

基于AI的血栓自动预警两闭环系统的开发与应用

李琳¹, 杨丽², 何晓红¹, 周子源¹, 闫观丽¹

(1. 广西医科大学第一附属医院 骨关节外科, 广西南宁, 530021;

2. 广西医科大学第一附属医院 护理部, 广西南宁, 530021)

摘要: **目的** 开发并应用基于AI的血栓自动预警两闭环系统, 提高医护人员工作效率, 降低住院患者静脉血栓栓塞症(VTE)发生率。**方法** 选取医院2020年1月—12月住院患者47148例为对照组, 2021年1月—12月95184例患者为观察组。对照组使用传统计算机系统评估并实施预防方案, 观察组使用基于AI的血栓自动预警两闭环系统(医-护-患闭环, 人防-物防-技防)进行评估与干预。比较两组VTE风险评估准确率、评估时间、基础预防的执行率、物理预防的执行率、药物预防执行率、VTE相关检查率和VTE发生率。**结果** 与对照组相比, 观察组VTE风险评估准确率、基础预防执行率、物理预防执行率、药物预防执行率、VTE相关检查率和评估时间 <1 min的患者比例提高($P<0.01$), VTE发生率降低($P<0.01$)。**结论** 基于AI的血栓自动预警两闭环系统通过医护患闭环、人防物防技防闭环, 帮助医护人员提高了工作效率, 提升基础、物理、药物预防的执行率, 加大VTE相关检查率, 降低VTE发生率。

关键词: 血栓; 人工智能; 预防; 静脉血栓栓塞症

中图分类号: R 192.6 文献标志码: A 文章编号: 2709-1961(2023)04-0198-05

Development and application of two closed-loop systems for automatic early warning of thrombus based on AI

LI Lin¹, YANG Li², HE XiaoHong¹, ZHOU Ziyuan¹, YAN Guanli¹

(1. Department of Bone and Joint Surgery, The First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning, Guangxi, 530021;

2. Department of Nursing, The First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning, Guangxi, 530021)

ABSTRACT: Objective To develop and apply artificial intelligence-based (AI-based) two closed-loop systems for automatic early warning of thrombosis, in order to improve the work efficiency of medical staff and reduce the incidence of venous thromboembolism (VTE) in hospitalized patients. **Methods** A total of 47148 inpatients in the hospital from January 2020 to December 2020 were selected as the control group, and 95184 patients from January 2021 to December 2021 were selected as the observation group. The control group used routine computer systems to evaluate and implement prevention programs. The AI-based automatic thrombus early warning and two closed-loop systems were used for evaluation and intervention in the observation group. The accuracy of VTE risk assessment, time spent on evaluation, implementation rate of basic, physical and drug prevention, VTE-related inspection rate, and VTE incidence were compared between the two groups. **Results** Compared with the control group, the accuracy rate of VTE risk assessment, the implementation rates of basic, physical and drug prevention, the rate of VTE-related examinations and proportion of patients with time spent on evaluation less than 1 minutes in the observation group were significantly increased ($P<0.01$), and the incidence of VTE was significantly decreased ($P<0.01$). **Conclusion** The AI-based two closed-loop systems for automati-

cally thrombus warning may help medical workers improve work efficiency, improve the execution rate of basic, physical and drug prevention, increase VTE-related inspection rates, and reduce VTE incidence.

KEY WORDS: thrombus; artificial intelligence; prevention; venous thromboembolism

静脉血栓栓塞症(VTE)是指血液在静脉内不寻常的凝结导致血管阻塞,属于静脉回流障碍性疾病^[1-2]。血栓危害性极大,每年影响全球近1 000万人^[3],不但影响患者康复,也是导致患者围手术期死亡的主要原因之一^[4],占院内死亡第三位。深静脉血栓形成(DVT)是外科手术后早期的并发症之一^[5],有研究显示,骨科、普外科手术DVT的发生率为10%~63%^[6]。研究发现,VTE信息化管理也能够提升护理质量。在我国,尽管已经有部分城市的医院开展了信息化VTE相关的防治工作,但仍因综合预防管理不完善、信息化技术能力不足等原因而不能有效、全面地开展VTE的防治管理^[7-9]。人工智能(AI)是研究、

开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学^[10]。本研究将AI与血栓预警相结合,探讨基于AI的血栓自动预警两闭环系统的应用效果,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取广西医科大学第一附属医院2020年1月—2021年12月住院患者142332例,其中2020年1月—12月住院患者47148例为对照组,2021年1月—12月95184例患者为观察组。纳入标准:使用护理评估系统中Caprini评估量表进行血栓风险评估的患者。两组一般资料比较,见表1。

表1 患者一般资料表

一般情况		对照组 (n=47 148)	观察组 (n=95 184)	t/χ^2	P
性别	男	31 140	63 298	2.902	0.089
	女	16 008	31 886		
年龄/岁	<30	12 000	24 000	5.583	0.061
	30~60	20 000	41 000		
	>60	15 148	30 184		
文化程度	小学	12 000	24 000	4.867	0.088
	初中及高中	22 000	45 000		
	大专及以上	13 148	26 184		
住院天数/d	<7	31 089	62 280	3.606	0.058
	≥7	16 059	32 904		

1.2 方法

对照组使用护理系统中护理评估列表里的Caprini血栓风险评估进行血栓评估,并根据评估分数采取相对应的预防措施:基础预防、物理预防、药物预防,术前、术后一日、出院前行放射科检查以筛选血栓患者,出院后采用网络、电话、门诊多形式进行血栓发生情况随访。

观察组使用基于AI的血栓自动预警两闭环系统进行评估与干预。

1.2.1 组建血栓管理团队

由护理部牵头,护理部主任担任血栓管理团队组长,医院血栓防控小组组长担任管理团队副组长,小组成员包含医务部、信息科、质管办、骨科医生与护士。定期进行团队培训,并根据组内成

员所在科室进行职责角色分配。

1.2.2 建立并完善基于AI的智能评估系统

1.2.2.1 护士操作界面:打开护理评估界面,右下角会自动弹出血栓风险评估系统,点击本次就诊即可出现评估界面,可手动选择合适的量表进行血栓风险评估,也可默认Caprini评估量表。

1.2.2.2 AI智能评分界面:护士进入评估界面后,系统会自动对患者信息进行智能信息捕捉,包括患者一般资料:年龄、BMI、病史、手术史等,并根据所提取出的信息进行智能自动系统评分,护士确定无误后点击签名即可保存,若有误即可选择在人工评分处进行更改,更改后点击保存即可完成评分。评分后系统自动判断血栓风险等级,并提出基础预防、物理预防、药物预防等措施。见图1。

图1 AI智能评分界面

1.2.3 自动预警系统的开发与应用

1.2.3.1 预防措施推荐:结合VTE风险评估结果及出血风险评估结果,根据VTE防治指南,推荐相应的预防措施。

1.2.3.2 医生开医嘱界面:医生开医嘱界面插入AI评估与自动预警系统,点击即可看到护士评分详情与结果。如若患者血栓风险评级较高,使用药物预防后系统将提示患者出血风险,并针对出血风险推送相应预防措施。通过AI评估与自动预警系统中医生与护士的界面做到医、护、患闭环;通过预防措施、VTE相关确诊检查的自动推送并督促医护落实,做到人防、物防、技防。

1.2.3.3 VTE可能性评估:当患者出现新发的下肢深静脉血栓症状,医生在病程中进行记录,系统抓取到患者症状变化信息,推荐下肢静脉超声检查。下肢静脉超声检查结果回报,系统抓取到报告结果,包含内容“下肢深静脉血栓形成”,推荐“下肢深静脉血栓”诊断,并推送DVT治疗方案。

1.2.3.4 制定VTE相关制度及标准化流程:完善VTE防治工作制度和机制,开展规范化VTE风险评估、出血风险评估及VTE处理流程,建立VTE相关患者会诊与转诊机制等。

1.2.4 质量管理

进入系统点击右上角链接,即可弹出智能报表,通过饼状图与数据罗列反应患者评估与预防情况,并可选择质量指标并设定,系统可自动提取并分析质量指标。见图2。①VTE预防措施比率:反应医生是否根据患者VTE风险等级采取相应预防措施,并显示医生姓名。②高危未采取预防措施:使用柱状图显示高危患者未采取预防措施的医生姓名。后台数据指标也可反应患者

VTE评估时段、平均住院天数、诊断检查、治疗措施、VTE结局情况。③患者列表则可反映患者各时段评估情况、评估结果、AI预测情况。

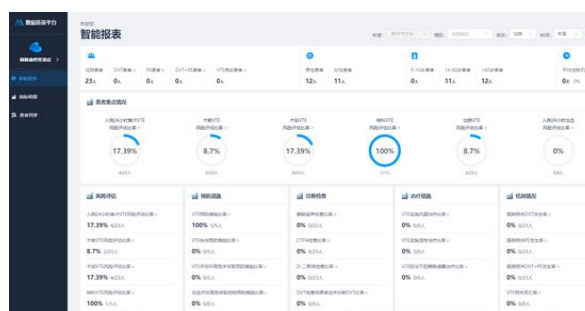


图2 质量管理

1.3 观察指标

观察指标包括:①VTE风险评估准确率:护士对患者风险评估与再评估等级与患者实际相符人数/总人数 $\times 100.00\%$ 。②基础预防执行率:根据评估风险等级选择基础VTE预防并执行,采用基础预防人数/总人数 $\times 100.00\%$ 。③物理预防执行率:根据评估风险等级选择基础VTE预防并执行,采用物理预防人数/总人数 $\times 100.00\%$ 。④药物预防执行率:根据评估风险等级选择基础VTE预防并执行,采用药物预防人数/总人数 $\times 100.00\%$ 。⑤VTE相关检查率:根据评估风险等级采取VTE相关检查以确诊VTE发生,(D-2聚体检查人数+下肢血管B超检查人数)/总人数 $\times 100.00\%$ 。⑥VTE发生率:发生VTE人数/总人数 $\times 100.00\%$ 。⑦VTE风险评估时间:调查护士对纳入患者的VTE风险评估时间

1.4 统计学方法

采用SPSS 22.0软件,服从正态分布的计量资料采用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用 t 检验,多组间比较采用方差分析,不服从正态

分布的计量资料采用非参数检验;计数资料以率(%)表示,采用 χ^2 检验。检验水准 $\alpha=0.05$, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

与对照组相比,观察组 VTE 风险评估准确

表2 两组 VTE 预防相关指标对比[n(%)]

组别	VTE 风险评估准确	基础预防执行	物理预防执行	药物预防执行	VTE 相关检查	VTE 发生	评估时间	
							<1 min	>1 min
对照组 (n=47 148)	33 565(71.19)	35 672(75.66)	6 549(13.89)	1 556(3.30)	13 168(27.93)	57(0.12)	15 380 (32.62)	31 768 (67.38)
观察组 (n=95 184)	92 205(96.87)	87 998(92.45)	15 144(15.91)	6 463(6.79)	30 935(32.50)	48(0.05)	63 800 (67.03)	31 384 (32.97)
χ^2 值	15 792.31	6 499.65	80.36	497.57	200.17	9.88	15 122.743	
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	

3 讨论

AI 血栓自动预警两闭环系统具有智能抓取患者信息功能,系统自动提取患者既往史、现病史、家族史等信息,且根据病种推荐选择更合适患者的评估量表,发挥了良好的信息抓取功能,且实施掌握患者风险状况,使护士使用 AI 系统后更准确的评估 VTE 风险,提高了 VTE 风险的评估准确率,这与蓝淳愉等^[11]报道的 VTE 管控平台建设的优点具有相同之处,也有研究证实信息化管理有助于护理管理质量的提升^[12],但本系统具有更快、更精确、更实用的特点,从根本上帮助医护人员制定 VTE 预防措施。同时,AI 血栓自动预警两闭环系统通过自动系统评分缩短了护士评估时间,使用系统后,67.03% 患者 VTE 评估时间可缩短至 1 min 内,提高了护士工作效率,同时因其关联至医生开具医嘱界面,时刻提示医生患者血栓风险,做到了医、护、患闭环。

基于 AI 的血栓自动预警两闭环系统可根据血栓评估结果推荐选择相对应预防措施:低风险推荐基础预防,中风险推荐物理预防,高风险推荐基础、物理、药物联合预防,并根据最新血栓预防指南推荐具体可操作措施,避免了低年资护士对血栓预防措施执行不到位的情况^[13],且本系统具有智能抓取患者信息的功能,保证了在执行预防措施时根据每个患者和每个情境风险因素进行调整的个性化预防^[14],确保了预防措施的落实到位。

因系统评估血栓风险准确性的提高,加强了医护人员对 VTE 的重视程度,当评分为高危或患者出现病情变化时,系统会自动弹出并提醒医生开具血栓确诊相关检查医嘱,如 D-二聚体^[15-16]、下肢血管

率、基础预防执行率、物理预防执行率、药物预防执行率、VTE 相关检查率均提高,VTE 发生率显著下降,评估时间<1 min 的患者人数显著提高,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 2。

B 超等,由检验科技师协助诊断,已做到早诊断、早处理^[17],最大限度降低 VTE 对患者的伤害,实现人防、物防、技防闭环。同时,AI 系统的高效率、高精确也有助于医护人员及时制定和实施干预措施,有效降低了 VTE 发生率^[18],真正意义上减轻了患者由 VTE 所带来的困扰。

综上所述,基于 AI 的血栓自动预警两闭环系统通过医、护、患闭环和人防、物防、技防闭环,帮助医护人员提高了 VTE 风险评估准确率、缩短了评估时间,提升了基础、物理、药物预防的执行率,加大了 VTE 相关检查率,提高了 VTE 质量控制,从真正意义上降低了 VTE 发生率、提高了医护人员工作效率,未来可进一步探讨质控指标,完善质控体系,并进一步推广应用。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

参考文献

- [1] 戴婷婷,胡林,叶倩,等. 外科住院患者静脉血栓预防:美国血液学会 2019 年静脉血栓管理指南介绍[J]. 中国血管外科杂志(电子版), 2020, 12(4): 341-344. DAI T T, HU L, YE Q, et al. American Society of Hematology 2019 guidelines for management of venous thromboembolism: Prevention of venous thromboembolism in surgical hospitalized patients [J]. Chin J VascSurg Electron Version, 2020, 12(4): 341-344. (in Chinese)
- [2] 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): 250-7. LI X Q, ZHANG F X, WANG S. Guidelines for diagnosis and treatment of deep vein throm(3rd ed)[J]. Chin J Front Med Sci Electron Version, 2017, 9(4):

- 250-257. (in Chinese)
- [3] 邓宇, 高明朗, 曾国军, 等. 美国胸科医师学会第九版静脉血栓栓塞症抗栓治疗指南第二次更新解读[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2022, 29(3): 275-278. DENG Y, GAO M L, ZENG G J, et al. Interpretation of the second update to the ninth edition of antithrombotic therapy guidelines for venous thromboembolism disease published by American College of Chest Physicians[J]. Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg, 2022, 29(3): 275-278. (in Chinese)
 - [4] 《中国血栓性疾病防治指南》专家委员会. 中国血栓性疾病防治指南[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(36): 2861-2888. EXPERT COMMITTEE. Guidelines for prevention and treatment of thrombotic diseases in China [J]. Natl Med J China, 2018, 98(36): 2861-2888. (in Chinese)
 - [5] BECATTINIC, AGNELLI G. Treatment of venous thromboembolism with new anticoagulant agents[J]. J Am Coll Cardiol, 2016, 67(16): 1941-1955.
 - [6] 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(2): 70-72. CHINESE ORTHOPAEDIC ASSOCIATION. Guidelines for prevention of venous thromboembolism in orthopedic surgery in China[J]. Chin J Orthop, 2016(2): 70-72. (in Chinese)
 - [7] 王莉萍, 林根芳, 戴雅琴, 等. 基于全程风险管理的数字化防控体系在静脉血栓护理质量管理中的应用研究[J]. 中国护理管理, 2020, 20(7): 1082-1086. WANG L P, LIN G F, DAI Y Q, et al. Application of the digital risk prevention and control system based on full risk management in the care of Venous Thrombosis [J]. Chin NursManag, 2020, 20(7): 1082-1086. (in Chinese)
 - [8] 曾凡平, 杨英. 医护数字化管理对静脉血栓栓塞性疾病的影响[J]. 中国继续医学教育, 2020, 12(16): 94-96. ZENG F P, YANG Y. The influence of digital management of medical care on venous thromboembolism [J]. China Continuing Med Educ, 2020, 12(16): 94-96. (in Chinese)
 - [9] 王立军, 庞娟, 王丹, 等. 大数据技术下静脉血栓风险智能预警系统设计与建设[J]. 中国数字医学, 2020, 15(9): 27-29. WANG L J, PANG J, WANG D, et al. Design and construction of the intelligent early warning system of venous thrombosis risk based on the big data technology [J]. China Digit Med, 2020, 15(9): 27-29. (in Chinese)
 - [10] 舒红跃, 吴娇. 人工智能: 一种新技术还是一种新生命: 生命哲学视域中的人工智能探究[J]. 江汉论坛, 2022(2): 18-23. SHU H Y, WU J. Artificial intelligence: a new technology or A new life: study of artificial intelligence in the vision of life philosophy[J]. Jiangnan Tribune, 2022(2): 18-23. (in Chinese)
 - [11] 蓝淳愉, 曹磊. 基于人工智能的VTE管控平台建设[J]. 中国卫生质量管理, 2021, 28(6): 79-80, 84. LAN C Y, CAO L. Construction of VTE management and control platform based on artificial intelligence[J]. Chin Health Qual Manag, 2021, 28(6): 79-80, 84. (in Chinese)
 - [12] 杨琴, 温贤秀, 蒋文春, 等. 基于网格化管理的持续质量改进模式在静脉血栓栓塞症防控中的应用效果[J]. 解放军护理杂志, 2022, 39(2): 84-87. YANG Q, WEN X X, JIANG W C, et al. Effect of continuous quality improvement in venous thromboembolism prevention and control based on grid management plan-do-check-active model[J]. Nurs J Chin People's Liberation Army, 2022, 39(2): 84-87. (in Chinese)
 - [13] 陈慧娟, 孔祥燕, 王玲, 等. 骨科患者静脉血栓栓塞症分级预防方案的构建[J]. 中华护理杂志, 2020, 55(7): 994-1001. CHEN H J, KONG X Y, WANG L, et al. Construction of hierarchical prevention scheme for venous thromboembolism in orthopedic patients in an evidence-based approach[J]. Chin J Nurs, 2020, 55(7): 994-1001. (in Chinese)
 - [14] CAMPELLOE, SPIEZIAL, ADAMO A, et al. Thrombophilia, risk factors and prevention[J]. Expert Rev Hematol, 2019, 12(3): 147-158.
 - [15] WEITZJI, FREDENBURGHJ C, EIKELBOOM J W. A test in context: d-dimer[J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 70(19): 2411-2420.
 - [16] FRONASSG, WIKH S, DAHM A A, et al. Safety of D-dimer testing as a stand-alone test for the exclusion of deep vein thrombosis as compared with other strategies[J]. J Thromb Haemost, 2018, 16(12): 2471-2481.
 - [17] ABBODJ, ABDEL RAHMANA, KAHLE L, et al. Prevention of health care associated venous thromboembolism through implementing VTE prevention clinical practice guidelines in hospitalized medical patients: a systematic review and meta-analysis [J]. Implementation Sci, 2020, 15(1): 49.
 - [18] ZHOU S, MA X D, JIANG S Y, 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.

(本文编辑: 黄磊)