

• 综 述 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2025.15.025

应激性高血糖比值与急性心肌梗死患者预后关系的研究进展^{*}周伊璐, 黄凡克, 关 静, 王 悦, 陈余文, 李冰清, 杨维华 综述, 吕建峰[△] 审校

三峡大学附属仁和医院心内科, 湖北宜昌 443000

摘 要:我国急性心肌梗死(AMI)的发病率为 797/1 000 000,近年来,AMI 患者的病死率呈快速上升趋势,严重危害人类生命健康,给社会带来重大的经济负担。AMI 患者发生血糖短暂升高,称为应激性高血糖。近年研究发现应激性高血糖比值(SHR)与 AMI 患者预后存在一定的关系,且与入院血糖及随机血糖相比,SHR 可更好地评估应激性高血糖。因此该文阐述了应激性高血糖与 AMI 的相关机制,将 SHR 作为应激性高血糖标志物,重点叙述了 SHR 与不同类型 AMI 预后的关系差异,同时叙述了 SHR 与 AMI 患者并发症如新发心房颤动、肺部感染及急性肾损伤的发生机制。该文希望通过总结 SHR 对 AMI 患者预后的影响,进一步构建包含 SHR 的预后评估模型和研制创新监测控制设备,尽早识别、干预高危人群,优化 AMI 患者的预后管理。

关键词:应激性高血糖比值; 急性心肌梗死; 标志物; 预后; 进展

中图法分类号:R446.1;R575.5

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2025)15-2148-05

Progress of the impact of stress hyperglycemia ratio in acute myocardial infarction^{*}

ZHOU Yilu, HUANG Fanke, GUAN Jing, WANG Yue, CHEN Yuwen,

LI Bingqing, YANG Weihua, LYU Jianfeng[△]

Department of Cardiology, Renhe Hospital Affiliated to China Three Gorges

University, Yichang, Hubei 443000, China

Abstract: In China, the incidence of acute myocardial infarction (AMI) is 79.7 per 1 000 000 people. Recently, the mortality rate has been rising rapidly, posing a serious threat to human health and bringing significant social and economic burdens. When patients experience AMI, their blood glucose levels may temporarily rise, a condition known as stress hyperglycemia. Recent studies have found that stress hyperglycemia ratio is related to the prognosis of AMI patients, and the stress hyperglycemia ratio (SHR) is a better measure of stress hyperglycemia than admission glucose or random glucose levels. Therefore, this article discusses the harmful effects of stress hyperglycemia on AMI, using SHR as a marker for stress hyperglycemia. It focuses on the differences in SHR and prognosis for different types of AMI, as well as the mechanisms and correlations between SHR and post-AMI complications such as new-onset atrial fibrillation, pulmonary infection, and acute kidney injury. This article aims to summarize the impact of SHR on the prognosis of AMI patients, and to promote the development of prognostic models and innovative monitoring and control devices that include stress hyperglycemia. This article hopes to identify and intervene in high-risk populations as early as possible and optimize the management of patients with cardiovascular diseases.

Key words: stress hyperglycemia ratio; acute myocardial infarction; biomarker; prognosis; progress

冠心病中最危重的类型是急性心肌梗死(AMI),具有发病急、病死率高的特点。《中国心血管病健康与疾病报告 2022 概要》^[1]提出 2002—2020 年 AMI 患者病死率呈上升趋势,疾病负担下降拐点尚未出

现。随着政策支持及技术发展,AMI 患者可在最短时间内恢复心肌的血液灌注,缓解症状,但忽略了对高危患者预后的关注。越来越多的证据表明,合并高血糖显著升高了 AMI 患者的病死率,并且应激性高血

^{*} 基金项目:湖北省宜昌市医疗卫生研究项目(A23-1-056)。[△] 通信作者, E-mail:ljfzxm@163.com。

糖与 AMI 患者的预后不良有关^[2-4]。目前,应激性高血糖主要依据入院血糖、糖化血红蛋白(HbA1c)及空腹血糖等指标进行诊断^[5],然而这些指标易受到患者糖尿病状态的影响。为了衡量相对性血糖升高,ROBERTS 等^[6]于 2015 年提出了应激性高血糖比值(SHR)的概念,包含了 HbA1c 和入院血糖,相较于其他指标而言,SHR 用于应激性高血糖的诊断更全面、合理。目前应激性高血糖对心脏毒性的潜在机制,以及 SHR 对 AMI 患者预后的影响暂不明确。为了解 SHR 与 AMI 预后之间的关系,本文对此进行了简单综述。

1 SHR 的概念

既往人们认为,糖尿病患者或糖尿病前期血糖受损患者会出现血糖升高的现象。后来发现应激情况下,下丘脑-垂体-肾上腺轴(HPA)和交感神经被激活,释放儿茶酚胺、皮质醇等介质,导致机体发生严重糖代谢紊乱,通常表现为血糖升高,亦称为应激性高血糖^[7]。住院高血糖指非糖尿病患者住院期间任意时间点的血浆葡萄糖 >7.8 mmol/L 或 2 次以上随机血糖 ≥ 11.1 mmol/L^[8],不论是住院高血糖还是入院高血糖,仅凭单次血糖水平判断既往或糖尿病前期患者的应激性高血糖显然是不合理的,此时血糖水平对应激事件的反应会被削弱,导致评估不准确^[9]。为了进一步研究应激性高血糖与疾病预后之间的关系,消除长期慢性高血糖的干扰,NATHAN 等^[10]于 2008 年提出了可通过 HbA1c 估算平均血糖(背景血糖):背景血糖(mmol/L) $=1.59 \times \text{HbA1c} - 2.59$ 。随后,ROBERTS 等^[6]提出了 SHR 的概念:SHR=入院血糖/($1.59 \times \text{HbA1c} - 2.59$)。大量研究表明,SHR 不仅与高血糖水平存在显著关联,还可不受糖尿病状态的影响来预测冠心病、AMI、肾损伤、缺血性脑卒中等疾病的发生风险^[11-13]。与其他血糖指标相比,SHR 代表的是一种相对性的血糖升高,可在一定程度上预测 AMI 患者的疾病严重程度及预后情况。

2 应激性高血糖与 AMI 的相关机制

应激性高血糖通常在危重症患者中发生,与不良预后相关,但是目前相关机制尚未完全了解。在管理危重症患者的过程中发现,调控血糖水平可降低病死率。相关机制主要表现在以下 3 个方面:(1)胰岛素抵抗,2 型糖尿病患者血糖升高的机制是胰岛素抵抗和 β 细胞分泌缺陷,而应激性高血糖主要是由反调节激素如儿茶酚胺、生长激素、皮质醇和细胞因子的相互作用引起,这种相互作用最终可以导致过度的肝葡萄糖产生和胰岛素抵抗,引起脂肪加速分解,产生大

量游离脂肪酸,影响靶器官胰岛素信号传导,使心肌细胞耗氧量增加、缺血细胞膜损伤、钙超载,引起心力衰竭及心律失常的发生^[8]。(2)免疫炎症导致的细胞毒性,高血糖可增加心脏诱导型 NO 合酶基因的表达及 NO 释放,伴随着超氧化物的产生,形成过氧亚硝酸盐。过氧亚硝酸盐作为一种强大的促氧化剂,可以通过自身和/或形成硝基酪氨酸产生心脏毒性^[14]。血糖升高还可引起肿瘤坏死因子(TNF)- α 、白细胞介素(IL)-1、IL-6 等促炎性细胞因子分泌的增加,加剧了线粒体活性氧(ROS)、C-反应蛋白(CRP)的产生^[15-16]。这些炎症介质及血管收缩介质可损害冠状动脉的内皮功能。(3)血小板激活与纤溶受损,氧化应激可导致血小板激活,血糖升高引起体内血小板糖蛋白的非酶促糖基化反应,改变血小板的结构、构象和膜脂动力学,另一方面,高血糖会升高纤溶酶原激活剂抑制剂-1 水平而减弱纤溶活性,导致血栓事件的发生^[17]。纤溶受损和血小板激活是血糖升高导致血栓事件的独立危险因素,最终可导致心功能恶化,增加病死风险^[8,18]。另外,血糖水平不受控制可能会对伤口愈合产生不良影响,增加感染风险,并加剧其他共病,导致非血管性疾病相关死亡^[19]。综上所述,应激性高血糖通过胰岛素抵抗、免疫炎症细胞毒性及血小板激活与纤溶受损等机制,增加危重症患者心功能恶化、血栓事件及感染发生风险,进而导致病死率升高。

3 SHR 与 AMI 预后的关系

3.1 SHR 与阻塞性 AMI 预后的关系

应激性高血糖对非糖尿病患者的不良影响较糖尿病患者更为显著,提示与入院高血糖相比,应激性血糖升高的幅度对心功能具有重要影响。研究发现,对 5 841 例 ST 段抬高的急性心肌梗死(STEMI)患者和 4 105 例非 ST 段抬高的急性心肌梗死(NSTEMI)患者进行统计分析发现,SHR 是 STEMI 患者 1 年全因死亡率的独立预测因子,未发现 SHR 与 NSTEMI 患者预后的关系^[9]。GAO 等^[20]纳入了 1 300 例接受经皮冠状动脉介入治疗(PCI)的 STEMI 患者进行研究发现,与糖尿病患者相比,SHR 对 PCI 后非糖尿病 STEMI 患者预后的预测价值更高。CUI 等^[21]进行了 1 项前瞻性、全国性、多中心的 AMI 登记研究,涉及 5 308 例 AMI 患者,其中 2 081 例患者合并糖尿病,3 227 例患者未合并糖尿病,主要终点事件为院内死亡,评估不同的血糖指标(SHR、空腹血糖和 HbA1c)对 AMI 患者住院死亡的预测价值,发现 SHR 对合并糖尿病患者[曲线下面积(AUC)为 0.702]和未合并糖尿病患

者(AUC 为 0.690)的住院死亡的预测效能相差不大,这与 FU 等^[22]研究结果一致,提示 SHR 可用于预测 AMI 患者预后情况,且不受糖尿病状态的影响。但 SHR 对不同类型 AMI 患者预后的预测价值仍需进一步研究。在一项纳入 1 553 例 AMI 患者作为研究对象,主要终点事件为院内死亡、急性肺水肿和心源性休克的研究中发现,SHR 与主要终点事件的发生率呈正相关($P<0.001$)^[23]。此外,有研究表明,AMI 患者 SHR 与全因死亡率呈 J 形相关性,即 SHR 过高或过低均可能增加病死风险^[24]。尚需大量临床试验分析 SHR 预测 AMI 患者预后的阈值,以期精确调控血糖,降低 AMI 患者病死风险。

3.2 SHR 与非阻塞性 AMI 预后的关系 SHR 预测阻塞性 AMI 和非阻塞性 AMI 患者死亡的危险比分别为 1.57、2.57^[25]。此外,SHR 升高与非阻塞性 AMI 患者发生主要心血管不良事件(MACE)风险增加有关^[26]。在一项涉及了 410 例非阻塞性 AMI 患者的研究中发现,SHR 预测非阻塞性 AMI 患者发生 MACE 的最佳截断值为 0.86^[15]。SHR 升高的非阻塞性 AMI 患者中可能出现细胞因子介导的炎症风暴,这些炎症介质及血管收缩介质可损害冠状动脉的内皮功能,进一步导致炎症与血栓形成^[27],这表明 SHR 在预测非阻塞性 AMI 患者发生 MACE 中具有重要作用,也证实了高血糖可能会导致冠状动脉微血管功能障碍^[28]。

3.3 SHR 与预测模型的关系 炎症相关的血糖指标加入预测模型中可提高模型的准确率。全球急性冠状动脉事件登记(GRACE)评分和心肌梗死溶栓(TIMI)危险评分是预测 AMI 患者发生 MACE 的重要工具,但未纳入糖代谢相关指标。CHEN 等^[29]将 SHR 添加到 GRACE 评分中,发现其在预测住院死亡风险方面优于单独使用 GRACE 评分,显著提高了模型的预测效能和临床实用性。GAO 等^[26]也将 SHR 纳入了 TIMI 危险评分中,发现组合模型对 AMI 患者发生 MACE 的预测区分度进一步提高。这表明,将 SHR 这一炎症相关的血糖指标加入传统评估模型,有助于临床医生对 AMI 患者的临床预后进行更全面的分析。

4 SHR 与 AMI 并发症的关系

4.1 SHR 与 AMI 新发心房颤动(NOAF)的关系 NOAF 在急性期 AMI 患者中的发生率为 5%~21%^[30]。胰岛素抵抗及免疫炎症介导的细胞毒性均可导致心律失常。在 1 项研究中发现,SHR 每增加 10%,AMI 患者 NOAF 风险增加 5%,而未合并糖尿

病的 AMI 患者 NOAF 风险增加 8%,但在 AMI 合并糖尿病患者中 NOAF 风险则变化不明显^[31]。分析原因可能为慢性高血糖合成的晚期糖基化终末产物(AGEs)会导致心房纤维化,增强心房颤动的易感性^[32],从而降低了 SHR 对合并糖尿病 AMI 患者 NOAF 的预测效能。另 1 项研究表明,无论患者是否合并糖尿病,SHR 均是 AMI 患者 NOAF 的影响因素(OR 为 3.298)^[33]。尽管关于 SHR 与不同糖尿病状态 AMI 患者 NOAF 之间的关系仍有争议,但可以明确的是,SHR 与 AMI 患者 NOAF 的风险呈正相关。因此,密切监测 AMI 患者的 SHR 是十分必要的。

4.2 SHR 与 AMI 患者发生肺部感染的关系 有研究表明,SHR 与经皮冠状动脉介入治疗(PCI)后 STEMI 患者肺部感染发生风险密切相关,当 $SHR \geq 1.176$ 时,PCI 后 STEMI 患者住院期间肺部感染的发生率高达 18%^[34]。主要机制包括:血糖升高引起炎症、氧化应激反应,同时葡萄糖直接抑制 T 淋巴细胞、免疫球蛋白和补体功能,破坏免疫系统,进一步增加肺部感染风险^[35]。因此,严格的血糖控制对预防 AMI 患者发生肺部感染具有显著益处。

4.3 SHR 与 AMI 患者发生急性肾损伤(AKI)的关系 AMI 的治疗原则是尽快恢复心肌血供,主要依赖于 PCI,而 PCI 过程中需使用含碘造影剂以促进血管和腔室成像。然而,造影剂的使用可能增加 AKI 的发生风险。有研究表明,在接受冠状动脉造影或 PCI 后的 AMI 患者中, $SHR < 0.7$ 或 $SHR \geq 1.3$ 时,AKI 的发生率升高^[36]。另有研究表明, $SHR \geq 1.23$ 是合并糖尿病 AMI 患者发生 AKI 的危险因素^[37]。可能的机制为 AMI 患者受到心输出量减少和静脉充血的影响,以及应激性高血糖导致炎症反应异常激活,氧化应激反应增加,AGEs 加速生成,进而加重了 AKI^[38-39]。此外,应激性血糖升高引起渗透性利尿可导致血容量不足,进一步加重肾脏负担^[37]。对于低水平 SHR 导致 AKI 机制可能为低血糖情况下,交感神经激活引起肾上腺素和去甲肾上腺素的释放,诱导内皮功能障碍,炎症反应加剧,或是因为 HbA1c 水平较高,即提示近期血糖控制不佳引起^[40]。总之,SHR 的升高与降低都与 AMI 患者发生 AKI 密切相关。在 AMI 治疗过程中,除了术后常规医嘱,需要密切监测血糖水平,降低 AKI 发生风险。

5 结论与展望

5.1 结论 应激性高血糖是机体在急危重情况下出现的血糖升高,它可以反映机体的应激情况及 AMI 患者预后情况。本研究重点叙述了应激性高血糖与

AMI 的相关机制,综述了 SHR 与 AMI 患者预后的关系,同时描述了 SHR 与 AMI 患者并发症发生的关系。总体而言,无论是否合并糖尿病,SHR 均可在一定程度上反映 AMI 患者的预后情况。

5.2 现阶段面临的问题 目前评估应激性高血糖最佳的衡量指标是 SHR,但仍需进一步进行大型临床试验进行验证,或者寻找更全面的指标进行评估。对于 SHR 的阈值、最佳控制范围尚需要进一步探究,以改善 AMI 患者的预后。

5.3 展望 全球 AMI 患者的数量不断增加,血糖紊乱可引起机体代谢综合征,对于应激性高血糖的识别、监测及调控可改善 AMI 患者的预后情况。影响血糖水平的因素很多,如应激状态、饮食状况、用药情况等,而 SHR 可相对性地代表应激性高血糖的水平,排除干扰因素,对患者病情的评估方面更准确、有效,使患者获益最大。未来尚需大量临床试验来证实 SHR 对 AMI 患者疾病严重程度及预后的预测价值,构建精确的预测模型或监测设备的研发,为临床医师调控血糖提供更多的证据及策略。

参考文献

- [1] 胡盛寿,王增武.《中国心血管健康与疾病报告 2022》概述[J]. 中国心血管病研究,2023,21(7):577-600.
- [2] ORELLANA-BARRIOS M A, FRIES J W, NUGENT K, et al. Evaluation of hemoglobin A1C and admission blood glucose as predictors of in-hospital and 12-month mortality in patients with stemi[J]. J Am Coll Cardiol, 2016, 67(13):498.
- [3] DJUPSIÖ C, KUHL J, ANDERSSON T, et al. Admission glucose as a prognostic marker for all-cause mortality and cardiovascular disease[J]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21(1):258.
- [4] MAMADJANOV T, VOLAKLIS K, HEIER M, et al. Admission glucose level and short-term mortality in older patients with acute myocardial infarction; results from the KO-RA myocardial infarction registry[J]. BMJ Open, 2021, 11(6):e046641.
- [5] 齐敏,孙耕耘.慢性阻塞性肺疾病患者预后营养指数与抑郁症状的关联[J]. 中国当代医药,2024,31(19):110-114.
- [6] ROBERTS G W, QUINN S J, VALENTINE N, et al. Relative hyperglycemia, a marker of critical illness; introducing the stress hyperglycemia ratio[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2015, 100(12):4490.
- [7] 马瑞聪,丁彦春.急性心肌梗死后应激性高血糖的研究进展[J]. 心血管病学进展,2023,44(3):198-202.
- [8] DUNGAN K M, BRAITHWAITE S S, PREISER J C. Stress hyperglycaemia[J]. Lancet, 2009, 373(9677):1798-1807.
- [9] SIA C H, CHAN M H, ZHENG H, et al. Optimal glucose, HbA1c, glucose-HbA1c ratio and stress-hyperglycaemia ratio cut-off values for predicting 1-year mortality in diabetic and non-diabetic acute myocardial infarction patients[J]. Cardiovasc Diabetol, 2021, 20(1):211.
- [10] NATHAN D M, KUENEN J, BORG R, et al. Translating the A1C assay into estimated average glucose values[J]. Diabetes Care, 2008, 31(8):1473-1478.
- [11] LI L, ZHAO M, ZHANG Z, et al. Prognostic significance of the stress hyperglycemia ratio in critically ill patients[J]. Cardiovasc Diabetol, 2023, 22(1):275.
- [12] ZHOU Y, LIU L, HUANG H, et al. Stress hyperglycemia ratio and in-hospital prognosis in non-surgical patients with heart failure and type 2 diabetes[J]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21(1):290.
- [13] MUSCARI A, FALCONE R, RECINELLA G, et al. Prognostic significance of diabetes and stress hyperglycemia in acute stroke patients[J]. Diabetol Metab Syndr, 2022, 14(1):126.
- [14] CERIELLO A, QUAGLIARO L, D'AMICO M, et al. Acute hyperglycemia induces nitrotyrosine formation and apoptosis in perfused heart from rat[J]. Diabetes, 2002, 51(4):1076-1082.
- [15] ABDU F A, GALIP J, QI P, et al. Association of stress hyperglycemia ratio and poor long-term prognosis in patients with myocardial infarction with non-obstructive coronary arteries[J]. Cardiovasc Diabetol, 2023, 22(1):11.
- [16] BABEL R A, DANDEKAR M P. A Review on cellular and molecular mechanisms linked to the development of diabetes complications[J]. Curr Diabetes Rev, 2021, 17(4):457-473.
- [17] GUGLIELMINI G, FALCINELLI E, PISELLI E, et al. Gestational diabetes mellitus is associated with in vivo platelet activation and platelet hyperreactivity[J]. Am J Obstet Gynecol, 2025, 232(1):120.
- [18] XANTHOPOULOS A, BUTLER J, PARISSIS J, et al. Acutely decompensated versus acute heart failure: two different entities[J]. Heart Fail Rev, 2020, 25(6):907-916.
- [19] DING L, ZHANG H, DAI C, et al. The prognostic value of the stress hyperglycemia ratio for all-cause and cardiovascular mortality in patients with diabetes or prediabetes; insights from NHANES 2005-2018[J]. Cardiovasc Diabetol, 2024, 23(1):84.
- [20] GAO S, LIU Q, DING X, et al. Predictive value of the acute-to-chronic glycemic ratio for in-hospital outcomes in patients with ST-segment elevation myocardial infarction

- undergoing percutaneous coronary intervention[J]. *Angiology*, 2020, 71(1): 38-47.
- [21] CUI K, FU R, YANG J, et al. The impact of fasting stress hyperglycemia ratio, fasting plasma glucose and hemoglobin A1c on in-hospital mortality in patients with and without diabetes; findings from the China acute myocardial infarction registry[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 165.
- [22] FU R, CUI K, YANG J, et al. Fasting stress hyperglycemia ratio and in-hospital mortality after acute myocardial infarction in patients with different glucose metabolism status; results from China acute myocardial infarction registry[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2023, 196: 110241.
- [23] MARENZI G, COSENTINO N, MILAZZO V, et al. Prognostic value of the acute-to-chronic glycemic ratio at admission in acute myocardial infarction: a prospective study[J]. *Diabetes Care*, 2018, 41(4): 847-853.
- [24] LIU J, ZHOU Y, HUANG H, et al. Impact of stress hyperglycemia ratio on mortality in patients with critical acute myocardial infarction; insight from american MIMIC-IV and the chinese CIN-Ⅱ study[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 281.
- [25] KARAKASIS P, STALIKAS N, PATOULIAS D, et al. Prognostic value of stress hyperglycemia ratio in patients with acute myocardial infarction: a systematic review with bayesian and frequentist Meta-analysis[J]. *Trends Cardiovasc Med*, 2024, 34(7): 453-465.
- [26] GAO S, HUANG S, LIN X, et al. Prognostic implications of stress hyperglycemia ratio in patients with myocardial infarction with nonobstructive coronary arteries[J]. *Ann Med*, 2023, 55(1): 990-999.
- [27] LIU H H, ZHANG M, GUO Y L, et al. Association of acute glycemic parameters at admission with cardiovascular mortality in the oldest old with acute myocardial infarction[J]. *J Geriatr Cardiol*, 2024, 21(3): 349-358.
- [28] MONE P, LOMBARDI A, SALEMME L, et al. Stress hyperglycemia drives the risk of hospitalization for chest pain in patients with ischemia and nonobstructive coronary arteries (INOCA)[J]. *Diabetes Care*, 2023, 46(2): 450-454.
- [29] CHEN Q, SU H, YU X, et al. The stress hyperglycemia ratio improves the predictive ability of the GRACE score for in-hospital mortality in patients with acute myocardial infarction[J]. *Hellenic J Cardiol*, 2023, 70: 36-45.
- [30] SCHMITT J, DURAY G, GERSH B J, et al. Atrial fibrillation in acute myocardial infarction; a systematic review of the incidence, clinical features and prognostic implications[J]. *European Heart Journal*, 2009, 30(9): 1038-1045.
- [31] LUO J, LI Z, QIN X, et al. Association of stress hyperglycemia ratio with in-hospital new-onset atrial fibrillation and long-term outcomes in patients with acute myocardial infarction[J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2024, 40(2): e3726.
- [32] KATO T, YAMASHITA T, SEKIGUCHI A, et al. AGEs-RAGE system mediates atrial structural remodeling in the diabetic rat[J]. *Cardiovasc electrophysiol*, 2008, 19(4): 415-420.
- [33] PAN L, LI Z, LI C, et al. Stress hyperglycemia ratio and neutrophil to lymphocyte ratio are reliable predictors of new-onset atrial fibrillation in patients with acute myocardial infarction[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 1051078.
- [34] LIN Z, LIANG X, ZHANG Y, et al. Positive association between stress hyperglycemia ratio and pulmonary infection in patients with ST-segment elevation myocardial infarction undergoing percutaneous coronary intervention[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 76.
- [35] DANDONA P. Insulin infusion in acute illness[J]. *J Clin Invest*, 2005, 115(8): 2069-2072.
- [36] SHAN Y, LIN M, GU F, et al. Association between fasting stress hyperglycemia ratio and contrast-induced acute kidney injury in coronary angiography patients; a cross-sectional study[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1300373.
- [37] GAO S, LIU Q, CHEN H, et al. Predictive value of stress hyperglycemia ratio for the occurrence of acute kidney injury in acute myocardial infarction patients with diabetes[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2021, 21(1): 157.
- [38] DAMMAN K, TESTANI J M. The kidney in heart failure: an update[J]. *Eur Heart J*, 2015, 36(23): 1437-1444.
- [39] ZHAO M, WANG S, ZUO A, et al. HIF-1 α /JMJD1A signaling regulates inflammation and oxidative stress following hyperglycemia and hypoxia-induced vascular cell injury[J]. *Cell Mol Biol Lett*, 2021, 26(1): 40.
- [40] CERIELLO A, MONNIER L, OWENS D. Glycaemic variability in diabetes: clinical and therapeutic implications[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2019, 7(3): 221-230.