

• 综 述 •

重症医学临床预测模型的应用研究进展*

郑铭柯, 徐 昉[△]

(重庆医科大学附属第一医院重症医学科, 重庆 400016)

[摘 要] 重症监护病房(ICU)患者病情重、死亡率高,临床医生需要对患者病情做出准确评估。重症医学临床预测模型是临床医生评估 ICU 患者病情严重程度的重要工具。该文旨在总结目前常用的临床预测模型及其发展过程,阐述其意义及局限性,为重症医学临床预测模型的发展提供参考,以期更好地为 ICU 患者制定个性化治疗方案,改善患者预后。

[关键词] 重症医学; 临床预测评分; 机器学习; 综述

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2025.12.028

中图法分类号:R631.2

文章编号:1009-5519(2025)12-2870-04

文献标识码:A

**Research progress on the application of clinical prediction
models in critical care medicine***

ZHENG Mingke, XU Fang[△]

(Department of Intensive Care Medicine, the First Affiliated Hospital of
Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

[Abstract] **Objective** Intensive care unit (ICU) patients have severe conditions and high mortality rates, and clinical doctors need to make accurate assessments of the patient's condition. The critical care clinical prediction model is an important tool for clinical doctors to assess the severity of ICU patients' conditions. The article aims to summarize the commonly used clinical prediction models and their development process, explain their significance and limitations, and provide reference for the development of critical care medicine clinical prediction models, in order to better develop personalized treatment plans for ICU patients and improve patient prognosis.

[Key words] Critical care medicine; Clinical prediction score; Machine learning; Review

在重症医学领域,准确评估患者病情并预测预后是提供有效治疗的关键^[1]。重症患者的病情复杂多变,传统的凭经验判断病情的方式已难以满足临床需求。临床预测模型作为一种量化工具,能够综合考虑患者的多项生理指标、疾病特征等因素,为医护人员提供客观、准确的病情评估和预后预测^[2]。这对于制定个性化的治疗方案、高效地进行医患沟通、合理分配医疗资源及判断患者的转归具有重要意义^[3]。重症监护病房(ICU)患者的原发疾病多种多样,导致的病理生理改变也不尽相同。通过对各种患者的研究,目前有多种用于重症医学的临床预测评分被提出,如特异性评分、非特异性评分,医务人员可以根据患者的具体情况来挑选合适的评分系统以达到预期的目的。除了对患者病情评估以外,临床预测模型在重症

医学的研究中也发挥着重要作用^[4],其可以使研究标准化,便于不同研究之间进行比较和分析。通过对大量患者的评分数据进行统计分析,能够深入了解疾病的发生、发展规律,为开发新的治疗方法和药物提供依据。本文旨在全面剖析临床预测模型在重症医学领域的应用现状、价值及未来发展趋势,通过对多种常见重症医学临床预测模型的深入研究,阐述其在病情评估、预后预测方面的原理、方法及实际应用效果。本文对重症医学临床预测模型的深入探讨,对于提升重症医学的临床实践水平、优化医疗资源分配、推动临床研究的发展具有重要的意义。

1 常见重症医学临床预测模型

1.1 传统的重症医学临床预测模型

1.1.1 全身炎症反应综合征评分(SIRS)系统 SIRS

* 基金项目:重庆市科卫联合医学科研项目(2023ZDXM004)。

[△] 通信作者, E-mail: xufang828@126.com。

包含的评分项十分简单,主要用于评估患者的炎症反应程度^[5]。SIRS 在全身炎症疾病治疗中具有重要价值,其可以帮助医生早期识别患者的炎症状态,及时寻找炎症反应的原因,防止病情进一步恶化。对于 SIRS 较高的患者,医生会高度怀疑感染,从而进一步评估脓毒症的可能,以及是否需要加强抗感染治疗、完善相关病原学检查,从而改善患者预后。相关研究指出,SIRS 与患者病情严重程度和预后密切相关,评分越高,患者死亡风险越高^[6]。因此,准确评估 SIRS 对于指导全身炎症疾病的治疗和判断患者预后具有重要意义。然而,很多无感染的住院患者也符合 SIRS 标准,并且与其他评分系统相比,其预测死亡的能力差^[7]。

1.1.2 急性生理和慢性健康状况评分系统 (APACHE) 评分系统 自 1981 年问世以来,APACHE 经历了多次关键的版本更新,可更精准地评估 ICU 患者的病情严重程度和预后。APACHE I 由 KNAUS 等于 1981 年首次提出,包含 34 个生理学变量,如体温、平均动脉压和心率等,被用于全面评估患者的急性生理状态。然而,由于变量众多,APACHE I 在实际临床应用中存在局限性,未能广泛推广。为解决这些问题,KNAUS 于 1985 年在 APACHE I 的基础上进行改进,推出了 APACHE II^[8]。为了满足临床需求,APACHE II 将上一代所需的指标从 34 项精简至 12 项,在患者入院前 24 h 收集其最差结果,同时纳入年龄因素和慢性健康状况评分。这一改进使得评分计算更加简便,且可以将患者此次的主要疾病纳入考虑因素中,从而得出患者预期死亡率。APACHE II 迅速在全球范围内得到广泛应用,成为 ICU 患者病情评估的重要工具。

1.1.3 简化急性生理学评分(SAPS)系统 SAPS 由 KNAUS 等于 1984 年提出,随后经过不断发展与改进于 1994 年推出了 SAPS II^[8],并被广泛应用于临床。与 APACHE 不同,SAPS 并未包含患者慢性疾病相关信息,其相关指标也比 APACHE 更好获取,且无须诊断就能得出患者的预期死亡率。因此,SAPS II 在缺乏患者既往信息及诊断不明确的情况下可能会更加方便^[9]。SAPS 的最新版本采用近 2 万例患者的数据进行了设计和验证,这些患者来自多个国家的不同 ICU^[10-12]。

1.1.4 序贯器官衰竭评估(SOFA)评分系统 SOFA 评分是用于描述器官功能障碍或衰竭的客观指标,常用于重症患者的病情监测和预后评估。1994 年,欧洲重症医学学会提出了 SOFA 评分系统^[13]。最初,SOFA 评分被用于评估脓毒症的器官衰竭情

况,旨在对脓毒症引起的器官功能障碍进行量化评估,后来逐渐被应用于各种病因导致的多器官功能障碍综合征的评估^[14]。另外,美国重症医学会提出了快速 SOFA 评分,其通过收缩压、呼吸频率、意识状态在院前、病房和急诊室等场景中快速识别可能发展为脓毒症的患者^[15]。

1.1.5 早期预警评分系统 早期预警评分最早由 MORGAN 等在 1997 年提出,此后经过了十几年的研究与改进。2012 年,英国皇家医学院提出国家早期预警评分^[16],并开始在英国各级医院推广使用。该评分系统通过综合评估患者生理参数,快速判断患者病情严重程度,并指导临床决策。

1.2 基于机器学习和列线图的重症医学临床预测模型 近年来,随着大数据与各种算法的研究进展,针对预测评分系统的研究展现出了新的特点。随着重症监护医学信息数据库的发布,研究者可以方便地获得大量的临床数据,实现对患者死亡、住院时间及其他方面的预测。ZHU 等^[17]通过机器学习成功开发了针对机械通气患者的预后预测模型,其通过对患者各种合并症及生理指标的收集,建立了较高准确率的预测模型。IGARASHI 等^[18]构建了患者能否拔管成功的预测模型,该模型包含机械通气持续时间、动脉血氧分压、血尿素氮、心率和格拉斯哥昏迷量表评分。针对脓毒症的研究同样是重症医学研究热点,脓毒症引起的急性肾损伤会导致患者预后进一步变差。YUE 等^[19]关注到这个问题并筛选出相关危险因素。上述研究都用到了机器学习等方法建模,该方法不能直接将模型表现为一个简单的评分表,故模型的呈现方式已不再是评分系统。

机器学习方案虽能高效率识别并构建模型,但因为其特殊性,无法方便地用于临床。列线图因其使用方便,受到众多临床医生的欢迎。ZHANG 等^[20]构建的针对消化道出血患者预后模型,采用列线图方法呈现,可以很快捷地从列线图中得到患者的预期死亡率。目前,重症医学的护理相关团队也在积极进行相关研究,这无疑使重症患者的预后更加全面。ZHANG 等^[21]对发生鼻胃管相关压力损伤的 ICU 患者进行了预测,结果显示,C 反应蛋白、血管加压药使用等多个因素对鼻胃管相关压力损伤有重要预测价值。HAN 等^[22]对重症患者的压力性损伤进行研究时发现,体重减轻、去甲肾上腺素和体温升高等指标可以较好地预测压力性损伤,并可使用列线图对模型进行呈现。

2 重症医学临床预测模型的意义

2.1 客观评估患者病情 传统的病情评估方法多是

通过医生的个人经验来进行主观判断,在面对大量患者时,易受当时环境、情绪等因素影响,且不同医生对同一患者的评估可能存在差别。重症医学临床预测模型通过患者的多个指标对患者进行综合评估,可得出标准化评分,能够有效避免医生主观因素对病情评估的干扰。在医生掌握患者总体病情的情况下,再次梳理患者的病理生理状态,能制定出更为科学、合理的治疗方案。目前,越来越多的研究在已有的预测模型基础上筛选出更多预测因子,提高了预测模型的预测能力^[23-24]。

2.2 合理分配医疗资源 在医疗资源有限的情况下,临床预测模型在合理分配资源方面发挥着关键作用。重症医学科医生可以通过评分系统及其得到的死亡率来制定治疗计划,并通过充分的医患沟通来明确治疗目的,从而合理分配医疗资源。在急诊科,通过对患者病情严重程度的准确评估,医院能够依据评分结果合理安排救治顺序,确保重症患者优先得到所需的资源,可避免医疗资源的过度集中和浪费。

2.3 指导下一步治疗措施 对于某些特定疾病患者,专科临床预测模型对其下一步治疗有重要指导意义,其中最广为人知的是全球急性冠状动脉事件注册评分系统在急性心肌梗死患者中的应用。对于评分较低的患者,抗血小板及稳定斑块治疗即可使患者获益,而对于中危及高危患者,积极的经皮冠状动脉介入治疗会使患者获益更大^[25]。

3 重症医学临床预测模型的局限

3.1 难以深入疾病病理、生理过程 在重症医学中,使用最多的还是一部分非特异性评分。然而,在具体到某些特殊疾病时,非特异性指标却无法深入了解其病理、生理机制。SOFA、APACHE II 评分在评估脓毒症患者时,虽然能够综合考虑患者的生理指标、年龄和慢性健康状况,但在脓毒症引发的全身炎症反应、感染灶的控制情况及特异性的炎症指标等方面的评估不够深入^[26-27],不同的预测评分对不同疾病种类患者的准确性不同^[28]。同样,在使用某些疾病的特异性评分时,很难将患者的其他疾病影响考虑在内。

3.2 需要完整收集病史资料 重症医学临床预测模型经过多次校正目前所包含的变量已经足够精简,但在实际临床工作中,这些数据的获取往往面临诸多困难,数据的准确性和完整性难以得到充分保障。不同条件的地区所能即时获得的资料不够完整,当关键数据缺失时,重症医学临床预测模型可能无法准确反映患者的真实病情。

3.3 忽视患者个体特异性 每个患者都是不同的,具有不同的遗传背景、生活习惯、基础疾病及对疾病

的反应和耐受能力。重症医学临床预测模型尽管考虑了多个方面的因素,但在实际应用中,仍难以全面兼顾这些个体特殊情况。在治疗过程中,患者对药物的反应和耐受性存在较大差异。大多数临床预测模型都无法通过连续的监测来评估患者预后。

4 重症医学临床预测模型的发展趋势

4.1 更多样的结局的呈现形式 随着医疗数据的积累、信息化系统和大数据库的发展,重症医学临床预测模型的构建不再需要庞杂的数据收集过程,其预后结局可能有更多样的呈现形式。针对不同基础的患者,临床所关注的结局也不同,如 ICU 住院时间、气管插管时间等这些结局都会在治疗计划中起到重要作用。对于某些疾病的并发症及护理相关问题也急需先进的临床预测模型。

4.2 更细化的评分 现存的重症医学临床预测模型大多是对患者的一般情况进行评估,但对某些具体的疾病却并未有细致的研究。脓毒症是重症医学科常需要面对的疾病,目前越来越多的涉及脓毒症发展机制的炎症因子被阐明,如白细胞介素-6、肿瘤坏死因子、白细胞介素-1 等,而且患者免疫状况、免疫功能的测定指标也可以被纳入到预后的研究中。除此之外,人们逐渐意识到血乳酸等其他代谢指标在疾病中的重要性。这些新型监测指标的不断涌现,将为重症医学临床预测模型的发展注入新的活力,进一步提升其在临床实践中的应用价值。

4.3 与其他学科的交互及新的结局指标 构建跨学科临床预测模型具有重要意义。重症医学科是多个学科的交叉,而跨学科临床预测模型能够整合多个学科的信息,提供更全面、准确的病情评估。传统的重症医学临床预测模型可能无法充分考虑肿瘤的特异性因素。而构建跨学科的重症医学临床预测模型,可融合肿瘤学、重症医学、营养学等多学科知识,综合评估患者肿瘤分期、身体营养状况、器官功能及对治疗的耐受性等因素,更精准地预测患者预后。

4.4 更高级算法的使用 随着信息技术的发展,大数据技术能够整合来自不同医疗机构、不同监测设备的多样化数据,包括患者生命体征、实验室检查结果、影像学资料等。通过对这些数据的深度挖掘和分析,可以发现传统评分系统难以捕捉的潜在关联和模式,从而提升评分系统的准确性和全面性。人工智能算法如机器学习、深度学习等,在数据处理方面体现出优越性。这些高级算法的应用使得重症医学临床预测模型的呈现形式更加多样且使用更加便捷。

5 小结与展望

重症医学在不断地发展与进步中,各级医院的重

症医学科均蓬勃发展,重症医学临床预测模型是临床医生评估患者病情严重程度的重要工具,而且为重症医学质量控制提供了良好平台。在科研方面,重症医学临床预测模型可以使研究标准化,便于不同研究之间进行比较和分析。随着检测手段的提高,越来越多的可能影响患者预后的指标会被纳入到新的重症医学临床预测模型中,而对这些指标的研究又会进一步明确相关疾病的发病机制,这些都会为实现重症医学个体化治疗和精准医学提供新的思路。

参考文献

[1] VINCENT J L,QUINTAIROS E SILVA A,COUTO L J,et al. The value of blood lactate kinetics in critically ill patients: A systematic review[J]. Crit Care,2016,20(1):257.

[2] BRILLI R J,SPEVETZ A,BRANSON R D,et al. Critical care delivery in the intensive care unit:Defining clinical roles and the best practice model[J]. Crit Care Med,2001,29(10):2007-2019.

[3] KNAUS W A,DRAPER E A,WAGNER D P,et al. APACHE II : A severity of disease classification system[J]. Crit Care Med,1985,13(10):818-829

[4] RIVERS E,NGUYEN B,HAVSTAD S,et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock[J]. N Engl J Med,2001,345(19):1368-1377.

[5] Levy M M,Fink M P,Marshall J C,et al. 2001 SCCM/ESICM/ACCP/ATS/SIS international sepsis definitions conference[J]. Crit Care Med,2003,31(4):1250-1256.

[6] SINGH V K,WU B U,BOLLEN T L,et al. Early systemic inflammatory response syndrome is associated with severe acute pancreatitis[J]. Clin Gastroenterol Hepatol,2009,7(11):1247-1251.

[7] SEYMOUR C W,LIU V X,IWASHYNA T J,et al. Assessment of clinical criteria for sepsis;for the third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3)[J]. JAMA,2016,315(8):762-774.

[8] LE GALL J R,LEMESHOW S,SAULNIER F. A new simplified acute physiology score(SAPS II) based on a European/North American multicenter study[J]. JAMA,1993,270(24):2957-2963.

[9] AURIANT I,VINATIER I,THALER F,et al. Simplified acute physiology score II for measuring severity of illness in intermediate care units[J]. Crit Care Med,1998,26(8):1368-1371.

[10] MORENO R P,METNITZ P G H,ALMEIDA E,et al. SAPS 3:From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 2:Development of a prognostic model for hospital mortality at ICU admission[J]. Intensive Care Med,2005,31(10):1345-1355.

[11] METNITZ P G H,MORENO R P,ALMEIDA E,et al.

SAPS 3:From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 1: Objectives, methods and cohort description[J]. Intensive Care Med,2005,31(10):1336-1344.

[12] LEDOUX D,CANIVET J L,PREISER J C,et al. SAPS 3 admission score:An external validation in a general intensive care population[J]. Intensive Care Med,2008,34(10):1873-1877.

[13] VINCENT J L,DE MENDONÇA A,CANTRAINE F,et al. Use of the SOFA score to assess the incidence of organ dysfunction/failure in intensive care units:Results of a multicenter,prospective study. Working group on “sepsis-related problems” of the European Society of Intensive Care Medicine[J]. Crit Care Med,26(11):1793-800.

[14] CRAIG D,REID T,WRIGHT E C,et al. The sequential organ failure assessment(SOFA) score is prognostically superior to the model for end-stage liver disease(MELD) and MELD variants following paracetamol (acetaminophen) overdose[J]. Aliment Pharmacol Ther,35(6):705-713.

[15] Singer M,Deutschman C S,Seymour C W,et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3) [J]. JAMA,2016,315(8):801-810.

[16] JONES M, NEWSDIG; The national early warning score development and implementation group [J]. Clin Med,2012,12(6):501-503.

[17] ZHU Y B,ZHANG J,WANG G W,et al. Machine learning prediction models for mechanically ventilated patients:Analyses of the MIMIC III database[J]. Front Med (Lausanne),2021,8:662340.

[18] IGARASHI Y,OGAWA K,NISHIMURA K,et al. Machine learning for predicting successful extubation in patients receiving mechanical ventilation [J]. Front Med (Lausanne),2022,9:961252.

[19] YUE S R,LI S S,HUANG X Y,et al. Machine learning for the prediction of acute kidney injury in patients with sepsis[J]. J Transl Med,2022,20(1):215.

[20] ZHANG X Y,NI J F,ZHANG H W,et al. A nomogram to predict in-hospital mortality of gastrointestinal bleeding patients in the intensive care unit[J]. Front Med(Lausanne),2023,10:1204099.

[21] ZHANG Y B,GOU L,PEI J H,et al. Development of a nomogram for predicting nasogastric tube-associated pressure injuries in intensive care unit patients[J]. J Tissue Viability,2021,30(3):324-330.

[22] HAN L,WEI Y T,PEI J H,et al. Nomogram model on estimating the risk of pressure injuries for hospitalized patients in the intensive care unit[J]. Intensive Crit Care Nurs,2024,80:103566.

Oncol Nurs J,2018,28(1):13-16.

[35] HOWELL M L,SCHWAB K,AYRES A M,et al. Chaplaincy visitation and spiritual care after intracerebral hemorrhage [J]. J Health Care Chaplain,2017,23(4):156-166.

[36] SIMEONE I M,BERNING J N,HUA M,et al. Training chaplains to provide communication-board-guided spiritual care for intensive care unit patients[J]. J Palliat Med, 2021,24(2):218-225.

[37] ROZE D O A,STELFOX H T,SINUFF T,et al. Spiritual distress in family members of critically ill patients:perceptions and experiences[J]. J Palliat Med,2020,23(2): 198-210.

[38] APPLEBY A,SWINTON J,BRADBURY I,et al. GPs and spiritual care:signed up or souled out? A quantitative analysis of GP trainers' understanding and application of the concept of spirituality[J]. Educ Prim Care, 2018,29(6):367-375.

[39] ALCH C K,WRIGHT C L,COLLIER K M,et al. Barriers to addressing the spiritual and religious needs of patients and families in the intensive care unit;A qualitative study of critical care physicians[J]. Am J Hosp Palliat Care,2020;70496407.

[40] WU L F,KOO M,LIAO Y C,et al. Development and validation of the spiritual care needs inventory for acute care hospital patients in Taiwan[J]. Clin Nurs Res,2016, 25(6):590-606.

41] GORDON B S,KEOGH M,DAVIDSON Z,et al. Addressing spirituality during critical illness: A review of current literature[J]. J Crit Care,2018,45:76-81.

[42] DEKONINCK,BETH,CURRIER,et al. Spiritual Care Practices of Advanced Practice Nurses: A Multinational Study[J]. J Nurse Pract,2016,44:87-91.

[43] CARVALHO J A,NETTO D O A,PIEXAK D R,et al. Assessment of spiritual care competencies of critical care health professionals;An integrative review[J]. Intens Crit Care Nur,2025,87:103924.

[44] 江昱,方桂珍. 护理人员灵性照护实施的研究进展[J]. 护理管理杂志,2022,22(2):99-104.

[45] UÇAR Ö,ELIK S,KARAHAN E,et al. Exploring the relationship between spiritual care and patient advocacy of nurses from generations X,Y and Z working in intensive care clinics: A cross-sectional study[J]. Intens Crit Care Nur,2024,84:103754.

[46] ROZE D O A,STELFOX H T,GRINDROD-MILLAR K,et al. Challenges and enablers of spiritual care for family members of patients in the intensive care unit[J]. J Pastoral Care Counsel,2020,74(1):12-21.

[47] MILLIGAN S. Perceptions of spiritual care among nurses undertaking postregistration education. [J]. Int J Palliat Nurs,2013,10(4):162-171.

[48] AMOAH V A. The effect of spiritual care education on hospice nurses' competence in the assessment and implementation of spiritual care with their patients: A quasi-experimental study[D]. Cedarville;Cedarville University, 2015.

[49] 姜安丽. 护理理论[M]. 北京:人民卫生出版社,2009: 332.

[50] KAPLAN E,SIR O,OZAKGUL A. Investigation of the relationship between spiritual care needs of relatives of patients hospitalized in intensive care unit and intensive care satisfaction in Turkey[J]. Nurs Crit Care,2024,29 (4):725-733.

(收稿日期:2025-03-22 修回日期:2025-08-25)

(上接第 2873 页)

[23] XIE W,LI Y,MENG X,ZHAO M. Machine learning prediction models and nomogram to predict the risk of in-hospital death for severe DKA: A clinical study based on MIMIC-IV, eICU databases, and a college hospital ICU [J]. Int J Med Inform,2023,174:105049.

[24] LIU C Y,WU X X,DENG R,et al. Systemic immune-inflammation index combined with quick sequential organ failure assessment score for predicting mortality in sepsis patients[J]. Heliyon,2023,9(9):e19526.

[25] Fox K A A,Dabbous O H,Goldberg R J,et al. Prediction of risk of death and myocardial infarction in the six months after presentation with acute coronary syndrome: prospective multinational observational study (GRACE) [J]. BMJ,2005,333(7578):1091.

[26] FOX K A A,DABBOUS O H,GOLDBERG R J,et al. Prediction of risk of death and myocardial infarction in the six months after presentation with acute coronary syndrome:prospective multinational observational study (GRACE)[J]. BMJ,2006,333(7578):1091.

[27] LEWINSOHN G,HERMAN A,LEONOV Y,et al. Critically ill obstetrical patients: outcome and predictability [J]. Crit Care Med,1994,22(9):1412-1414.

[28] OLIVEIRA V M D,BRAUNER J S,RODRIGUES FILHO E,et al. Is SAPS 3 better than APACHE II at predicting mortality in critically ill transplant patients? [J]. Clinics(Sao Paulo),2013,68(2):153-158.

(收稿日期:2025-03-21 修回日期:2025-08-28)