

心力衰竭临床预后预测模型研究进展

杨敏¹ 殷跃辉^{1,2} 陈芸霖² 杨仙¹ 易鑫¹ 崔犇¹

(1. 重庆医科大学研究生院, 重庆 400010; 2. 重庆医科大学附属第二医院心血管内科, 重庆 400010)

【摘要】心力衰竭(HF)是多种心血管疾病发展的终末期阶段。随着社会老年化的加重,其发病率、再住院率和死亡率逐年增加。根据 HF 的类型和病情不同,患者的病死率可能存在明显差异。目前许多国家和地区已经建立了多种用于预测 HF 患者死亡风险的客观评估模型,在为不同危险分层的患者拟定医疗管理策略和治疗方案时提供了重要的决策辅助支持。不同的临床预测模型各有其临床使用特点,适用于不同 HF 类型的临床患者。现旨在从不同 HF 类型患者人群入手,对国际上预测 HF 患者发生不良预后的预警模型研究现状进行概述。

【关键词】心力衰竭;预测模型;风险评分

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2023.10.004

Clinical Prediction Model for Heart Failure Prognosis

YANG Min¹, YIN Yuehui^{1,2}, CHEN Yunlin², YANG Xian¹, YI Xin¹, CUI Ben¹

(1. *Chongqing Medical University Graduate School, Chongqing 400010, China*; 2. *Department of Cardiology, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China*)

【Abstract】Heart failure(HF) is a serious condition of various heart diseases in the late stage. With the aggravation of social aging, its morbidity, readmission rate and mortality increase year by year. Depending on the type and condition of HF, the mortality of patients may be significantly different. At present, many countries and regions have established a great variety of objective assessment models for predicting the risk of death in HF patients, which provides important decision aid support in the formulation of medical management strategies and treatment plans for patients with different risk stratification. Different clinical prediction models have their own clinical application characteristics and are suitable for different types of HF patients. In this paper, we will introduce various common HF prognostic model from different types of patients with HF.

【Key words】Heart failure; Prognostic model; Risk score

心力衰竭(heart failure, HF)是由于心脏收缩或舒张功能障碍、心输出量不足而导致的以循环功能障碍为主要特征的临床综合征,是各种心血管疾病的严重阶段。据 2021 年中国心血管健康与疾病报告^[1]推算,中国现有约 890 万 HF 患者。其发病率呈上升趋势,死亡率和再住院率居高不下,给卫生保健系统带来了巨大的经济负担。为实现 HF 患者的最佳监测和管理,需尽早识别高死亡风险的患者,决定开始盐皮质激素受体拮抗剂(mineralocorticoid receptor antagonist, MRA)治疗、心脏再同步化治疗(cardiac resynchronization therapy, CRT)、左心室辅助装置或心脏移植等 HF 二线治疗的时机。因此,许多国家和地区的研究人员建立了各种风险预测模型用于评估、预测 HF 患者的病情危重程度和不良预后^[2-11]。

2021 年美国、欧洲和日本三大 HF 学会共同发布

HF 的分类共识^[12],根据左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF),可将 HF 分为射血分数降低的 HF(HF with reduced ejection fraction, HFrEF)、射血分数中间值的 HF、射血分数保留的 HF(HF with preserved ejection fraction, HFpEF)、射血分数改善的 HF 这 4 类。不同类型的 HF 发病机制、治疗方案、临床预后均有差异。不同 HF 模型纳入人群不同,其最佳适应患者人群也有所不同。现旨在针对不同 HF 类型患者人群,讨论各 HF 预后模型的应用,以期临床医护人员提供指导。

1 HF 预测模型

现有的 HF 预后预测模型众多,笔者根据不同 HF 类型分别对预测模型进行总结,并绘制成表,以期评估 HF 患者临床预后提供参考(见表 1)。

表 1 HF 临床预后预测模型内容及特点

预测模型		年份	训练集/验证集 样本数	模型的 验证方法	建模方法及 AUC/C 指数	结局	优势	不足
HF _r EF	HFSS	1997	训练集:268 验证集:199	内部验证 无外部验证	Cox 回归; AUC 0.62 ± 0.04	紧急心脏移植或死亡	可通过公式计算患者死亡风险,对于待心脏移植患者具有良好的预测能力,且在不同年龄、性别、种族,植入 ICD 或 CRT 的患者中均有良好的表现	严重 HF 的患者峰耗氧量变量获取困难
	SHFM	2006	训练集:1 125 验证集:9 942	内部验证 外部验证	Cox 回归; AUC 0.73 (95% CI 0.69 ~ 0.76)	植入左心室辅助装置、进行心脏移植或者死亡	变量简单、客观、易获得,目前已实现在线数据计算器,应用较为广泛	低估了植入左心室辅助装置患者以及年龄 ≥ 65 岁的老年 HF 患者的死亡风险
	PARADIGM-HF 风险评分	2020	训练集:8 399 验证集:7 016	内部验证 外部验证	Cox 回归; AUC 0.71 (95% CI 0.69 ~ 0.74)	心血管原因死亡或 HF 原因再住院;心血管原因死亡;全因死亡	纳入人群均接受了 ACEI/ARB 治疗,符合循证指南推荐	对于接受了 MRA/ICD 及 CRT 治疗的患者的预测能力需进一步证据支持
	HF-ACTION 风险评分模型	2012	训练集:2 331 验证集:无	内部验证 无外部验证	Cox 回归; C 指数为 0.73	死亡或全因住院	变量简单、客观、易获得,适用于门诊患者,纳入人群有 74% 的患者接受了 ACEI/ARB 治疗,符合循证指南推荐	无外部验证
	SHOCKED 模型	2012	训练集:17 991 验证集:27 893	内部验证 外部验证	Cox 回归; C 指数为 0.75 (95% CI 0.75 ~ 0.76)	全因死亡	可用于评估 HF 患者是否能从 ICD 植入中获得益处	推导队列纳入研究不是随机临床试验,未用安慰剂组进行比较,且变量中不包含实验室指标
HF _p EF	I-PRESERVE 模型	2011	训练集:4 128 验证集:无	内部验证 无外部验证	Cox 回归; C 指数分别为 0.71、0.74 和 0.76	全因死亡和心血管原因再住院;全因死亡;心血管原因死亡或心血管原因再住院	评分针对 HF _p EF 患者,具有较强的针对性	无外部验证,推导队列研究对象几乎均为白种人,其是否可运用于其他人种需进一步验证
	ARIC 评分	2017	训练集:1 852 验证集:无	内部验证 无外部验证	Cox 回归; AUC 为 0.76 和 0.72	28 d 和 1 年全因死亡	变量简单、客观、易获得,可用于评估 HF _p EF 患者临床预后情况	推导队列纳入病例数较少,且无外部验证
混杂人群	慕尼黑 评分模型	2008	训练集:178 验证集:无	内部验证 无外部验证	Cox 回归	紧急心脏移植或死亡	可通过公式计算患者死亡风险,变量获取为非侵入性	推导队列纳入病例数少,且无外部验证
	MAGGIC-HF 模型	2013	训练集:39 372 验证集:51 043	内部验证 外部验证	Cox 回归; C 指数为 0.74	全因死亡率	推导队列纳入人群数量多、随访时间长,目前已实现在线数据计算器	模型建立时部分变量数据缺失量大,且未纳入 NT-proBNP 等指标
	CHARM 模型	2006	训练集:7 599 验证集:无	内部验证 无外部验证	Cox 回归; C 指数为 0.75	心源性死亡或因 HF 恶化住院治疗	推导队列随访时间长,变量简单、客观、易获得	无外部验证,且推导队列基于临床研究,存在纳入偏倚

注:HFSS, HF 存活评分;AUC, 曲线下面积;SHFM, 西雅图 HF 模型;ICD, 植入式心律转复除颤器;ACEI/ARB, 血管紧张素转化酶抑制剂/血管紧张素 II 受体阻滞剂;ARIC, 社区动脉粥样硬化风险研究;MAGGIC-HF, 全球慢性 HF meta 分析评分;NT-proBNP, N 末端脑钠肽前体。

1.1 HFrEF 患者临床预后评估模型

1.1.1 HF 存活评分

HF 存活评分 (HF survival score, HFSS) 是由宾夕法尼亚大学医院的 Aaronson 等^[2]在 1997 年设计开发的评分模型。该研究共纳入 467 例 LVEF $\leq 40\%$ 的晚期 HF 患者,包括 268 例患者的模型推导队列及 199 例患者的模型验证队列,结局事件定义为紧急心脏移植或死亡,通过 Cox 回归方法建立。包括侵入性和非侵入性模型,非侵入性模型包含 QRS 时限 > 120 ms、缺血性心肌病 2 个分类变量以及静息心率、平均动脉压、LVEF、血钠浓度、峰耗氧量 5 个连续变量,侵入性模型在此基础上增加了肺动脉楔压。根据模型最终得分可将 HF 患者分为高、中、低危 3 个风险等级,高危患者在 1 年发生紧急心脏移植或死亡的概率为中危患者的 5 倍、低危患者的 12 ~ 21 倍。

该模型的优点为推导队列和验证队列结果均提示其对于待心脏移植患者具有良好的预测能力,且该模型在不同年龄^[13]、性别^[14]、种族^[15]的患者中,以及在接受了植入式心律转复除颤器 (implantable cardioverter defibrillator, ICD) 或 CRT 的患者中,均有良好的表现^[16]。HFSS 的缺点为需进行心肺运动测试以测量峰耗氧量,而严重 HF 患者往往因不能耐受而无法获得准确的数据。

1.1.2 西雅图 HF 模型

Levy 等^[3]从前瞻性随机氨氯地平生存评估试验中提取了 1 125 例 LVEF $< 30\%$ 且纽约心功能分级 (New York Heart function assessment, NYHA 分级) 为 III ~ IV 级的 HF 患者数据,运用 Cox 回归方法建立了西雅图 HF 模型 (the Seattle Heart Failure Model, SHFM),并同时在 5 个独立验证队列共 9 942 例患者中得到前瞻性验证。主要结局事件为植入左心室辅助装置、进行心脏移植或者死亡。该评分模型由 10 个分类变量 [性别、缺血性心肌病、QRS > 120 ms、 β 受体阻滞剂、血管紧张素转化酶抑制剂 (angiotensin converting enzyme inhibitor, ACEI)、血管紧张素 II 受体阻滞剂 (angiotensin II receptor blocker, ARB)、保钾利尿剂、他汀类药物或别嘌醇、接受 ICD 或 CRT] 和 10 个连续变量 (年龄、NYHA 分级、LVEF、收缩压、血红蛋白、淋巴细胞计数、尿酸、总胆固醇、血清钠、利尿剂剂量) 构成。该模型推导队列 ROC 曲线下面积 (area under the curve, AUC) 为 0.73 (95% CI 0.69 ~ 0.76)。

后续研究^[17-19]发现,SHFM 在接受 ICD 或 CRT 等治疗的 HF 患者中也有良好的表现。Bilchick 等^[20]在 SHFM 基础上增加了心脏磁共振成像指标,结果显示其能有效预测 CRT 植入术后患者 4 年的长期生存风

险,AUC 为 0.75。SHFM 的缺点为低估了植入左心室辅助装置患者^[21]以及年龄 ≥ 65 岁的老年 HF 患者^[22]的死亡风险。

1.1.3 PARADIGM-HF 风险评分

PARADIGM-HF 风险评分^[4]建模队列由来自 PARADIGM-HF 研究中的 8 399 例符合 NYHA 分级 II ~ IV 级, LVEF $\leq 35\%$ 且 N 末端脑钠肽前体 (N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP) 水平升高的 HF 患者组成,平均随访时间为 27 个月。结局事件分为 3 个: (1) 心血管原因死亡或 HF 原因再住院; (2) 心血管原因死亡; (3) 全因死亡。运用 Cox 回归方法对 3 个不同终点建立了 3 个预测模型, NT-proBNP 为最强的独立预测因子。模型验证队列数据来自 ATMOSPHERE 研究和瑞典国家心力衰竭登记处。该模型 1 年全因死亡的 AUC 指数为 0.71 (95% CI 0.69 ~ 0.74)。

此模型的优点为全体患者均接受了 ACEI/ARB 治疗,符合循证指南推荐,缺点为仅有少量患者接受了 MRA、ICD 及 CRT 治疗,其是否可运用于当代 HF 患者仍需进一步验证。

1.1.4 HF-ACTION 风险评分模型

O' Connor 等^[5]从 HF-ACTION 研究中提取了 2 331 例符合 NYHA 分级为 II ~ IV 级, LVEF $\leq 35\%$ 的 HF 患者,随机分为运动训练加常规治疗与单独常规治疗 2 个组,中位随访时间为 2.5 年,主要结局事件为死亡或全因住院。以死亡为终点的简化版预测模型包含心肺运动测试的持续时间、血尿素氮水平、体重指数、女性 4 个变量, C 指数为 0.73。

模型的优点: (1) 该模型变量的获取相对简单,可在门诊操作; (2) 该风险评分是在循证治疗的背景下进行的,其中有 74% 的患者使用了 ACEI/ARB, 40% 的患者植入了 ICD, 使评分适用于广泛的 HF 患者。该模型缺点为纳入分析的变量不包括 NT-proBNP 水平、LVEF 等与 HF 预后相关的变量,且未进行外部验证。

1.1.5 SHOCKED 模型

为预测 ICD 植入后的患者 4 年内的死亡风险, Bilchick 等^[6]在 2012 年建立了 SHOCKED 模型。推导队列为从爱荷华州医疗保健基金会 ICD 登记处获得的 17 991 例植入 ICD 的 HF 患者,验证队列是从美国国家心血管数据库 ICD 登记处获得的 27 893 例于 2005—2007 年植入 ICD 的 HF 患者。结局事件定义为全因死亡,随访时间 4 年。SHOCKED 模型分为简化版和完整版, C 指数分别为 0.75 和 0.73。简化版模型共纳入 7 个变量: 年龄 ≥ 75 岁、NYHA 分级 III 级、心房颤动、慢性阻塞性肺疾病、慢性肾脏疾病、LVEF $\leq 20\%$

以及糖尿病。

此模型的优点为其对卫生保健系统筛选可能从 ICD 植入中获得益处的患者具有重要意义。缺点为该研究不是随机临床试验,未用安慰剂进行比较,且变量中不包含实验室指标。

1.2 HFpEF 患者临床预后评估模型

1.2.1 I-PRESERVE 模型

I-PRESERVE 模型^[7]纳入了 I-PRESERVE 试验中 4 128 例 LVEF $\geq 45\%$ 的 HFpEF 患者的数据作为推导队列。主要结局分为 3 个:(1)全因死亡和心血管原因再住院;(2)全因死亡;(3)心血管原因死亡或心血管原因再住院,3 个结局的 C 指数分别为 0.71、0.74 和 0.76,显示出良好的区分度。最显著的相关因素是血浆 NT-proBNP 的对数水平、年龄、肾功能和入组前 6 个月内 HF 原因住院病史。

该模型的不足:其研究是基于有排除性标准的临床试验,与实际临床中的 HF 患者有差别;研究对象几乎均为白种人,对于其他人种并不一定适用;未在独立的 HFpEF 人群中进行验证。

1.2.2 社区动脉粥样硬化风险研究评分

社区动脉粥样硬化风险研究(Atherosclerosis Risk in Communities, ARIC)评分是由 Thorvaldsen 等^[8]在 2017 年设计开发的风险评分。建模队列为 1 852 例来自 ARIC 研究中符合年龄 ≥ 55 岁且 LVEF $\geq 50\%$ 的急性心脏失代偿性 HF 患者。主要结局为入组后 28 d 及 1 年内发生全因死亡。该评分包括年龄、收缩压、血尿素氮、血清钠、脑血管疾病、慢性阻塞性肺疾病和血红蛋白共 7 个变量。验证队列为 ARIC 研究中的 821 例急性心脏失代偿性 HF 患者。推导队列 28 d 和 1 年死亡率的 AUC 分别为 0.76 和 0.72,显示出良好的区分度。

该模型的优点为严格纳入了 HFpEF 患者,后续可为这一人群的分诊、医疗资源使用决策提供实用、全面的信息,缺点为缺乏外部验证队列证实其泛化能力。

1.3 混杂人群临床预后评估模型

1.3.1 慕尼黑评分模型

Stempfle 等^[9]研究者于 2008 年通过前瞻性队列研究方法,共纳入 178 例 LVEF $< 45\%$ 的慢性 HF 患者作为推导队列建立了慕尼黑评分模型。结局事件定义为紧急心脏移植或死亡。该模型共纳入 55 个基本变量及 9 个血流动力学参数变量,最终预测模型包含有 5 个重要的预测危险因素,分别为 HF 病因、左心室舒张末期内径、收缩压、最大负荷量和 1 年缩短分数的改变。根据模型分数,可将 HF 患者分为高、中、低危 3 个等级,1 年内无主要不良心血管事件生存率分别为

100%、91.9% 和 69.9%。

该模型的优点为非侵入性,但由于该模型推导队列中只有 6% 的人具有 ICD,并不能反映当前的医疗水准。另该研究为单中心小样本研究,且缺乏验证队列。因此,未来仍需在外部队列中进一步验证其泛化能力。

1.3.2 全球慢性 HF meta 分析评分模型

全球慢性 HF meta 分析评分(the Meta-Analysis Global Group in Chronic HF score, MAGGIC-HF)^[10]建模对象为来自 30 项研究共 39 372 例 HFrEF 或 HFpEF 患者,确定了 13 个独立变量来预测 1 年和 3 年的全因死亡率,包括年龄、LVEF、NYHA 分级级别、血清肌酐、糖尿病、收缩压、体重指数、HF 持续时间、吸烟、慢性阻塞性肺疾病、男性,以及使用了 β 受体阻滞剂、ACEI 或 ARB 药物治疗。3 年全因死亡的 C 指数为 0.74。2014 年, Sartipy 等^[23]使用瑞典国家心脏衰竭登记处的 51 043 例患者对该模型进行了验证,结果显示该模型将 HF 患者划分为不同风险等级的能力出色。

该模型的优点为推导队列纳入人群数量多、随访时间长。缺点为未纳入 MRA、ACEI/ARB 等治疗药物以及 NT-proBNP、心肌肌钙蛋白等生物标志物。

1.3.3 CHARM 模型

CHARM 模型^[11]建模队列由 CHARM 研究中提取的 7 599 例诊断为慢性 HF 的患者组成,所有患者均符合:年龄 ≥ 18 岁,慢性 HF 症状持续至少 4 周。研究的主要终点为心源性死亡或因 HF 恶化住院治疗,平均随访时间为 38 个月,通过 Cox 回归方法建立。最强预测因素为年龄(≥ 60 岁)、糖尿病和 LVEF $\geq 45\%$ 。该模型预测 2 年内发生心源性死亡或因 HF 恶化住院治疗的 C 指数为 0.75,预测 2 年内发生全因死亡的 C 指数为 0.75,显示出良好的区分度。

该模型的优点为随访时间长,且纳入各个层次射血分数的 HF 患者,因此允许更详细、精确地评估预测因子及其独立贡献。缺点为可能存在纳入偏倚,且该模型未包含如血红蛋白、肌钙蛋白、肌酐和 NT-proBNP 等已被证实与 HF 预后相关的血清学标志物^[24-27]。

2 总结与展望

不同的 HF 预后模型,其建立目的不同,适合患者人群不同。对于 HFrEF 患者,仍推荐使用 SHFM,该模型推导及验证队列样本量足,并通过多个外部队列的验证^[28],故推荐。而对于 HFpEF 患者,I-PRESERVE 模型和 ARIC 评分在建模队列中获得不错的 C 指数,但未来仍需开展外部验证进一步评估模型的预测性能。针对混合人群,MAGGIC-HF 纳入患者数量多,随访时间长,外部验证提示该模型的预测能力强,故

推荐。

综上所述,由于纳入的研究对象、HF 类型、随访时间及模型构建方法的不同,HF 临床预测模型呈现多样化的发展趋势,关于哪种预测模型应用效能更好尚无统一意见。临床医务人员在应用 HF 预测模型时,除了考虑模型的应用人群、预测效能等,还应结合临床实际问题具体分析。随着人工智能、大数据的发展,越来越多研究采用机器学习的方法构建 HF 临床预测模型,其能将复杂的临床数据简单化,具有省时、精准的特点,未来机器学习有望成为 HF 临床预后预测研究的新趋势。

参考文献

- [1] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2021 概要[J]. 中国循环杂志,2022,37(6):553-578.
- [2] Aaronson KD, Schwartz JS, Chen TM, et al. Development and prospective validation of a clinical index to predict survival in ambulatory patients referred for cardiac transplant evaluation[J]. *Circulation*,1997,95(12):2660-2667.
- [3] Levy WC, Mozaffarian D, Linker DT, et al. The Seattle Heart Failure Model: prediction of survival in heart failure [J]. *Circulation*, 2006, 113(11):1424-1433.
- [4] Simpson J, Jhund PS, Lund LH, et al. Prognostic models derived in PARADIGM-HF and validated in ATMOSPHERE and the Swedish Heart Failure Registry to predict mortality and morbidity in chronic heart failure [J]. *JAMA Cardiol*, 2020,5(4):432-441.
- [5] O'Connor CM, Whellan DJ, Wojdyla D, et al. Factors related to morbidity and mortality in patients with chronic heart failure with systolic dysfunction: the HF-ACTION predictive risk score model[J]. *Circ Heart Fail*,2012,5(1):63-71.
- [6] Bilchick KC, Stukenborg GJ, Kamath S, et al. Prediction of mortality in clinical practice for medicare patients undergoing defibrillator implantation for primary prevention of sudden cardiac death[J]. *J Am Coll Cardiol*,2012,60(17):1647-1655.
- [7] Komajda M, Carson PE, Hetzel S, et al. Factors associated with outcome in heart failure with preserved ejection fraction: findings from the Irbesartan in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction Study (I-PRESERVE) [J]. *Circ Heart Fail*,2011,4(1):27-35.
- [8] Thorvaldsen T, Claggett BL, Shah A, et al. Predicting risk in patients hospitalized for acute decompensated heart failure and preserved ejection fraction: the Atherosclerosis Risk in Communities Study Heart Failure Community Surveillance[J]. *Circ Heart Fail*,2017,10(12):e003992.
- [9] Stempfle HU, Alt A, Stief J, et al. The Munich score: a clinical index to predict survival in ambulatory patients with chronic heart failure in the era of new medical therapies[J]. *J Heart Lung Transplant*,2008,27(2):222-228.
- [10] Pocock SJ, Ariti CA, McMurray JJ, et al. Predicting survival in heart failure: a risk score based on 39 372 patients from 30 studies[J]. *Eur Heart J*,2013,34(19):1404-1413.
- [11] Pocock SJ, Wang D, Pfeffer MA, et al. Predictors of mortality and morbidity in patients with chronic heart failure[J]. *Eur Heart J*,2006,27(1):65-75.
- [12] Bozkurt B, Coats A, Tsutsui H. Universal definition and classification of heart failure[J]. *J Card Fail*,2021,S1071-9164(21)00050-6.
- [13] Parikh MN, Lund LH, Goda A, et al. Usefulness of peak exercise oxygen consumption and the heart failure survival score to predict survival in patients > 65 years of age with heart failure[J]. *Am J Cardiol*,2009,103(7):998-1002.
- [14] Franke J, Lindmark A, Hochadel M, et al. Gender aspects in clinical presentation and prognostication of chronic heart failure according to NT-proBNP and the Heart Failure Survival Score[J]. *Clin Res Cardiol*,2015,104(4):334-341.
- [15] Goda A, Lund LH, Mancini DM. Comparison across races of peak oxygen consumption and heart failure survival score for selection for cardiac transplantation[J]. *Am J Cardiol*,2010,105(10):1439-1444.
- [16] Goda A, Lund LH, Mancini D. The Heart Failure Survival Score outperforms the peak oxygen consumption for heart transplantation selection in the era of device therapy[J]. *J Heart Lung Transplant*,2011,30(3):315-325.
- [17] Regoli F, Scopigni F, Leyva F, et al. Validation of Seattle Heart Failure Model for mortality risk prediction in patients treated with cardiac resynchronization therapy[J]. *Eur J Heart Fail*,2013,15(2):211-220.
- [18] Bilchick KC, Wang Y, Cheng A, et al. Seattle Heart Failure and Proportional Risk Models predict benefit from implantable cardioverter-defibrillators [J]. *J Am Coll Cardiol*,2017,69(21):2606-2618.
- [19] Smith T, Levy WC, Schaer BA, et al. Performance of the Seattle Heart Failure Model in implantable defibrillator patients treated with cardiac resynchronization therapy[J]. *Am J Cardiol*,2012,110(3):398-402.
- [20] Bilchick KC, Auger DA, Abdishektai M, et al. CMR DENSE and the Seattle Heart Failure Model inform survival and arrhythmia risk after CRT[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*,2020,13(4):924-936.
- [21] Kalogeropoulos AP, Georgiopoulou VV, Giamouzis G, et al. Utility of the Seattle Heart Failure Model in patients with advanced heart failure [J]. *J Am Coll Cardiol*,2009,53(4):334-342.
- [22] Li S, Marcus P, Núñez J, et al. Validity of the Seattle Heart Failure Model after heart failure hospitalization [J]. *ESC Heart Fail*,2019,6(3):509-515.
- [23] Sartipy U, Dahlström U, Edner M, et al. Predicting survival in heart failure: validation of the MAGGIC heart failure risk score in 51,043 patients from the Swedish heart failure registry[J]. *Eur J Heart Fail*,2014,16(2):173-179.
- [24] Januzzi JL Jr, Zannad F, Anker SD, et al. Prognostic importance of NT-proBNP and effect of empagliflozin in the EMPEROR-Reduced trial [J]. *J Am Coll Cardiol*,2021,78(13):1321-1332.
- [25] Packer M, Januzzi JL, Ferreira JP, et al. Concentration-dependent clinical and prognostic importance of high-sensitivity cardiac troponin T in heart failure and a reduced ejection fraction and the influence of empagliflozin: the EMPEROR-Reduced trial[J]. *Eur J Heart Fail*,2021,23(9):1529-1538.
- [26] Ferreira JP, Anker SD, Butler J, et al. Impact of anaemia and the effect of empagliflozin in heart failure with reduced ejection fraction: findings from EMPEROR-Reduced[J]. *Eur J Heart Fail*,2022,24(4):708-715.
- [27] Beldhuis IE, Myhre PL, Claggett B, et al. Efficacy and safety of spironolactone in patients with HFpEF and chronic kidney disease[J]. *JACC Heart Fail*,2019,7(1):25-32.
- [28] Alba AC, Agoritsas T, Jankowski M, et al. Risk prediction models for mortality in ambulatory patients with heart failure: a systematic review[J]. *Circ Heart Fail*, 2013,6(5):881-889.

收稿日期:2023-02-21