临床决策支持系统用于静脉血栓栓塞症预防管理的研究进展

马炎[1,2],夏同霞[1,2],王安素[3],彭道娟[2],娄义姣[2],高奉琼[2]

A review of clinical decision support system for prevention and management of venous thromboembolism *Ma Yan, Xia Tongxia, Wang Ansu, Peng Daojuan, Lou Yijiao, Gao Fengqiong*

摘要: 综述临床决策支持系统在静脉血栓栓塞症预防与管理中的应用情况,包括风险评估、指南应用、药物管理、诊断及复发评估,为进一步提高静脉血栓栓塞症预防及管理提供参考。

关键词: 静脉血栓栓塞症; 临床决策支持系统; 机器学习; 人工智能; 综述文献

中图分类号: R471 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2022.17.107

静脉血栓栓塞症(Venous Thromboembolism,VTE)是继心肌梗死和脑卒中的第三大致死性心血管疾病[1],其发生率、致死率高,严重威胁患者的生命安全,如何有效进行 VTE 预防管理是各医疗机构面对的一个难题[2]。传统的 VTE 管理模式依赖于管理者和实施者的知识储备与工作经验,无法保障各个环节的规范化实施。信息科技的发展为医学问题的解决提供了新途径,临床决策支持系统(Clinical Decision Support System,CDSS)可高效、动态地整合患者的各种生理指标与病情变化信息,将其与循证医学知识有机结合,从而智能辅助医护人员作出最佳临床决策,并有效提高医护人员工作效率与指南依从性[3]。国家药品监督管理局 2017 年发布的《医疗器械分类目录》中增加了决策支持软件类别[4],国务院办公厅 2018 年发布关于促进"互联网+医疗健康"发展的意见,明确指出研发基于人工智能的 CDSS,以提高医疗服务效率[5]。目前,CDSS 在护理领域的应用受到广泛关注。本文对 CDSS 在 VTE 预防管理中的研究进行综述,为进一步完善 CDSS 及提高 VTE 预防管理水平提供参考。

1 CDSS 的类型

CDSS 是指能够提高临床决策效率,改善临床结果的医疗信息系统[6]。2009 年,Osheroff[7] 提出 CDSS 五要素框架,即在正确的时间,通过正确的渠道,对正确的患者,提供正确的干预方法和正确的信息,该框架是 CDSS 成功设计实施的关键。根据构建方式的不同,CDSS 主要分为两大类,包括基于知识库的 CDSS 和基于非知识库的 CDSS。基于知识库的 CDSS 包括知识库、推理机和人机交互界面 3 个部分[8]。知识库是该系统的基础和核心部分,包括各种疾病诊断、药物说明、检查检验指标、护理操作规范等循证知识。知识库采用 if-then 条件选择语句的程序规则来存储和管理知识,如如果(if)医生需要下达口服阿司匹林的医嘱,则(then)知识库调用阿司匹林的剂量、用法、禁忌证等信息[6]。推理机将患者信息与知识库内容进行比较分析,通过人机交互界面将最佳的临床决策结果展示给医护人员,同时医护人员也可以在界面输入与反馈信息。基于知识库的 CDSS 是临床使用最为广泛的类型,系统中的条目基于循证证据制作,具有较高的科学性及准确性[9-10],但由于循证证据的时效性,需要不断更新知识库内容,而准确筛选高质量文献需要庞大的工作量。随着医疗信息化建设的不断发展,机器学习与医疗领域的结合更加紧密,应用人工智能的机器学习是构建基于非知识库 CDSS 的主要方法,使用的机器学习算法主要包括深度学习、人工神经网络、逻辑回归等[11]。基于非知识库的 CDSS 以 VTE 诊断、复发模型为主,通过对大数据进行建模分析,提供精准的预测结果,辅助医护人员对疾病的变化作出判断。人工智能技术弥补了对复杂临床数据的利用不足,为判断 VTE 的发生及转归提供了更多的参考,但其功能仍然较为单一。

2 CDSS 在 VTE 预防管理中的应用

2.1 基于知识库的 VTE-CDSS

2.1.1 VTE 风险评估 由于 VTE 发病隐匿,早期难以鉴别诊断,且病死率高、预后差,因此准确评估患者 VTE 发生风险,针对不同危险程度的患者给予相应预防措施,是降低血栓发生率的关键。针对不同基础疾病的患病人群,世界各国学者及相关组织开发出多种血栓风险评估工具。临床应用较广泛的包括 Wells 评分表[12]、Caprini 风险评估模型[13]、Padua 风险评估表[14]。相比于纸质版评估工具,VTE-CDSS 能够有效节省评估时间,电子评估记录保存便捷,并实现持续动态的监测,减轻医护人员工作负担。任宇飞等[15]将构建的 VTE-CDSS 嵌入到病历系统,实现 Caprini 血栓风险评估自动化评分,系统通过动态监测患者的检验结果、会诊、手术记录等信息,每日对患者自动进行 VTE 风险评估,按照危险程度进行标记并向医生小组发送预警信息。当患者被评为 VTE 高

作者单位:遵义医科大学附属医院 1.护理部 3.骨科(贵州 遵义,563000);2.遵义医科大学护理学院

马炎:男,硕士在读,护士

通信作者:夏同霞,xtx0925@163.com

科研项目:遵义市科技计划项目(遵市科合 HZ 字(2021)142 号);贵州省科技计划项目(黔科合成果-LC[2022]007)

收稿:2022-04-10;修回:2022-06-14

危或极高危时，系统通知相关科室进行影像学诊断，并开辟优先检验的绿色通道。该系统具有统一的评分标准，能够对患者的客观指标进行精准计算，在节约人力资源的同时也能够避免人为评分的差错，优化质控指标。

2.1.2　VTE 指南应用　为了指导临床医护人员对血栓进行规范的预防管理，相关组织与协会相继发表血栓预防管理指南与专家共识，但血栓预防措施的实施不尽如人意，临床实践与指南推荐之间存在较大差距[16]。王晓杰等[17]对国内 80 所三甲医院 5 279 名护士调查显示，41.62%护士从未接受过血栓预防相关培训，尤其是低年资护士对血栓物理预防和药物预防的知识与技能欠缺。通过将电子病历中患者信息与知识库内容进行对比，CDSS 可按照指南条例生成规范标准的参考建议，并提醒医护人员进行相关操作。Zhou 等[18]在开发的 CDSS 中植入美国胸科医师协会血栓防治指南，CDSS 被激活后会定期评估患者 VTE 和出血风险，并按照指南的循证证据提供恰当的物理、药物预防等建议，使用 CDSS 后 VTE 发生率相对降低了 19.35%，医护人员指南依从性明显增加。CDSS 在增加指南应用依从性的同时，并没有增加医护人员的工作负担。伊朗一项研究显示，医生及护士普遍认为 CDSS 能够有效降低院内 VTE 的发生，并对日常使用 CDSS 态度积极[19]。

2.1.3　VTE 抗凝治疗　抗凝治疗是 VTE 预防和治疗的重要方法，但在抗凝的同时也增加了出血风险，严重的出血并发症会危及患者生命。安全用药是保障患者健康的重要前提，抗凝药物多种多样，其使用剂量、方法、禁忌证等均存在差异，临床工作环境又极为复杂，医护人员在用药时难免出现差错[20]。CDSS 能够将患者信息与知识库内容进行对比，经过计算提示用药建议和提醒，以提高用药安全性并减少用药费用[21]。为了减少使用抗凝药物的风险，Ahuja 等[22]组建多学科抗血栓小组并构建药物管理的 CDSS，该系统包含基于患者年龄、体质量和肾功能的药物剂量建议、药物使用方法、监测参数等，应用 CDSS 管理药物的使用后，提高了患者服药剂量依从性及高风险药物的安全性和有效性。Woller 等[23]对 2 591 例服用华法林的抗凝患者研究显示，患者发生任何关于药物使用的特殊事件都会被记录在 CDSS 中并触发警报，根据治疗效果区分层级，从而规范抗凝药物的使用，保障患者用药安全。

2.2　基于非知识库的 VTE-CDSS

2.2.1　VTE 诊断　静脉血管造影是目前诊断深静脉血栓(DVT)的金标准，但其侵入性操作对患者创伤较大且费用高，因此不是各大指南推荐的常规诊断方法。静脉彩色多普勒超声因其敏感性和准确性均较高，是 DVT 筛查常用的影像学检查方法，但其在多数科室并非常规配备，骨科、妇产科等血栓高危科室患者行动不便，增加了检查难度。因此，部分研究者建立基于机器学习算法的 VTE-CDSS。Fong-Mata 等[24]基于人工神经网络反向传播算法和改良 Wells 标准构建 DVT 诊断模型，并通过数据增强技术训练模型，经验证该模型对 59 例患者的诊断精确率高达 98.3%。Willan 等[25]回顾性分析 7 080 例疑似 DVT 患者资料，开发人工神经网络模型，其中 5 270 例患者资料用于开发算法，1 810 例患者作为训练集对算法进行测试；模型采用二分类前馈人工神经网络，由 13 个自变量(年龄、性别、D-二聚体和 WELLS 评分的 10 个条目)的输入层，8 个神经元组成的隐层和 1 个输出层组成，输出结果为 0～1 的数值，结果越接近 1 代表患者患 DVT 的概率越大；研究结果显示，该模型无需彩超辅助即可判断 DVT 发生与否，并保持低的假阴性率，与使用随机森林和支持向量机构建的模型对比，该模型也展示出性能的优越性。

2.2.2　VTE 复发风险评估　患者发生血栓后所需抗凝治疗时间目前仍存在争议，且由于 VTE 本身特性和患者服药依从性低，VTE 复发率较高[26]。DASH 评分[27]、Vienna 模型[28]、HERDOO2 评分[29]是目前使用较多的 VTE 复发预测工具，但不同模型纳入的危险因素及适用人群差异较大，且仅适用于无诱因血栓患者，无普遍适用性。为进行更精准的 VTE 复发预测，Timp 等[30]基于现有预测模型及 2 个大规模队列研究开发了包括 4 个版本的血栓复发预测模型，适用于除癌症外的所有患者，将其植入电子病历能够有效实现血栓复发风险分层。国内尚无 VTE 复发模型构建的研究，VTE-CDSS 的逐渐应用使临床数据更加便捷可用，为我国血栓复发模型的构建提高了可行性。

3　小结

VTE-CDSS 的使用有效提高 VTE 管理效率和水平，减轻医护人员工作负担，减少人为差错的发生，保障了患者生命安全。但 VTE-CDSS 仍然存在问题有待解决，大多数系统均为医院单独设计开发，其构建过程也非公开透明，缺乏行业公认的高质量 CDSS，且难以做到多中心验证及数据共享，不利于更新升级。其次，缺乏针对各专科的 VTE-CDSS，骨科、ICU、妇产科等均是发生 VTE 的高危科室，不同科室患者 VTE 的危险因素虽有相同之处，但预防措施、管理要点等又各有不同，非专科的 VTE-CDSS 难以完全适用各个科室。因此，加强数字化平台建设和各医疗机构合作，实现数据共享，从而合理利用临床大数据，建设统一的管理使用平台是进一步完善 VTE-CDSS 的关键。

参考文献：

[1]　Ortel T L, 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.

[2] Skeik N, Smith J E, Jensen J D, et al. Literature review of distal deep vein thrombosis[J]. J Vasc Surg Venous Lymphat Disord,2021,9(4):1062-1070.

[3] 徐嘉琦,毛靖,李节.临床决策支持系统在护理学中的应用进展[J].护理学杂志,2015,30(1):103-106.

[4] 中华人民共和国食品药品监管总局.总局关于发布医疗器械分类目录的公告(2017 年第 104 号)[EB/OL].(2017-09-04)[2021-06-28]. https://www.nmpa.gov.cn/ylqx/ylqxggtg/ylqxqtgg/20170904150301537.html.

[5] 中华人民共和国国务院办公厅.国务院办公厅关于促进"互联网+医疗健康"发展的意见[EB/OL].(2018-04-28)[2021-06-30]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-04/28/content_5286645.htm.

[6] 郭美英,沈志莹,肖涛,等.智能化临床支持决策系统用于急诊分诊的研究进展[J].护理学杂志,2021,36(1):109-112.

[7] Osheroff J A. Improving medication use and outcomes with clinical decision support:a step by step guide[M]. Chicago:HIMSS,2009:1-273.

[8] Sutton R T, Pincock D, Baumgart D C, et al. An overview of clinical decision support systems:benefits, risks, and strategies for success[J]. NPJ Digit Med,2020,3:17.

[9] 郑金凤,刘晶晶,陈正香.静脉血栓栓塞症临床决策支持系统的构建及应用[J].护理学杂志,2022,37(9):17-19,73.

[10] 翟越,虞正红,王颖,等.护理临床决策支持系统疼痛专项模块的构建及应用[J].护理学杂志,2022,37(9):1-5.

[11] 武胜勇,何倩,郭轶斌,等.机器学习算法在脑卒中诊治中的应用现状及展望[J].中国卫生统计,2021,38(3):464-467.

[12] Wells P S, Hirsh J, Anderson D R, et al. Accuracy of clinical assessment of deep-vein thrombosis[J]. Lancet,1995,345(8961):1326-1330.

[13] Caprini J A. Thrombosis risk assessment as a guide to quality patient care[J]. Dis Mon,2005,51(2-3):70-78.

[14] Barbar S, Noventa F, Rossetto V, et al. A risk assessment model for the identification of hospitalized medical patients at risk for venous thromboembolism:the Padua Prediction Score[J]. J Thromb Haemost,2010,8(11):2450-2457.

[15] 任宇飞,陈洞天,庹兵兵,等.基于临床决策支持系统的静脉血栓栓塞症风险评估和防控体系构建[J].中华医院管理杂志,2019,35(7):536-539.

[16] Dong F, Zhen K, Zhang Z, et al. Effect on thromboprophylaxis among hospitalized patients using a system-wide multifaceted quality improvement intervention:rationale and design for a multicenter cluster randomized clinical trial in China[J]. Am Heart J,2020,225:44-54.

[17] 王晓杰,徐园,陈亚萍,等.护士静脉血栓栓塞症知识的多中心调查[J].中华护理杂志,2017,52(12):1500-1504.

[18] Zhou S, Ma X, Jiang S, et al. A retrospective study on the effectiveness of Artificial Intelligence-based Clinical Decision Support System (AI-CDSS) to improve the incidence of hospital-related venous thromboembolism (VTE)[J]. Ann Transl Med,2021,9(6):491.

[19] Agharezaei Z, Bahaadinbeigy K, Tofighi S, et al. Attitude of Iranian physicians and nurses toward a clinical decision support system for pulmonary embolism and deep vein thrombosis[J]. Comput Methods Programs Biomed,2014,115(2):95-101.

[20] 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.

[21] Jia P, Zhang L, Chen J, et al. The effects of clinical decision support systems on medication safety:an overview[J]. PLoS One,2016,11(12):e167683.

[22] Ahuja T, Raco V, Papadopoulos J, et al. Antithrombotic stewardship: assessing use of computerized clinical decision support tools to enhance safe prescribing of direct oral anticoagulants in hospitalized patients[J]. J Patient Saf,2018,17(8):e1057-e1061.

[23] Woller S C, Stevens S M, Towner S, et al. Computerized clinical decision support improves warfarin management and decreases recurrent venous thromboembolism[J]. Clin Appl Thromb Hemost,2015,21(3):197-203.

[24] Fong-Mata M B, Garcia-Guerrero E E, Mejia-Medina D A, et al. An artificial neural network approach and a data augmentation algorithm to systematize the diagnosis of deep-vein thrombosis by using Wells' Criteria[J]. Electronics,2020,9(11):1810.

[25] Willan J, Katz H, Keeling D. The use of artificial neural network analysis can improve the risk-stratification of patients presenting with suspected deep vein thrombosis[J]. Br J Haematol,2019,185(2):289-296.

[26] Yamashita Y, Yoshikawa Y, Morimoto T, et al. The association of recurrence and bleeding events with mortality after venous thromboembolism:from the COMMAND VTE Registry[J]. Int J Cardiol,2019,292:198-204.

[27] Tosetto A, Iorio A, Marcucci M, et al. Predicting disease recurrence in patients with previous unprovoked venous thromboembolism:a proposed prediction score (DASH)[J]. J Thromb Haemost,2012,10(6):1019-1025.

[28] Eichinger S, Heinze G, Jandeck L M, et al. Risk assessment of recurrence in patients with unprovoked deep vein thrombosis or pulmonary embolism:the Vienna prediction model[J]. Circulation,2010,121(14):1630-1636.

[29] Rodger M A, Kahn S R, Wells P S, et al. Identifying unprovoked thromboembolism patients at low risk for recurrence who can discontinue anticoagulant therapy[J]. Can Med Assoc J,2008,179(5):417-426.

[30] Timp J F, Braekkan S K, Lijfering W M, et al. Prediction of recurrent venous thrombosis in all patients with a first venous thrombotic event: the Leiden Thrombosis Recurrence Risk Prediction model (L-TRRiP)[J]. PLoS Med,2019,16(10):e1002883.

(本文编辑 宋春燕)