

浮膝损伤的临床特点综述

张树琢¹ 单中书^{2*}

1. 青海大学研究生院 青海西宁 810000

2. 青海省人民医院 青海西宁 810000

摘要: 浮膝损伤 (Floating Knee Injury) 是一种由极高能量创伤导致的同侧股骨和胫骨连续性同时中断的严重损伤, 其核心病理改变是膝关节段与远近骨折端失去力学连续性, 呈“漂浮”状态。此类损伤机制复杂, 绝非两处简单骨折的相加, 其常伴发严重的软组织毁损、血管神经损伤及其他部位合并伤, 致残率高, 治疗策略极具挑战性^[1]。本文旨在基于近期国内外文献, 从流行病学特征、损伤分型系统的演进、诊断评估要点、治疗策略的优化与争议以及功能预后影响因素等方面, 系统综述浮膝损伤的研究进展。综合分析表明, 浮膝损伤的伤情复杂多样, 精准的早期评估与多学科协作、遵循损伤控制原则下的个体化手术方案 (如髓内钉固定技术的优选与时序)、以及针对深部感染、膝关节僵硬等并发症的积极防治是改善患者远期预后的关键^[2]。新兴的预后分型系统 (如 Meccariello 分型) 为临床决策和预后判断提供了超越传统解剖分型的多维工具^[3]。未来研究需进一步聚焦于微创技术的标准化、加速康复流程的优化以及基于大数据的长期功能结局研究。

关键词: 浮膝损伤; 同侧股骨胫骨骨折; Fraser 分型; 损伤控制骨科; 髓内钉; 手术治疗; 功能预后; 并发症管理

引言

浮膝损伤, 即同侧股骨和胫骨骨干或干骺端的连续性因高能量暴力而同时中断, 自 1975 年 Blake 和 McBryde 首次提出“Floating Knee”概念以来, 该损伤一直是创伤骨科领域最为严峻的挑战之一^[3]。其高能量损伤本质决定了它不仅造成骨骼结构的严重破坏, 形成一个极其不稳定的力学环境, 还常常合并膝关节内韧带结构损伤、重要血管神经损伤、高比例开放性骨折以及胸腔、腹腔、颅脑等重要脏器的损伤, 使其往往构成威胁生命的多发伤的一部分^[5]。历史上, 保守治疗 (如牵引) 效果极差, 常导致肢体短缩、旋转畸形、长期卧床相关并发症及灾难性的膝关节功能障碍。随着内固定技术, 尤其是交锁髓内钉技术的普及、损伤控制骨科 (DCO) 理念的深入以及微创技术的发展, 手术治疗已成为毋庸置疑的金标准, 显著改善了患者的生存率和功能结局^[4]。然而, 面对如此复杂的损伤, 如何选择最佳手术时机、固定顺序、固定方式, 如何精准评估并处理合并的软组织及韧带损伤, 以及如何有效预防和处理各种早期与晚期并发症, 仍是临床医生面临的巨大挑战^[5]。本文通过系统梳理最新文献, 对浮膝损伤的各个方面进行深入综述, 以为临床实践提供理论依据和决策参考。

一、流行病学、损伤机制与罕见类型

浮膝损伤在全身骨折中占比不高 (约 0.1%~0.4%),

属于相对少见的严重损伤, 但其对社会劳动力造成的损失和个体带来的社会经济负担巨大, 深入理解其流行病学对于公共卫生和创伤预防具有重要意义^[6]。

(一) 流行病学特征

根据 Diop 等人近期的一项针对特定区域的临床研究, 浮膝损伤具有鲜明的人群特征: 好发于 20 至 40 岁的青年及中年男性, 这与该人群是交通、建筑等高危行业的主要参与者和高风险暴露者密切相关。其研究显示, 男性患者占比可高达 85% 以上。最常见的致伤原因是高速交通事故 (尤其是摩托车和汽车碰撞), 约占 70% 以上, 其次是高处坠落伤, 约占 15%~20%^[6]。由于高能量损伤机制, 浮膝损伤中开放性骨折的比例极高, 文献报道在 50% 至 70% 之间, 且其中相当一部分为 Gustilo III 型严重开放伤, 伴有广泛的软组织剥离、污染和血运障碍^[7]。同时, 合并伤发生率极高, Vallier HA 等^[8]人的研究指出, 超过 60% 的患者伴发其他部位损伤, 包括同侧膝关节韧带损伤 (如前后交叉韧带、侧副韧带复合体)、髌关节脱位或骨折、对侧肢体骨折、同侧上肢骨折、骨盆骨折、脊柱损伤以及胸腹部脏器损伤 (如肺挫伤、脾破裂) 等, 这些合并伤往往是早期危及生命的主要原因。

(二) 损伤机制

浮膝损伤的机制通常是直接高能量暴力作用于下肢,

其生物力学传递路径复杂。在交通事故中，常见的机制包括：1) 保险杠撞击伤：车辆保险杠直接撞击胫骨中段，导致胫骨骨折，残余能量向上传导，继而导致股骨骨折；2) 仪表盘损伤：乘客在碰撞中向前滑动，膝关节猛烈撞击汽车仪表盘，巨大的轴向暴力和后向暴力首先导致胫骨平台或股骨髁骨折，并常伴发髌关节后脱位或后柱骨折；3) 摩托车驾驶员损伤：发生碰撞时，驾驶员身体发生旋转，下肢被摩托车碾压或与地面直接撞击，常导致复杂的多段、粉碎性骨折和严重的软组织撕脱^[9]。理解这些机制有助于预判可能存在的合并损伤，例如仪表盘损伤必须警惕髌关节后脱位和坐骨神经损伤。

(三)“浮膝-浮髌”双重危象损伤

Giordano等报道了一种更为罕见的极端情况——“同侧浮膝和浮髌”损伤(ipsilateral floating hip and knee)，即同侧肢体同时存在股骨骨折、胫骨骨折和髌关节骨折脱位^[10]。这种“双重危象”(double jeopardy)损伤代表了更高能量的创伤，其合并血管神经损伤和骨筋膜室综合征的风险急剧升高，死亡率及致残率也显著高于单纯的浮膝损伤^[11]。这类患者的管理是对创伤团队极限的考验，要求更加果断的损伤控制策略、更早的血管干预和更周密的多阶段手术规划。

二、分类与分型系统的演进

一个好的分型系统不仅能描述骨折的解剖形态，更能指导治疗策略的选择、评估损伤的严重程度和预测患者的最终功能结局。浮膝损伤的分型经历了从简单到复杂，从单纯解剖描述到综合功能预后评估的演进。

(一)经典Fraser分型

这是目前全球最经典和应用最广泛的分型系统，由Fraser于1978年提出，其核心依据是骨折是否累及膝关节关节面，从而将损伤分为两大基本类型：I型：股骨和胫骨骨折均未累及膝关节（即均为骨干或干骺端骨折）。此型相对“简单”，治疗重点在于恢复肢体的长度、轴线和旋转。II型：其中一处或两处骨折累及膝关节关节面。此型预后通常更差，根据累及部位进一步分为三个亚型：IIA型：股骨髁上或髁间骨折，胫骨骨折未累及关节。IIB型：胫骨平台骨折，股骨骨折未累及关节。IIC型：股骨和胫骨骨折均累及膝关节。这是最复杂的类型，预后也最不确定^[3]。该分型的临床意义重大。大量研究，包括Chouhan等人的对比分析，均一致证实II型损伤，特别是IIC型，因其关节内骨折的特性，对手术复位精度要求极高，术后更易发生关节僵硬、创伤性关节炎、不稳定等功能障碍，其最终功能评分显著低于I型损伤^[12]。

(二)新预后分型(Meccariello分型)的探索

尽管Fraser分型非常有价值，但其主要局限在于仅关注了骨折的解剖位置，未能充分考虑软组织损伤程度、神经血管状况、开放骨折污染情况等对预后具有决定性影响的因素。为此，Meccariello等人在2024年提出了一个全新的“预后分型”系统。这一分型旨在超越解剖描述，提供一个能够更精确预测患者长期功能结局的多维度工具^[13]。根据其研究，该分型很可能综合了以下关键变量进行分层：(1)骨折因素：开放vs闭合(采用Gustilo-Anderson分型细化)、关节内骨折的粉碎程度。(2)软组织与血管神经因素：软组织缺损的范围、是否存在需要修复的血管损伤、是否存在不可逆的神经缺损(如坐骨神经或腓总神经撕裂)。(3)合并损伤因素：是否存在同侧膝关节主要韧带(ACL, PCL, collateral)的完全断裂、是否合并“浮髌”或其他危及生命的损伤^[3]。这一新分型系统代表了浮膝损伤评估领域的重大进步，它有望帮助临床医生在早期即可进行更精准的预后判断，为患者和家属提供更现实的预期，并为不同医疗中心之间比较治疗结果提供更公平的基准，未来需要更多研究来验证和推广这一系统。

三、全面诊断与精准影像学评估

浮膝损伤的诊断在混乱的多发伤抢救现场可能被遗漏，因此必须遵循高级创伤生命支持(ATLS)原则，进行系统、全面、重复的评估。

(一)临床诊断与体格检查

在完成初次评估(ABCDE流程)并稳定生命体征后，对患肢的详细检查至关重要。典型表现为患肢明显缩短、成角畸形、异常活动及骨擦感。由于损伤暴力巨大，必须进行并记录详细的神经血管检查：评估足背动脉和胫后动脉搏动、毛细血管再充盈时间、皮肤颜色与温度，以及腓总神经(足背伸、趾背伸)、胫神经(足跖屈)的运动功能和足部感觉功能^[9]。骨筋膜室综合征是常见且危险的并发症，需反复监测、警惕“5P”征(疼痛Pain、苍白Pallor、无脉Pulselessness、感觉异常Paresthesia、瘫痪Paralysis)，必要时进行筋膜间室压力测定^[14]。

(二)影像学评估的层次与选择

X线平片：是诊断的基石。必须拍摄包括髌关节和踝关节在内的全长股骨和胫骨正侧位片，以避免遗漏隐匿的关节脱位或骨折。高质量的X线片可以明确骨折的基本类型、位置、粉碎和移位程度，是进行Fraser分型的依据^[15]。计算机断层扫描(CT)：对于所有Fraser II型

损伤或怀疑有关节内骨折线的损伤, CT扫描及其三维重建是不可或缺的。它能极其清晰地显示关节面塌陷、骨折块的数量、形态和旋转位移情况, 是进行精确术前规划的必备工具^[16]。磁共振成像(MRI): 在患者病情稳定后, MRI是评估膝关节内软组织损伤(前后交叉韧带、内外侧副韧带、半月板)的金标准。Rollo等的大系列研究强调, 合并的韧带损伤发生率可高达30%以上, 若在初次手术时被遗漏而未处理, 将导致膝关节长期慢性不稳定、加速关节炎进程和功能不良^[17]。血管造影(CTA/D SA): 凡是怀疑有血管损伤的迹象(如动脉搏动减弱或消失、进行性增大的血肿、创口搏动性出血、肢体远端缺血表现), 应立即进行CT血管造影(CTA)或数字减影血管造影(DSA)。血管损伤的延迟诊断是导致截肢的主要原因^[18]。

(三) 特殊考虑

脂肪栓塞综合征(FES)的预警: 浮膝损伤, 尤其是长骨干的多发粉碎性骨折, 是发生FES的极高危因素。研究报道一例浮膝损伤患者在髓内钉固定术中并发肺脂肪栓塞的病例, 这提醒我们即使在手术期间, 也应保持高度警惕。FES常发生在伤后24-72小时, 一旦患者出现不明原因的呼吸困难、氧合下降(低氧血症)、神经意识状态改变(烦躁、嗜睡)或皮肤黏膜瘀点, 应高度怀疑FES。早期诊断主要依靠临床评估和支持治疗(如高流量氧疗、必要时机械通气)是治疗的关键, 激素预防性治疗的价值目前存在争议^[19]。

四、治疗策略: 从损伤控制到确定性手术

浮膝损伤的治疗是一项系统工程, 其原则是: 抢救生命、保存肢体、预防并发症、重建骨骼稳定性、最大限度恢复功能。治疗需遵循损伤控制骨科(DCO)和最终确定性固定(Early Total Care, ETC)相结合的理念, 并根据患者具体情况进行个体化选择^[20]。

(一) 初期处理与损伤控制(DCO)

对于血流动力学不稳定、存在低体温、酸中毒、凝血功能障碍的“死亡三角”的多发伤患者, 决不能进行长时间的确定性手术。此时, 必须立即采取DCO策略。核心是使用快速简便的跨膝关节外固定架, 分别在股骨和胫骨打入Schanz针, 通过连接杆提供临时、有效的稳定。这一措施具有多重意义: 1) 通过制动有效控制骨折端出血、减轻疼痛; 2) 便于患者护理和影像学检查; 3) 保护受损的软组织免受二次打击; 4) 为后续内固定手术创造更好的软组织条件^[23]。此外, 对开放性骨折进行紧急清创、联合应用广谱抗生素、处理合并的血管损

伤(如shunt临时转流)等都是DCO阶段的重要内容^[21]。

(二) 确定性手术治疗策略与进展

1. 手术时机

确定性内固定手术应在患者全身生理状态稳定后进行, 通常为伤后5-14天。此时软组织肿胀(皮纹征出现)已消退, 局部炎症反应减轻, 显著降低了伤口深部感染和愈合不良的风险^[22]。

2. 固定方式的选择——髓内钉的主导地位

大量现代研究, 如Engorn等人的对比分析, 明确显示对于骨干骨折, 髓内钉(IMN)在疗效上显著优于外固定和钢板系统。其优势在于: 中心固定、生物力学强度高、感染率低、允许早期部分负重、微创置入保护骨膜血供。对于典型的Fraser I型损伤, “顺行股骨髓内钉+逆行或顺行胫骨髓内钉”是黄金组合。对于涉及关节的II型损伤, 则采用“杂交固定”: 关节内部分采用切开复位钢板螺钉系统进行解剖重建, 骨干部分则优先考虑髓内钉固定, 以期兼得关节面的平整和骨干愈合的优势^[23]。

3. 手术顺序的争议与选择

关于先固定股骨还是先固定胫骨存在学术争论。主流观点倾向于先固定胫骨, 理由在于: 稳定的胫骨可以为后续的股骨复位和固定提供一个可靠的“工作平台”, 便于调整下肢力线和长度。另一种观点认为, 先固定股骨更容易恢复肢体的轴线。实际上, 顺序应个体化决定, 取决于骨折类型、软组织条件、手术体位和术者经验。有时两侧手术可同时由两组医生进行以缩短时间^[2]。

4. 合并损伤的同期处理

血管损伤必须优先处理, 通常在临时外固定后立即进行血管探查吻合, 骨骼的确定性固定可稍后进行^[24]。对于膝关节韧带损伤, 目前共识是: 对于韧带止点撕脱骨折(如胫骨棘撕脱、侧副韧带止点撕脱), 应一期进行复位固定; 对于韧带实质部的完全断裂, 一期修复的疗效不确定, 多数专家建议在骨折愈合后、关节活动度基本恢复时再进行二期重建, 以避免加重关节僵硬^[25]。

5. 微创技术的常规应用

微创经皮钢板接骨术(MIPPO)和闭合复位髓内钉技术已成为现代骨科的标准技术。这些技术最大限度地保护了骨折端的血供环境, 为骨折愈合创造了优越的生物学条件, 显著降低了骨不连的发生率。Gupta GK和Singh P等人的前瞻性研究均证实, 采用这些现代内固定技术手术治疗浮膝损伤, 能获得令人满意的短期临床和放射学结果^[26]。

五、并发症的防治与长期功能康复

浮膝损伤的并发症发生率高，且常常是多重并发症叠加，其管理是治疗的重要组成部分，甚至贯穿全程。

(一) 常见并发症及其应对策略

1. 深部感染

是最可怕的早期并发症之一，多见于开放性骨折。预防胜于治疗，措施包括：彻底反复清创、延迟闭合创口、局部抗生素载体（如抗生素骨水泥珠链）的应用以及合理的全身抗生素使用。一旦发生深部感染，需要遵循“DAIR”原则（清创Debridement、抗生素Antibiotics、灌洗Irrigation、保留内固定Retention），若感染无法控制，则需移除内固定，改用外固定架，待感染控制后再行重建^[27]。

2. 骨折延迟愈合与骨不连

高能量损伤导致的骨与软组织血运破坏是主因。治疗需根据类型（肥大型/萎缩型）采取不同策略，包括增加稳定性（更换/增强内固定）、刺激成骨（自体髂骨植骨、诱导成骨技术）等^[27]。

3. 膝关节僵硬

这是最常见、最令患者和医生困扰的并发症^[29]。原因多元：长期制动引起的关节内粘连、股四头肌装置粘连与纤维化、关节内骨折导致的软骨损伤、疼痛导致的主动活动受限等。Andrade-Silva等人的研究通过等速肌力测试量化了这一问题，即使骨折愈合良好，患者患侧的股四头肌和腘绳肌的肌力、耐力及功率输出仍显著低于健侧，这是导致功能受限的核心原因之一^[28]。预防是关键，包括坚强的内固定允许早期活动、有效的术后镇痛以及规范的康复训练。

4. 创伤后关节炎

主要见于关节内骨折复位不佳或软骨损伤严重的II型损伤^[2]。

5. 畸形愈合

导致下肢力线异常（如内翻、外翻、旋转畸形），影响步态和关节负荷，可能需截骨矫形^[9]。

(二) 功能预后与影响因素分析

总体而言，即使经过最佳治疗，浮膝损伤的长期功能结果也难言完美。Kulkarni MS等的研究通过多变量回归分析，系统性地揭示了影响功能结局的关键因素，以下因素与不良预后显著相关：①Fraser II型损伤（特别是IIC型）；②高Gustilo分型的开放性骨折；③合并膝关节韧带损伤且未得到妥善处理；④存在需要修复的神经血管损伤；⑤发生深部感染或骨不连等严重并发症。此外，

患者的年龄、社会心理因素、康复的依从性也是重要的影响因素^[29]。

(三) 系统康复治疗计划

康复必须始于术前（宣教、踝泵、股四头肌等长收缩），并贯穿始终。一个分阶段的康复计划至关重要：早期（术后0-6周）：目标是消肿、镇痛、预防肌肉萎缩。在足够稳定的固定下，尽早开始持续的被动活动（CPM）和轻柔的主动辅助活动。进行相邻关节的活动度和力量训练。中期（术后6-12周）：随着影像学显示骨痂生长，逐渐过渡到主动活动度训练和部分负重训练。加强肌力训练（等长、等张）。后期（术后12周以后）：目标是全面恢复功能。进行全范围关节活动度训练、完全负重、高级肌力训练（等速训练、抗阻训练）、平衡和本体感觉训练，以及步态训练。专业的物理治疗师指导和患者的积极参与是康复成功与否的决定性因素。对于顽固性关节僵硬，可能在后期需要考虑麻醉下手手法松解（MUA）或关节镜下滑膜清理粘连松解术^[30]。

六、总结与展望

浮膝损伤是一种高能量、多组织损伤，其治疗仍面临术前评估复杂、手术策略选择多样及并发症高发等挑战。现代髓内钉固定、微创技术及损伤控制骨科理念虽显著改善了短期功能和愈合，但深部感染、骨不连、膝关节僵硬和创伤性关节炎仍是长期功能受限的主要因素。未来研究需聚焦：一是优化微创内固定与手术时机标准化；二是建立循证支持的系统康复方案以促进早期功能恢复；三是多学科协作模式的完善，以综合管理骨、软组织及神经血管损伤；四是基于大样本、多中心随访的数据研究，为个体化治疗和精准预后评估提供依据。总体而言，浮膝损伤管理正从单纯骨折固定向整体功能康复转型，其最终目标是最大化患者远期生活质量。

参考文献

- [1]Kenmegne GR, Zou C, Lin Y, Yin Y, Huang S, Fang Y. The current issues and challenges in the management of floating knee injury: a retrospective study. *Front Surg*. 2023 May 3;10:1164032. doi: 10.3389/fsurg.2023.1164032. PMID: 37206352; PMCID: PMC10189139.
- [2]Yadav S, Rawal G. Advances in Understanding and Managing Floating Knee Injuries: A Comprehensive Review. *Cureus*. 2024 Mar 28;16(3):e57122. doi: 10.7759/cureus.57122. PMID: 38681444; PMCID: PMC11055540.

- [3]Meccariello L, Pica R, Erasmo R, Ronga M, Ippolito F, Vicenti G, Maccagnano G, Coviello M, Liuzza F, Rollo G, Carrozzo M, Rovere G, Rinonapoli G, Matera L, Bruno G, Scialpi L, Grubor P, Bove F, Caiaffa V. Floating knee: A new prognostic classification. *Injury*. 2024 Sep;55 Suppl 4:111471. doi: 10.1016/j.injury.2024.111471. PMID: 39542575.
- [4]Singh P, Beniwal RK, Jalan D, Sajjan SB. Short-term Clinical Outcome of Surgically Managed Acute Floating Knee Injury. *J West Afr Coll Surg*. 2025 Oct–Dec;15(4):380–385. doi: 10.4103/jwas.jwas_165_24. Epub 2025 Apr 5. PMID: 40969501; PMCID: PMC12443431.
- [5]Kenmegne GR, Zou C, Lin Y, Yin Y, Huang S, Fang Y. The current issues and challenges in the management of floating knee injury: a retrospective study. *Front Surg*. 2023 May 3;10:1164032. doi: 10.3389/fsurg.2023.1164032. PMID: 37206352; PMCID: PMC10189139.
- [6]Kenmegne GR, Zou C, Lin Y, Yin Y, Huang S, Fang Y. The current issues and challenges in the management of floating knee injury: a retrospective study. *Front Surg*. 2023 May 3;10:1164032. doi: 10.3389/fsurg.2023.1164032. PMID: 37206352; PMCID: PMC10189139.
- [7]Bozgeyik B, Büyükbecici O, Güner S, Mert A. COMPARATIVE ANALYSIS OF OPEN AND CLOSED FLOATING KNEE INJURIES. *Acta Ortop Bras*. 2023 Jul 31;31(4):e262810. doi: 10.1590/1413–785220233104e262810. PMID: 37547232; PMCID: PMC10399990.
- [8]Vallier HA, Manzano GW. Management of the Floating Knee: Ipsilateral Fractures of the Femur and Tibia. *J Am Acad Orthop Surg*. 2020 Jan 15;28(2):e47–e54. doi: 10.5435/JAAOS–D–18–00740. PMID: 31305352.
- [9]Yadav S, Rawal G. Advances in Understanding and Managing Floating Knee Injuries: A Comprehensive Review. *Cureus*. 2024 Mar 28;16(3):e57122. doi: 10.7759/cureus.57122. PMID: 38681444; PMCID: PMC11055540.
- [10]Giordano V, Miura KF, Calegari IT, Pires RE, Freitas A, Altamirano–Cruz MA, Taype D, Giannoudis PV. Simultaneous ipsilateral floating hip and knee: the double floating extremity—a systematic review and proposal of a treatment algorithm. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2023 Oct;49(5):2057–2069. doi: 10.1007/s00068–023–02277–x. Epub 2023 May 9. PMID: 37160440.
- [11]Ahmed R, Mathur B, Purushothaman P, Loganathan S, Umashankar T, Dhanarajan G. Ipsilateral Floating Hip and Floating Knee with Multiple Fractures – A Case Report. *J Orthop Case Rep*. 2024 Sep;14(9):98–104. doi: 10.13107/jocr.2024.v14.i09.4744. PMID: 39253673; PMCID: PMC11381064.
- [12]Chouhan D, Chouhan DK, Kanojia RK, Behera P. Comparison of functional outcomes among subtypes of Fraser's type II floating knee. *Chin J Traumatol*. 2021 Feb;24(1):25–29. doi: 10.1016/j.cjtee.2020.11.010. Epub 2020 Nov 24. PMID: 33339679; PMCID: PMC7878454.
- [13]Meccariello L, Pica R, Erasmo R, Ronga M, Ippolito F, Vicenti G, Maccagnano G, Coviello M, Liuzza F, Rollo G, Carrozzo M, Rovere G, Rinonapoli G, Matera L, Bruno G, Scialpi L, Grubor P, Bove F, Caiaffa V. Floating knee: A new prognostic classification. *Injury*. 2024 Sep;55 Suppl 4:111471. doi: 10.1016/j.injury.2024.111471. PMID: 39542575.
- [14]高阳, 陈安清, 汪娟, 等. 新型水柱法测量筋膜室压强的实验研究[J]. *临床急诊杂志*, 2015, 16 (04) : 284–286. DOI: 10.13201/j.issn.1009–5918.2015.04.012.
- [15]Michalska–Foryszewska A, Modzelewski P, Sklinda K, Mruk B, Walecki J. Radiological Approach to Assessment of Lower–Limb Alignment–Coronal and Transverse Plane Analysis. *J Clin Med*. 2024 Nov 19;13(22):6975. doi: 10.3390/jcm13226975. PMID: 39598119; PMCID: PMC11595539.
- [16]FunPeng C, Ren G, Dou M, Yuan B, Wu D. Minimally invasive plate osteosynthesis for complex comminuted bone fractures in the Fraser's type II floating knee: a case report. *Eur J Med Res*. 2022 Mar 2;27(1):31. doi: 10.1186/s40001–022–00649–4. PMID: 35236403; PMCID: PMC8889746.
- [17]Rollo G, Falzarano G, Ronga M, Bisaccia M, Grubor P, Erasmo R, Rocca G, Tomé–Bermejo F, Gómez–Garrido D, Pichierrri P, Rinonapoli G, Meccariello L. Challenges in the management of floating knee injuries: Results of treatment and outcomes of 224 consecutive cases in 10 years. *Injury*. 2019 Aug;50 Suppl 4:S30–S38. doi: 10.1016/j.injury.2019.03.016. Epub 2019 Mar 19. PMID: 30910244.
- [18]Tamburrini S, Lassandro G, Tiralongo F, Iacobellis F, Ronza FM, Liguori C, Comune R, Pezzullo F, Galluzzo M, Masala S, Granata V, Basile A, Scaglione M. CTA Imaging of Peripheral Arterial Injuries. *Diagnostics (Basel)*. 2024 Jun 26;14(13):1356. doi: 10.3390/diagnostics14131356. PMID:

39001246; PMID: PMC11240895.

[19]Zhang MR, Zhao K, Chen HY, Guo JL. Intramedullary nailing for floating knee injury complicated by pulmonary fat embolism: A case report and literature review. *Trauma Case Rep.* 2024 May 13;52:101040. doi: 10.1016/j.tcr.2024.101040. PMID: 38784218; PMID: PMC11109876.

[20]Ethiraj P, Shringeri AS, Prasad P A, Shanthappa AH, Nagarajan V. Early Total Care Versus Damage Control Orthopedics in Floating Knee Injury: Analysis of Radiological and Functional Outcomes. *Cureus.* 2022 Jun 2;14(6):e25615. doi: 10.7759/cureus.25615. PMID: 35784973; PMID: PMC9249040.

[21]Bertrand ML, Andrés-Cano P. Management of the Floating Knee in Polytrauma Patients. *Open Orthop J.* 2015 Jul 31;9:347-55. doi: 10.2174/1874325001509010347. PMID: 26312119; PMID: PMC4541470.

[22]Riedel MD, Parker A, Zheng M, Briceno J, Staffa SJ, Miller CP, Kaiser PB, Wu JS, Zurakowski D, Kwon JY. Correlation of Soft Tissue Swelling and Timing to Surgery With Acute Wound Complications for Operatively Treated Ankle and Other Lower Extremity Fractures. *Foot Ankle Int.* 2019 May;40(5):526-536. doi: 10.1177/1071100718820352. Epub 2019 Jan 28. PMID: 30688533.

[23]Alsharaf JF, Ghaddaf AA, AlQuhaibi MS, Shaheen EA, AboAljadel LH, Alharbi AS, AlHidri BY, Alamri MK, Makhdom AM. External fixation versus intramedullary nailing for the management of open tibial fracture: meta-analysis of randomized controlled trials. *Int Orthop.* 2023 Dec;47(12):3077-3097. doi: 10.1007/s00264-023-05879-7. Epub 2023 Jul 26. PMID: 37491610.

[24]Lewis RH Jr, Perkins M, Fischer PE, Beebe MJ, Magnotti LJ. Timing is everything: Impact of combined long bone fracture and major arterial injury on outcomes. *J Trauma Acute Care Surg.* 2022 Jan 1;92(1):21-27. doi: 10.1097/TA.0000000000003430. PMID: 34670960.

[25]Smith HE, Cruz AI Jr, Mistovich RJ, Leska

TM, Ganley TJ, Aoyama JT, Ellis HB, Kushare I, Lee RJ, McKay SD, Milbrandt TA, Rhodes JT, Sachleben BC, Schmale GA, Patel NM. What Are the Causes and Consequences of Delayed Surgery for Pediatric Tibial Spine Fractures? A Multicenter Study. *Orthop J Sports Med.* 2022 Mar 7;10(3):23259671221078333. doi: 10.1177/23259671221078333. PMID: 35284586; PMID: PMC8905066.

[26]Zhou H, Zhang Y, Wei L, Ge X, Liu D, Dong Y, Chen Y, Liu Z, Sun Z. Postoperative functions and complications in minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis compared with intramedullary nail for distal tibial fractures: a meta-analysis and systematic review. *Int J Surg.* 2025 Aug 1;111(8):5582-5592. doi: 10.1097/JS9.0000000000002620. Epub 2025 Jun 4. PMID: 40471749.

[27]Vicenti G, Buono C, Albano F, Ladogana T, Pesare E, Colasuonno G, Passarelli AC, Solarino G. Early Management for Fracture-Related Infection: A Literature Review. *Healthcare (Basel).* 2024 Jun 29;12(13):1306. doi: 10.3390/healthcare12131306. PMID: 38998841; PMID: PMC11241692.

[28]Andrade-Silva FB, Carvalho A, Mansano C, Giese A, de Camargo Leonhardt M, Barbosa D, Kojima KE, Silva JS. Functional results and isokinetic muscle strength in patients with Fraser type I floating knee treated with internal fixation. *Injury.* 2017 Oct;48 Suppl 4:S2-S5. doi: 10.1016/S0020-1383(17)30767-2. PMID: 29145963.

[29]Kulkarni MS, Aroor MN, Vijayan S, Shetty S, Tripathy SK, Rao SK. Variables affecting functional outcome in floating knee injuries. *Injury.* 2018 Aug;49(8):1594-1601. doi: 10.1016/j.injury.2018.05.019. Epub 2018 Jun 1. PMID: 29885963.

[30]Yadav S, Rawal G. Advances in Understanding and Managing Floating Knee Injuries: A Comprehensive Review. *Cureus.* 2024 Mar 28;16(3):e57122. doi: 10.7759/cureus.57122. PMID: 38681444; PMID: PMC11055540.