

# 下肢骨创伤患者围术期深静脉血栓形成防治进展

董凌志, 程波\*

重庆医科大学附属第一医院麻醉科, 重庆

收稿日期: 2026年1月3日; 录用日期: 2026年1月28日; 发布日期: 2026年2月5日

## 摘要

深静脉血栓形成(Deep Vein Thrombosis, DVT)是骨创伤患者围术期常见的并发症, 其发生风险受多种因素影响。目前, 深静脉血栓形成的防治以药物预防为核心, 并结合一般性预防以及机械预防。虽然抗凝治疗可降低围术期深静脉血栓形成的发生率, 但针对抗凝启动时机、不同部位血栓的抗凝必要性以及特殊人群的抗凝治疗方面仍缺乏共识, 多种新型抗凝药物的不断问世也为DVT的预防和治疗增添了临床决策的复杂性。文章分析了围术期深静脉血栓形成的危险因素、主要防治方法及待解决的临床问题, 旨在对围术期深静脉血栓形成的最新防治进展作一综述。

## 关键词

深静脉血栓形成, 骨创伤, 围术期, 治疗, 研究进展

# Advances in Prevention and Management of Perioperative Deep Vein Thrombosis in Patients with Lower Extremity Bone Trauma

Lingzhi Dong, Bo Cheng\*

Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: January 3, 2026; accepted: January 28, 2026; published: February 5, 2026

## Abstract

Deep vein thrombosis (DVT) is a common complication during the perioperative period in patients with bone trauma, and its risk is influenced by multiple factors. Currently, the treatment of DVT

\*通讯作者。

primarily relies on pharmacological prophylaxis, supplemented by general prophylaxis and mechanical prophylaxis. Although anticoagulant therapy can reduce the incidence of perioperative DVT, there remains a lack of consensus regarding the optimal timing for initiating anticoagulation, the necessity of anticoagulation for thrombosis at different sites, and anticoagulant strategies for special populations. Furthermore, the continuous emergence of new factors adds complexity to the treatment of DVT. This article analyzes the risk factors, main preventive and therapeutic approaches, and unresolved clinical issues related to perioperative DVT, aiming to review the recent advances in the prevention and management of perioperative deep vein thrombosis.

## Keywords

Deep Vein Thrombosis, Bone Trauma, Perioperative Period, Treatment, Research Progress

Copyright © 2026 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

深静脉血栓形成(Deep Vein Thrombosis, DVT)与肺栓塞(Pulmonary Embolism, PE)统称为静脉血栓栓塞症(Venous Thromboembolism, VTE),是骨创伤患者围术期常见且极具危险的并发症[1][2]。PE和DVT常同时发生[3],据报道,超过90%的PE病例源自下肢DVT[4]。Virchow三联征被认为是导致VTE的核心机制,包括血管内皮损伤、血流动力学改变以及血液高凝状态[5],而骨创伤患者这三大血栓形成要素同时存在,使其VTE风险显著高于普通手术患者。VTE不仅延长患者住院时间、增加医疗费用,更可能导致患者死亡风险上升[6]。虽然VTE是一种潜在的危及生命的疾病,但它是可预防的,恰当的预防措施可使VTE的发生率降低50%以上[7]。因此,深入研究下肢骨创伤患者围术期DVT的防治策略,对于改善患者预后、提升医疗质量具有重要的临床意义。

本文将围绕下肢骨创伤患者围术期DVT防治这一核心问题,通过系统梳理国内外相关文献,分析DVT的流行病学特征、危险因素、预防策略及其效果比较,为全面理解下肢骨创伤患者DVT围术期防治提供证据支持。

## 2. 检索策略及文献筛选

检索PubMed、中国知网、万方数据库及维普中文科技期刊数据库,以主题词与自由词相结合的方式进行搜索。英文检索词为“DVT/Deep Venous Thrombosis”、“Bone Trauma/Bone INJURIES”,中文检索词为“深静脉血栓形成”、“下肢骨创伤/下肢骨折”。初步检索后获得英语文献348篇,中文文献81篇,其中排除动物实验、病例报告、与研究主题不符、无法获取全文的文献364篇,最终纳入文献66篇。

## 3. DVT的流行病学与风险评估

下肢骨创伤患者围术期DVT发生率高且危害严重。根据Freedman等报道,骨创伤后髌关节置换患者若不采用预防措施,深静脉血栓形成的发生率可达到39%~74%[8],主要原因为骨折和术后剧烈疼痛导致的长期卧床制动,可能引发下肢静脉淤血,从而增加患者发生DVT的风险。不同骨折部位和类型的DVT风险也存在差异。对于非骨盆及髌部骨折患者的其他下肢骨折患者(股骨干骨折、膝关节周围骨折、胫骨及腓骨骨折、踝关节骨折),DVT发生率则波动于0.28%~77.9%,其中股骨干骨折DVT发生率为

12.2%~77.9%，踝关节骨折 DVT 发生率为 0.28%~14.6%，这提示越靠近躯干的骨折，DVT 风险越高[9]。此外，多发性创伤患者特别是合并骨盆和髌臼骨折的患者 DVT 风险显著增加，这表明多发性创伤的累积效应会放大风险[10]。更值得关注的是，DVT 不仅发生在受伤侧肢体，未受伤侧肢体也存在显著风险。一项涉及 1454 例下肢骨折患者的大样本研究发现，术前未受伤侧肢体 DVT 发生率为 9.63%，术后则升高至 20.29%，这提示 DVT 预防应采取全面措施，而非仅关注受伤肢体[11]-[14]。

明确 DVT 形成的危险因素对危险分层及进行进一步精准预防至关重要。多项研究通过多因素回归分析确定了年龄是 DVT 形成的独立危险因素[12]。研究表明，年龄 > 50 岁的患者 DVT 风险显著增加(OR = 2.94)，这可能与老年人血管内皮功能下降、活动能力受限以及合并症较多有关[13]。

创伤类型及严重程度、术前等待时间、手术麻醉方式、住院或养老院隔离等已被证实为影响围术期深静脉血栓形成的危险因素[15]-[19]。一项纳入 7937 例患者的回顾性研究发现，VTE 患者发生静脉血栓栓塞的频率随损伤严重度评分升高而增加，骨盆损伤是创伤后静脉血栓栓塞(VTE)发展的额外独立危险因素[16]。在骨盆和髌臼骨折患者中，若创伤至手术超过 2 周，DVT 发生率会显著升高[17]，虽然部分患者在 2 周时间内不完全具备手术条件，但仍建议待患者病情稳定后尽早实施手术。我国学者唐明孝等人在随访 129 例全髌关节置换术患者后发现，使用持续硬膜外麻醉患者术后深静脉血栓发生率(3.4%)较使用全身麻醉患者(14.6%)更低，考虑为因持续硬膜外麻醉病人抑制交感神经系统使下肢血管扩张，从而增加患者下肢血流量及血流速度，降低了深静脉血栓形成发生率[18]。与社区居民相比，住院患者经年龄和性别调整后的静脉血栓栓塞总体发病率比社区居民高出百倍以上，若排除短期内住院的社区居民和社区养老院居民病例，住院期间的发病率比社区居民提高 260 倍，这提示为住院患者提供预防性治疗措施的必要性[19]。

## 4. DVT 的围术期预防策略

目前，下肢骨折患者的静脉血栓栓塞(VTE)的预防策略可分为三大类：一般性预防、机械性预防和药物预防，其中药物预防是下肢骨创伤患者围术期 DVT 防治的核心手段[20]-[24]。不同预防手段的有效性、安全性以及使用时机等围术期问题，目前仍然存在争议。

### 4.1. 药物预防

#### 1) 低分子肝素

低分子肝素(Low Molecular Weight Heparin, LMWH)作为传统抗凝药物，长期以来被视为 DVT 预防的标准选择。针对髌部骨折的患者，美国血液学会及欧洲围手术期静脉血栓栓塞预防指南均建议使用低分子肝素预防[20] [24]。美国胸科医师学会临床实践指南对于全髌/膝关节置换及髌部骨折患者亦优先建议使用低分子肝素抗凝，并于术前 12 小时停药[21]。一项研究比较了 LMWH 与阿司匹林在髌部骨折患者中的效果，发现相比阿司匹林，使用 LMWH 的髌部骨折患者 DVT 发生率从 1.62%降低至 0.83%，差异具有统计学意义[25]。与普通肝素相比，LMWH 与高剂量 UFH (7500 U，每日两次)具有相当的疗效，但出血风险更低[26]。在手术临近阶段使用低分子肝素能更有效地预防血栓形成。一项 Meta 分析显示，与口服抗凝药相比，临近手术(术前 2 小时或术后 4~6 小时)启动低分子量肝素治疗可使深静脉血栓形成的绝对风险降低 11%~13%，相对风险降低 43%~55%。值得注意的是，尽管术前即刻方案(术前 2 小时给药)预防效果显著，但会增加严重出血风险，术后 4~6 小时启动低分子肝素治疗则未增加出血风险[27]。结合美国胸科医师学会临床实践指南，我们建议围术期低分子肝素抗凝患者于术前 12 小时停药，并于术后 4~6 小时再次启动抗凝，以求在不增加出血风险基础上达到更好的抗凝疗效。此外，LMWH 的临床应用存在一个重要问题，固定剂量可能导致部分患者抗凝不足。Constantini 团队的前瞻性研究数据显示，

70.5%的受试患者在依诺肝素 30 毫克每日两次治疗后, 未能达到目标预防性血浆抗 Xa 峰值水平( $<0.2$  IU/ml), 体重较重的患者也更容易出现抗 Xa 水平不足[28]。这表明 LMWH 使用剂量需要根据患者个体特征进行调整, 尤其是肥胖患者。

## 2) 直接口服抗凝药

直接口服抗凝药(Direct Oral Anticoagulants, DOACs)作为新型抗凝药物, 在下肢骨创伤患者 DVT 预防中展现出应用潜力。直接 Xa 因子抑制剂例如利伐沙班是预防骨科大手术深静脉血栓形成的推荐用药[22]。一项前瞻性研究发现, 口服利伐沙班患者的术前深静脉血栓形成(DVT)发生率显著低于未抗凝患者(2.6% vs 19.5%,  $p = 0.016$ ) [29]。多项研究比较了 DOACs 与 LMWH 的效果和安全性, 在死亡事件及出血事件发生率上均未发现统计学差异[30]-[32]。一项 Meta 分析通过比较 DOACs 及 LMWH 在非择期下肢骨科手术中预防 VTE 的效果后得出, 除 Xa 因子抑制剂类药物外, 纳入此研究的 DOACs 在所有预后指标(VTE、DVT、PE 事件发生率)上均与传统血栓预防方案相当, 但 Xa 因子抑制剂类药物例如利伐沙班显著降低了深静脉血栓形成(DVT)发生率及药物相关不良反应的发生率[31]。相比注射剂型药物, 患者使用口服用药的依从性更高[33]。有证据表明, 髌部骨折手术及其他外科手术后, 静脉内抗凝治疗的低依从性可能与 VTE 风险升高相关[34]。综上所述, 较好的治疗依从性及与低分子肝素相当的预防效果, 使直接口服抗凝药在下肢骨折患者中得到广泛应用。但需特别注意的是, 严重肾功能不全患者应避免使用直接口服抗凝药。一项研究发现与依诺肝素相比, 利伐沙班对成骨细胞功能具有负面影响[35], 但此研究样本为人女性成骨细胞细胞系, 药物在人体中对于成骨的影响作用暂不明确。另一项研究则比较了利伐沙班和依诺肝素对下肢骨折愈合时间的影响, 发现两组骨折愈合时间无显著差异(13 周 vs 14 周), 表明利伐沙班不会延迟骨折愈合[36], 这为 DOACs 在下肢骨折患者中的广泛应用提供了安全性依据。目前直接口服抗凝药对于骨折愈合的影响仍无定论, 这需要更多高质量研究和临床试验验证。

## 3) 磺达肝癸钠

磺达肝癸钠是一种间接 Xa 因子抑制剂, 也在骨科大手术患者中显示出良好的预防 DVT 效果。一项随机对照研究将 89 例患者分为磺达肝癸钠组和依诺肝素组, 两组均采用抗纤溶药(氨甲环酸)序贯抗凝治疗, 结果发现两组均未发生 DVT 或 PE, 且总失血量无显著差异, 表明磺达肝癸钠在骨科大手术围术期抗纤溶药序贯抗凝治疗中安全有效[37]。2016 年一项纳入 25 项试验、共 2.1 万名患者的荟萃分析显示, 与安慰剂组相比, 该药物显著降低症状性 VTE 发生率(0.2% vs 1.2%), 但大出血风险有所上升(1.2% vs 0.5%) [38]。这表明依诺肝素钠与磺达肝癸钠在临床应用中安全性之间的比较仍然存在争议, 在使用磺达肝癸钠预防骨科手术患者 DVT 时需密切关注患者出血风险。

## 4) 华法林

华法林是一种维生素 K 拮抗剂, 可以通过耗尽功能性维生素 K 储备, 减少活性凝血因子的合成, 从而发挥抗凝作用[39]。对于接受髌部大手术(尤其是髌部骨折手术)的患者, 与不采取血栓预防措施相比, 入院后 24 小时内开始使用华法林钠进行预防性治疗, 能显著降低老年髌部骨折患者深静脉血栓形成的发生率和严重程度[40], 同时因其价格低廉, 被用于下肢深静脉血栓形成的长期预防[22]。然而, 华法林的使用存在若干弊端, 首先, 其起效较慢, 需要较长时间才能达到治疗效果; 其次, 其使用治疗窗较窄, 需频繁监测国际标准化比值(INR), 使其控制于 2.0~2.5, 以确保治疗效果稳定且适宜[41]。一项大型临床试验纳入了 1200 名计划接受全髌关节置换术的患者, 比较了长期使用低分子肝素或华法林患者的治疗效果, 结果显示华法林组发生的主要非致命性出血事件数量几乎是低分子肝素组的四倍[21]。因此, 华法林主要作为二线用药, 用于肾功能不全等不能使用 DOAC 或 LMWH 的患者。

## 5) 普通肝素

普通肝素(Unfractionated Heparin, UFH)由一系列结构相似但不完全相同的多糖组成, 这些多糖的基本

单元是二糖[42], 其通过激活抗凝血酶, 从而发挥抗凝作用[43]。UFH 的给药方案为每日两次或三次皮下注射 5000 单位。与未使用血栓预防措施相比, UFH 可降低深静脉血栓形成(DVT)发生率[44]。然而, 与华法林类似, 普通肝素的治疗窗窄, 需要常规监测活化部分凝血酶原时间, 以及时刻调整剂量, 同时还需监测血小板计数, 预防肝素诱发血小板减少症。长期应用肝素可能会导致骨质疏松[22]。一项对比依诺肝素(低分子量肝素, LMWH)与普通肝素的血栓预防研究显示, 依诺肝素组静脉血栓栓塞(VTE)发生率降低 74%, 对 VTE 预防作用优于 UFH, 且在副作用、住院死亡率及经济因素方面无显著差异[45]。因 UFH 的若干局限性, 其一般作为二线治疗选择, 用于无法使用低分子量肝素(LMWH)或直接口服抗凝药(如肾衰竭患者)的患者[46]。

## 4.2. 抗凝时机

抗凝时机是影响 DVT 预防效果的另一个关键因素。关于早期还是延迟启动抗凝的争议一直存在, 特别是对于严重创伤患者。一项针对骨盆骨折患者的研究发现, 早期(创伤 24 小时内)和延迟(创伤 24 小时后)启动 LMWH 预防的两组患者在 DVT 发生率上无显著差异(13.8% vs 14.8%) [47], 这表明对于部分创伤类型, 延迟抗凝并未显著增加 DVT 风险。然而, 另一项回顾性研究则报告, 早期启动 LMWH 预防可降低有症状 DVT 风险并缩短住院时间, 且不会增加出血风险[48]。这些不一致的结果可能与研究人群、创伤严重程度不同有关。骨科大手术围手术期深静脉血栓形成的高发期是术后 24 小时内, 综合来讲, 早期且不间断的静脉血栓预防性药物治疗具有安全性和有效性[23] [49]。对于使用治疗剂量 LMWH 及直接口服抗凝药抗凝治疗的择期手术患者, 需在术前 24 小时停用, 而使用预防剂量的患者则需在术前 12 小时停用[24]。对于需要在创伤 24~48 小时内进行急诊手术的患者, 可考虑在手术当天晨间给予预防剂量 LMWH, 对围术期出血风险无显著影响[50]。

抗凝治疗的疗程也是值得关注的问题。研究表明, VTE 风险在出院后并未完全消除, 特别是对于膝关节周围及近端骨折的患者, DVT 发生率在术后即刻及术后 1 个月显著增加[51]。美国胸科医师学会建议骨科手术患者抗凝治疗疗程需延长至 35 天, 而欧洲围手术期静脉血栓栓塞预防指南则建议抗凝疗程需根据风险延长, 未指出具体抗凝疗时长[22] [24]。目前关于出院后预防的指南和共识仍较少, 需要更多研究来确定最佳抗凝疗程。

## 4.3. 机械预防与综合管理

除了药物预防外, 机械预防和综合管理措施在下肢骨创伤患者 DVT 防治中同样扮演重要角色。机械预防措施包含间歇充气加压装置、梯度压力弹力袜及足底静脉泵等。其中间歇充气加压装置作为机械预防的主要手段, 通过模拟肌肉泵功能促进静脉回流, 减少血流淤滞, 从而降低骨科患者下肢深静脉血栓形成的发生率[21] [22] [44]。然而与药物预防相比, 单独使用机械预防的有效性通常较低, 联合治疗模式在降低静脉血栓栓塞(VTE)发生率方面比单一疗法更有效[52]。

下腔静脉滤器(Inferior Vena Cava Filter, IVCF)作为防止 PE 发生的物理屏障, 在部分高危患者中具有重要围术期价值。研究表明, IVCF 放置可显著降低围术期症状性 PE 发生率, 且临时性滤器安全性较高, 总回收率达 90% [53]。另一项研究专门评估了膝下 DVT 患者使用 IVCF 的价值, 发现虽然膝下 DVT 和膝上 DVT 患者的 PE 发生率无显著差异(2.08% vs 3.17%), 但接受滤器置入的 366 名膝下 DVT 患者无 PE 发生[54], 这表明 IVCF 在某些高危人群中具有保护作用。然而, 滤器本身也存在血栓形成风险, 研究发现血栓位置和损伤严重程度评分(ISS)是滤器血栓形成的独立危险因素, 特别是 ISS 值 > 26.5 时, 滤器血栓形成风险显著增加, 这提示滤器置入需要谨慎评估获益风险比[55]。美国胸科医师学会第九版抗血栓治疗与血栓形成预防指南不推荐下腔静脉滤器用于初级预防, 而欧洲围手术期静脉血栓栓塞预防指南则建

议在药物与机械预防均禁忌时考虑临时使用[21][24]。对于已发生滤器血栓形成的患者,治疗策略的选择也直接影响预后。研究表明,尿激酶溶栓的患者小腿血栓负荷评分显著低于单纯药物抗凝治疗患者,而两种方式之间出血事件无显著差异[56]。这提示对于已形成滤器血栓的患者,积极干预措施可能比单纯药物抗凝更能改善预后。

风险评估和个体化预防是 DVT 防治的发展方向。通过多学科协作及综合措施达到加速患者康复的目的[57]。下肢制动(Immobilization)本身是 VTE 的强风险因素,骨科创伤与长期固定相结合会显著增加 VTE 风险。研究发现,因创伤导致固定患者比未受伤者更易出现 VTE [58]。术后鼓励患者尽早开始行关节及肌肉的主动收缩运动,通过减少下肢制动时间可进一步降低深静脉血栓的发生风险,其中合理有效的镇痛方案可以促进患者早日下床活动。多模式镇痛(Multimodal Analgesia, MMA)方案是 ERAS (Enhanced Recovery after Surgery, ERAS)的核心项目及措施之一,其可以有效控制运动疼痛,降低镇痛相关的不良反应,促进患者术后早期下床活动[59]。针对骨科手术患者,可选用的镇痛方案包含术中切口周围浸润镇痛、周围神经阻滞、术后患者自控镇痛、口服或注射 NSIDs 类镇痛药物等[60][61]。其中,周围神经阻滞方法应根据患者手术部位决定,髋部手术可选择腰大肌肌间沟阻滞或髂筋膜阻滞,膝关节手术可选择收肌管阻滞或收肌管联合膝关节囊后间隙阻滞[61]。一项回顾性研究发现,相比于未使用神经阻滞镇痛患者,髂筋膜阻滞可有效降低患者术后 12 h 的疼痛评分,同时降低患者吗啡类药物用量,缩短了住院时间[62],这展示了周围神经阻滞对于骨科手术患者术后镇痛及促进术后恢复的良好效果。

## 5. 特殊临床问题与争议

在下肢骨创伤患者围术期 DVT 防治中还存在一些特殊的临床问题和争议。孤立性小腿深静脉血栓(Isolated Calf Deep Vein Thrombosis, ICDVT)指局限于腘静脉以远的深静脉血栓,包括胫前静脉、胫后静脉、腓静脉和比目鱼肌、腓肠肌肌间静脉血栓。这类血栓约占所有 DVT 的一半,但其治疗策略在国际上缺乏一致性建议[63]。部分研究认为 ICDVT 可能进展为近端 DVT 甚至 PE,建议积极抗凝治疗;另一部分专家则持保守态度,担心过度治疗带来的出血风险[64]。这种分歧反映了当前对于 ICDVT 治疗风险获益比的认识不足,需要更多高质量研究提供证据。此外,特殊人群的 DVT 预防也存在证据不足的问题。目前的指南很少涉及儿童骨折及合并其他损伤患者的抗凝策略,但这些情况在临床骨科中十分常见。在缺乏明确指导的情况下,临床医师往往依赖经验行抗凝或保守治疗,导致 DVT 预防效果不一致。对于长期并发症如血栓后综合征的认识也不足,需要更多研究关注抗凝治疗之外的长期管理策略[11]。

最后,新型抗凝药物的出现为未来临床用药的选择提供了更多可能,目前新型抗凝药物例如因子 XI(a)抑制剂已显示出潜在优势。因子 XI(a)是一种人体凝血丝氨酸蛋白酶,除了因子 IX 之外, XI(a)还能激活 V、VIII、X 和 XII 因子,并抑制重要的凝血调节因子,引发血栓形成[65]。研究表明,因子 XI(a)抑制剂可显著降低重大骨科手术患者 VTE 和出血事件的发生率,其有效性不劣于低分子肝素及直接口服抗凝药,且不增加出血风险,这有可能挑战现有抗凝治疗范式[46][66]。值得注意的是,当前关于 XI(a)抑制剂疗效及不良反应的相关研究多为 II 期研究,各药物最有效且安全的剂量仍在评估中,研究数量较少,需要更多 III 期研究验证其在下肢骨创伤患者中的有效性和安全性。

## 6. 总结

下肢骨创伤患者围术期深静脉血栓形成的防治是一个多维度、多层次的复杂问题。现有研究表明, DVT 在下肢骨创伤患者中发生率较高,且涉及多种风险因素,如高龄、创伤类型、创伤严重程度、受伤至入院时间延迟等。在预防策略方面, LMWH、DOACs 等多种药物均显示出较好的预防效果,其中 DOACs 因口服给药便利性和可能更优的疗效风险比而日益受到青睐,而 XI(a)因子抑制剂的出现则为未来临床用

药提供新的选择。物理预防和综合管理策略作为药物预防的重要组成部分, 同样不可忽视。IVCF 在围术期高危患者中具有预防 PE 的价值。对于已发生下肢静脉滤器血栓的患者, 溶栓治疗效果优于单纯药物抗凝。

尽管此领域已取得显著进展, 但现有研究仍存在一些不足和空白。第一, 目前对于特殊人群的抗凝策略证据不足, 如老年患者、儿童患者、肾功能不全患者、合并多发创伤患者等, 这些患者的血栓和出血风险平衡更为复杂, 需要个体化制订。第二, 抗凝疗程和启动抗凝的最佳时机仍不明确, 例如术后血栓预防应持续时间以及如何识别需要延长预防时间的高危患者。第三, 孤立性远端 DVT 的管理策略存在争议, 需要更多研究明确治疗的患者群体以及治疗持续时间。第四, 长期结局关注不足, 大多数研究主要关注住院期间或短期 VTE 事件, 对血栓后综合征等长期结局的关注较少。

综上所述, 下肢骨创伤患者围术期 DVT 防治需要基于风险评估的个体化策略, 同时结合药物预防、物理措施和综合管理, 并关注特殊临床情况和患者偏好。随着更多高质量证据的出现, 此领域的预防策略将更加精准、有效和安全, 最终改善患者预后。

## 参考文献

- [1] Karcutskie, C.A., Meizoso, J.P., Ray, J.J., Horkan, D., Ruiz, X.D., Schulman, C.I., *et al.* (2017) Association of Mechanism of Injury with Risk for Venous Thromboembolism after Trauma. *JAMA Surgery*, **152**, 35-40. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2016.3116>
- [2] Shin, W.C., Woo, S.H., Lee, S., Lee, J.S., Kim, C. and Suh, K.T. (2016) Preoperative Prevalence of and Risk Factors for Venous Thromboembolism in Patients with a Hip Fracture: An Indirect Multidetector CT Venography Study. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **98**, 2089-2095. <https://doi.org/10.2106/jbjs.15.01329>
- [3] Segal, J.B., Eng, J., Tamariz, L.J. and Bass, E.B. (2007) Review of the Evidence on Diagnosis of Deep Venous Thrombosis and Pulmonary Embolism. *The Annals of Family Medicine*, **5**, 63-73. <https://doi.org/10.1370/afm.648>
- [4] Girard, P., Tardy, B. and Decousus, H. (2000) Inferior Vena Cava Interruption: How and When? *Annual Review of Medicine*, **51**, 1-15. <https://doi.org/10.1146/annurev.med.51.1.1>
- [5] Kushner, A., West, W.P., Khan Suheb, M.Z., *et al.* (2025) Virchow Triad. StatPearls Publishing.
- [6] Lovely, J.K., Hickman, J.A., Johnson, M.G., Naessens, J.M. and Morgenthaler, T.I. (2020) Impact of a Program to Improve Venous Thromboembolism Prophylaxis on Incidence of Thromboembolism and Bleeding Rates in Hospitalized Patients during Implementation of Programs to Improve Venous Thromboembolism Prophylaxis. *Mayo Clinic Proceedings: Innovations, Quality & Outcomes*, **4**, 159-169. <https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2019.10.006>
- [7] Treasure, T. and Hill, J. (2010) NICE Guidance on Reducing the Risk of Venous Thromboembolism in Patients Admitted to Hospital. *Journal of the Royal Society of Medicine*, **103**, 210-212. <https://doi.org/10.1258/jrsm.2010.100086>
- [8] Freedman, K.B., Brookenthal, K.R., Fitzgerald, R.H., Williams, S. and Lonner, J.H. (2000) A Meta-Analysis of Thromboembolic Prophylaxis Following Elective Total Hip Arthroplasty. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, **82**, 929-938. <https://doi.org/10.2106/00004623-200007000-00004>
- [9] Zhao, W., Zhang, W. and Zhang, Y. (2022) Characteristics of Deep Venous Thrombosis in Isolated Lower Extremity Fractures and Unsolved Problems in Guidelines: A Review of Recent Literature. *Orthopaedic Surgery*, **14**, 1558-1568. <https://doi.org/10.1111/os.13306>
- [10] Zhao, W., Zhao, J., Liu, T., Liu, Z., Liu, L. and Zhang, Y. (2022) Incidence and Risk Factors of Preoperative Deep Venous Thrombosis Following Pelvic and Acetabular Fractures: A Retrospective Case-Control Study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **17**, Article No. 77. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-02972-2>
- [11] Zhang, B., Wang, P., Fei, C., Shang, K., Qu, S., Li, J., *et al.* (2020) Perioperative Deep Vein Thrombosis in Patients with Lower Extremity Fractures: An Observational Study. *Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*, **26**, 1-8. <https://doi.org/10.1177/1076029620930272>
- [12] Qu, S., Cong, Y., Wang, P., Fei, C., Li, Z., Yang, K., *et al.* (2021) Deep Vein Thrombosis in the Uninjured Lower Extremity: A Retrospective Study of 1454 Patients with Lower Extremity Fractures. *Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*, **27**, 1-7. <https://doi.org/10.1177/1076029620986862>
- [13] Zhang, L., Liu, X., Pang, P., Luo, Z., Cai, W., Li, W., *et al.* (2023) Incidence and Risk Factors of Admission Deep Vein Thrombosis in Patients with Traumatic Fracture: A Multicenter Retrospective Study. *Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*, **29**, 1-8. <https://doi.org/10.1177/10760296231167143>
- [14] Wang, P., Li, J., Fei, C., Li, Z., Ke, C., Shang, K., *et al.* (2020) Deep Vein Thrombosis in the Uninjured Limb in Patients with Lower Extremity Fractures: A Retrospective Study. *BioMed Research International*, **2020**, Article ID: 1647617.

- <https://doi.org/10.1155/2020/1647617>
- [15] Heit, J.A. (2008) The Epidemiology of Venous Thromboembolism in the Community. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, **28**, 370-372. <https://doi.org/10.1161/atvbaha.108.162545>
- [16] Paffrath, T., Wafaisade, A., Lefering, R., Simanski, C., Bouillon, B., Spanholtz, T., *et al.* (2010) Venous Thromboembolism after Severe Trauma: Incidence, Risk Factors and Outcome. *Injury*, **41**, 97-101. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2009.06.010>
- [17] Wang, P., Kandemir, U., Zhang, B., Wang, B., Li, J., Zhuang, Y., *et al.* (2019) Incidence and Risk Factors of Deep Vein Thrombosis in Patients with Pelvic and Acetabular Fractures. *Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*, **25**, 1-7. <https://doi.org/10.1177/1076029619845066>
- [18] 唐孝明, 裴福兴, 沈彬. 麻醉对人工全髋置换术后深静脉血栓形成的影响[J]. 骨与关节损伤杂志, 2002(3): 201-202.
- [19] Heit, J.A., Melton, L.J., Lohse, C.M., Petterson, T.M., Silverstein, M.D., Mohr, D.N., *et al.* (2001) Incidence of Venous Thromboembolism in Hospitalized Patients vs Community Residents. *Mayo Clinic Proceedings*, **76**, 1102-1110. <https://doi.org/10.4065/76.11.1102>
- [20] Kruger, P.C., Eikelboom, J.W., Douketis, J.D. and Hankey, G.J. (2019) Deep Vein Thrombosis: Update on Diagnosis and Management. *Medical Journal of Australia*, **210**, 516-524. <https://doi.org/10.5694/mja2.50201>
- [21] Anderson, D.R., Morgano, G.P., Bennett, C., Dentali, F., Francis, C.W., Garcia, D.A., *et al.* (2019) American Society of Hematology 2019 Guidelines for Management of Venous Thromboembolism: Prevention of Venous Thromboembolism in Surgical Hospitalized Patients. *Blood Advances*, **3**, 3898-3944. <https://doi.org/10.1182/bloodadvances.2019000975>
- [22] Falck-Ytter, Y., Francis, C.W., Johanson, N.A., Curley, C., Dahl, O.E., Schulman, S., *et al.* (2012) Prevention of VTE in Orthopedic Surgery Patients: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*, **141**, e278S-e325S. <https://doi.org/10.1378/chest.11-2404>
- [23] 邱贵兴. 中国骨科大手术静脉血栓栓塞症预防指南[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2009, 3(3): 380-383.
- [24] Samama, C.M. and Afshari, A. (2018) European Guidelines on Perioperative Venous Thromboembolism Prophylaxis. *European Journal of Anaesthesiology*, **35**, 73-76. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000000702>
- [25] Poacher, A.T., Hoskins, H.C., Protty, M.B., Pettit, R. and Johansen, A. (2022) The Impact of Adopting Low-Molecular-Weight Heparin in Place of Aspirin as Routine Thromboprophylaxis for Patients with Hip Fracture. *Postgraduate Medical Journal*, **99**, 582-587. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2022-141628>
- [26] Levine, M.N., Hirsh, J., Gent, M., Turpie, A.G., Leclerc, J., Powers, P.J., *et al.* (1991) Prevention of Deep Vein Thrombosis after Elective Hip Surgery: A Randomized Trial Comparing Low Molecular Weight Heparin with Standard Unfractionated Heparin. *Annals of Internal Medicine*, **114**, 545-551. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-114-7-545>
- [27] Hull, R.D., Pineo, G.F., Stein, P.D., Mah, A.F., MacIsaac, S.M., Dahl, O.E., *et al.* (2001) Timing of Initial Administration of Low-Molecular-Weight Heparin Prophylaxis against Deep Vein Thrombosis in Patients Following Elective Hip Arthroplasty: A Systematic Review. *Archives of Internal Medicine*, **161**, 1952-1960. <https://doi.org/10.1001/archinte.161.16.1952>
- [28] Costantini, T.W., Min, E., Box, K., Tran, V., Winfield, R.D., Fortlage, D., *et al.* (2013) Dose Adjusting Enoxaparin Is Necessary to Achieve Adequate Venous Thromboembolism Prophylaxis in Trauma Patients. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, **74**, 128-135. <https://doi.org/10.1097/ta.0b013e3182788fa7>
- [29] Li, Q., Dai, B., Xu, J., Yao, Y., Song, K., Zhang, H., *et al.* (2017) Can Patients with Femoral Neck Fracture Benefit from Preoperative Thromboprophylaxis? A Prospective Randomized Controlled Trial. *Medicine*, **96**, e7604. <https://doi.org/10.1097/md.0000000000007604>
- [30] Wu, B., Sun, L., Wu, W., Cao, J., Chen, Y. and Yan, C. (2025) NOACs for VTE Prevention in Patients with Lower Limb Fracture: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **20**, Article No. 659. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-06092-5>
- [31] Wæver, D., Lewis, D., Saksø, H., Borris, L.C., Tarrant, S. and Thorninger, R. (2021) The Effectiveness and Safety of Direct Oral Anticoagulants Following Lower Limb Fracture Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **35**, 217-224. <https://doi.org/10.1097/bot.0000000000001962>
- [32] Nederpelt, C.J., Breen, K.A., el Hechi, M.W., Krijnen, P., Huisman, M.V., Schipper, I.B., *et al.* (2021) Direct Oral Anticoagulants Are a Potential Alternative to Low-Molecular-Weight Heparin for Thromboprophylaxis in Trauma Patients Sustaining Lower Extremity Fractures. *Journal of Surgical Research*, **258**, 324-331. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.10.009>
- [33] Haac, B.E., O'Hara, N.N., Mullins, C.D., Stein, D.M., Manson, T.T., Johal, H., *et al.* (2017) Patient Preferences for Venous Thromboembolism Prophylaxis after Injury: A Discrete Choice Experiment. *BMJ Open*, **7**, e016676. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016676>

- [34] Gao, Y., Long, A., Xie, Z., Meng, Y., Tan, J., Lv, H., *et al.* (2016) The Compliance of Thromboprophylaxis Affects the Risk of Venous Thromboembolism in Patients Undergoing Hip Fracture Surgery. *SpringerPlus*, **5**, Article No. 1362. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2724-1>
- [35] Somjen, D., Katzburg, S., Gigi, R., Dolkart, O., Sharon, O., Salai, M., *et al.* (2013) Rivaroxaban, a Direct Inhibitor of the Coagulation Factor Xa Interferes with Hormonal-Induced Physiological Modulations in Human Female Osteoblastic Cell Line SaSO<sub>2</sub>. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, **135**, 67-70. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2013.01.006>
- [36] Peláez-Damy, P., Torres-Gómez, A., Mas-Celis, F., *et al.* (2017) A Comparative Study in Patients with Fractures of the Lower Limbs between Rivaroxaban versus Enoxaparin and Its Impact on Bone Healing Time. *Acta Ortopédica Mexicana*, **31**, 177-181.
- [37] 黄歆, 徐磊, 谢威, 等. 磺达肝癸钠在骨科大手术围术期抗纤溶药序贯抗凝治疗中的临床研究[J]. 中国临床药理学杂志, 2024, 33(10): 769-773.
- [38] Dong, K., Song, Y., Li, X., Ding, J., Gao, Z., Lu, D., *et al.* (2016) Pentasaccharides for the Prevention of Venous Thromboembolism. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **10**, CD005134. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd005134.pub3>
- [39] Patel, S., Singh, R., Preuss, C.V., *et al.* (2025) Warfarin. StatPearls Publishing.
- [40] Morris, G.K. and Mitchell, J.R.A. (1976) Warfarin Sodium in Prevention of Deep Venous Thrombosis and Pulmonary Embolism in Patients with Fractured Neck of Femur. *The Lancet*, **308**, 869-872. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(76\)90536-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(76)90536-5)
- [41] Hirsh, J., Fuster, V., Ansell, J. and Halperin, J.L. (2003) American Heart Association/American College of Cardiology Foundation Guide to Warfarin Therapy. *Circulation*, **107**, 1692-1711. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000063575.17904.4e>
- [42] Hogwood, J., Mulloy, B., Lever, R., Gray, E. and Page, C.P. (2023) Pharmacology of Heparin and Related Drugs: An Update. *Pharmacological Reviews*, **75**, 328-379. <https://doi.org/10.1124/pharmrev.122.000684>
- [43] Hemker, H.C. (2016) A Century of Heparin: Past, Present and Future. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, **14**, 2329-2338. <https://doi.org/10.1111/jth.13555>
- [44] King, C.S., Holley, A.B., Jackson, J.L., Shorr, A.F. and Moores, L.K. (2007) Twice vs Three Times Daily Heparin Dosing for Thromboembolism Prophylaxis in the General Medical Population: A Meta-Analysis. *Chest*, **131**, 507-516. <https://doi.org/10.1378/chest.06-1861>
- [45] McGarry, L.J., Stokes, M.E. and Thompson, D. (2006) Outcomes of Thromboprophylaxis with Enoxaparin vs. Unfractionated Heparin in Medical Inpatients. *Thrombosis Journal*, **4**, Article No. 17. <https://doi.org/10.1186/1477-9560-4-17>
- [46] Jones, A. and Al-Horani, R.A. (2023) Venous Thromboembolism Prophylaxis in Major Orthopedic Surgeries and Factor Xia Inhibitors. *Medical Sciences*, **11**, Article 49. <https://doi.org/10.3390/medsci11030049>
- [47] Shetty, A., Aggarwal, S., Patel, S., Sharma, S., Jindal, K. and Prakash, M. (2022) Early versus Delayed Thromboprophylaxis with LMWH in Pelvic-Acetabular Trauma—A Prospective Study. *Injury*, **53**, 529-533. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.09.047>
- [48] Jehan, F., O'Keeffe, T., Khan, M., Chi, A., Tang, A., Kulvatunyou, N., *et al.* (2017) Early Thromboprophylaxis with Low-Molecular-Weight Heparin Is Safe in Patients with Pelvic Fracture Managed Nonoperatively. *Journal of Surgical Research*, **219**, 360-365. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.06.049>
- [49] Salottolo, K., Carrick, M., Nwafo, N., Madayag, R., Tanner, A., Corrigan, C., *et al.* (2022) Timing of Venous Thromboembolism Chemoprophylaxis with Major Surgery of Lower-Extremity Long Bone Fractures. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, **94**, 169-176. <https://doi.org/10.1097/ta.0000000000003773>
- [50] Stegall, A., Watson, J.T. and Israel, H. (2025) Assessing the Impact of Perioperative Anticoagulant Continuation on DVT/PE Rates in Trauma Patients. *Injury*, **56**, 112143. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2025.112143>
- [51] Wang, P., Zhang, B., Xue, H., Zhuang, Y., Li, Z., Zhu, Y., *et al.* (2021) The Incidence and Location of Deep Vein Thrombosis in Lower Extremity Fracture Patients Receiving Sequential Chemical Prophylaxis. *Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*, **27**, 1-7. <https://doi.org/10.1177/1076029620987630>
- [52] Kakkos, S.K., Caprini, J.A., Geroulakos, G., *et al.* (2008) Combined Intermittent Pneumatic Leg Compression and Pharmacological Prophylaxis for Prevention of Venous Thromboembolism in High-Risk Patients. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 4, CD005258.
- [53] Pan, Y., Zhao, J., Mei, J., Shao, M., Zhang, J. and Wu, H. (2016) Evaluation of Nonpermanent Inferior Vena Cava Filter Placement in Patients with Deep Venous Thrombosis after Lower Extremity Fracture: A Single-Center Retrospective Study. *Phlebology: The Journal of Venous Disease*, **31**, 564-572. <https://doi.org/10.1177/0268355515597632>
- [54] Pan, Y., Mei, J., Wang, L., Shao, M., Zhang, J., Wu, H., *et al.* (2019) Investigation of the Incidence of Perioperative

- Pulmonary Embolism in Patients with Below-Knee Deep Vein Thrombosis after Lower Extremity Fracture and Evaluation of Retrievable Inferior Vena Cava Filter Deployment in These Patients. *Annals of Vascular Surgery*, **60**, 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2019.02.027>
- [55] Huang, J., Kong, J., Zhang, X., Liu, C., Zhao, Z., Liu, L., *et al.* (2022) Risk Factors for Inferior Vena Cava Filter Thrombosis in Traumatic Fracture Patients with Deep Venous Thrombosis of Lower Extremity: A Single-Center Experience. *Vascular*, **32**, 182-189. <https://doi.org/10.1177/17085381221128056>
- [56] 廖世强, 史书茗, 张强, 等. 系统溶栓治疗下肢骨折合并远端深静脉血栓形成的疗效及安全性[J]. 中国医学科学院学报, 2025, 47(2): 237-243.
- [57] 赵纪春, 邱贵兴, 裴福兴, 等. 骨科大手术加速康复围手术期静脉血栓栓塞防治专家共识[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(10): 754-762.
- [58] Zee, A.A., van Lieshout, K., van der Heide, M., Janssen, L. and Janzing, H.M. (2017) Low Molecular Weight Heparin for Prevention of Venous Thromboembolism in Patients with Lower-Limb Immobilization. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 8, CD006681. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd006681.pub4>
- [59] 陈凇, 陈亚进, 董海龙, 等. 加速康复外科中国专家共识及路径管理指南(2018版) [J]. 中国实用外科杂志, 2018, 38(1): 1-20.
- [60] 周宗科, 翁习生, 曲铁兵, 等. 中国髌、膝关节置换术加速康复——围术期管理策略专家共识[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2016, 9(1): 1-9.
- [61] 刘斌, 邱贵兴, 裴福兴, 等. 骨科加速康复围手术期疼痛管理专家共识[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(10): 739-745.
- [62] Azizoglu, M., Orekici Temel, G. and Rumeli Atici, S. (2020) Comparison of the Effectiveness of Suprainguinal Fascia Iliaca Compartment Block and Patient-Controlled Analgesia for Major Hip Surgeries in Elderly Patients. *Turkish Journal of Anaesthesiology and Reanimation*, **48**, 460-466. <https://doi.org/10.5152/tjar.2020.410>
- [63] Ramli, N.N., Iberahim, S., Mohd Noor, N.H., Zulkafli, Z., Tengku Shihabuddin, T.M., Din, M.H., *et al.* (2024) Haemostatic, Inflammatory, and Haematological Biomarkers among Orthopaedic Patients with Prolonged Immobilization and the Risk of Hypercoagulable States. *Cureus*, **16**, e51552. <https://doi.org/10.7759/cureus.51552>
- [64] Zhao, W., Yan, J., Li, X., Shi, C., Wang, Z., Guo, W., *et al.* (2022) Characteristics and Treatment Strategy of Isolated Calf Deep Venous Thrombosis after Fractures: A Review of Recent Literature. *Orthopaedic Surgery*, **14**, 1263-1270. <https://doi.org/10.1111/os.13292>
- [65] Greco, A., Laudani, C., Spagnolo, M., Agnello, F., Faro, D.C., Finocchiaro, S., *et al.* (2023) Pharmacology and Clinical Development of Factor XI Inhibitors. *Circulation*, **147**, 897-913. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.122.062353>
- [66] Presume, J., Ferreira, J., Ribeiros, R. and Mendes, M. (2022) Achieving Higher Efficacy without Compromising Safety with Factor XI Inhibitors versus Low Molecular Weight Heparin for the Prevention of Venous Thromboembolism in Major Orthopedic Surgery—Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, **20**, 2930-2938. <https://doi.org/10.1111/jth.15890>