

# 青少年胫骨远端三平面骨折的诊疗进展

王泊凯\*, 王志强#

华北理工大学附属医院骨科, 河北 唐山

收稿日期: 2024年10月27日; 录用日期: 2024年11月21日; 发布日期: 2024年11月28日

## 摘要

胫骨远端三平面骨折是一种青少年常见的复杂骨折, 主要发生在骨骺板闭合的过渡期。随着影像技术的进步, 尤其是CT的广泛应用, 骨折的精确分型和手术规划得到了显著改善。传统上, 三平面骨折的治疗策略包括保守治疗和手术治疗, 取决于骨折移位的程度。近年来的研究表明, 精确的解剖复位和稳定的内固定对恢复关节功能至关重要。手术复位不佳可能导致关节功能障碍及骨骺早闭等并发症。术后康复管理包括早期的关节活动度训练和逐渐的负重训练也至关重要, 旨在减少关节僵硬和功能丧失。最新文献表明, 尽管手术治疗能取得较好的预后, 但仍需长时间随访以评估远期关节炎及骨骼生长的潜在问题。

## 关键词

青少年, 三平面骨折, 胫骨

# Progress in Diagnosis and Treatment of Triplane Fracture of Distal Tibia in Adolescents

Bokai Wang\*, Zhiqiang Wang#

Department of Orthopedics, Affiliated Hospital of North China University of Science and Technology, Tangshan Hebei

Received: Oct. 27<sup>th</sup>, 2024; accepted: Nov. 21<sup>st</sup>, 2024; published: Nov. 28<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

**Triplane fracture of distal tibia is a common complex fracture in adolescents, which mainly occurs in the transition period of epiphyseal plate closure. With the progress of imaging technology, especially**

\*第一作者。

#通讯作者。

the wide application of CT, the accurate classification and surgical planning of fractures have been significantly improved. Traditionally, the treatment strategies of triplane fractures include conservative treatment and surgical treatment, depending on the degree of fracture displacement. Recent studies have shown that accurate anatomical reduction and stable internal fixation are essential to restore joint function. Poor surgical reduction may lead to joint dysfunction and epiphyseal closure and other complications. Postoperative rehabilitation management, including early joint mobility training and gradual weight-bearing training, is also crucial, aiming to reduce joint stiffness and loss of function. The latest literature shows that although surgical treatment can achieve a better prognosis, long-term follow-up is still needed to evaluate the potential problems of long-term arthritis and bone growth.

## Keywords

Adolescents, Triplane Fracture, Tibia

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

青少年胫骨远端三平面骨折(triplane fracture of the distal tibia)是一种累及骨骺板的复杂踝关节损伤,其发生于胫骨远端骺板闭合期的青少年,因此也被称为“过渡期骨折”,发病率占骨骺损伤的6%~10%,占踝部骨骺分离骨折的17%;三平面骨折多由高能量的外伤引起,如运动损伤、跌倒或交通事故,急性踝关节扭伤,特别是内翻或外翻导致的旋转应力,是最常见的致伤机制。青少年胫骨远端三平面骨折在男性中更为常见,占比可高达约60%~75%,这可能与男性青少年参与更多高风险体育活动有关;女性总体上发病率低于男性,这可能是由于女性青少年的骨骺板闭合通常较早,导致她们在骨骺板阶段的受伤风险相对较小。1957年, Bartl 首次对其进行描述,认为胫骨远端三平面骨折是 Salter-Harris II、III、IV型损伤的复合体,这是认识三平面骨折的开始阶段;1972年, Lynn 等人[1]将其定义为三平面骨折,它涉及三个平面的骨折线,分别为矢状面、冠状面和横断面,不仅对青少年的生长发育造成影响,还可能导致长期的功能障碍。面对这种复杂的骨折形式,在临床治疗中十分考验骨科医生的空间想象能力[2]。本综述将重点探讨青少年胫骨远端三平面骨折的受伤机制、分型及治疗方法,以期为临床实践提供参考。

## 2. 胫骨远端三平面骨折的发病机制

青少年胫骨远端三平面骨折的受伤机制与解剖学因素密切相关。以下是几个关键的解剖学因素。(1) 骨骼结构特点:青少年的骨骼尚未完全成熟,骨骼的密度和强度相对较低,尤其是在胫骨远端的骨骼结构。胫骨的远端区域包括胫骨髁,这一部分承受着来自下肢和身体其他部分的负荷[3]。由于生长板的存在,青少年的骨骼对外力的承受能力相对较弱,容易发生骨折。(2) 生长板的脆弱性:胫骨远端的生长板是骨骼生长的重要区域,但同时也是骨折发生的高风险区域。生长板组织的柔软性使其在遭受冲击或扭转力时,极易发生骨折,尤其在快速运动或跌倒时[4]。曹磊等人[5]的研究表明,生长板损伤常伴随骨折,并可能影响后续的骨骼发育。(3) 生物力学因素:胫骨在日常活动中承受的生物力学负荷是导致三平面骨折的关键因素。当外力作用于下肢时,特别是在跳跃、急停或转身等动态活动中,胫骨受到的扭转和弯曲应力显著增加[6]。这种复杂的力学作用加大了骨折的风险。(4) 软组织支持不足:青少年时期,韧带和

肌肉的力量尚未完全发展, 软组织对关节和骨骼的支持作用相对不足。在进行激烈运动时, 缺乏足够的肌肉保护使得胫骨更容易受到损伤。此外, 王仁崇等人[7]在临床中发现若出现急性扭伤或不当着陆, 胫骨远端的损伤风险进一步上升。(5) 骨质疏松与遗传因素: 青少年一般不会出现显著的骨质疏松, 但陈嵩等人[8]通过回顾 75 例患者的 CT 资料发现遗传因素或先天性疾病可能导致某些个体骨骼发育异常, 从而增加骨折的风险。这些解剖学和生理学的差异使得某些青少年在运动或日常活动中更容易遭受胫骨骨折。

青少年胫骨远端三平面骨折的受伤机制可以归纳为以下几类。(1) 运动相关受伤: 运动是青少年骨折的主要诱因之一。根据王恩波等人[6]的研究, 青少年在参与竞技运动时, 由于剧烈的身体接触和不当的着陆方式, 容易导致胫骨远端的损伤。例如, 在篮球比赛中, 运动员在跳跃时不慎落地, 重心不稳可能造成胫骨的三平面骨折。运动损伤通常涉及多个方向的力量作用, 这种多方位的应力分布增加了骨折的复杂性。(2) 交通事故: 交通事故是另一重要的受伤机制, 尤其是在城市中, 青少年由于缺乏交通安全意识, 往往成为交通事故的受害者。根据霍力为等人[4]的研究, 交通事故导致的胫骨远端三平面骨折在青少年中占比较高。这类骨折通常伴随有严重的软组织损伤, 治疗难度相对较大。(3) 其他意外事件: 除了运动和交通事故, 家庭环境中的意外事件也是青少年胫骨骨折的重要来源。例如, 摔倒、跌落等日常活动中都可能导致此类骨折。沈雷等人[9]指出, 家庭中的不安全因素如高处跌落等, 对青少年的影响不容忽视。因此, 在家庭和学校环境中加强安全教育显得尤为重要。

### 3. 胫骨远端三平面骨折诊断

诊断三平面骨折时, 应首先评估受伤机制。青少年患者通常因扭伤、跌倒或高能量创伤导致此类骨折。患者常表现为下肢疼痛、肿胀, 尤其是在胫骨远端。负重时疼痛加剧, 受伤肢体功能受限。临床医生需仔细询问受伤过程, 了解受伤时的暴力方向和受力点, 以明确是否存在扭转、压缩等复合力学机制。BLASIER 等人[10]指出, 三平面骨折多见于发生在骨骺融合期的青少年, 因该时期的骨骺和干骺端尚未完全骨化, 容易在受到应力时发生复杂骨折。体格检查重点在于观察受伤部位的肿胀、畸形、压痛及活动受限情况。医生应特别注意胫骨远端的压痛点和周围组织的损伤迹象。关节活动度检查时, 患者的踝关节多表现为活动受限或完全丧失, 尤其是足背屈和跖屈动作。此外, 医生应注意评估患者是否有软组织损伤或神经血管损害。尽管此类骨折较少引起开放性损伤, 但严重移位或骨折片可能导致血管、神经压迫, 导致下肢远端麻木、苍白或脉搏减弱。影像学检查是确诊三平面骨折的关键步骤, 主要包括 X 线片、CT 和 MRI。初步诊断常通过标准的踝关节 X 线片(包括前后位、侧位及内、外斜位)进行。由于三平面骨折横跨矢状、冠状和平面, 因此常需通过多个角度的影像来评估骨折类型及移位情况。研究表明, 单靠 X 线片可能难以全面显示三平面骨折, 尤其是在观察骨折线复杂走行及关节面的不规则性时, X 线片的局限性较大。CT 扫描被认为是评估三平面骨折最为有效的影像学工具, 特别是在手术规划阶段。CT 能提供更为精细的断层影像, 明确骨折片的位置、大小及关节面塌陷情况, 有助于准确分类和评估骨折的复杂性。相关研究指出, 通过 CT 扫描能更精确地识别出骨折的不同平面和关节面损伤的程度[11]。Salter-Harris 骨折是指累及生长板的骨折, 特别是 Salter-Harris II 型(跨越生长板和干骺端的骨折)和 IV 型(跨越关节面、生长板和干骺端的骨折)需要与三平面骨折进行鉴别。Salter-Harris IV 型与三平面骨折最为相似, 影像学表现也常重叠, 但三平面骨折的骨折线往往横跨多个平面, 这一点通过 CT 扫描可以更加明确区分[12]。Tillaux 骨折是另一种常见于青少年的踝关节骨折, 其机制为旋转应力作用于部分已闭合而另一部分未闭合的生长板。它是一种骨骺内外侧的不完全骨折, 通常表现为胫骨远端关节面的部分骨折。Tillaux 骨折涉及冠状面, 但不像三平面骨折涉及多个平面。因此, CT 扫描通常有助于明确 Tillaux 骨折和三平面骨折的区别[13]。MRI 主要用于评估软组织损伤, 尤其是当怀疑同时伴有韧带损伤或关节软骨损伤时。MRI 还能提供关于骨骺板的进一步信息, 帮助评估生长板是否受到损害, 其 MRI 表现 T1WI 呈

低信号, T2WI 呈高、稍高或等信号, IRFSE/T2WI 呈高信号; 部分病例临时钙化带出现长 T2 信号[14]。医生应在影像学上准确评估骨折的移位情况, 特别是关节面的塌陷及关节面不平整度。有文献指出, 关节面不平整超过 2 mm 者常需手术干预[15]。

#### 4. 胫骨远端三平面骨折的分型

临床上, 医生根据三平面骨折的解剖特点和移位程度, 进一步细分该类骨折, 以便更好地指导治疗决策和预后评估。常见的分型方式主要为根据骨折碎块数量分型。(1) 两部分型(Two-Part Fracture): 该类型的三平面骨折表现为简单的两部分骨折, 骨折线从矢状面延伸至冠状面。骨折片通常有轻微移位, 关节面破坏相对较少, 且不涉及多块骨折片分离。但 Brown 等人[11]的研究发现伴内侧骨骺延伸的骨折发生率最高。(2) 三部分型(Three-Part Fracture): 三部分型骨折的特征是骨折线不仅涉及矢状和冠状面, 还在横断面(水平面)形成分离。这种类型的骨折常见于高能量创伤, 骨折片通常表现出显著的移位和旋转, 可能导致关节不稳。研究指出, 三部分型骨折患者通常需要手术复位以恢复关节的稳定性和对位。(3) 四部分型(Four-Part Fracture): 四部分型骨折是最为复杂的三平面骨折类型, 通常伴随严重的骨折片移位、旋转及关节塌陷。这种类型骨折的发生率较低, 但因其多平面、多部位的复杂性, 手术治疗几乎不可避免, 且需术中精准对位关节面。相关文献指出, 四部分型骨折的预后相对较差, 因其可能影响骨骺的发育, 并增加早期关节炎的风险。

在影像学检查中, 尤其是 CT 扫描, 能够更详细地显示三平面骨折的复杂性, 并帮助临床医生进行精确分型。CT 不仅能够展示骨折片的位置和移位情况, 还能帮助识别关节面是否有不平整或塌陷。三平面骨折的分型对于治疗策略的选择至关重要。轻度移位的两部分型骨折通常可通过保守治疗解决, 而复杂的三部分型或四部分型骨折往往需要开放性复位和内固定术[16]。骨折片的移位程度和关节面塌陷是决定是否需要手术的关键因素。根据不同类型的三平面骨折, 预后也有所不同。轻度移位的骨折通常具有良好的预后, 而复杂型(如四部分型)骨折的预后相对较差, 容易出现关节不稳定、畸形愈合和早期关节炎等并发症[17]。Elbatawy 等人[18]指出, 早期手术复位和精准对位对复杂型骨折的长期预后具有显著影响。

#### 5. 胫骨远端三平面骨折的治疗

青少年胫骨远端三平面骨折的治疗目标是恢复正常的骨骼和关节对位, 确保骨骺正常发育, 防止骨骺早闭或骨骼畸形愈合, 维持踝关节的功能, 预防早期关节炎。根据骨折的类型和移位程度, 治疗可分为保守治疗和手术治疗两类。轻度移位的骨折通常可以通过保守治疗解决, 而显著移位或复杂的三平面骨折通常需要手术干预[19]。

##### 5.1. 保守治疗

保守治疗适用于非移位或轻微移位(移位小于 2 mm)的两部分或三部分三平面骨折。这些骨折通常关节面损伤较轻, 移位不显著, 关节功能可以通过非手术手段恢复。对于轻微移位的骨折, 医生通常通过手法复位, 将骨折片在局部麻醉下手动对位。X 线检查可用于复位过程中的实时评估。复位成功后, 需通过影像学检查确保关节面对位良好。成功复位后, 采用长腿石膏或短腿石膏固定胫骨和踝关节, 通常需要固定 6~8 周。随访期间需定期进行 X 线复查, 确保骨折愈合和关节面保持平整[20]。石膏拆除后, 逐步进行功能性康复训练, 包括踝关节的屈伸和旋转训练, 旨在恢复踝关节的活动度和肌肉力量。Hendrych 等人[21]认为, 非移位性三平面骨折患者通过保守治疗的预后通常较好, 且不容易发生并发症。

##### 5.2. 手术治疗

手术治疗的适应症主要包括: 移位超过 2 mm 的骨折、多部分(尤其是三部分和四部分)骨折以及复位

不成功的闭合保守治疗。赵鸿鲜等人的[22]研究表明, 关节面移位超过 2 mm, 若不进行手术复位, 可能导致关节不稳定, 增加早期踝关节炎的风险。而多部分骨折通常伴随显著的骨折片移位和关节面塌陷, 需通过手术重建关节面。开放性复位与内固定术(ORIF)是一种常用的手术方法, 主要用于复杂和多部分的三平面骨折。曾凡营[23]等人在 C 臂 X 线机透视下骨折复位满意后, 根据骨折情况和骨折块大小选用 2~4 枚  $\varnothing 3.5$  mm 自身增强可吸收拉力钉固定。术中, 特别需要关注的是关节面的对位, 关节面不平整可能导致后期的关节功能障碍和早期退行性变。同时, 需尽量避免对骨骺板的二次损伤, 以防止骨骺早闭或骨骼畸形发育。据胡卫国等人报道, 锁定加压接骨板系统(LCP)实施锁定钢板治疗青少年胫骨远端三平面骨折, 此方法可以减少骨与接骨板之间直接接触的面积, 最大限度地保留骨与软组织的血供, 从而促进骨折的愈合。石晶与杨俊等人[24][25]的研究中, 锁定钢板治疗青少年胫骨远端三平面骨折同样取得了令人满意的治疗效果。

对于无移位或移位  $< 2$  mm 的关节内骨折及移位  $< 5$  mm 的关节外骨折, 可在全身麻醉下通过牵引、内旋足和直接按压前外侧的骨块来达到闭合复位。如果闭合复位失败, 则需行切开复位[26][27]。微创手术(MIPO)对于部分骨折片较小且移位不严重的患者, 医生可能选择微创技术, 通过小切口进行固定, 减少对软组织的损伤, 并加快术后恢复。

## 6. 胫骨远端三平面骨折的预后

术后的青少年患者通常需 6~8 周的石膏固定, 随后进行康复训练。Patel 等人[28]介绍初期的康复包括被动运动和有限的负重训练, 逐渐过渡到全负重。定期进行影像学随访, 评估骨折愈合情况和关节面恢复情况。常见的手术并发症包括切口感染、螺钉松动或断裂、关节僵硬等, 对骨骺板的损伤可能导致骨骺早闭, 影响下肢长度和对称性[13]。相关研究表明, 手术治疗的预后与骨折的分型和手术复位的质量密切相关。精确的手术复位有助于降低长期并发症的发生率, 尤其是复杂的四部分骨折。Tan [29]等人指出, 康复对于恢复功能至关重要, 治疗结束后的康复阶段应包括: 术后早期应进行被动关节活动度训练, 逐步过渡到主动运动和负重训练。康复治疗应循序渐进, 以避免过早的负重导致骨折片移位或关节功能受损。青少年患者的恢复期可能长达 3~6 个月, 完全恢复运动能力可能需要 1 年。治疗的成功率与复位的精确度、骨折类型和术后康复密切相关。文献表明, 经过手术复位的复杂三平面骨折, 若能恢复良好的关节对位, 预后较为理想。然而, 约 10%~20% 的患者可能出现轻度关节不适或早期关节炎。为减少长期并发症, 术后 1~2 年应继续进行随访, 以评估骨骺的生长情况和关节功能。

## 7. 总结

青少年胫骨远端三平面骨折作为一种复杂的骨骺损伤, 其诊断与治疗在骨科领域具有重要的临床意义。本综述回顾了该类型骨折的受伤机制、分型、诊断工具及治疗策略。影像学检查, 尤其是 CT 扫描, 在准确诊断和制定手术方案中发挥了关键作用。治疗的核心目标是恢复关节面的解剖结构, 防止骨骺早闭和长期并发症。移位较小的骨折通过保守治疗能获得较好预后, 而显著移位的多部分骨折则需开放性复位与内固定术确保骨折对位和关节面恢复。然而, 尽管目前对三平面骨折的治疗方法较为成熟, 但术后并发症如关节炎、骨骺早闭仍然是临床医生面临的挑战。未来的研究方向应重点关注以下几方面: (1) 个性化治疗策略: 根据患者骨骼发育情况、骨折类型和移位程度, 进一步优化个性化的治疗方案, 包括微创手术技术的应用, 降低术后并发症的风险。(2) 长期预后评估: 建立更长时间的随访体系, 尤其针对骨骺早闭和踝关节退变的长期影响, 探索新的术后康复和功能评估手段。(3) 生物材料与固定技术的改进: 探索新型生物材料和内固定装置, 减少对骨骺板的干扰, 并加速骨折愈合, 改善功能恢复。总之, 随着诊断工具和治疗技术的不断进步, 青少年胫骨远端三平面骨折的治疗预后将进一步改善。未来的研究应

致力于减少长期并发症, 推动更为精确和个性化的治疗方式, 从而提高患者的生活质量。

## 参考文献

- [1] Lynn, M.D. (1972) The Triplane Distal Tibial Epiphyseal Fracture. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **86**, 187-190. <https://doi.org/10.1097/00003086-197207000-00029>
- [2] Prijs, J., Rawat, J., ten Duis, K., IJpma, F.F.A., Doornberg, J.N., Jadav, B., et al. (2023) Triplane Ankle Fracture Patterns in Paediatric Patients. *The Bone & Joint Journal*, **105**, 1226-1232. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.105b11.bjj-2023-0204.r1>
- [3] 马鸿杰. 儿童胫骨远端三平面骨折 CT 影像学表现及诊断价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2019, 17(1): 120-122.
- [4] 霍力为, 黄崇博, 庾伟中. 正骨手法治疗青少年胫骨远端三平面骨折临床研究[J]. 新中医, 2014, 46(8): 94-95.
- [5] 曹磊, 吝娜, 吴慧钊. 儿童胫骨下 1/3 螺旋骨折伴胫骨远端骨骺损伤特点分析[J]. 河北医科大学学报, 2021, 42(2): 227-230.
- [6] 王恩波, 吴健华, 林子平, 谢永康. 胫骨远端三平面骨折分析与致伤机制探讨[J]. 中华小儿外科杂志, 2004, 25(1): 50-53.
- [7] 王仁崇, 唐健, 阎海威. 青少年胫骨远端三平面骨折的诊治[C]//第九届《中华骨科杂志》论坛论文集. 天津: 中华骨科杂志, 2016: 487-498.
- [8] 陈嵩, 陈福明, 潘源城. 75 例青少年胫骨远端三平面骨折的三维 CT 特征研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2021, 20(7): 641-645.
- [9] 沈雷. 23 例青少年胫骨远端三平面骨折的诊治回顾[C]//第一届东方骨科大会. 上海: 上海市医学会, 2012: 50.
- [10] Blasier, R.D. and Aronson, J. (1994) Fractures in Children. *Current Opinion in Pediatrics*, **6**, 85-89. <https://doi.org/10.1097/00008480-199402000-00015>
- [11] Brown, S.D., Kasser, J.R., Zurakowski, D. and Jaramillo, D. (2004) Analysis of 51 Tibial Triplane Fractures Using CT with Multiplanar Reconstruction. *American Journal of Roentgenology*, **183**, 1489-1495. <https://doi.org/10.2214/ajr.183.5.1831489>
- [12] Cass, J.R. and Peterson, H.A. (1983) Salter-Harris Type-IV Injuries of the Distal Tibial Epiphyseal Growth Plate, with Emphasis on Those Involving the Medial Malleolus.. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **65**, 1059-1070. <https://doi.org/10.2106/00004623-198365080-00005>
- [13] Prijs, J., Rawat, J., ten Duis, K., Assink, N., Harbers, J.S., Doornberg, J.N., et al. (2024) Understanding the Mechanism of Injury and Fracture Pattern of Paediatric Triplane Ankle Fractures versus Adult Trimalleolar Fractures. *The Bone & Joint Journal*, **106**, 1008-1014. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.106b9.bjj-2024-0120.r1>
- [14] 陈世净. 骨骺部隐性骨折的 MRI 诊断[J]. 中国现代医生, 2009, 47(20): 124-125.
- [15] Khouri, N., Ducloyer, P. and Carliz, H. (1989) Triplane Fractures of the Tibia. Apropos of 25 Cases and General Review. *Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de l'Appareil Moteur*, **75**, 394-404.
- [16] Schneidmueller, D. and Marzi, I. (2008) Die operative Behandlung von Übergangsfraктuren der distalen Tibia. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, **20**, 354-363. <https://doi.org/10.1007/s00064-008-1407-7>
- [17] Ertl, J.P., Barrack, R.L., Alexander, A.H. and VanBuecken, K. (1988) Triplane Fracture of the Distal Tibial Epiphysis. Long-Term Follow-Up. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **70**, 967-976. <https://doi.org/10.2106/00004623-198870070-00003>
- [18] Elbatawy, A., Elgammal, M., Zayid, T., Hamdy, A., Ouf, M.O., Ismail, H., et al. (2020) Pediatric Microsurgery in the Reconstruction of Complex Posttraumatic Foot and Ankle Defects: A Long-Term Follow-Up with a Comprehensive Review of the Literature. *Journal of Reconstructive Microsurgery*, **37**, 193-200. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1714429>
- [19] Kay, R.M. and Matthys, G.A. (2001) Pediatric Ankle Fractures: Evaluation and Treatment. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **9**, 268-278. <https://doi.org/10.5435/00124635-200107000-00007>
- [20] Halai, M., Jamal, B., Rea, P., Qureshi, M. and Pillai, A. (2015) Acute Fractures of the Pediatric Foot and Ankle. *World Journal of Pediatrics*, **11**, 14-20. <https://doi.org/10.1007/s12519-015-0002-x>
- [21] Hendrych, J., Pešl, T. and Havránek, P. (2018) Triplane Fractures of the Distal Tibial Epiphysis—Contributions of CT Scans to Indication and Planning of Osteosynthesis. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca*, **85**, 336-342. <https://doi.org/10.55095/achot2018/058>
- [22] 赵鸿鲜, 高仕长. 伴踝关节骨折的下肢腓联合损伤的治疗进展[J]. 局解手术学杂志, 2024, 33(9): 749-753.
- [23] 曾凡营, 张勇, 徐辉. 可吸收钉固定治疗少儿胫骨远端三平面骨折 16 例[J]. 临床骨科杂志, 2011, 14(5): 561-562.

- 
- [24] 杨俊, 白杨, 聂军. 锁定钢板在青少年胫骨远端三平面骨折治疗中的应用[J]. 实用医学杂志, 2011, 27(24): 4473-4475.
- [25] 石晶, 魏戎. 锁定钢板内固定治疗青少年胫骨远端三平面骨折的临床疗效[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2015, 30(12): 1280-1282.
- [26] Liu, H., Wang, H., Shao, B., Lu, H., Zhang, S., Ou, L., *et al.* (2019) Epidemiological Evaluation of Traumatic Lower Limb Fractures in Children. *Medicine*, **98**, e17123. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000017123>
- [27] Gaudiani, M.A., Knapik, D.M. and Liu, R.W. (2020) Clinical Outcomes of Triplane Fractures Based on Imaging Modality Utilization and Management: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **40**, e936-e941. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000001613>
- [28] Patel, S. and Haddad, F. (2009) Triplane Fractures of the Ankle. *British Journal of Hospital Medicine*, **70**, 34-40. <https://doi.org/10.12968/hmed.2009.70.1.37693>
- [29] Tan, A.C.B., Chong, R.W.W. and Mahadev, A. (2013) Triplane Fractures of the Distal Tibia in Children. *Journal of Orthopaedic Surgery*, **21**, 55-59. <https://doi.org/10.1177/230949901302100115>