

骨科大手术相关深静脉血栓风险预测模型的研究进展

高奉琼^{1,2}, 马炎^{1,2}, 陈伟³, 刘晓童^{1,2}, 冯加义^{1,2}, 王安素⁴, 宋凌霞⁴, 夏同霞^{1,2}

1. 遵义医科大学附属医院护理部, 贵州 遵义 563000;

2. 遵义医科大学护理学院, 贵州 遵义 563000;

3. 遵义医科大学附属医院神经外科, 贵州 遵义 563000;

4. 遵义医科大学附属医院骨科, 贵州 遵义 563000

【摘要】 深静脉血栓(DVT)在骨科大手术患者中具有高发病率、高致死率的特点, 严重影响了患者的预后, 增加了患者的经济负担。有效、精确地预测患者发生 DVT 的风险, 及时、准确地为患者采取预防措施, 是 DVT 风险管理的保障。目前, 骨科患者常用的 DVT 风险预测模型包括 Caprini、Autar、Wells-DVT 和 RAPT 血栓评估模型, 对患者 DVT 的发生有一定的预测作用且各具优缺点。随着大数据时代的到来, 人工智能快速发展, 基于机器学习算法建立的 DVT 风险预测模型表现出更好的预测性能, 是未来 DVT 风险预测模型发展的趋势。

【关键词】 骨科大手术; 深静脉血栓; 预测模型; 危险因素; 研究进展

【中图分类号】 R687.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003—6350(2024)07—1060—05

Research progress on risk prediction models of deep venous thrombosis in major orthopedic surgery. GAO Feng-qiong^{1,2}, MA Yan^{1,2}, CHEN Wei³, LIU Xiao-tong^{1,2}, FENG Jia-yi^{1,2}, WANG An-su⁴, SONG Ling-xia⁴, XIA Tong-xia^{1,2}. 1. Department of Nursing, the Affiliated Hospital of Zunyi Medical University, Zunyi 563000, Guizhou, CHINA; 2. School of Nursing, Zunyi Medical University, Zunyi 563000, Guizhou, CHINA; 2. Department of Neurosurgery, the Affiliated Hospital of Zunyi Medical University, Zunyi 563000, Guizhou, CHINA; 4. Department of Orthopaedics, the Affiliated Hospital of Zunyi Medical University, Zunyi 563000, Guizhou, CHINA

【Abstract】 Deep vein thrombosis (DVT) is characterized by high morbidity and mortality in patients undergoing major orthopedic surgery, which seriously affects the prognosis of patients and increases the economic burden of patients. Effective and accurate prediction of patients' risk of DVT and timely and accurate preventive measures for patients are the guarantee of DVT risk management. Currently, the commonly used DVT risk prediction models for orthopaedic patients include Caprini, Autar, Wells-DVT, and RAPT thrombosis assessment models, which have certain predictive effects on the occurrence of DVT in patients, and each has its own advantages and disadvantages. With the advent of the era of big data and the rapid development of artificial intelligence, the DVT risk prediction model based on machine learning algorithm shows better prediction performance, which is the development trend of the future DVT risk prediction model.

【Key words】 Major orthopedic surgery; Deep venous thrombosis; Prediction model; Risk factors; Review

基金项目: 贵州省科技计划项目(编号: 黔科合成果-LC[2022]007); 贵州省遵义市科技计划项目(编号: 遵市科合 HZ 字(2021)142 号、遵市科合 HZ 字(2021)135 号)。

第一作者: 高奉琼(1999—), 女, 硕士研究生在读, 主要研究方向为外科护理学。

通讯作者: 夏同霞(1971—), 女, 教授, 主任护师, 主要研究方向为外科护理学, E-mail: xtx0925@163.com。

[42] Hafkamp FJ, Tio RA, Otterspoor LC, et al. Optimal effectiveness of heart failure management—an umbrella review of meta-analyses examining the effectiveness of interventions to reduce (re)hospitalizations in heart failure [J]. Heart Fail Rev, 2022, 27(5): 1683-1748.

[43] Akhtar Z, Sohal M, Kontogiannis C, et al. Anatomical variations in coronary venous drainage: Challenges and solutions in delivering cardiac resynchronization therapy [J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2022, 33(6): 1262-1271.

[44] Santos H, Santos M, Almeida I, et al. A systemic review of endocardial left ventricular pacing [J]. Heart Lung, 2022, 51: 82-86.

[45] Wijesuriya N, Elliott MK, Mehta V, et al. Pacing interventions in non-responders to cardiac resynchronization therapy [J]. Front Physiol, 2023, 14: 1054095.

[46] Wijesuriya N, Elliott MK, Mehta V, et al. Leadless left ventricular endocardial pacing for cardiac resynchronization therapy: a systematic review and meta-analysis [J]. Heart Rhythm, 2022, 19(7): 1176-1183.

[47] Funasako M, Neuzil P, Dujka I, et al. Successful implementation of a totally leadless biventricular pacing approach [J]. HeartRhythm Case Rep, 2020, 6(3): 153-157.

[48] Mehlhorn D, Patel S, Verghese D, et al. Long-term outcome of the first completely leadless cardiac resynchronization therapy in the United States [J]. JACC Case Rep, 2023, 24: 102020.

[49] Carabelli A, Jabeur M, Jacon P, et al. European experience with a first totally leadless cardiac resynchronization therapy pacemaker system [J]. Europace, 2021, 23(5): 740-747.

(收稿日期: 2023-11-27)

骨科大手术包括全膝关节置换(total knee arthroplasty, TKA)、全髋关节置换(total hip arthroplasty, THA)和髌骨骨折手术(hip fractures surgery, HFS)。深静脉血栓(deep venous thrombosis, DVT)是血液在深静脉内不正常凝结引起的静脉回流障碍性疾病,多发生于下肢,血栓脱落可引起致命的肺栓塞(pulmonary thromboembolism, PTE),DVT 和 PTE 统称为静脉血栓栓塞症(venous thromboembolism, VTE)^[1]。DVT 是骨科大手术患者常见的并发症,也是导致患者围术期死亡的主要原因之一^[2]。研究报道,TKA、THA 和 HFS 的 VTE 发病率分别为 41%~85%、42%~57%以及 50%。在无预防措施的情况下,TKA、THA 和 HFS 的致命性 PTE 发病率分别为 0.2%~0.7%、0.1%~0.4%、以及 2.5%~7.5%^[3]。风险预测模型可将多个预测因素结合起来,以估计某种特定疾病的危险程度或未来发生某种事件的风险^[4]。近年来,国内外都在积极研究适用于本国的 DVT 风险预测模型,但目前的模型并不是完全适用于骨科大手术患者的。因此,本文就骨科大手术 DVT 的危险因素以及骨科相关 DVT 风险预测模型进行综述,以促进构建我国骨科大手术相关 DVT 风险预测模型。

1 骨科大手术 DVT 的危险因素

1.1 患者自身因素 相关研究指出,年龄(≥ 45 岁)、性别、体质指数(BMI)超标、D-二聚体($\geq 500 \mu\text{g/L}$)、吸烟、既往有 VTE 病史、恶性肿瘤、合并心脑血管疾病和糖尿病是影响 DVT 的危险因素^[5]。李树灏等^[6]研究指出,髌骨骨折患者 45~59 岁、60~74 岁、 ≥ 75 岁分别是 < 45 岁患者发生 DVT 风险的 3.12 倍、3.20 倍、6.45 倍。既往研究显示,术前高水平的 D-二聚体是术后 DVT 的独立危险因素,术前 D-二聚体($\geq 500 \mu\text{g/L}$)能使 TKA 或 THA 术后 DVT 的发生风险增加至原来的 2.1 倍^[7]。Zeng 等^[8]对 17 660 例样本的队列研究显示,既往有 VTE 病史的患者 THA 和 TKA 术后 VTE 的发生率是无 VTE 病史患者的 48.872 倍。陈文月等^[9]对 2 695 例我国髌膝人工关节置换患者 DVT 危险因素的 Meta 分析显示,糖尿病使 DVT 的发生风险增加了 1.5 倍。骨科大手术患者中老年人占比较大,大多合并其他基础疾病,增加了 DVT 的发生风险。

1.2 手术相关因素

1.2.1 手术类型及部位 Xu 等^[10]对 15 326 例关节置换术患者的研究表明,不同手术类型和部位的患者 DVT 发生的风险不同。韩国的一项骨科大手术后 DVT 的全国性调查显示,在接受 THA、TKA 和 HFS 的患者中,DVT 的发生率分别为 0.15%、0.22%和 0.16%^[11]。说明 TKA 患者 DVT 发生的风险较高。Zhang 等^[12]对 THA 和 TKA 患者的回顾性研究发现,与 THA 相比,TKA 的患者 DVT 发生风险更高。这可能与 THA 患者的术后锻炼效果较好有关,但内在机制尚

未研究清楚。相关研究指出,与单侧 TKA 患者相比,同步双侧 TKA 患者术后 30 d 发生 DVT 的风险增加^[13]。Liu 等^[14]的 Meta 分析显示,接受同步双侧 TKA 的患者发生 DVT 的危险性是分期双侧 TKA 患者的 1.21 倍,建议需要在双侧进行关节置换的患者分次手术。

1.2.2 手术时间 Li 等^[15]对 829 例下肢骨折患者进行了回顾性分析,发现较长的手术时间是 DVT 的独立风险因素。相关研究以分钟为单位将膝关节置换患者的手术时间分为 <60 min、60~90 min、91~120 min、和 >120 min 四种,结果发现手术时间与 DVT 形成呈正相关,与手术时间 <60 min 的患者相比,手术时间 > 120 min 患者发生 DVT 的概率高出近 2.5 倍,手术时间在 90~120 min 的患者发生 DVT 的概率高出 1.73 倍^[16]。Bui 等^[17]研究显示,长时间的手术会使患者关节被反复脱位、修复、扭曲,对血管的牵拉可能导致内膜损伤,增加炎症因子的生成,激活外源性凝血通路,诱发血栓形成。所以,术中医务人员应该极力配合,合理安排患者的手术时间。

1.2.3 麻醉方式 不同的麻醉方式对发生 DVT 的影响不同,硬膜外麻醉及全身麻醉为骨科大手术常用的麻醉方式。Ma 等^[18]通过观察 124 例 TKA 的患者发现,在硬膜外麻醉下,麻醉剂通过硬膜外空间被吸收到血液中,可以抑制血小板的聚集、释放和黏附,改善患者的凝血功能,全麻则具有相反的作用。Kang 等^[19]指出,硬膜外麻醉有利于患者术后早下床活动,可有效降低 DVT 发生及交感神经活性,预防静脉瘀滞。陈文月等^[9]的 Meta 分析表明,全麻导致 DVT 的发生是腰硬联合麻醉的 3.46 倍。Zhao 等^[20]研究显示,在 DVT 组中,全麻患者的比例为 53.7% (66/123),而无 DVT 组中的患者比例为 41.8%,说明全麻患者 DVT 形成的风险较高。这提示骨科大手术患者如果在身体条件允许的情况下,建议采取硬膜外麻醉。

1.2.4 骨水泥 骨水泥主要用于全关节置换术,它对关节置换术中假体的固定和抗生素的局部输送至关重要,也是 DVT 形成的危险因素之一。骨水泥植入过程中产生的热量导致的血管烧伤是 DVT 形成的一个重要因素,这可能与骨水泥的侵蚀、热聚合反应等导致血管内膜损伤有关。Yu 等^[21]对 182 例 THA 患者的研究发现,术中骨水泥可引起单核细胞因子的释放和内皮细胞的变形分离,使纤维蛋白原进一步覆盖内皮表面,进而激活外源性血液凝固途径,导致血液高凝状态,从而增加了 DVT 的风险。李兴华^[22]研究显示,使用骨水泥的患者术后发生 DVT 的风险增加至 9.543 倍。因此,对于使用了骨水泥的患者,术后应密切观察患者患肢情况,加强 DVT 的预防。

2 DVT 风险预测模型

近年来,国内外学者对 DVT 风险预测模型的研究

不断深入,专科 DVT 风险预测模型相继出现,但是专门针对骨科大手术患者 DVT 风险预测模型的研究较少。目前骨科患者常用的 DVT 风险预测模型有 Caprini、Autar、Wells-DVT 和 RAPT 血栓评估模型,对患者 DVT 的发生有一定的预测作用。

2.1 Caprini 血栓评估模型 Caprini 风险评估模型 (Caprini Risk Assessment Model, Caprini RAM) 是 Caprini 博士领导的一组医生、护士和科学家开发的一种风险评估评分模型,该模型于 1991 年首次发布^[23]。2013 版本是 Caprini RAM 的最新版本,由经过专门培训的医学生通过审查术前病史采集、体检和医疗咨询完成。这个版本与之前的版本不同在于它增加了一些尚未在验证性研究中得到验证但在文献中显示与血栓形成有关的风险因素,这些风险因素包括 BMI>40、吸烟、输血、化疗、手术时间>2 h、需要胰岛素的糖尿病。自 1991 年推出以来, Caprini RAM 已在全球 100 多项临床试验中在超过 25 万名患者中得到验证^[24-25],是目前临床中运用最为广泛的 VTE 预测模型,并且得到国内外多个指南推荐^[26-28],2016 年《中国骨科大手术静脉血栓栓塞症预防指南》也推荐 Caprini RAM 作为骨科大手术患者 VTE 的风险评估工具^[1]。但其涉及的条目众多,一些实验室指标不容易得到,并且评分所需时间较长,所以 Caprini RAM 是否为骨科大手术患者 DVT 风险评估的最优选择,还需大规模的临床研究来提供更有力的证据。

2.2 Autar 血栓评估模型 Autar 血栓评估模型是由英国学者 Autar 于 1996 年基于 Virchow 深静脉血栓形成的三大危险因素创建,主要用于预测患者发生 DVT 的风险概率^[29]。2003 年 Autar 对该模型进行了验证并修订,增加了手术、骨科方面相关的危险因素,提高了其对骨科患者的适用性^[30]。相关研究显示, Autar 血栓评估模型可以较好地预测骨科大手术患者发生 DVT 的风险并划分风险等级,有利于医务人员根据风险等级采取不同的预防措施^[31]。谢渊等^[32]研究指出, Autar 血栓评估模型是根据骨科患者制定的,更多地反映出骨科患者疾病的特点,并且该模型的敏感度较高,但特异度较低,说明该模型可能会过高地评估患者发生 DVT 的风险。建议骨科大手术高危人群采用 Autar 血栓评估模型预测 DVT 时应重新界定临界值,这样才能有效地进行风险分层,减少不必要的预防措施。虽然 Autar 血栓评估模型在国内逐渐被推广运用,但其在骨科大手术中的有效性还需进一步的验证。

2.3 Wells-DVT 血栓评估模型 Wells-DVT 血栓评估模型是由加拿大学者 Wells 等^[33]于 1995 年基于文献和临床经验设计的一种预测门诊患者 DVT 的风险评估工具。该模型考虑到 DVT 的三个方:体征和症状、危险因素和患者的可能诊断,包含了 9 个危险因

素,阳性预测因素赋值 1 分,阴性预测因素赋值-2 分,根据总分将患者发生 DVT 风险分为低、中、高 3 个危险等级。2003 年 Wells 等^[34]将其进行优化,增加了既往 DVT 病史这一危险因素,同时将患者分类为很有可能或不太可能有 DVT 形成 2 种。Wells 血栓评估模型是一种有效的 DVT 风险预测工具,但需与血浆 D-二聚体、多普勒超声血流检查等辅助检查结果相结合,重点在于早期诊断和排除 DVT 的发生。2017 年《深静脉血栓形成的诊断和治疗指南(第三版)》建议用 Wells-DVT 血栓评估模型来指导 DVT 的诊断,当评分为不太可能时,患者进行血浆 D-二聚体检测,阴性则排除 DVT 的诊断,阳性则进行超声检查^[35]。Wells-DVT 血栓评估模型的评分条目较少,操作方便,耗时少,但评分时易受医务人员的主观影响,降低了 DVT 的预测信度。

2.4 RAPT 血栓评估模型 静脉血栓形成风险评估 (the risk assessment profile for thromboembolism, RAPT) 是由 Greenfield 等^[36]于 1997 年创立,该模型主要针对创伤患者进行 VTE 的风险评估,从病史、医源性损伤、创伤程度及年龄四个方面对患者进行危险分层,根据总分将患者发生 VTE 风险分为低危、中危、高危 3 个等级。《中国创伤骨科患者围手术期静脉血栓栓塞症预防指南(2021)》推荐使用 RAPT 血栓评估模型为所有住院的创伤骨科患者进行 VTE 风险评估^[37]。研究对 197 例下肢骨折患者的回顾性研究发现, RAPT 血栓评估模型在诊断骨科创伤患者下肢 DVT 方面具有重要价值,与 D-二聚体阈值相结合可以实现更高的诊断准确性^[38-39]。RAPT 血栓评估模型是一种易于使用的评估工具,已在许多研究中得到验证,但还需进一步研究确认其在骨科大手术领域 DVT 预测的准确性。

2.5 Kucher 电子风险评估模型 Kucher 电子风险评估模型是由 Kucher 等^[40]于 2005 年创立,该模型将患者住院信息与电子警报相结合,用八种常见危险因素来确定每位住院患者的 VTE 风险情况。包括癌症、既往 VTE 病史、高凝状态、手术、高龄、肥胖、卧床休息和使用激素替代疗法或口服避孕药等,每个危险因素根据危险程度赋予 1~3 分,当总分 ≥ 4 分时提示 VTE 风险增加。Kucher 模型有助于识别在未采取预防措施的情况下 VTE 风险增加的住院患者,提高了预防性治疗的实施率,有效降低了住院患者 90 d 内 VTE 的发生率。目前 Kucher 电子风险评估模型在临床中运用还较少,其在骨科大手术中预测 DVT 的价值还有待大规模临床研究。

2.6 机器学习算法模型 机器学习是新兴的医学领域,将计算机科学和统计信息融合到医疗问题中,近几年机器学习算法在 DVT 风险预测模型的领域中逐渐开展。Ryan 等^[41]基于极端梯度提升(eXtreme

Gradient Boosting, XGB)算法建立了发病前 12 h 预测 DVT 和在发病前 24 h 预测 DVT 两种机器学习模型,共纳入了 99 237 例普通病房或 ICU 患者的数据,这些数据包括患者人口统计、诊断、生命体征和实验室数据以及药物使用情况的信息。结果显示,机器学习预测器对住院患者在 12 h 和 24 h 窗口的 DVT 风险预测的 AUROCs 分别为 0.83 和 0.85,敏感性都为 0.80,特异性超过 0.65,表明其对住院患者 DVT 的预测和分层具有临床价值。上海市第十人民医院通过机器学习算法构建 DVT 风险预测模型(简称 AI 模型),并与 Caprini 模型进行比较,验证集共 298 例患者,其中发生 DVT 的患者 33 例。结果显示,AI 模型的 ROC 曲线下面积为 0.894,与 Caprini 模型比较差异有统计学意义,敏感性、特异性也高于 Caprini 模型^[42]。证实了基于机器学习算法构建的 DVT 风险预测模型可优化 DVT 风险管理水平,降低 DVT 发生风险。机器学习算法模型仍处于起步阶段,为了确定其在 DVT 预测领域的有效性,还需要大量的前瞻性研究。

2.7 深度学习算法模型 深度学习是从机器学习中的神经网络发展出来的新领域,已被应用于计算机视觉、语音识别、机器翻译、目标识别与生物信息学等领域并取得了不错的效果^[43]。Hwang 等^[44]将基于卷积神经网络(convolutional neural networks, CNN)的深度学习和传统机器学习在 CT 静脉造影分类髌股 DVT 进行比较。该研究共纳入了 659 例患者,选择了 1 624 个图形数据,提取了 74 个特征。结果表明,深度学习算法中的 VGG16 模型更有效地区分了 CT 图像上的 DVT,与其他 AI 算法相比, CNN 模型在区分 DVT 方面显示出更高的准确性。因此,通过深度学习算法建立 DVT 风险预测模型,可以为医务人员提供更迅速和准确的信息。但目前该模型的应用研究较少,还需要多中心、大样本的前瞻性研究验证其临床价值。

3 小结

有效、精确的预测患者发生 DVT 的风险,及时、准确地为患者采取预防措施,是预防患者发生 DVT 的重要环节。现有众多的 DVT 风险预测模型,但国内临床上大多使用的都是国外引进汉化的模型,由于人种、体质、生活习性等方面的差异,并不完全适用于我国。目前,国内在骨科大手术领域的 DVT 风险预测模型的研究较少。因此,希望国内研究者可以优化、整合国外 DVT 风险预测模型,充分利用计算机技术,在大样本研究的基础上构建出适合我国骨科大手术领域的 DVT 风险预测模型,更好地对 DVT 进行防治。

参考文献

[1] Chinese Society of Orthopedic Surgery. Guidelines for prevention of venous thromboembolism in major orthopedic surgery in China [J]. Chin J Orthop, 2016, 36(2): 65-71.

中华医学会骨科学分会. 中国骨科大手术静脉血栓栓塞症预防指南 [J]. 中华骨科杂志, 2016, 36(2): 65-71.

[2] Ortel TL, Neumann I, Ageno W, et al. American Society of Hematology 2020 guidelines for management of venous thromboembolism: treatment of deep vein thrombosis and pulmonary embolism [J]. Blood Adv, 2020, 4(19): 4693-4738.

[3] Majima T, Oshima Y. Venous thromboembolism in major orthopedic surgery [J]. J Nippon Med Sch, 2021, 88(4): 268-272.

[4] Wolff RF, Moons KGM, Riley RD, et al. PROBAST: a tool to assess the risk of bias and applicability of prediction model studies [J]. Ann Intern Med, 2019, 170(1): 51-58.

[5] Sloan M, Sheth N, Lee GC. Is obesity associated with increased risk of deep vein thrombosis or pulmonary embolism after hip and knee arthroplasty? A large database study [J]. Clin Orthop Relat Res, 2019, 477(3): 523.

[6] Li SH, Zhang K, Feng DX, et al. Analysis of the occurrence of lower extremity deep vein thrombosis within 24 hours of hip fracture and delayed admission [J]. Orthopaedics, 2019, 10(4): 307-313. 李树灏, 张堃, 冯东旭, 等. 髌部骨折 24 h 内及延迟入院的下肢深静脉血栓发生情况分析 [J]. 骨科, 2019, 10(4): 307-313.

[7] Deng W, Huo L, Yuan Q, et al. Risk factors for venous thromboembolism in patients with diabetes undergoing joint arthroplasty [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 608.

[8] Zeng Y, Si H, Wu Y, et al. The incidence of symptomatic in-hospital VTEs in Asian patients undergoing joint arthroplasty was low: a prospective, multicenter, 17 660-patient-enrolled cohort study [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(4): 1075-1082.

[9] Chen WY, Wei M, Pan L, et al. Meta-analysis of risk factors for deep vein thrombosis in hip and knee artificial joint replacement patients in China [J]. Mod Med J, 2020, 48(7): 879-884. 陈文月, 魏敏, 潘丽, 等. 我国髌膝人工关节置换患者深静脉血栓危险因素 Meta 分析 [J]. 现代医学, 2020, 48(7): 879-884.

[10] Xu H, Zhang S, Xie J, et al. A nested case-control study on the risk factors of deep vein thrombosis for Chinese after total joint arthroplasty [J]. J Orthop Surg Res, 2019, 14(1): 188.

[11] Lee SY, Ro du H, Chung CY, et al. Incidence of deep vein thrombosis after major lower limb orthopedic surgery: analysis of a nationwide claim registry [J]. Yonsei Med J, 2015, 56(1): 139-145.

[12] Zhang ZH, Shen B, Yang J, et al. Risk factors for venous thromboembolism of total hip arthroplasty and total knee arthroplasty: a systematic review of evidences in ten years [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2015, 16: 24.

[13] Masrouha KZ, Hoballah JJ, Tamim HM, et al. Comparing the 30-day risk of venous thromboembolism and bleeding in simultaneous bilateral vs unilateral total knee arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2018, 33(10): 3273-3280.e3271.

[14] Liu L, Liu H, Zhang H, et al. Bilateral total knee arthroplasty: Simultaneous or staged? A systematic review and meta-analysis [J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(22): e15931.

[15] Li Q, Chen X, Wang Y, et al. Analysis of the occurrence of deep venous thrombosis in lower extremity fractures: A clinical study [J]. Pak J Med Sci, 2018, 34(4): 828-832.

[16] Mundi R, Nucci N, Wolfstadt J, et al. Risk of complications with prolonged operative time in morbidly obese patients undergoing elective total knee arthroplasty [J]. Arthroplasty, 2023, 5(1): 6.

[17] Bui MH, Hung DD, Vinh PQ, et al. Frequency and risk factor of low-

- er-limb deep vein thrombosis after major orthopedic surgery in vietnamese patients [J]. *Open Access Maced J Med Sci*, 2019, 7(24): 4250-4254.
- [18] Ma T, Li G, Zhang H, et al. Epidural anesthesia versus general anesthesia for total knee arthroplasty: influences on perioperative cognitive function and deep vein thrombosis [J]. *Computational & Mathematical Methods in Medicine*, 2022, 2022: 4259499.
- [19] Kang JX, Lin WX, Wang H, et al. Original Effects of general anesthesia and epidural anesthesia on deep vein thrombosis and perioperative cognitive function of patients undergoing total knee arthroplasty [J]. *Am J Transl Res*, 2022, 14(7): 4786-4794.
- [20] Zhao K, Zhang J, Li J, et al. Incidence of and risk factors for new-onset deep venous thrombosis after intertrochanteric fracture surgery [J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 17319.
- [21] Yu X, Wu Y, Ning R. The deep vein thrombosis of lower limb after total hip arthroplasty: what should we care [J]. *BMC Musculoskeletal Disord*, 2021, 22(1): 547.
- [22] Li XH. Formation of deep vein thrombosis after artificial joint replacement and its influencing factors [J]. *Med J Chin PLA*, 2016, 41(8): 701-702.
李兴华. 人工关节置换术后深静脉血栓的形成及其影响因素 [J]. *解放军医学杂志*, 2016, 41(8): 701-702.
- [23] Caprini JA. Thrombosis risk assessment as a guide to quality patient care [J]. *Disease-a-month*: DM, 2005, 51(2-3): 70-78.
- [24] Caprini JA. Risk assessment as a guide to thrombosis prophylaxis [J]. *Current opinion in pulmonary medicine*, 2010, 16(5): 448-452.
- [25] Cronin M, Dengler N, Krauss ES, et al. Completion of the updated caprini risk assessment model (2013 Version) [J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2019, 25: 1076029619838052.
- [26] Liu FL, Zhang TP. Chinese guidelines for perioperative thrombosis prevention and management in general surgery [J]. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2016, 36(5): 469-474.
刘凤林, 张太平. 中国普通外科围手术期血栓预防与管理指南 [J]. *中国实用外科杂志*, 2016, 36(5): 469-474.
- [27] Kearon C, Akl EA, Comerota AJ, et al. Antithrombotic therapy for VTE disease: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines [J]. *Chest*, 2012, 141(2): e419S-e496S.
- [28] Gould MK, Garcia DA, Wren SM, et al. Prevention of VTE in nonorthopedic surgical patients: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines [J]. *Chest*, 2012, 141(2): e227S-e277S.
- [29] Autar R. Nursing assessment of clients at risk of deep vein thrombosis (DVT): the Autar DVT scale [J]. *J Adv Nurs*, 1996, 23(4): 763-770.
- [30] Autar R. The management of deep vein thrombosis: the Autar DVT risk assessment scale re-visited [J]. *Journal of Orthopaedic Nursing*, 2003, 7(3): 114-124.
- [31] Büyükyılmaz F, Şendir M, Autar R, et al. Risk level analysis for deep vein thrombosis (DVT): A study of Turkish patients undergoing major orthopedic surgery [J]. *J Vasc Nurs*, 2015, 33(3): 100-105.
- [32] Xie Y, Mou SY, Zhang CL, et al. Application of three thrombosis risk assessment scales for lower extremity deep vein thrombosis in patients undergoing major orthopedic surgery [J]. *Laboratory Medicine and Clinic*, 2017, 14(9): 1243-1245.
谢渊, 牟绍玉, 张川林, 等. 3 种血栓风险评估表对骨科大手术患者下肢深静脉血栓形成的应用价值研究 [J]. *检验医学与临床*, 2017, 14(9): 1243-1245.
- [33] Wells PS, Hirsh J, Anderson DR, et al. Accuracy of clinical assessment of deep-vein thrombosis [J]. *Lancet*, 1995, 345(8961): 1326-1330.
- [34] Wells PS, Anderson DR, Rodger M, et al. Evaluation of D-dimer in the diagnosis of suspected deep-vein thrombosis [J]. *N Engl J Med*, 2003, 349(13): 1227-1235.
- [35] Li XQ, Zhang FX, Wang SM. Guidelines for the diagnosis and treatment of deep vein thrombosis (third edition) [J]. *Chin J Gen Surg*, 2017, 32(9): 807-812.
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]. *中华普通外科杂志*, 2017, 32(9): 807-812.
- [36] Greenfield LJ, Proctor MC, Rodriguez JL, et al. Posttrauma thromboembolism prophylaxis [J]. *J Trauma*, 1997, 42(1): 100-103.
- [37] Lin QR, Yang MH, Hou ZY. Guidelines for perioperative venous thromboembolism prophylaxis in Chinese orthopedic trauma patients (2021) [J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2021, 23(03): 185-192.
林庆荣, 杨明辉, 侯志勇. 中国创伤骨科患者围手术期静脉血栓栓塞症预防指南(2021) [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23(03): 185-192.
- [38] Zhao X, Ali SJ, Sang X. Clinical study on the screening of lower extremity deep venous thrombosis by D-Dimer combined with RAPT score among orthopedic trauma patients [J]. *Indian J Orthop*, 2020, 54(2): 316-321.
- [39] Chen C, Zhao HP, Zhang L, et al. Diagnostic value of new thrombus markers for deep vein thrombosis after TKA in patients with osteoarthritis [J]. *Hainan Medical Journal*, 2021, 32(10): 1231-1233.
陈楚, 赵和平, 张磊, 等. 新型血栓标志物对骨性关节炎患者 TKA 术后深静脉血栓形成的诊断价值 [J]. *海南医学*, 2021, 32(10): 1231-1233.
- [40] Kucher N, Koo S, Quiroz R, et al. Electronic alerts to prevent venous thromboembolism among hospitalized patients [J]. *N Engl J Med*, 2005, 352(10): 969-977.
- [41] Ryan L, Mataraso S, Siefkas A, et al. A machine learning approach to predict deep venous thrombosis among hospitalized patients [J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2021, 27: 1076029621991185.
- [42] Gao WX, Chen YW, Cai GJ, et al. Effectiveness of risk management of deep vein thrombosis in high-risk hospitalized patients [J]. *Hosp Adm J Chin PLA*, 2021, 28(11): 1035-1037.
高文学, 陈一玮, 蔡国君, 等. 高危住院患者深静脉血栓风险管理效果 [J]. *解放军医院管理杂志*, 2021, 28(11): 1035-1037.
- [43] Jiang Y, Yang M, Wang S, et al. Emerging role of deep learning based artificial intelligence in tumor pathology [J]. *Cancer Commun (Lond)*, 2020, 40(4): 154-166.
- [44] Hwang JH, Seo JW, Kim JH, et al. Comparison between deep learning and conventional machine learning in classifying iliofemoral deep venous thrombosis upon ct venography [J]. *Diagnostics*, 2022, 12(2): 274.

(收稿日期:2023-10-21)