

顺行交锁髓内钉结合微创内固定系统钢板固定治疗股骨骨折的研究进展

加依达尔·地力木拉提, 谢增如*

新疆医科大学研究生学院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年4月1日; 录用日期: 2024年4月27日; 发布日期: 2024年5月7日

摘要

近年来,随着我国交通运输业和现代工业的迅速发展,意外事故导致的外伤性骨折发生率呈现上升趋势,同时随着人口老龄化的到来,骨质疏松导致的老年性骨折发生率也逐年上升。股骨是人体最长的管状骨,其骨折是临床上常见严重骨折,多见于年轻患者,大部分是由于外伤所致,如高处坠落、交通事故、暴力致伤等。如果不及时采取有效的治疗措施,骨折处的局部神经与血管就可能会受到损伤,造成患者骨折处不愈合、延迟愈合、骨不连、畸形愈合等不良事件发生率增加,不当的治疗手段引起的患者死亡率可达15%~20%,严重影响骨折术后康复效果和患者生存质量。因此,对股骨骨折患者采取及时有效的治疗措施尤为重要。目前股骨骨折的临床治疗方式包括保守治疗(即非手术治疗)和手术治疗(如外固定治疗、内固定治疗、髓内钉治疗以及全膝关节置换),随着骨科手术治疗技术和内固定材料的不断更新与发展,保守治疗已经逐渐被弃用,手术成为首选治疗方式。本综述主要评估交锁髓内钉与微创内固定系统钢板固定治疗股骨骨折的临床疗效,探讨交锁髓内钉联合微创内固定系统钢板固定治疗股骨骨折的临床应用价值。

关键词

交锁髓内钉, 微创内固定系统, 股骨骨折

Progress in Treatment of Femoral Fractures with Antegrade Interlocking Intramedullary Nail Combined with Less Invasive Stabilization System Plate Fixation

Jiayidaer·Dilimulati, Zengru Xie*

Postgraduate School, Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

*通讯作者。

文章引用: 加依达尔·地力木拉提, 谢增如. 顺行交锁髓内钉结合微创内固定系统钢板固定治疗股骨骨折的研究进展[J]. 临床医学进展, 2024, 14(5): 34-40. DOI: 10.12677/acm.2024.1451392

Received: Apr. 1st, 2024; accepted: Apr. 27th, 2024; published: May 7th, 2024

Abstract

In recent years, with the rapid development of transportation industry and modern industry, the incidence of traumatic fracture caused by accidents is on the rise. At the same time, with the arrival of aging population, the incidence of senile fracture caused by osteoporosis is also increasing year by year. Femur bone is the longest tubular bone in human body. Its fracture is a common serious fracture in clinic, which is more common in young patients. Most of it is caused by trauma, such as falling from height, traffic accident, violent injury, etc. If effective treatment measures are not taken in time, local nerves and blood vessels at the fracture site may be damaged, increasing the incidence of adverse events such as nonunion, delayed union, bone nonunion, and malunion. The mortality rate of patients caused by improper treatment methods can reach 15%~20%, seriously affecting the recovery effect after the fracture surgery and the patient's quality of life. Therefore, it is particularly important to take timely and effective treatment measures for patients with femoral fractures. At present, the clinical treatment of femoral fracture includes conservative treatment (non-surgical treatment) and surgical treatment (such as external fixation, internal fixation, intramedullary nail and total knee replacement). With the continuous renewal and development of orthopedic surgical treatment technology and internal fixation materials, conservative treatment has been gradually abandoned, and surgery has become the preferred treatment. This review mainly evaluates the clinical efficacy of interlocking intramedullary nail and less invasive stabilization system plate fixation in the treatment of femoral fractures, and discusses the clinical application value of interlocking intramedullary nail combined with less invasive stabilization system plate fixation in the treatment of femoral fractures.

Keywords

Interlocking Intramedullary Nail, Less Invasive Stabilization System, Femoral Fracture

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

近年来, 随着我国交通运输业和现代工业的迅速发展, 意外事故导致的外伤性骨折发生率呈现上升趋势, 同时随着人口老龄化的到来, 骨质疏松导致的老年性骨折发生率也逐年上升。有研究报道, 从2009年到2019年, 骨折发生率上升了14%, 达到每年每10万人1014例骨折, 其中最常见骨折类型是股骨颈骨折、股骨粗隆间骨折和桡骨远端骨折, 而股骨是人体最长的管状骨, 其骨折是临床上常见严重骨折, 多见于年轻患者, 大部分是由于外伤所致, 如高处坠落、交通事故、暴力致伤等[1] [2]。股骨干有着大量强而有力的肌肉覆盖, 骨折时因肌肉收缩牵拉, 常有重叠、错位, 伴有严重的软组织损伤, 容易产生各种畸形(短缩、成角及旋转畸形等), 限制患者的下肢活动能力, 影响患者的日常生活质量, 同时疼痛、肿胀症状发生率较高, 严重者可致关节扭曲变形, 出血, 昏迷, 休克等[3] [4]。如果不及时采取有效的治疗措施, 骨折处的局部神经与血管就可能会受到损伤, 造成患者骨折处不愈合、延迟愈合、骨不连、畸形愈合等不良事件发生率增加, 严重影响骨折术后康复效果和患者生存质量[5] [6]。因此, 对股骨骨折患者

采取及时有效的治疗措施尤为重要。目前股骨骨折的临床治疗方式包括保守治疗(即非手术治疗)和手术治疗(如外固定治疗、内固定治疗、髓内钉治疗以及全膝关节置换),随着骨科手术治疗技术和内固定材料的不断更新与发展,保守治疗已经逐渐被弃用,手术成为首选治疗方式[7]。此外,由于股骨有着大量肌群,而各肌肉群的功能不尽相同,导致了不同平面的骨折会产生不同的骨折移位以及复位后再移位,因此选择合适的手术治疗是骨折愈合与早期功能康复的关键。本综述主要评估交锁髓内钉与微创内固定系统(less invasive stabilization system, LISS)钢板固定治疗股骨骨折的临床疗效,探讨交锁髓内钉联合微创内固定系统钢板固定治疗股骨骨折的临床应用价值。

2. 交锁髓内钉治疗股骨骨折

据记载,髓内钉装置最早是被古埃及人用于治疗成人骨折[8]。随着创伤骨科的发展,髓内钉的优点越来越得到医生与学者的认可,如手术瘢痕更小、感染率更低、患者活动时间更早、失血量少、对骨折部位和周围软组织的干扰更少、骨折不愈合率更低等诸多优点,使其成为治疗长骨骨折的金标准,然而该技术在粉碎性间歇骨折固定中存在的缺点是未能提供旋转稳定性和轴向长度[9][10]。随着髓内钉种类与技术的发展,自20世纪70年代带锁髓内钉治疗股骨干骨折进入临床以来,进一步扩大了髓内钉的适应症,在医学领域已被普遍接受,欧美学者因其稳定性良好,固定牢靠,将其称为治疗股骨干骨折的金标准。带锁髓内钉通过附加的远端和近端锁钉,保证了钉-骨固定,用于以往简单髓内钉固定不好的长螺旋骨折或粉碎骨折。和其他髓内钉相比,带锁髓内钉有更好的轴向与旋转固定作用,能有效地控制骨折端的旋转、缩短、成角等移位,防止缩短和旋转,同时骨折端不产生应力遮挡,不易出现局部骨质疏松,对骨折的固定达到最大的稳定性和坚固性,最大限度地减少了腿部长度差异、旋转和角度畸形的发生率[10][11]。近年来,交锁髓内钉在治疗股骨骨折中应用较多。使用交锁髓内钉治疗股骨骨折,既可以有效避免对骨折断端周围软组织的过多剥离,对骨膜血供不产生破坏,保留骨折断端的血肿,即使在做有限切开时剥离也很少,也可以避免开放性手术对骨折断端血肿和周围软组织血供的破坏[12],而且该技术符合人体生理和生物力学特点,被称为“生物性”内固定技术。此外, MK Deepak 等学者[10]研究表明交锁髓内钉是目前治疗成人闭合性股骨干骨折的首选方法,尤其是那些长螺旋骨折、节段骨折以及严重粉碎性骨折的患者。相比于钢板钉治疗股骨骨折,交锁髓内钉治疗有着更多的优势,例如可以更好地恢复粉碎性骨折的解剖长度和对位,促使着更高的骨折愈合率,促进关节活动恢复、肌肉康复,缩短住院时间,减少并发症(如感染、皮质骨质疏松、错位和不愈合)的发生,最重要的是可以尽早恢复工作和骨折前状态。髓内钉按手术入路可分为顺行髓内钉和逆行髓内钉。而对于股骨骨折无论顺行髓内钉还是逆行髓内钉在临床应用均已成熟,并取得良好的临床效果。既往有文献报道两种不同方式的髓内钉治疗股骨骨折都有较高的愈合率,两种技术都有各自优缺点。Herrera [13]等学者进行的一项共计415例患者的29个回顾性研究中发现:逆行髓内钉组的骨折不愈合率为1.5%,需要二次手术的为4.6%;相对应的锁定钢板组为5.3%,8.8%;而传统钢板固定组为12%,15%。与锁定钢板固定组相比,逆行髓内钉固定组发生骨不连的相对风险降低了72.0%,需要二次手术的相对可能性降低了47.7%;与传统钢板固定组相比,逆行髓内钉固定组发生骨不连的相对风险降低了87.5%,需要二次手术的相对可能性降低了69.3%。此外,在 Ostrum 等学者[14]的研究中指出所有经过顺行髓内钉治疗的患者股骨都完全愈合(100%),而逆行髓内钉治疗的患者98%完全愈合,有1个患者出现了骨不连并发症。与逆行髓内钉治疗股骨干骨折相比,顺行髓内钉的治疗效果更好,愈合更快。与之相似的是,国内学者宋启威[15]发现:无论顺行钉还是逆行钉在治疗股骨干中段骨折时均能获得良好的骨折愈合效果。作为一项较新开展的髓内钉技术,逆行髓内钉在手术操作方面尤其在定位进针点时更有优势,且不影响股骨外展肌群,避免了顺行髓内钉可能出现的潜在髌关节痛、阴部神经损伤等风险。但是,也有文献报道逆行钉技术对膝关节的潜在风险并非罕见[4]。

这种影响需要更多病例的研究, 更长时间的随访和更加精准的评估。由此我们建议, 在临床上对于股骨干骨折逆行髓内钉的使用应在适应症内谨慎, 综合选择。

3. 微创内固定系统钢板固定治疗股骨骨折

1960年代初期, 角钢板的出现填补了治疗股骨远端骨折的空缺, 它是比较早的一种钢板内固定系统, 使内固定变得更加牢固, 为钢板内固定治疗股骨骨折的发展奠定了基础。角钢板能在三个平面上提供稳定的固定, 固定可靠、成本低, 但同时需要精准的手术技术来提供支持[16]。随着内固定器械的飞速进步以及手术技术的熟练, 由国际骨折内固定学会推出的 LISS 为代表的锁定钢板成为目前治疗股骨远端骨折的主要方式之一。LISS 的设计基于解剖学结构和力学原理, 给股骨远端骨折的治疗带来了新的希望。它的构造是由钢板与锁钉形成的一个牢固的固定支架。钢板与锁钉的有机结合形成整体, 均匀分布, 通过螺纹紧密的拧在一起, 固定的钢板具有桥接功能, 钢板不与骨膜接触, 同时多轴向锁定可以提供更好的稳定性及抗拔出能力, 这可以在相对稳定情况下最大程度保护血供, 从而促进骨折的间接愈合。此外, LISS 也符合生物学固定的要求, 而且手术过程中采用的是小切口, 手术时间短, 手术出血量少, 对周围软组织的损伤轻, 骨膜血运充分, 局部微循环未受到影响, 从而可以大大降低骨折延迟愈合、不愈合, 关节粘连、僵硬, 手术部位感染等并发症的发生[17]。Michael Schutz 等学者[18]在 LISS 应用在股骨远端骨折的患者中的研究发现: 在术后 1 年的随访过程中, 85% 的随访患者实现了骨折完全愈合, 3% 的患者无法进行随访, 12% 的患者在骨折完全愈合前死亡(死亡原因均与手术、植入物无关); 骨折完全愈合的患者中 91% 能够完全负重, 其受伤肢体的最大屈曲度平均为未受伤肢体范围的 80%。作者还表明所有类型的股骨远端骨折, 包括各种严重程度与不同复杂难度, 都可以使用 LISS 治疗, 其包括但不限于在有严重开放性骨折或骨质流失的情况下可能需要进行的二次植骨手术治疗; 当使用微创手术技术时, 尤其是进行精准的手术来确定植入物以及骨折复位等情况。FC Kao 等学者[19]在比较动力髁螺钉与 LISS 治疗股骨远端骨折的研究中发现: 使用动力髁螺钉组骨愈合成功率为 96.2%, 平均愈合时间为 19.2 周, LISS 组分别为 94.7% 与 19.4 周; 动力髁螺钉组膝关节的平均活动范围为 111.7 度, 冠状骨折碎片角的平均损失为 -0.77 度, LISS 组分别为 111.3 度与 -0.19 度。此外, 早期植入物种植失败仅发生在动力髁螺钉组(11.5%)。尽管上述所有指标的差异均无统计学意义, 作者仍指出: 使用动力髁螺钉与 LISS 治疗股骨远端骨折均可有良好的愈合结果, 在治疗股骨远端骨折时并发症很少, 但是与动力髁螺钉相比, LISS 的早期植入物的松动风险更低。与之相似的是, 国内学者张德春等学者[20]也进行了动力髁螺钉与 LISS 治疗股骨远端骨折的临床疗效对比研究, 结果显示: 随访患者全部获得骨性愈合, LISS 组愈合时间较动力髁螺钉组短; LISS 组的术后 6 个月疼痛视觉模拟评分明显低于动力髁螺钉组; LISS 组的膝关节功能优良率为 91.67%, 而动力髁螺钉组优良率为 83.33%; 上述所有指标的差异均有统计学意义。作者提出 LISS 在股骨远端骨折治疗中具有愈合时间短、疼痛程度弱、膝关节功能恢复较好、患者满意度高的优点, 值得在股骨远端骨折的治疗中推广应用。此外国内学者秦荣毫[21]研究表明: LISS 和防旋股骨近端髓内钉治疗老年股骨近端骨折, 均可有效改善髋关节功能, 安全性高。对于内固定切割风险高、骨质疏松严重的患者, LISS 治疗可减少术后髓内翻发生的概率, 而防旋股骨近端髓内钉治疗可缩短骨折愈合和完全负重时间。

4. 交锁髓内钉和(或)微创内固定系统钢板固定联合治疗股骨骨折

随着股骨骨折的发生率不断增加, 手术治疗方式也在不断增加, 从非手术到手术, 从髓外到髓内, 从切开到微创, 一直在不断的发展和创新。不同的手术单独治疗股骨骨折各有优缺点, 多种手术治疗方式的联合使用治疗股骨骨折开始受到学者与医师的关注。交锁髓内钉治疗股骨骨折, 既可以避免对骨折断端周围软组织的过多剥离, 对骨膜血供不产生破坏, 避免了对骨折断端的血肿和周围软组织血供的破坏,

其技术符合人体生理和生物力学特点, 被称为“生物性”内固定技术[12]。此外, LISS 也符合生物学固定的要求, 而且手术过程中采用的是小切口, 手术时间短, 手术出血量少, 对周围软组织的损伤轻, 骨膜血运充分, 局部微循环未受到影响, 从而可以大大降低骨折延迟愈合、不愈合, 关节粘连、僵硬等并发症的发生[17]。尽管两种手术方式治疗股骨骨折都有各自的优势, 但是国内外学者对于交锁髓内钉联合 LISS 治疗股骨骨折的疗效少有报道, 其疗效尚不清楚, 交锁髓内钉联合 LISS 治疗股骨骨折的疗效是否优于单独手术方式治疗股骨骨折仍需要进一步研究探讨、分析, 但有不少学者探讨了其他不同手术方式联合治疗股骨骨折疗效对比。黄淼学者[22]对比交锁髓内钉联合拉力螺钉与单纯髓内钉治疗股骨干骨折疗效的研究表明: 联合组骨折平均愈合时间比单独髓内钉组低, 膝关节功能评分比单独髓内钉组高($P < 0.05$); 骨折疗效参照 Karlstrom-Olerud 股骨骨折疗效的评价标准, 联合组优 23 例, 良 5 例, 可 2 例, 优良率 93.33%; 单纯髓内钉组优 19 例, 良 6 例, 可 4 例, 差 1 例, 优良率 83.33%, 联合组优于单纯髓内钉组($P < 0.05$); 此外, 联合组无相应并发症出现, 而单纯髓内钉组出现 1 例主钉断裂, 2 例旋转畸形, 2 例骨延迟愈合。作者还指出拉力螺钉辅助交锁髓内钉固定相较于单纯髓内钉固定具有较短的骨折愈合时间、术后并发症少、较高的骨折愈合率, 是一种可行的手术联合方法。彭伟君等学者[23]探讨微创经皮钢板固定技术联合 LISS 钢板固定治疗老年性股骨远端骨折的临床效果, 结果表明: 与常规锁定钢板固定治疗组对比, 联合组的出血量少, 手术切口长度、住院时间和骨折的愈合时间短, 治疗优良率高, 差异均有统计学意义。Meng Li 等学者[24]在评价不同种类的双钢板内固定治疗股骨骨折疗效的研究中指出: 在外侧 - 内侧四点弯曲和前后四点弯曲中, LISS 联合内侧接骨板组(A 组)的计算结果都略优于 LISS 联合前内侧接骨板组(B 组)。但是, 在轴向载荷和扭转载荷的作用下, A 组的变形明显小于 B 组, 前者的固定稳定性也明显优于后者。在外侧 - 内侧四点弯曲下, LISS 联合内侧支撑垫组(C 组)的 Von Mises Stress (VMS)为 59.977 MPa, 约为 A、B 组的一半。在前后四点弯曲下, C 组的峰值 VMS 为 38.209 MPa, 仍优于其他 A、B 组。在扭转载荷下, C 组的峰值 VMS (347.75 MPa)、股骨头最大扭转角和骨折扭转角均优于 A、B 组。然而, 在轴向加载下, C 组的峰值 VMS (76.376 MPa)和最大位移(3.1798 mm)略高于 A 组。作者发现 LISS 联合内侧支撑垫模型的生物力学性能优于其他两种双钢板模型, 是治疗股骨远端粉碎性骨折的有效方法。

5. 交锁髓内钉和(或)微创内固定系统的生物力学机制

交锁髓内钉的广泛使用暴露出的防旋转、抗短缩功能差的矛盾仍然尚未解决。髓内钉与交锁钉的相互剪力可能导致髓内钉断裂, 无法支撑早期的身体负重。纵向的压力可能转换成髓钉与锁钉之间的剪力, 在一定程度上会造成骨折的延迟愈合或者无法愈合。有研究证实动力性交锁髓内钉对横段骨折的纵向加载中需要首先克服钉骨间的摩擦力。设置正压范围为 462.7~700.3 N 时, 钉骨可出现滑动。并且当负载大于钉骨间的摩擦力时, 骨折处的压力也会进一步增加。而动力性交锁固定的优势比较明显, 在早期负重时, 髓钉在骨髓腔中滑动, 锁钉在长形孔中滑动, 不会导致严重的骨折位移, 当继续加载, 锁钉会与长形孔的上方接触形成剪力并产生相应的应力遮挡。此时产生的两个力可以相对平衡。锯齿状尾翼具有较好的稳定性, 咬合力或者钉骨剪力可达 2474.5~2936.2 N [25]。

LISS 钢板系统具有带锁髓内钉及生物学接骨板二者的优点, 可通过较小的切口于骨表面安放, 并较好的对骨折进行固定, 特别是对关节周围或关节内的不稳定骨折具有良好固定效果, 1999 年由国际内固定协会 AO/ASIF 推荐使用。LISS 钢板适用于股骨远端和胫骨近端粉碎性骨折的固定, 特别是对骨质疏松患者和假体周围骨折的固定具有较大的优势。LISS 钢板定位系统经皮肤钻入, 不需要暴露与剥离周围软组织与骨膜, 能够使手术的损伤降低到最低, 并且因其自身具有成角固定作用, 自钻螺钉可以提供更可靠的固定。LISS 钢板的形状设计与骨的解剖轮廓一致, 手术时无须广泛切开暴露, 减少了骨膜等软组织的损伤, 减少出血量, 有利于患者的预后, 同时也能够降低接骨板对骨膜的压迫性损伤, 尽可能多地

保护了骨骼的血运。相比于交锁髓内钉, LISS 钢板治疗 C2 型股骨髁间骨折的疗效更好, 但应视术中骨折具体情况而定, 术中可先行恢复股骨髁部解剖结构, 再根据骨折块的稳定性进行内固定物选择, 若复位后骨折块稳定性良好可采用交锁髓内钉内固定, 若骨折块稳定性不足则须采用 LISS 钢板内固定, 应充分把握两种内固定物的优缺点, 合理选择内固定方案[26]。

6. 展望

综上所述, 交锁髓内钉与 LISS 钢板固定都是治疗股骨骨折较佳的手术治疗方法, 而且都符合生物学固定要求, 固定效果好。交锁髓内钉治疗股骨骨折, 既可以避免对骨折断端周围软组织的过多剥离, 对骨膜血供不产生破坏, 也可以避免对骨折断端的血肿和周围软组织血供的破坏; LISS 钢板固定在手术过程中采用的是小切口, 手术时间短, 手术出血量少, 对周围软组织的损伤轻, 骨膜血运充分, 局部微循环未受到影响。但两种手术方式依然有一些并发症发生, 例如疼痛, 感染, 骨不愈合、延迟痊愈甚至断钉等。如何通过更好的钢板/髓内钉设计或者经由其它联合方法来减少并发症, 尽可能地减少对骨折部位骨膜的破坏, 并更快、更简便地完成复位操作, 同时还可以减少病人骨折愈合的时间, 越来越多的专家们正在努力探索, 提出更加完善的临床治疗手段。目前有不少的专家研究、探讨不同手术方式的联合使用来治疗股骨骨折, 而且临床疗效优于单种手术方式治疗。然而关于交锁髓内钉联合 LISS 钢板固定治疗股骨骨折的研究却少有报道, 两种手术方式的联合使用可能会集合各自优势, 大大增加股骨骨折的临床疗效, 促进骨折愈合, 减少并发症。同时随着骨科手术技术的发展与可吸收性内固定材料的发展, 交锁髓内钉联合 LISS 将会在治疗股骨骨折中发挥更为重要的作用。

参考文献

- [1] Rupp, M., Walter, N., Pfeifer, C., *et al.* (2021) The Incidence of Fractures among the Adult Population of Germany—An Analysis from 2009 through 2019. *Deutsches Ärzteblatt International*, **118**, 665-669.
- [2] 李国胜, 边朝辉, 刘明礼. PFNA 与 PFN 内固定治疗股骨粗隆间骨折的疗效比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2020, 35(2): 169-171.
- [3] 王汉卿, 楼跃, 王浩然. 交锁髓内钉与锁定加压钢板治疗大龄儿童股骨干骨折的有限元分析[J]. 实用临床医药杂志, 2020, 24(20): 6-10.
- [4] 信远, 任海东, 吴学业. 交锁髓内钉与钢板内固定在股骨骨折治疗中的效果比较[J]. 中外医疗, 2023, 42(13): 77-80, 85.
- [5] 黄家谷, 王小勇, 李李, 等. 交锁髓内钉联合钢板内固定治疗 C 型股骨干骨折的疗效观察[J]. 骨科, 2022, 13(4): 367-369.
- [6] 王旻. 交锁髓内钉与钢板内固定治疗股骨骨折的疗效对比分析[J]. 中国医疗器械信息, 2021, 27(12): 70-71.
- [7] 胡靖. 逆行髓内钉和微创内固定系统治疗股骨远端骨折的临床疗效对比[D]: [硕士学位论文]. 重庆医科大学, 2020.
- [8] Bekos, A., Sioutis, S., Kostroglou, A., *et al.* (2021) The History of Intramedullary Nailing. *International Orthopaedics*, **45**, 1355-1361. <https://doi.org/10.1007/s00264-021-04973-y>
- [9] Rosa, N., Marta, M., Vaz, M., *et al.* (2019) Intramedullary Nailing Biomechanics: Evolution and Challenges. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, **233**, 295-308. <https://doi.org/10.1177/0954411919827044>
- [10] Deepak, M.K., Jain, K., Rajamanya, K.A., *et al.* (2012) Functional Outcome of Diaphyseal Fractures of Femur Managed by Closed Intramedullary Interlocking Nailing in Adults. *Annals of African Medicine*, **11**, 52-57. <https://doi.org/10.4103/1596-3519.91025>
- [11] Debrauwer, S., Hendrix, K. and Verdonk, R. (2000) Anterograde Femoral Nailing with a Reamed Interlocking Titanium Alloy Nail. *Acta Orthopaedica Belgica*, **66**, 484-489.
- [12] 楚宇鹏, 孔建中, 牟暇平, 等. 交锁髓内钉与 LCP 内固定治疗胫骨远端骨折的放射学及临床疗效比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2010, 25(12): 1080-1082.
- [13] Herrera, D.A., Kregor, P.J., Cole, P.A., *et al.* (2008) Treatment of Acute Distal Femur Fractures above a Total Knee

- Arthroplasty: Systematic Review of 415 Cases (1981-2006). *Acta Orthopaedica*, **79**, 22-27.
<https://doi.org/10.1080/17453670710014716>
- [14] Ostrum, R.F., Agarwal, A., Lakatos, R. and Poka, A. (2000) Prospective Comparison of Retrograde and Antegrade Femoral Intramedullary Nailing. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **14**, 496-501.
<https://doi.org/10.1097/00005131-200009000-00006>
- [15] 宋启威. 逆行和顺行交锁髓内钉治疗股骨干骨折对比观察[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽医科大学, 2018.
- [16] Vandenbussche, E., LeBaron, M., Ehlinger, M., *et al.* (2014) Blade-Plate Fixation for Distal Femoral Fractures: A Case-Control Study. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **100**, 555-560.
<https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.06.006>
- [17] 纪振伟. 微创内固定系统结合拉力螺钉在股骨髁间粉碎性骨折中的应用[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2015.
- [18] Schütz, M., Müller, M., Regazzoni, P., *et al.* (2005) Use of the Less Invasive Stabilization System (LISS) in Patients with Distal Femoral (AO33) Fractures: A Prospective Multicenter Study. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **125**, 102-108. <https://doi.org/10.1007/s00402-004-0779-x>
- [19] Kao, F.C., Tu, Y.K., Su, J.Y., *et al.* (2009) Treatment of Distal Femoral Fracture by Minimally Invasive Percutaneous Plate Osteosynthesis: Comparison between the Dynamic Condylar Screw and the Less Invasive Stabilization System. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, **67**, 719-726.
<https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31819d9cb2>
- [20] 张德春, 周敦, 吕成堂, 等. 动力踝螺钉与微创内固定系统对股骨远端骨折的临床疗效对比[J]. 解放军预防医学杂志, 2019, 37(7): 142-143.
- [21] 秦荣毫. 微创内固定系统和防旋股骨近端髓内钉内固定治疗老年股骨近端骨折效果比较[J]. 河南外科学杂志, 2020, 26(4): 129-130.
- [22] 黄淼. 髓内钉联合拉力螺钉与单纯髓内钉治疗 AO-C 型股骨干骨折疗效对比[D]: [硕士学位论文]. 遵义: 遵义医科大学, 2019.
- [23] 彭伟君, 高俊, 张瑞彬, 等. 微创经皮钢板固定技术联合微创内固定系统钢板固定治疗老年性股骨远端骨折的临床效果[J]. 中国当代医药, 2018, 25(36): 105-107, 110.
- [24] Li, M., Jiang, Y., Wang, J., *et al.* (2023) Finite Element Analysis of Different Medial Fixation Strategies in Double-Plate Osteosynthesis for AO Type 33-C2 Femoral Fractures. *Injury*, **54**, S86-S94.
<https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.01.003>
- [25] 权毅, 张波, 廖冬发, 等. 动力性交锁髓内钉的设计及生物力学研究[J]. 中华创伤杂志, 2003, 19(4): 235-237.
- [26] 张慧东, 王井伟, 白净. 逆行交锁髓内钉与微创内固定钢板修复股骨远端骨折的生物力学性能比较[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(44): 6577-6582.