI F, et al. The impact of the union of lesser trochanter fragments after intramedullary fixation of trochanteric femoral fractures: an X-ray based study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 601.
- [34] KIM G M, NAM K W, SEO K B, et al. Wiring technique for lesser trochanter fixation in proximal IM nailing of unstable intertrochanteric fractures: a modified candy-package wiring technique[J]. *Injury*, 2017, 48(2): 406-13.
- [35] VILLANO M, INNOCENTI M, CIVININI R, et al. The lesser trochanter “Sling fixation technique” in proximal intramedullary nailing of unstable intertrochanteric fractures: a polymer-based cerclage wiring[J]. *J Orthop*, 2022, 34: 94-99.
- [36] YANG Y H, WANG Y R, JIANG S D, et al. Proximal femoral nail antirotation and third-generation Gamma nail: which is a better device for the treatment of intertrochanteric fractures?[J]. *Singapore Med J*, 2013, 54(8): 446-450.
- [37] OUYANG X, DING Y Z, YU L, et al. Comparison of the clinical effect of DHS and PFNA on senile osteoporotic fracture and their significance of changes in BALP expression level[J]. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 2020, 20(4): 556-562.
- [38] WU H F, CHANG C H, WANG G J, et al. Biomechanical investigation of dynamic hip screw and wire fixation on an unstable intertrochanteric fracture[J]. *Biomed Eng Online*, 2019, 18(1): 49.
- [39] EHRNTHALLER C, OLIVIER A C, GEBHARD F, et al. The role of lesser trochanter fragment in unstable peritrochanteric A2 proximal femur fractures — is refixation of the lesser trochanter worth the effort?[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2017, 42: 31-37.
- [40] LI J, CHENG L, JING J. The Asia proximal femoral nail antirotation versus the standard proximal femoral antirotation nail for unstable intertrochanteric fractures in elderly Chinese patients [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2015, 101(2): 143-146.
- [41] HUANG C Q, WU X. Surgical selection of unstable intertrochanteric fractures: PFNA combined with or without cerclage cable [J]. *Biomed Res Int*, 2021, 2021: 8875370.
- [42] ÇEPNI Ş, SUBAŞI İ Ö, ŞAHİN A, et al. Tip-neck distance ratio as a novel predictor for failure in cephalomedullary nailing of unstable trochanteric fractures (UTF) [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2022, 142(10): 2619-2626.
- [43] QUENTAL C, VASCONCELOS S, FOLGADO J, et al. Influence of the PFNA screw position on the risk of cut-out in an unstable intertrochanteric fracture: a computational analysis[J]. *Med Eng Phys*, 2021, 97: 70-76.
- [44] ECEVİZ E, CEVİK H B. The V-effect in fixation of intertrochanteric fractures with proximal femoral nails [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2021, 107(3): 102863.
- [45] MALLYA S, KAMATH S U, ANNAPPA R, et al. The results of unstable intertrochanteric femur fracture treated with proximal femoral nail antirotation-2 with respect to different greater trochanteric entry points[J]. *Adv Orthop*, 2020, 2020: 2834816.
- [46] NIE S B, LI J T, LI M, et al. Finite-element analysis of a novel cephalomedullary nail for restricted sliding to reduce risk of implant failure in unstable intertrochanteric fractures[J]. *Orthop Surg*, 2022, 14(11): 3009-3018.
- [47] NIE S B, LI M, LI J T, et al. Risk factors for anterior cortical impingement of short cephalomedullary nail in chinese elderly patients with intertrochanteric fracture [J]. *Ther Clin Risk Manag*, 2020, 16: 523-530.
- [48] NIE S B, LI M, JI H, et al. Biomechanical comparison of medial sustainable nail and proximal femoral nail antirotation in the treatment of an unstable intertrochanteric fracture[J]. *Bone Joint Res*, 2020, 9(12): 840-847.
- [49] 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.
- [50] SEYHAN M, TURKMEN I, UNAY K, et al. Do PFNA devices and Intertan nails both have the same effects in the treatment of trochanteric fractures?

- A prospective clinical study [J]. *J Orthop Sci*, 2015, 20(6): 1053-1061.
- [51] HU S J, YU G R, ZHANG S M. Surgical treatment of basicervical intertrochanteric fractures of the proximal femur with cephalomedullary hip nails [J]. *Orthop Surg*, 2013, 5(2): 124-129.
- [52] BAI H N, LIU L, DUAN N, et al. Biomechanical evaluation of three implants for treating unstable femoral intertrochanteric fractures: finite element analysis in axial, bending and torsion loads [J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2023, 11: 1279067.
- [53] HUI Y M, ZENG G, LIU P Y, et al. Application of lesser trochanteric reduction fixator in the treatment of unstable intertrochanteric fractures [J]. *World J Clin Cases*, 2023, 11(25): 5863-5869.
- [54] 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.
- [55] 张殿英. 基于杠杆-支点平衡理论重新认识股骨近端外侧壁的作用[J]. *中华创伤杂志*, 2022, 38(6): 481-486.
- [56] DUAN W Y, LIANG H, FAN X L, et al. Research progress on the treatment of geriatric intertrochanteric femur fractures with proximal femur bionic nails (PFBNs) [J]. *Orthop Surg*, 2024, 16(10): 2303-2310.
- [57] WERNER-TUTSCHKU W, LAJTAI G, SCHMIEDHUBER G, et al. Intra- and perioperative complications in the stabilization of per- and subtrochanteric femoral fractures by means of PFN [J]. *Unfallchirurg*, 2002, 105(10): 881-885.
- [58] YANG Y J, TONG Y, CHENG X D, et al. Comparative study of a novel proximal femoral bionic nail and three conventional cephalomedullary nails for reverse obliquity intertrochanteric fractures: a finite element analysis [J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2024, 12: 1393154.
- [59] ZHAO H Y, DENG X T, LIU W J, et al. Proximal femoral bionic nail (PFBN) -an innovative surgical method for unstable femoral intertrochanteric fractures [J]. *Int Orthop*, 2023, 47(4): 1089-1099.
- [60] CHEN X F, TANG M T, ZHANG X M, et al. A novel internal fixation design for the treatment of AO/OTA-31A3.3 intertrochanteric fractures: finite element analysis [J]. *Orthop Surg*, 2024, 16(7): 1684-1694.