

# 手术治疗股骨粗隆下骨折的研究进展

周治衡, 崔泳\*

新疆医科大学第五附属医院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年1月29日; 录用日期: 2024年2月23日; 发布日期: 2024年2月29日

## 摘要

粗隆下骨折是指股骨小粗隆和股骨干峡部之间的骨折, 通常指的是股骨小粗隆以下5 cm以内的骨折, 约占髋部骨折的25%。该类型骨折通常选择手术治疗, 如果不进行手术复位和固定, 患者出现畸形愈合或不愈合的风险将会很高。目前股骨粗隆下骨折手术方案主要有髓外固定及髓内固定两种, 主流认为髓内固定是“金标准”。但由于股骨粗隆下区域特殊的解剖结构, 特别是由于骨折处复位困难, 粗隆下骨折的治疗对骨科医生来说仍然是一个巨大的挑战。本综述旨在介绍目前治疗股骨粗隆下骨折的手术方案及各自的优缺点, 以为临床医生在股骨粗隆下骨折的治疗提供一定的参考。

## 关键词

股骨粗隆下骨折, 手术治疗, 进展

# Research Progress on Surgical Treatment of Subtrochanteric Fracture of the Femur

Zhiheng Zhou, Yong Cui\*

The Fifth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Jan. 29<sup>th</sup>, 2024; accepted: Feb. 23<sup>rd</sup>, 2024; published: Feb. 29<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Subtrochanteric fracture refers to the fracture between the lesser trochanteric of the femur and the isthmus of the femoral shaft. It usually refers to the fracture within 5 cm below the lesser trochanteric of the femur, accounting for about 25% of hip fractures. This type of fracture is usually treated with surgery. Without surgical reduction and fixation, patients are at high risk of malunion or non-union. At present, there are two main surgical options for subtrochanteric fractures of the

\*通讯作者。

**femur: extramedullary fixation and intramedullary fixation; intramedullary fixation is considered to be the “gold standard”. However, the treatment of subtrochanteric fractures is still a great challenge for orthopedic surgeons due to the special anatomical structure of the subtrochanteric region of the femur, especially due to the difficulty of reduction at the fracture site. The purpose of this review is to introduce the current surgical protocols for subtrochanteric fractures and their advantages and disadvantages, to provide some references for clinicians in the treatment of subtrochanteric fractures.**

## Keywords

**Subtrochanteric Fracture of Femur, Surgical Treatment, Progress**

Copyright © 2024 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

粗隆下区域是松质到皮质骨的过渡区和血液供应不利的区域。粗隆下骨折患者年龄分布呈双峰分布, 中青年成人(男性居多)主要因高能量创伤, 如高速创伤等, 导致股骨近端粉碎性骨折, 其特征是明显的骨折断端移位、软组织损伤和骨折处血液供应中断; 而老年患者(女性居多)主要因低能量创伤, 如简单的跌倒, 患者多伴有骨质疏松症, 导致股骨近端螺旋型骨折。粗隆下区域是具有独特机械和生物学特性的解剖区域, 其应力集中是全身最高的, 多种变形力作用于骨折的近端和远端碎片, 形成特征性畸形: 在骨折近端, 臀中肌和臀小肌引起外展, 髂腰肌引起屈曲, 外旋肌群(梨状肌、闭孔内外肌、股方肌、上孖肌、下孖肌)引起外旋; 在骨折远端, 腹股肌和内收肌引起内收和缩短。这些力的作用导致典型的内翻畸形, 同时使得术中骨折复位变得更为困难[1]。粗隆下骨折的非手术治疗通常会导致缩短及旋转畸形或骨折不愈合, 阻碍患肢功能的恢复, 同时非手术治疗需要患者长时间患肢固定以及卧床, 使得肺不张、肺炎、血栓栓塞事件和褥疮的发病率增加, 患者死亡风险也会增加。因此股骨粗隆下骨折的非手术治疗通常不是一个可行的选择。当然, 少数身体条件不耐受手术的患者或者正在接受临终关怀的患者可考虑进行非手术治疗[2]。粗隆下骨折的手术治疗可分为髓外固定和髓内固定两种手术方式。用于髓外固定的装置包括股骨近端加压锁定钢板、95°角钢板、微创固定系统、动力髌螺钉等。髓内固定相对而言更符合力学要求, 有利于负荷传递, 也更符合生物力学要求。并且髓内固定在缩短住院时间、减少术中失血量、缩短手术时间、术后开始负重时间、患肢功能恢复情况等方面都优于髓外固定[3]。因此, 目前临床上认为髓内固定是治疗粗隆下骨折的“金标准”。目前髓内固定常用的装置包括 PFNA、Intertan 等。

## 2. 髓外固定治疗方案

### 2.1. 股骨近端加压锁定钢板(PF-LCP)

PF-LCP 改进了以前的股骨近端钢板, 使得解剖学结构更适合股骨近端, 并且螺钉头锁定到钢板上, 从而形成稳定的结构。同时, PF-LCP 还可作为内化外固定器, 不需要紧密的骨接触, 也就不需要大量剥离骨膜, 可以最大限度地减少对骨膜及其血液供应的损害, 从而实现更好的生物愈合。同时 PF-LCP 的螺钉朝向可有多个选择, 从而增强对骨块的把持力; 并且 PF-LCP 在股骨近端的螺钉直径小, 对股骨近端骨质破坏程度轻, 避免发生股骨头缺血性坏死。Krishna [4] 等人用 PF-LCP 治疗不稳定粗隆下骨折的研

究中, 在 30 例患者中, 90% (n = 27) 的患者没有发生术后并发症, 6.66% (n = 2) 的患者出现内翻塌陷伴螺钉拔出并进展为不愈合, 表明 PF-LCP 在恢复和维持骨折后的解剖结构和生物力学稳定性的能力是值得肯定的。王小辉[5]等人的研究表明, PF-LCP 对于老年稳定粗隆下骨折能够进行可靠固定, 但其抵抗轴向压缩、扭转及破坏载荷的能力较 PFNA 明显减弱, 这与 PF-LCP 的髓外偏心固定方式有关。总的来说, PF-LCP 在股骨粗隆下骨折的治疗中是可行的选择, 尤其对于骨质量较差的复杂且不稳定的或者伴有侧壁粉碎的粗隆下骨折。

## 2.2. 95°角钢板

角钢板是一种发展成熟且可靠的治疗粗隆下骨折的髓外固定装置, 首选角钢板治疗粗隆下骨折的手术指征包括: (1) 髓内钉植入点被破坏; (2) 广泛移位的高能量转子下骨折。Berkes [6]等人使用 95 度角钢板治疗急性高能量损伤导致的股骨近端骨折的研究中, 患者愈合率达到 92%, 二次手术率低, 术后并发症较少, 没有植入物失败或感染的情况。然而, Polat [7]等人的生物力学实验研究表明角钢板的生物力学性能较差。因此, 目前不将角钢板作为粗隆下骨折的首次手术治疗的第一选择, 常常将其用于粗隆下骨折后不愈合的翻修手术。Vicenti [8]等人使用 95 度角钢板治疗 15 例转子间和转子下骨折后不愈合的患者, 术后随访 6 月, 术后骨折愈合率高, 并发症发生率低, 临床结局良好。韩宏德[9]等人在使用角钢板治疗股骨转子下骨折术后骨不连的研究中, 20 例患者均获得骨性愈合, 无内固定失败、畸形愈合和不愈合发生。总的来说, 95 度角钢板仍然是一种极好的治疗粗隆下骨折的手术选择, 尤其是对于不愈合后翻修的病例。

## 2.3. 动力髋螺钉(Dynamic Hip Screw, DHS)

DHS 是为治疗粗隆间骨折而开发的, 但它也被广泛用于转子下骨折的治疗。Wang [10]等人发现, 使用 DHS 需要转子下内侧骨皮质保持完整性, 比如稳定的 Seinsheimer 骨折 I 型和 II 型。在转子下内侧骨皮质不完整的情况下, 比如不稳定的 Seinsheimer III 型和 IV 型骨折, 这时股骨外侧皮层上的高压应力会转移到 DHS 的侧板导致 DHS 板弯曲, 从而引起植入失败。Guan [11]等人的研究同样表明, 相较于髓内钉, DHS 在手术切口、失血量、术后恢复时间、并发症发生率等方面均表现较差。总的来说, 对于稳定的粗隆下骨折可以选择 DHS, 因为其具有价格相对便宜, 尤其是对于经济不发达地区来说; 对于不稳定的粗隆下骨折, DHS 已很少使用。

## 2.4. 反向微创稳定系统(Reverse Less Invasive Stabilization System, LISS)

微创稳定系统最初是为股骨远端骨折开发的。今年来, 一些学者将其反向用于股骨近端骨折的治疗, 并取得了一定的疗效, 该技术的优势可能有: (1) LISS 板可以在股骨近端区域与骨有着良好的贴附, 因为股骨近端与板的曲率半径相符合; (2) 可以使用螺钉与骨进行多角度固定, 更利于伴有骨质疏松的患者。Wang [12]等人的研究表明, 对于稳定的粗隆下骨折(Seinsheimer I 至 III 型), LISS 可以提供良好的稳定性, 具有较好的生物力学效应。Hanke [13]在治疗术后感染的转子下骨折的翻修手术中使用反向 LISS 技术后获得了令人满意的疗效。然而, Wang [14]等人在对 LISS 的生物力学研究中发现 LISS 轴向刚度低于 PFNA, 这可能是因为 LISS 对粗隆下的内侧骨皮质支持不足, 从而使其受到严重的弯曲应力。总的来说, LISS 往往不作为股骨粗隆下骨折首次手术的选择, 但 LISS 是内固定失败后再次手术的可靠选择。

# 3. 髓内固定治疗方案

## 3.1. 股骨近端防旋髓内钉(PFNA)

PFNA 具有专门设计的螺旋刀片, 不仅可以压缩松质骨以避免骨质流失, 还可以增加与骨的接触面

积, 从而增强稳定性和抗旋转性能。PFNA 内固定治疗股骨粗隆下骨折具有手术操作时间短、术中出血量少的特点。PFNA 是单螺钉系统, 操作更方便, 对股骨头颈部的损伤更小。Wang [14]等人的研究表明, PFNA 的生物力学性能在轴向刚度、失效载荷和疲劳测试周期方面表现优秀。Guan [14]在比较 PFNA 与 DHS 在治疗粗隆下骨折的临床疗效的研究中发现, PFNA 组手术切口、失血和输血时间均小于 DHS 组; 术中透视的次数多于 DHS 组。同时 PFNA 组具有更短的骨折愈合时间, 能更早的开始术后负重, 以及更好的术后 Harris 髋关节评分。侯传勇[15]的研究发现 PFNA 行闭合复位时骨折复位相对困难, 因此需要较多次数的术中透视。但 PFNA 属于微创性手术, 手术创伤较小, 术中出血量也较少。孙伟[16]等人在比较加长型 PFNA 及 Gamma3 治疗粗隆下骨折的临床疗效的研究中发现, 与 Gamma3 相比, PFNA 组术中透视时间较短、出血量较少, 统计学上有意义, 这是因为加长型 Gamma3 钉需要多次扩髓, 导致了透视的频率增加, 术中失血量较多。总的来说, PFNA 是治疗粗隆下骨折的可靠选择, 尤其是对于身体条件较差且不能耐受长时间手术的患者。

### 3.2. 股骨近端联合交锁髓内钉(InterTan)

InterTan 是新一代股骨髓内钉, 其主钉近端横截面呈梯形, 可有效增加髓内接触面积, 提高稳定性 [17]。它采用拉力螺钉与加压螺钉双螺钉的设计, 2 枚螺钉联合交锁可有效对抗股骨头旋转, 并减少术后并发症的发生率, 例如钉子拔出或回缩, 头颈部内翻塌陷以及股骨颈缩短等。在置入加压螺钉的过程中, 通过加压螺钉与拉力螺钉之间的咬合螺纹, 带动拉力螺钉轴线移动, 将抗旋应力转变为对骨折断端的线性加压, 从而可以明显增强螺钉的抗切出性能, 使得 2 枚螺钉相互之间联合交锁避免“Z”字效应[18]。Wu [19]等人的研究表明加长型 InterTan 髓内钉固定对 Seinsheimer V 型转子下骨折的治疗是令人满意的。然而, INTERTAN 系统因为其双钉设计, 使得钻孔时会损失更多的骨质, 术中失血相对较多, 手术时间相对较长。因此, 对于身体条件较好且要求更高的年轻患者, InterTan 髓内钉可能是更好的选择。

### 3.3. 长或短髓内钉

在粗隆下骨折中, 髓内钉长钉被认为是金标准。当使用短髓内钉治疗转子下骨折时, 内侧皮质缺乏支撑。此外, 远端锁定螺钉孔靠近骨折线, 存在新发骨折的风险。Viberg [20]等人的 meta 分析中, 对于粗隆下骨折, 短髓内钉组的术后再手术率为 8.4%, 而长髓内钉组为 4.0%, 既长髓内钉治疗粗隆下骨折有更低的术后复发率, 差异有统计学意义; 并且还发现使用短髓内钉治疗转子下骨折的患者假体周围骨折的比例更高。Linhart [21]对于长短髓内钉的生物力学研究表明, 就整体结构的刚度而言, 使用短 PFNA 与长 PFNA 没有区别, 与长髓内钉相比, 短髓内钉的骨折间隙移位有所增加。也有研究[22]表明, 带有至少两个远端锁定螺钉的长头髓内钉是转子下骨折固定的首选; 而对于高位转子下骨折, 短髓内钉也是可行的选择。因此, 笔者建议在股骨粗隆下骨折的治疗中应首先选择使用长髓内钉。

## 4. 辅助技术: 有限切开复位术联合环扎术

使用髓内钉治疗转子下骨折后, 骨折错位和不愈合等术后并发症并不少见。目前临床上常常使用有限切开并植入环扎线的方法来减少粗隆下骨折髓内固定术后并发症的发生率, 因为可以给与骨折更好的复位, 使骨折间隙更小, 从而更好的恢复内侧支撑, 并通过环扎线捆绑固定以保持其解剖复位, 从而可以显著提高骨折复位质量。Panteli [23]的研究表明, 使用环扎线治疗股骨粗隆下骨折相对于单纯闭合复位具有更低的不愈合率。Hoskins [24]等人的研究同样表明, 环扎线在骨折复位精度方面具有明显优势, 对于高能量创伤导致的 Seinsheimer 分型 4 型或 5 型的患者, 使用环扎线能明显降低术后骨折不愈合率。此前, 人们认为使用环扎线会导致股骨绞窄坏死风险的增加, 从而导致愈合失败。然而, Forch [25]等人在使用环扎术对不同模型的实验中, 对于人类尸体股骨, 显示血液供应没有相关损害; 对于活体狗股骨以

及活体马股骨, 骨膜血液供应仍没有损害。Lenz [26]等人使用人骨的离体实验研究进一步证实了这一点, 他们在使用环扎线时没有发现骨膜压迫现象。同时, Panteli [23]认为粗隆下骨折的有限切开复位术不会增加术区的深部感染的风险。不过, 术区浅表感染的风险的增加, 术后 48 小时内输血率的提高与其有关。因此, 通过闭合方式能实现充分复位的骨折不需要开放复位, 因为这可能会导致不必要的并发症风险发生。总的来说, 对于复杂的粗隆下骨折, 联合使用有限切开复位并使用环扎线可以使手术效果更好。

## 5. 结语

对于能耐受手术的粗隆下骨折患者, 尽量早期手术进行内固定和早期功能锻炼。粗隆下骨折可以用髓外或髓内两种方法治疗。用于髓外固定的装置包括股骨近端加压锁定钢板、95°角钢板、微创固定系统、动力髌螺钉。髓外固定具有低成本的优点, 同时骨科医生对髓外固定装置较为熟悉, 因此髓外固定仍然广泛用于股骨粗隆下骨折的手术治疗。对于骨质量差的复杂且极不稳定的粗隆下骨折, 股骨近端加压锁定钢板是可行的选择; 对于髓内钉固定失败的患者, 往往翻修会使用到 95°角钢板或者微创固定系统。然而, 髓外固定的不愈合率较高, 因此笔者不建议把髓外固定作为粗隆下骨折的第一手术选择。髓内固定常用的包括 PFNA, Intertan 等。髓内固定更符合力线, 有利于负荷传递, 更符合生物力学要求。并且髓内固定系统的侵入性更小, 术中失血更少, 更有利于患者早期下地康复训练。因此目前髓内钉是股骨粗隆下骨折治疗的“金标准”。PFNA 具有操作简单、出血量少的特点, 适用于身体条件较差且不能耐受长时间手术的患者。InterTan 内固定术后并发症较少, 适用于身体条件较好且要求更高的年轻患者。同时, 对于复杂的股骨粗隆下骨折, 单纯闭合复位往往不能达到良好复位, 需要借助有限切开辅助环扎术来使骨折达到解剖复位。总的来说, 由于粗隆下区域特殊的解剖结构, 目前治疗粗隆下骨折仍然没有达成共识, 其手术方式也是多种多样的, 我们临床工作中需要对患者进行充分的术前评估, 以选择合适的治疗方案。

## 参考文献

- [1] Hantouly, A.T., Salameh, M., Toubasi, A.A., Salman, L.A., Alzobi, O., Ahmed, A.F. and Ahmed, G. (2023) the Role of Cerclage Wiring in the Management of Subtrochanteric and Reverse Oblique Intertrochanteric Fractures: A Meta-Analysis of Comparative Studies. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, **33**, 739-749. <https://doi.org/10.1007/s00590-022-03240-z>
- [2] Chlebeck, J.D., Birch, C.E., Blankstein, M., Kristiansen, T., Bartlett, C.S. and Schottel, P.C. (2019) Nonoperative Geriatric Hip Fracture Treatment Is Associated with Increased Mortality: A Matched Cohort Study. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **33**, 346-350. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001460>
- [3] Robertson, R., Tucker, M. and Jones, T. (2018) Provisional Plating of Subtrochanteric Femur Fractures before Intramedullary Nailing in the Lateral Decubitus Position. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **32**, E151-E156. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001044>
- [4] Krishna, V., Venkatesan, A. and Singh, A.K. (2022) Functional and Radiological Outcomes of Unstable Proximal Femur Fractures Fixed with Anatomical Proximal Locking Compression Plate. *Cureus*, **14**, E24903. <https://doi.org/10.7759/cureus.24903>
- [5] 王小辉, 李涛, 张长虹. PFNA 与 PFLCP 内固定老年股骨粗隆下骨折的生物力学分析及其临床疗效比较[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2020, 35(8): 822-824.
- [6] Berkes, M.B., Schottel, P.C., Weldon, M., Hansen, D.H. and Achor, T.S. (2019) Ninety-Five Degree Angled Blade Plate Fixation of High-Energy Unstable Proximal Femur Fractures Results in High Rates of Union and Minimal Complications. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **33**, 335-340. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001505>
- [7] Polat, G., Akgül, T., Ekinçi, M. and Bayram, S. (2019) A Biomechanical Comparison of Three Fixation Techniques in Osteoporotic Reverse Oblique Intertrochanteric Femur Fracture with Fragmented Lateral Cortex. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, **45**, 499-505. <https://doi.org/10.1007/s00068-018-1061-1>
- [8] Vicenti, G., Solarino, G., Bizzoca, D., Simone, F., Maccagnano, G., Zavattini, G., Ottaviani, G., Carrozzo, M., Buono, C., Zaccari, D. and Moretti, B. (2022) Use of the 95-Degree Angled Blade Plate with Biological and Mechanical Augmentation to Treat Proximal Femur Non-Unions: A Case Series. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **22**, Article No. 1067.

- <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05089-z>
- [9] 韩宏德, 蒋家正, 桑龙, 等. 角钢板治疗股骨转子下骨折术后骨不连[J]. 临床骨科杂志, 2021, 24(4): 537-538.
- [10] Wang, J., Ma, X., Ma, J., *et al.* (2014) Biomechanical Analysis of Four Types of Internal Fixation in Subtrochanteric Fracture Models. *Orthopaedic Surgery*, **6**, 128-136. <https://doi.org/10.1111/os.12109>
- [11] Guan, G.P., Wang, X., Wang, C., Jia, X.L., Yin, J., Liu, X.H., Yang, Y.L. and Liu, W. (2023) Comparison of PFNA and DHS in the Treatment of Sarcopenia with Seinsheimer Type V Subtrochanteric Fracture. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, **27**, 4442-4449. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1172971>
- [12] Wang, J., Ma, J.X., Lu, B., Bai, H.H., Wang, Y. and Ma, X.L. (2020) Comparative Finite Element Analysis of Three Implants Fixing Stable and Unstable Subtrochanteric Femoral Fractures: Proximal Femoral Nail Antirotation (PFNA), Proximal Femoral Locking Plate (PFLP), and Reverse Less Invasive Stabilization System (LISS). *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **106**, 95-101. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2019.04.027>
- [13] Hanke, M.S., Beckmann, N.A., Keel, M.J.B., Siebenrock, K.A. and Bastian, J.D. (2021) Application of the Reversed LISS-DF Technique in an Elderly Patient to Salvage Infection-Related Failure of Trochanteric Fracture Fixation. *Trauma Case Reports*, **32**, Article ID: 100419. <https://doi.org/10.1016/j.tcr.2021.100419>
- [14] Wang, J., Jia, H., Ma, X., Ma, J., Lu, B., Bai, H. and Wang, Y. (2022) Biomechanical Study of Intramedullary versus Extramedullary Implants for Four Types of Subtrochanteric Femoral Fracture. *Orthopaedic Surgery*, **14**, 1884-1891. <https://doi.org/10.1111/os.13364>
- [15] 侯传勇, 刘新晖, 殷建. PFNA 与 DHS 治疗 Seinsheimer V 型股骨粗隆下骨折合并肌少症的疗效比较[J]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2021, 7(5): 277-283.
- [16] 孙伟, 石磊, 季庆辉. 加长型 PFNA 和加长型 Gamma3 钉治疗成人股骨粗隆下骨折的应用[J]. 黑龙江医药科学, 2022, 45(1): 120-121.
- [17] McAleese, T., McLeod, A., Keogh, C. and Harty, J.A. (2023) Mechanical Outcomes of the TFNA, InterTAN and IMHS Intramedullary Nailing Systems for the Fixation of Proximal Femur Fractures. *Injury*, **55**, Article ID: 111185. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2023.111185>
- [18] Su, Z., Yang, M., Luo, G., Liang, L. and Hao, Y. (2022) Treatment of Elderly Femoral Intertrochanteric Fracture by InterTan Intramedullary Nail and PFNA. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2022**, Article ID: 5020960. <https://doi.org/10.1155/2022/5020960>
- [19] Wu, Z., Du, B., Wang, Q., Jiang, T., Si, Y., Zhang, P. and Wang, Y. (2023) Minimally Invasive Clamp-Assisted Reduction and Long InterTAN Nail Fixation for Seinsheimer Type V Subtrochanteric Fractures: A Case Series Describing the Technique and Results. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **24**, Article No. 256. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06363-4>
- [20] Viberg, B., Eriksen, L., Højsager, K.D., Højsager, F.D., Lauritsen, J., Palm, H. and Overgaard, S. (2021) Should Peritrochanteric and Subtrochanteric Fractures Be Treated with a Short or Long Intramedullary Nail? A Multicenter Cohort Study. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, **103**, 2291-2298. <https://doi.org/10.2106/JBJS.20.01904>
- [21] Linhart, C., Kistler, M., Kussmaul, A.C., Woiczinski, M., Böcker, W. and Ehrnthaller, C. (2023) Biomechanical Stability of Short versus Long Proximal Femoral Nails in Osteoporotic Subtrochanteric A3 Reverse-Oblique Femoral Fractures: A Cadaveric Study. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **143**, 389-397. <https://doi.org/10.1007/s00402-022-04345-0>
- [22] Chantarapanich, N. and Riansuwan, K. (2022) Biomechanical Performance of Short and Long Cephalomedullary Nail Constructs for Stabilizing Different Levels of Subtrochanteric Fracture. *Injury*, **53**, 323-333. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.11.064>
- [23] Panteli, M., Vun, J.S.H., West, R.M., Howard, A.J., Pountos, I. and Giannoudis, P.V. (2022) Management of Subtrochanteric Femur Fractures: Is Open Reduction Associated with Poor Outcomes? *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, **48**, 1759-1768. <https://doi.org/10.1007/s00068-021-01834-6>
- [24] Hoskins, W., McDonald, L., Spelman, T. and Bingham, R. (2022) Subtrochanteric Femur Fractures Treated with Femoral Nail: the Effect of Cerclage Wire Augmentation on Complications, Fracture Union, and Reduction: A Systematic Review and Meta-Analysis of Comparative Studies. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **36**, E142-E151. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000002266>
- [25] Förch, S., Sandriesser, S., Fenwick, A. and Mayr, E. (2021) Impairment of the Blood Supply by Cerclages: Myth or Reality? An Overview of the Experimental Study Situation. *Unfallchirurg*, **124**, 231-240. <https://doi.org/10.1007/s00113-020-00847-x>
- [26] Lenz, M., Perren, S.M., Richards, R.G., Muckley, T., Hofmann, G.O., Gueorguiev, B., *et al.* (2013) Biomechanical Performance of Different Cable and Wire Cerclage Configurations. *International Orthopaedics*, **37**, 125-130. <https://doi.org/10.1007/s00264-012-1702-7>