

# 骨盆髌臼骨折患者合并静脉血栓栓塞性疾病的研究进展

罗冲<sup>1</sup>, 彭祥<sup>2</sup>, 双峰<sup>2</sup>, 陈明<sup>3</sup>

(1. 南昌大学江西医学院第三临床医学部, 江西 南昌 330006; 2. 中国人民解放军联勤保障部队第九〇八医院骨科, 江西 南昌 330002; 3. 南昌大学第一附属医院骨科, 江西 南昌 330006)

**【摘要】** 骨盆髌臼骨折(pelvic and acetabular fractures, PAFs)是最常见的骨盆骨折类型之一, 多为高能量损伤, 骨盆髌臼结构复杂, 手术方法有限。髌臼骨折本身所带来的创伤和术后需要长期卧床等情况, 导致其临床并发症尤为复杂。静脉血栓栓塞(venous thromboembolic, VTE)是其众多并发症中发生率较高且后果严重的一种。本综述主要以 PAFs 术后导致的 VTE 为主要内容, 分别从 VTE 的流行病学、危险因素以及防治措施三个方面展开叙述, 旨在帮助改善预后, 避免严重并发症的发生。

**【关键词】** 骨盆骨折; 髌臼骨折; 下肢深静脉血栓; 流行病学; 危险因素; 防治措施

中图分类号: R683.3

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20240157

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Research progress of pelvic acetabular fractures combined venous thromboembolic disease

LUO Chong<sup>1</sup>, PENG Xiang<sup>2</sup>, SHUANG Feng<sup>2</sup>, CHEN Ming<sup>3</sup> (1. The Third Department of Clinical Medicine, Jiangxi Medical College, Nanchang University, Nanchang 330006, Jiangxi, China; 2. Department of Orthopaedics, No. 908 Hospital of the Joint Logistics Support Force of the Chinese People's Liberation Army, Nanchang 330002, Jiangxi, China; 3. Department of Orthopaedics, The First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, Jiangxi, China)

**ABSTRACT** Pelvic acetabular fractures (PAFs) are one of the most common types of pelvic fractures, mostly high-energy injuries, with complex pelvic acetabular structure and limited surgical methods. The trauma of the acetabular fracture itself and the need for long-term bed rest after surgery cause particularly complicated clinical complications. Venous thromboembolism (VTE) is one of its high incidence and serious complications. This review mainly focuses on VTE after PAFs, and describes the epidemiology, risk factors and prevention measures of VTE, aiming to help improve the prognosis and avoid the occurrence of serious complications.

**KEYWORDS** Pelvic fracture; Acetabular fracture; Lower limbs deep vein thrombosis; Epidemiological; Influencing factor; Preventive and curative measures

骨盆髌臼骨折(pelvic and acetabular fractures, PAFs)通常在高能量创伤后引起, 特别是从治疗的角度来看, 骨盆骨折被认为是复杂的损伤<sup>[1]</sup>。PAFs 占有骨折病例的 1.5%~5%, 由于对邻近器官、神经和血管的二次损伤, 死亡率高达 7%~30%<sup>[2]</sup>。PAFs 通常由年轻人的高能创伤或老年人的摔跤引起, 其发生率从 2006 年的每 10 万人 3.7 例增加到 2016 年的 5.0 例; 在 75 岁以上的老年人中, 发病率要高得多, 从每 10 万人 17.1 例到 23.2 例不等<sup>[3]</sup>。根据骨折的 X 线片和水平 CT 扫描, 将髌臼骨折分为简单和复杂各 5 种类型, 简单包括后壁、后柱、前壁、前柱和横行骨折, 复杂依次为后柱+后壁、横行+后壁、前侧+后半

横行、“T”形和完全双柱骨折<sup>[4]</sup>; 最常见的三种骨折类型是前柱骨折(20.8%), 两柱骨折(17.1%)和前柱+后半横断骨折(16.9%)。手术治疗率最高的骨折类型包括后柱+后壁联合骨折(90.2%)、横壁+后壁骨折(85.9%)和相关双柱骨折(85.2%)。手术治疗率最低的骨折类型包括前壁骨折(10.2%)、前柱骨折(42.2%)和横向骨折(50.5%)<sup>[5]</sup>。

静脉血栓栓塞(venous thromboembolic, VTE)是骨科创伤后一种公认的、可能致命的并发症, 接受髌臼骨折手术治疗的患者发生 VTE 的风险很高<sup>[6]</sup>。临床上将下肢深静脉血栓形成(deep vein thrombosis, DVT)和肺栓塞(pulmonary embolism, PE)统称为 VTE; 而肺栓塞通常是由下肢深静脉形成导致的严重并发症, 是骨折术后致死的重要原因。下肢深静脉血栓形成在临床各种创伤及骨折术后发生率极高,

通讯作者: 陈明 E-mail: ndyfy01837@ncu.edu.cn

Corresponding author: CHEN Ming E-mail: ndyfy01837@ncu.edu.cn

是最可怕的并发症之一。PAFs 是一种高能量复杂损伤,由于骨盆髌臼特殊的解剖结构和创伤机制,大大增加了静脉血栓栓塞发生的概率。在 WANG 等<sup>[7]</sup>的一项研究发现:110 例临床 PAFs 患者中,经过手术等相关治疗后,尽管予以一定抗血栓治疗干预,仍有 32 例下肢深静脉血栓的发生,另外还出现 3 例严重的肺栓塞事件。这无疑增加了 PAFs 治疗的难度,由此可见 PAFs 患者的术后深静脉血栓发生率极高,这可能与患者的年龄、手术治疗、术后护理等因素密切相关。在临床上需加大重视此类创伤患者 VTE 并发症的发生。本论文通过对 VTE 发生的危险因素及预防措施相关研究结果进行梳理和总结,并对最新研究结果做一综述。

## 1 流行病学

在欧洲和美国,VTE 发病率为每年 1~2/1 000 人,但因年龄、性别、种族和医疗条件而有很大差异;在亚洲,VTE 的发病率被认为低于欧洲和美国<sup>[8]</sup>。美国心脏协会 2021 年的报告估计<sup>[9]</sup>,美国每年大约发生 122 万例静脉血栓栓塞病例。在中国,VTE 发病率也在逐渐上升,对 2007 至 2016 年我国 90 家医院的数据进行分析发现,10 年来我国 VTE 的住院率从 3.2/10 万人上升到 17.5/10 万人,其中 DVT 住院率从 2.0/10 万人增加到 10.5/10 万人,PE 的住院率从 1.2/10 万人增加到 7.1/10 万人,而且,在没有血栓预防的情况下,盆腔骨折患者的静脉血栓栓塞发生率是可变的,最高可达 61%,而无症状 DVT 和无症状 PE 的发生率分别为 68%和 63%<sup>[10]</sup>。

## 2 危险因素

VTE 通常是由多种危险因素引起的,当这些因素加在一起超过了“血栓阈值”就可以导致静脉血栓的形成<sup>[11]</sup>。19 世纪中期 Virchow 提出深静脉血栓形成的 3 大因素:静脉血流滞缓、静脉壁损伤和血液高凝状态,这是 DVT 发生的基础病理生理<sup>[12]</sup>。大多数情况下,深静脉血栓形成是由获得性危险因素(如创伤、手术、妊娠、卧床等)与遗传危险因素(如易栓症)之间的相互作用引发的,深静脉血栓形成的具体机制尚未完全阐明<sup>[13]</sup>。对于手术患者的 VTE 发生危险因素主要有以下几点:(1)手术患者和创伤患者。手术过程中全麻,手术时间>90 min。(2)手术涉及骨盆或下肢,手术时间>60 min。(3)伴有炎症或急性腹内疾病的手术入院。(4)预计活动能力会显著降低。(5)1 个或多个危险因素:癌症或癌症治疗;年龄>60 岁;重症监护入院;脱水;已知的血栓形成;肥胖[身体质量指数(body mass index, BMI)>30 kg·m<sup>-2</sup>];一种或多种显著的内科疾病并存,例如糖尿病、个人病史或有静脉血栓栓塞史的一级亲属、使用激素替

代疗法、使用含雌激素的避孕药、静脉曲张合并静脉炎<sup>[14]</sup>。

骨科损伤患者发生 DVT 的风险增加,尤其是髌臼骨折患者,DVT 的发生率为 0.21%~41%<sup>[15]</sup>。髌臼骨折的治疗大致分为非手术和手术选择,手术策略包括传统切开复位内固定术(open reduction and internal fixation, ORIF)、微创稳定术、全髌关节置换术(total hip arthroplasty, THA)或多种方法的组合<sup>[16]</sup>。手术治疗有很多好处,包括能够允许早期完全负重,并能够为患者提供无痛、稳定的髌关节,手术治疗是主要的选择<sup>[17]</sup>。然而,由于手术治疗切开影响血流动力学,术后恢复等不定因素,VTE 发生的概率极大增加。有研究发现<sup>[18]</sup>从 2012 年到 2018 年,在 1 224 例患者中 53 例患者被诊断为有症状的静脉血栓栓塞,VTE 的总发生率为 3.8%(47 例患者)。

## 3 预防

### 3.1 围手术期预防

骨盆髌臼骨折手术形成血栓容易危及患者生命,如何预防或减少血栓形成是围手术期工作的重中之重。根据出血风险,所有有 VTE 风险的患者入院后都要开始进行机械和化学预防。

**3.1.1 控制固定时间** 研究表明,早期固定可以降低不稳定 PAFs 患者的发病率。两项回顾性研究显示,在 PAFs 骨折中,早期固定<24 h、>24 h 及 5.5 h 与 5 d 相比,早期固定后并发症减少,包括缩短 ICU 天数、急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)、肺炎、DVT 和整体肺部并发症。DING 等<sup>[19]</sup>回顾了 791 例髌臼骨折,发现固定时间增加与感染风险增加相关,延迟 10 d>发生率高达 40%,而延迟 2 d>发生率为 15%。此外,手术固定的延迟已被证明会显著降低骨折复位的质量<sup>[20]</sup>。ELNAHAL 等<sup>[17]</sup>使用 Logistic 回归分析表明,每天不进行手术干预,解剖学复位的概率降低了 12%。HARRISON 等<sup>[21]</sup>回顾性队列纳入 650 例髌臼骨折患者,发现 3 d 内复位、4.5 d 复位和 7 d 内分别有良好(位移≤1 mm)、不完美(2~3 mm)和较差(>3 mm)的解剖复位;良好的解剖复位同等死亡率和较低的感染发生率,因此建议在 PAFs 手术中尽早复位。

**3.1.2 机械预防** 机械(外部)压缩是通过被动(弹力袜)或主动系统(足底静脉泵或间歇气动压缩装置)实现的,它们提供脉动或顺序模式的主动机械压缩,可以是作用于足部、小腿或大腿高度的装置<sup>[22]</sup>。一项试验研究表明,骨盆和髌臼骨折后在无抗凝情况下进行主动机械血栓预防是一种有效的方案,未增加出血风险<sup>[23]</sup>。主动机械压缩模式,依次对大腿和小腿体腔进行充气,降低了静脉淤滞的风险,并刺激

了内源性纤溶活性。有 2 项研究主要集中在机械性 VTE 预防方面。STERNE 等<sup>[24]</sup>进行了一项随机对照试验,将高压脉动机械装置与标准低压顺序小腿压迫装置进行了比较,脉动压迫有使 DVT 发生率降低的趋势。另一项队列研究显示,PAFs 患者在单独使用机械预防(弹力袜和间歇性气动压缩装置)后,DVT 和 PE 发生率很高(分别为 18%和 12%)<sup>[25]</sup>。

**3.1.3 药物预防** 在入院后 24 h 内开始化学血栓预防可显著降低 VTE 的风险<sup>[26]</sup>。目前的化学血栓预防包括使用磺达肝素或肝素。其他口服抗凝剂,包括香豆素(华法林)、阿司匹林、达比卡特兰、阿哌沙班和利伐沙班,但这些口服药物在意识水平降低的患者中可能难以使用,并可能需要监测。低分子肝素有最高水平的循证医学证据<sup>[27]</sup>,但由于药物在脂肪组织中的分布较低,所以使用时需考虑体重因素;低分子肝素的清除主要通过肾脏,因此可能需要监测肾功能<sup>[28]</sup>。有研究表明,在骨盆髋臼手术中,口服抗凝药在很大程度上取代了低分子肝素用于术后 VTE 的预防,而阿司匹林是一种新兴的替代品。一项大型随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)比较了在髋关节和膝关节置换术后使用口服抗凝药利伐沙班和阿司匹林长期预防的情况,发现在有症状的 VTE 或出血方面无差异<sup>[29]</sup>。阿司匹林的血栓预防在预防骨科创伤患者的致命事件方面并不劣于低分子肝素,并且与 90 d 时深静脉血栓形成、肺栓塞和任何原因死亡的低频率相关<sup>[6]</sup>。美国血液学学会年会(American Society of Hematology, ASH)指南建议使用口服抗凝药或阿司匹林进行药物预防<sup>[30]</sup>。

**3.1.4 下腔静脉过滤器(inferior vena cava filter, IVCF)** 放置 IVCF 的典型适应证是存在绝对抗凝禁忌证的 VTE、抗凝并发症或抗凝失败<sup>[31]</sup>。预防性使用 IVCF 应选择用于外伤和外科手术患者,这些患者存在 VTE 的高风险,且无法进行抗凝预防治疗<sup>[32]</sup>。有回顾性研究报告称,在高危创伤患者中预防性放置过滤器可减少症状性和致命性 PE<sup>[33]</sup>。有研究表明,关节置换术后的 PE 患者中,辅助放置 IVCF 已被证明并发症和总体住院费用较少<sup>[34]</sup>。1992 年至 2019 年间发表的 3 项研究,报道了 IVCF 用于预防骨盆和髋臼骨折的血栓,共计包括 370 例患者。前两项比较研究<sup>[35-36]</sup>检查了两组患者,IVCF 和非 IVCF;两者均为非随机分配的单中心研究。COHEN-LEVY 等<sup>[35]</sup>研究未显示 PE 发病率显著降低,还注意到 IVCF 患者 DVT 发病率的没有显著上升。因此,它无法确认 IVCF 的益处。CAHN 等<sup>[36]</sup>研究显示 IVCF 组 PE 发生率降低(0%对 7%),然而,17%的 IVCF 患者出现腿部水肿,水肿严重到足以导致 1 例患者下肢

周围组织坏死。TORO 等<sup>[37]</sup>的研究,对 88 例先前诊断为 DVT 需要置入 IVCF 的患者进行了为期 4 年的随访,患者均未出现 PE 或复发性 DVT,7%的患者出现双侧下肢肿胀,1%的患者患有影响双下肢的血栓形成后综合征。

抗凝是 DVT 的基本治疗,可抑制血栓蔓延、利于血栓自溶和管腔再通。早期 DVT 非肿瘤患者,建议直接使用新型口服抗凝药物(如利伐沙班),或使用低分子肝素联合维生素 K 拮抗剂,在凝血酶原国际标准化比值(international normalized ratio, INR)达标且稳定 24 h 后,停低分子肝素。而早期 DVT 肿瘤患者,建议首选低分子肝素抗凝,也可以使用维生素 K 拮抗剂或新型口服抗凝药物<sup>[38]</sup>。

### 3.2 术中预防

氨甲环酸(tranexamic acid, TXA)是一种抗纤溶剂,因为它在减少失血和安全性方面的功效,所以在手术中对它的使用有所增加<sup>[39]</sup>。TXA 常用于最近的创伤学和髋部骨折手术<sup>[40]</sup>,有临床试验显示推荐在 PAF 手术中使用 TXA<sup>[41]</sup>。两项随机对照试验探讨了静脉注射 TXA 对 PAF 患者的影响,发现 TXA 没有显著降低输血发生率,但一项研究指出总失血量减少;两者也得出结论,使用 TXA 后 VTE 没有显著增加<sup>[42]</sup>。最近的一项回顾性研究显示,在 PAF 手术中使用 TXA 可显著降低术中平均失血量、术后引流管收集和术后输血率<sup>[43]</sup>。同样,COHEN-LEVY 等<sup>[44]</sup>确定,术中 TXA 联合术前暂停 DVT 化疗可使血液制品输注减少 20.7%,手术时间缩短 36 min,并且不会导致这些患者的 VTE 发生率升高。

## 4 讨论

尽管最近抗凝治疗和血栓预防取得了一些进展,但 PAF 患者的血栓栓塞事件发生率仍然很高。目前的文献强调了一个事实,即尽管 PE 的发病率很低,但预测和消除它是一个挑战。未经治疗的 PE 死亡率可高达 30%,而经诊断和治疗的 PE 的死亡率为 8%。2/3 的 PE 患者在出现症状后 2 h 内死亡<sup>[45]</sup>。

在目前的文献中,VTE 的发生率变化很大,只有一项研究报告其患者的 PE 为 0。然而 DVT 和 PE 都是不可避免的,PAFs 患者发生 VTE 的危险因素包括下肢外部因素和 Charlson 合并症指数高的患者<sup>[46]</sup>、BMI>30 kg·m<sup>-2</sup> 患者和接受盆腔血管栓塞治疗的患者,后者 VTE 的风险更高(高达 2.6 倍)<sup>[47-48]</sup>。具体到 PE,危险因素包括肥胖(BMI>40 kg·m<sup>-2</sup>)男性、有华法林使用史、重症监护室入院、创伤严重程度评分(injury severity score, ISS)>15 分和相关的膝盖以上骨折<sup>[48]</sup>。WANG 等<sup>[7]</sup>报道 DVT 的发生率在 60 岁以上、有相关损伤和接受晚期手术固定(>2 周)的患

者中更高;此外,他们发现髌臼骨折患者的 DVT 明显高于骨盆环损伤患者,复杂髌臼骨折患者近端 DVT 显著高于单纯髌臼骨折。DWYER 等<sup>[49]</sup>强调了密切随访这些患者,并立即关注有关 VTE 的任何可疑症状的重要性;在他们的队列中,28%的 DVT 和 23%的 PE 发生在出院后 35 d 以上。由于多种原因,VTE 筛查仍然不能被视为这些患者的最佳实践。此外,最近对骨科创伤协会(Orthopaedic Trauma Association, OTA) 的 PAFs 外科医生进行的一项调查显示,只有 8.7%的外科医生会在入院时为患者进行常规 VTE 筛查<sup>[50]</sup>。

在多项研究中,对机械和药物预防 VTE 进行了分析,得出了 4 个关键信息:(1)机械和药物预防 VTE 对 PAFs 患者至关重要。尝试单独使用机械方法的研究表明,VTE 的高发病率令人无法接受<sup>[49-50]</sup>。(2)在抗凝禁忌证发生之前,一旦达到血液动力学稳定,必须尽快开始使用药物,最好是在患者到达急诊后 24 h 内。(3)尽管骨科医生更喜欢使用低分子肝素,但有 2 项研究证实了使用直接口服抗凝药(Direct oral anticoagulants, DOAC) 预防 PAFs 患者 VTE 的安全性和有效性<sup>[15,50]</sup>。(4)在对 PAFs 患者使用 IVCF 之前,需要谨慎,有两项研究证实了它的益处,但另一项研究结果表明,患者并没有从中获益<sup>[35]</sup>。

## 5 总结

抗凝治疗仍是 PAFs 患者 VTE 预防和治疗的的基础。对 VTE 高危患者应积极采取物理及药物预防措施,其临床效果明显,并可有效减少 PE 的发生。DVT 的管理是复杂的,需要综合考虑各种因素。临床医生应该充分理解诊疗指南、结合对患者的了解程度、对费用的考虑以及合理选择抗凝药物,来决定适合患者的预防措施。

### 参考文献

- [1] BASILE G, PASSERI A, BOVE F, et al. Pelvic ring and acetabular fracture: concepts of traumatological forensic interest [J]. *Injury*, 2022, 53(2): 475-480.
- [2] ROBINSON D L, BUCKNILL A, FERRAGINA A, et al. Fixation of pelvic acetabular fractures using 3D-printed fracture plates: a cadaver study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18(1): 360.
- [3] CAO J, ZHU H Y, GAO C. A systematic review and meta-analysis of 3D printing technology for the treatment of acetabular fractures [J]. *Biomed Res Int*, 2021, 2021: 5018791.
- [4] 安智全. 髌臼骨折治疗的选择和对策 [J]. *中国骨伤*, 2022, 35(11): 1011-1014.  
AN Z Q. Selections and countermeasure of acetabular fractures treatment [J]. *China J Orthop Traumatol*, 2022, 35 (11): 1011-1014. Chinese.
- [5] AUDRETSCH C, TRULSON A, HÖCH A, et al. Evaluation of decision-making in the treatment of acetabular fractures [J]. *EFORT Open Rev*, 2022, 7(1): 84-94.
- [6] MAJOR EXTREMITY TRAUMA RESEARCH CONSORTIUM (METRC), O'TOOLE R V, STEIN D M, et al. Aspirin or low-molecular-weight heparin for thromboprophylaxis after a fracture [J]. *N Engl J Med*, 2023, 388(3): 203-213.
- [7] WANG P F, KANDEMIR U, ZHANG B F, et al. Incidence and risk factors of deep vein thrombosis in patients with pelvic and acetabular fractures [J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2019, 25: 1076029619845066.
- [8] WENDELBOE A M, RASKOB G E. Global burden of thrombosis: epidemiologic aspects [J]. *Circ Res*, 2016, 118(9): 1340-1347.
- [9] VIRANI S S, ALONSO A, APARICIO H J, et al. Heart disease and stroke statistics-2021 update: a report from the American heart association [J]. *Circulation*, 2021, 143(8): e254-e743.
- [10] SHARMA O P, OSWANSKI M F, JOSEPH R J, et al. Venous thromboembolism in trauma patients [J]. *Am Surg*, 2007, 73(11): 1173-1180.
- [11] KONSTANTINIDES S V, MEYER G, BECATTINI C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS) [J]. *Eur Heart J*, 2020, 41(4): 543-603.
- [12] CAMAJ A, FUSTER V, GIUSTINO G, et al. Left ventricular thrombus following acute myocardial infarction: JACC state-of-the-art review [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 79(10): 1010-1022.
- [13] NAVARRETE S, SOLAR C, TAPIA R, et al. Pathophysiology of deep vein thrombosis [J]. *Clin Exp Med*, 2023, 23(3): 645-654.
- [14] TREASURE T, HILL J. NICE guidance on reducing the risk of venous thromboembolism in patients admitted to hospital [J]. *J R Soc Med*, 2010, 103(6): 210-212.
- [15] MAHMOUD S S, ESSER M, JAIN A. Thromboembolic events in pelvic and acetabulum fractures: a systematic review of the current literature on incidence, screening, and thromboprophylaxis [J]. *Int Orthop*, 2022, 46(8): 1707-1720.
- [16] REITO A, KUOPPALA M, PAJULAMMI H, et al. Mortality and comorbidity after non-operatively managed, low-energy pelvic fracture in patients over age 70: a comparison with an age-matched femoral neck fracture cohort and general population [J]. *BMC Geriatr*, 2019, 19(1): 315.
- [17] ELNAHAL W A, BASSETT J, ACHARYA M R, et al. Incidence of DVT and PE after surgical reconstruction for pelvic and acetabular fractures: does routine duplex scanning affect management [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2021, 31(3): 491-495.
- [18] DYNAKO J, MCCANDLESS M, COVINGTON R, et al. Timing of venous thromboemboli in patients with acetabular and pelvic ring fractures [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2023.
- [19] DING A, O'TOOLE R V, CASTILLO R, et al. Risk factors for early reoperation after operative treatment of acetabular fractures [J]. *J Orthop Trauma*, 2018, 32(7): e251-e257.
- [20] ENOCSON A, LUNDIN N. Early versus late surgical treatment of pelvic and acetabular fractures a five-year follow-up of 419 patients [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 848.
- [21] HARRISON A, ORDAS-BAYON A, CHIMUTENGWENDE-GORDON M, et al. Factors associated with mortality in older patients sustaining pelvic or acetabular fractures [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2022, 142(7): 1547-1556.
- [22] EL-DALY I, REIDY J, CULPAN P, et al. Thromboprophylaxis in

- patients with pelvic and acetabular fractures: a short review and recommendations[J]. *Injury*, 2013, 44(12): 1710–1720.
- [23] FISHER C G, BLACHUT P A, SALVIAN A J, et al. Effectiveness of pneumatic leg compression devices for the prevention of thromboembolic disease in orthopaedic trauma patients: a prospective, randomized study of compression alone versus no prophylaxis[J]. *J Orthop Trauma*, 1995, 9(1): 1–7.
- [24] STERNE J A C, SAVOVIC J, PAGE M J, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials[J]. *BMJ*, 2019, 366: 14898.
- [25] NIIKURA T, LEE S Y, OE K, et al. Venous thromboembolism in Japanese patients with fractures of the pelvis and/or lower extremities using physical prophylaxis alone[J]. *J Orthop Surg*, 2012, 20(2): 196–200.
- [26] GODOY MONZON D, ISERSON K V, CID A, et al. Oral thromboprophylaxis in pelvic trauma: a standardized protocol[J]. *J Emerg Med*, 2012, 43(4): 612–617.
- [27] KEY N S, KHORANA A A, KUDERER N M, et al. Venous thromboembolism prophylaxis and treatment in patients with cancer: ASCO clinical practice guideline update[J]. *J Clin Oncol*, 2020, 38(5): 496–520.
- [28] SCHAEFER J K, ELSHOURY A, NACHAR V R, et al. How to choose an appropriate anticoagulant for cancer-associated thrombosis[J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2021, 19(10): 1203–1210.
- [29] ANDERSON D R, DUNBAR M, MURNAGHAN J, et al. Aspirin or rivaroxaban for VTE prophylaxis after hip or knee arthroplasty[J]. *N Engl J Med*, 2018, 378(8): 699–707.
- [30] ANDERSON D R, MORGANO G P, BENNETT C, et al. American Society of Hematology 2019 guidelines for management of venous thromboembolism: prevention of venous thromboembolism in surgical hospitalized patients[J]. *Blood Adv*, 2019, 3(23): 3898–3944.
- [31] WONG J K L, TAN M, BAKHSHAYESH P. A review of preclinical absorbable inferior vena cava filters[J]. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*, 2021, 9(2): 510–524.e4.
- [32] HO K M, RAO S, HONEYBUL S, et al. A multicenter trial of vena cava filters in severely injured patients[J]. *N Engl J Med*, 2019, 381(4): 328–337.
- [33] MCLONEY E D, KRISHNASAMY V P, CASTLE J C, et al. Complications of Celect, Günther tulip, and Greenfield inferior vena cava filters on CT follow-up: a single-institution experience[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2013, 24(11): 1723–1729.
- [34] RAPHAEL I J, MCKENZIE J C, ZMISTOWSKI B, et al. Pulmonary embolism after total joint arthroplasty: cost and effectiveness of four treatment modalities[J]. *J Arthroplasty*, 2014, 29(5): 933–937.
- [35] COHEN-LEVY W B, LIU J, SEN M L, et al. Prophylactic inferior vena cava filters for operative pelvic fractures: a twelve year experience[J]. *Int Orthop*, 2019, 43(12): 2831–2838.
- [36] CAHN M D, ROHRER M J, MARTELLA M B, et al. Long-term follow-up of Greenfield inferior vena cava filter placement in children[J]. *J Vasc Surg*, 2001, 34(5): 820–825.
- [37] TORO J B, GARDNER M J, HIERHOLZER C, et al. Long-term consequences of pelvic trauma patients with thromboembolic disease treated with inferior vena caval filters[J]. *J Trauma*, 2008, 65(1): 25–29.
- [38] 李晓强, 张福先, 王深明. 深静脉血栓形成的诊断和治疗指南(第三版)[J]. *中国血管外科杂志(电子版)*, 2017, 9(4): 250–257.
- LI X Q, ZHANG F X, WANG S M. Guidelines for diagnosis and treatment of deep venous thrombosis (third edition)[J]. *Chin J Vasc Surg Electron Version*, 2017, 9(4): 250–257. Chinese.
- [39] PATEL P A, WYROBEK J A, BUTWICK A J, et al. Update on applications and limitations of perioperative tranexamic acid[J]. *Anesth Analg*, 2022, 135(3): 460–473.
- [40] XING F, CHEN W, LONG C, et al. Postoperative outcomes of tranexamic acid use in geriatric trauma patients treated with proximal femoral intramedullary nails: a systematic review and meta-analysis[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2020, 106(1): 117–126.
- [41] XIE J W, HU Q S, HUANG Q, et al. Efficacy and safety of tranexamic acid in geriatric hip fracture with hemiarthroplasty: a retrospective cohort study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019, 20(1): 304.
- [42] SPITLER C A, ROW E R, GARDNER W E 2nd, et al. Tranexamic acid use in open reduction and internal fixation of fractures of the pelvis, acetabulum, and proximal femur: a randomized controlled trial[J]. *J Orthop Trauma*, 2019, 33(8): 371–376.
- [43] KASHYAP S, MAHAJAN S, LAL M. Effects of topical tranexamic acid during open reduction and internal fixation of acetabular fractures: a retrospective study[J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2019, 53(3): 175–179.
- [44] COHEN-LEVY W B, RUSH A J 3rd, GOLDSTEIN J P, et al. Tranexamic acid with a pre-operative suspension of anticoagulation decreases operative time and blood transfusion in the treatment of pelvic and acetabulum fractures[J]. *Int Orthop*, 2020, 44(9): 1815–1822.
- [45] BĚLOHLÁVEK J, DYTRYCH V, LINHART A. Pulmonary embolism, part I: Epidemiology, risk factors and risk stratification, pathophysiology, clinical presentation, diagnosis and nonthrombotic pulmonary embolism[J]. *Exp Clin Cardiol*, 2013, 18(2): 129–138.
- [46] LEE J K, KOO J W, JEONG S Y, et al. Perioperative symptomatic venous thromboembolism after immediate chemoprophylaxis in patients with pelvic and lower-extremity fractures[J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 5431.
- [47] SCHELLENBERG M, BENJAMIN E, INABA K, et al. When is it safe to start pharmacologic venous thromboembolism prophylaxis after pelvic fractures? A prospective study from a level I trauma center[J]. *J Surg Res*, 2021, 258: 272–277.
- [48] GODZIK J, MCANDREW C M, MORSHED S, et al. Multiple lower-extremity and pelvic fractures increase pulmonary embolus risk[J]. *Orthopedics*, 2014, 37(6): e517–e524.
- [49] DWYER E P, MOED B R. Venous thromboembolism after hospital discharge in pelvic and acetabular fracture patients treated operatively[J]. *J Orthop Surg*, 2019, 27(1): 2309499019832815.
- [50] LIM P K, AHN J, SCOLARO J A. Venous thromboembolism prophylaxis after pelvic and acetabular fractures: a survey of orthopaedic surgeons' current practices[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2020, 28(18): 750–755.