

本文引用: 林佳佳, 曲晨, 刘正霞, 等. 应激性高血糖比值与缺血性心脏病相关研究进展[J]. 中国动脉硬化杂志, 2025, 33(9): 810-814. DOI: 10.20039/j.cnki.1007-3949.2025.09.010.

· 文献综述 ·

[文章编号] 1007-3949(2025)33-09-0810-05

应激性高血糖比值与缺血性心脏病相关研究进展

林佳佳, 曲晨, 刘正霞, 鲁一兵

南京医科大学第二附属医院, 江苏省南京市 210011

[摘要] 缺血性心脏病是以心脏血流量减少、心肌需氧和供氧失衡为特征的临床疾病。既往研究表明应激性高血糖与急性心肌梗死、心力衰竭患者死亡率增加相关,是缺血性心脏病不良预后危险因素。应激性高血糖比值是根据入院随机血糖与糖化血红蛋白通过数学模型计算所得的数值,是一种可以更准确评估应激性高血糖的新指标。近期研究发现,应激性高血糖比值与冠状动脉疾病、急性心肌梗死及缺血性心脏病导致的心力衰竭密切相关。文章从三个方面综述了应激性高血糖比值与缺血性心脏病的相关研究进展,应激性高血糖比值有可能作为缺血性心脏病疾病危险分层、评估预后的生物化学指标。

[关键词] 应激性高血糖比值; 缺血性心脏病; 急性心肌梗死; 心力衰竭; 应激性高血糖

[中图分类号] R5

[文献标识码] A

Research advances on the correlation between stress hyperglycemia ratio and ischemic heart disease

LIN Jiajia, QU Chen, LIU Zhengxia, LU Yibing

The Second Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu 210011, China

[ABSTRACT] Ischemic heart disease (IHD) is a clinical disease characterized by reduced cardiac blood flow and imbalanced myocardial oxygen supply-demand. Previous studies have shown that stress hyperglycemia is associated with increased mortality in patients with acute myocardial infarction and heart failure, and is a poor prognostic risk factor for ischemic heart disease. Stress hyperglycemia ratio (SHR) is a value calculated based on the random blood glucose and glycosylated hemoglobin levels at admission through a mathematical model. As a novel indicator, it enables more accurate assessment of stress hyperglycemia. Recent studies have found that SHR is closely related to coronary artery disease, acute myocardial infarction, and heart failure caused by IHD. This article reviews the research progress on the association between SHR and IHD from three aspects. SHR may serve as a biochemical marker for risk stratification, prognosis assessment of IHD.

[KEY WORDS] stress hyperglycemia ratio; ischemic heart disease; acute myocardial infarction; heart failure; stress hyperglycemia

缺血性心脏病(ischemic heart disease, IHD)是一种慢性、进行性疾病,其特征是心脏血流量减少导致心肌需氧和供氧失衡。潜在的病理过程最常见于冠状动脉粥样硬化性阻塞或痉挛、微血管功能障碍。由于斑块破裂引起急性血栓形成事件, IHD由稳定状态可转变为急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)等急性疾病状态,可发展

为心力衰竭(heart failure, HF),其死亡率呈现增长趋势^[1]。应激性高血糖比值(stress hyperglycemia ratio, SHR)是根据入院随机血糖(admission blood glucose, ABG)与糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c)通过数学模型计算所得的数值^[2]。应激性高血糖(stress hyperglycemia, SH)是指在急性疾病状态下短暂的血糖升高现象。既往研究者将

[收稿日期] 2024-09-24

[修回日期] 2024-11-09

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(81971317)

[作者简介] 林佳佳, 硕士研究生, 主治医师, 研究方向为应激性高血糖比值与糖尿病血管并发症相关研究, E-mail: linjiajia0104@126.com. 通信作者鲁一兵, 博士, 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为糖尿病大血管并发症发病机制及干预的研究, E-mail: luyibing2004@126.com.

急性疾病状态下患者 ABG 作为应激性高血糖指标,但其数值受急性应激状态和入院前近期血糖水平影响,不能准确评估应激状态下血糖升高的幅度。HbA1c 是反映近 2~3 个月内血糖水平的公认标志物,可用于评估入院前 2~3 个月血糖水平。SHR 将 ABG 与近期血糖浓度进行校正,作为更准确评估应激性高血糖的新指标^[2]。既往研究表明应激性高血糖与 AMI、心力衰竭患者的死亡率增加有关^[3-4],影响 IHD 预后。本文重点综述了 SHR 与 IHD 的相关性,SHR 有可能作为 IHD 疾病危险分层、评估预后的生物化学指标。

1 SHR 与冠状动脉疾病

冠状动脉疾病(coronary artery disease,CAD)是冠状动脉内的粥样硬化斑块引起的心血管疾病,斑块可以减少或完全阻止心肌的血液供应,进而引起心绞痛或心肌梗死,其死亡率高,对公共卫生造成严峻考验。高血糖、高血压、高血脂、吸烟、高盐高脂饮食等都是 CAD 的高危因素^[5],早期识别高危因素和管理风险因素,可以降低 CAD 的发病率和死亡率。

Zhang 等^[6]对 987 例接受冠状动脉造影(coronary angiography,CAG)术的 CAD 患者进行了回顾性分析,旨在探讨 SHR 与 CAD 病情严重程度之间的关联,以及在不同葡萄糖代谢状态下两者之间的相关性。该研究根据 CAG 结果将 CAD 患者分为单支病变组和多支病变组,结果表明多支病变组的 SHR 比单支病变组明显升高,提示高 SHR 与 CAD 多支血管病变风险有明显相关性。另外,针对葡萄糖代谢状况,将研究对象划分为正常血糖组、糖尿病前期组和糖尿病组,结果表明在糖尿病前期组和糖尿病组中,SHR 与多支血管病变风险显著相关。既往研究表明,冠状动脉狭窄血管的数量与 CAD 病情严重程度相关,因此可以将 SHR 用作糖尿病前期和糖尿病患者 CAD 严重程度的预测因素。一项大规模队列研究^[7]以冠状动脉三支病变(coronary three-vessel disease,CTVD)患者为研究对象,研究高 SHR 对 CTVD 患者不良临床结局的预测作用,结果显示无论葡萄糖代谢状态如何,SHR 均是伴或不伴糖尿病的 CTVD 患者不良心血管结局的重要预测因子,SHR 与多支血管病变 CAD 的预后相关。这为临床实践中对 CAD 风险的评估提供了新的视角,监测 SHR 可能有助于更准确地评估患者的病情严重程度。

SYNTAX 评分以冠状动脉影像的解剖特征为依据,量化冠状动脉病变的复杂程度,评分越高,表明 CAD 的复杂性越高。SYNTAX 评分是复杂 CAD 患者疾病风险分层的有效工具,在经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention,PCI)或冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting,CABG)之间选择最佳血运重建策略^[8-9]。一项涉及 4 715 例急性冠脉综合征(acute coronary syndrome,ACS)的研究探讨 ACS 患者中 SHR 与 CAD 复杂性之间的关系,使用 SYNTAX 评分评估 CAD 复杂性,并将其分成低分组(≤ 22 分)和中高分组(> 22 分)。结果显示,SHR 是 SYNTAX 评分中高分组的独立危险因素。当 SHR 超过 0.875 或低于 0.68 时,SHR 与 SYNTAX 评分中高分组的相关性显著增加,SHR 与 CAD 复杂性之间存在 U 形相关性^[10]。既往研究表明,在血糖正常者和 2 型糖尿病患者中,与恒定高血糖相比,波动的血糖更易引起内皮功能障碍,并加剧氧化应激反应^[11],内皮功能障碍导致冠状动脉血管舒张功能障碍,氧化应激损伤心肌收缩力。昼夜血糖波动与 CAD 严重程度相关^[12]。血糖波动对 CAD 的影响,是否与 SHR 和 CAD 复杂性之间呈 U 形相关性的机制相关尚待研究。

2 SHR 与 AMI

2.1 SHR 与 AMI 患者预后相关

Xu 等^[13]的研究纳入了 274 家急救中心共 7 476 例 ST 段抬高型心肌梗死(ST-segment elevation myocardial infarction,STEMI)患者,通过随访 30 天内主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular events,MACE)和全因死亡率,旨在评估 SHR 对预测 STEMI 患者预后的应用价值。结果显示,SHR 与 STEMI 患者的 MACE 风险和死亡率独立相关,是 STEMI 患者预后不良的有效预测因子。一项纳入了多中心 AMI 登记处的 6 892 例 AMI 患者的研究^[14],旨在探讨糖尿病和非糖尿病的 AMI 患者 SHR 与长期死亡率的关系,主要终点事件为 2 年时的全因死亡率。结果表明,无论有无糖尿病,与低 SHR 患者相比,高 SHR 患者的全因死亡率更高。高 SHR 与 AMI 患者的短期(30 天)全因死亡率、长期(2 年)全因死亡率、短期(30 天)MACE 风险相关,SHR 很有可能是 AMI 患者风险分层的有用标志物,需进一步研究高 SHR 的临界值,以及根据 SHR 临界值治疗 AMI 是否有效。

一项队列研究^[15]通过分析 MIMIC-IV 数据库中 1 961 例首次诊断为 AMI 的患者数据,研究 SHR 与 AMI 患者 90 天和 180 天死亡率之间的关系。结果显示,在首次诊断为 AMI 的患者中,SHR 与 90 天和 180 天死亡率之间存在 J 形相关性。当 SHR 超过 0.9 时,SHR 与 90 天和 180 天死亡率明显相关,当 SHR 低于 0.9 时,其与 90 天和 180 天死亡率无显著相关性,SHR 的不良预后拐点为 0.9。该研究揭示了 SHR 与 AMI 患者 90 天和 180 天死亡率之间存在非线性关联,其可能的原因有两方面。首先,选择偏倚可能是一个因素,因为并非所有 AMI 患者在住院期间都测量 HbA1c,导致在回顾性研究中未将这部分患者纳入研究,是否选择偏倚影响了非线性相关性,尚需进一步研究来验证。其次,低 SHR 与 AMI 患者的预后有关联。低 SHR 可能有两种情况:一是在糖尿病患者中,见于低血糖患者。既往研究已表明,低血糖与 STEMI 患者死亡率增加相关^[16],低血糖与心血管疾病风险相关^[17]。二是在非糖尿病患者中,见于糖尿病前期患者。糖尿病前期包括空腹血糖受损、糖耐量受损和高风险 HbA1c 浓度,与心血管疾病风险相关^[18]。SHR 与 CAD 复杂性之间存在 U 形相关性,同样表明非线性关系。低 SHR 与 AMI 患者预后是否相关以及 SHR 与 AMI 患者死亡率的非线性关系还有待进一步研究。

2.2 SHR 与急性 STEMI 患者冠状动脉血栓负荷相关

一项纳入 227 例在症状发作后 12 h 内接受直接 PCI 的 STEMI 合并糖尿病患者的研究^[19],探讨了 SHR 与急性 STEMI 患者冠状动脉血栓负荷的相关性。冠状动脉内血栓根据冠状动脉血管造影中心肌梗死溶栓(thrombolysis in myocardial infarction, TIMI)分级分为 5 级。该研究将患者分为小血栓负荷(small thrombus burden, STB)组(TIMI 血栓分级<4 级)和大血栓负荷(large thrombus burden, LTB)组(TIMI 血栓分级 4 级或 5 级),结果发现高 SHR(≥ 1.19)是大血栓负荷的独立预测因子。研究显示,在接受直接 PCI 的 STEMI 合并糖尿病患者中,高 SHR 值与大血栓负荷独立相关,应激性高血糖可能在冠状动脉内血栓形成中起重要作用。

2.3 SHR 提高了全球急性冠状动脉事件登记评分对 AMI 患者住院死亡率的预测能力

全球急性冠状动脉事件登记(global registry of acute coronary events, GRACE)评分可以根据患者的一系列临床特征来预测 AMI 患者院内死亡率。在 GRACE 评分系统中,计算院内死亡风险基于 8 个变

量,分别为年龄、心率、收缩压、心脏生物标志物、ST 段变化、Killip 分级、血肌酐和入院时心搏骤停,其中不包括糖代谢相关指标^[20]。

一项纳入 613 例 AMI 患者的回顾性观察性队列研究^[21],探讨了 SHR 和 GRACE 评分在预测 AMI 患者住院死亡率方面的价值,以及将 SHR 加入 GRACE 评分的潜在附加价值。结果表明,在 AMI 患者中 SHR 是院内死亡率的独立预测因子,并提高了 GRACE 评分模型对 AMI 住院死亡率的预测能力。但由于这项研究样本量小,是否将 SHR 作为变量纳入预测 AMI 患者院内死亡风险的 GRACE 评分模型中有待进一步研究。

2.4 SHR 与冠状动脉非阻塞性心肌梗死患者不良预后相关

冠状动脉非阻塞性心肌梗死(myocardial infarction with non-obstructive coronary artery, MINOCA)作为一种特殊类型的 AMI,其特征是临床证据显示心肌梗死但血管造影显示冠状动脉狭窄程度<50%,具有较高的 MACE 风险^[22],主要发病机制为冠状动脉粥样硬化斑块破裂、冠状动脉夹层、冠状动脉痉挛及冠状动脉微血管痉挛等^[23]。一项前瞻性队列研究^[24]纳入了 1 179 例 MINOCA 患者,通过随访分析 SHR 水平与 MACE 之间的关系。在平均 3.5 年的随访中,MACE 的发生率随着 SHR 水平的升高而显著增加。结果表明,在 MINOCA 患者中,SHR 升高与 MACE 风险增加有很强的相关性。一项纳入 410 例 MINOCA 患者的研究^[25]同样表明,SHR 与 MINOCA 患者的 MACE 风险独立相关,且 SHR 预测 MINOCA 患者 MACE 风险最佳阈值为 0.86。能否将 SHR 最佳阈值作为有效治疗、控制病情的目标值,有待进一步进行前瞻性研究。

3 SHR 与 IHD 导致的心力衰竭

3.1 SHR 与 IHD 导致的急性心力衰竭

心脏磁共振(cardiac magnetic resonance, CMR)可以提供有关心脏功能和分析心肌组织的数据,通过对 CMR 成像的分析可以获得左心室整体功能指数(left ventricular global function index, LVGFI)数值,磁共振成像 LVGFI 是一种新的心功能评估指标^[26]。Bo 等^[27]以 STEMI 患者为研究对象,利用 CMR 成像,研究空腹 SHR(根据患者空腹状态下 ABG 和 HbA1c 计算所得的数值)与左心室功能的关系,结果显示空腹 SHR 与 LVGFI 呈负相关,高空腹 SHR 患者左心室功能明显受损。在 STEMI 患者

中,空腹 SHR 与左心室功能受损独立相关,STEMI 患者左心室功能受损容易发生充血性心力衰竭。

3.2 SHR 与 IHD 导致的慢性心力衰竭

一项回顾性多中心研究^[28]纳入了 2 386 例接受 PCI 术的 AMI 患者,分析了 SHR 对 AMI 后心力衰竭的影响,主要终点包括首次住院期间心力衰竭和出院后心力衰竭相关事件(死亡、心力衰竭恶化和因心力衰竭再住院)。研究表明,在接受 PCI 的 AMI 患者中,SHR 可预测住院期间和出院后的心力衰竭事件,SHR 最佳截断值为 1.45,SHR 确定为出院后心力衰竭事件的独立预测因子。对于 AMI 后急性心力衰竭和慢性心力衰竭,SHR 可能为有用的风险分层指标。需要进一步研究来阐明 SHR 对 AMI 后心力衰竭事件的预后价值,以及 SHR 最佳临界值。

高 SHR 与 AMI 后发生心力衰竭的可能机制包括以下四方面。(1)内皮功能障碍:应激性高血糖与反调节激素和胰岛素抵抗相关^[29]。在胰岛素抵抗的情况下,内皮细胞功能紊乱,一氧化氮释放减少,进而引起冠状动脉舒张功能不全。升高的血糖促进内皮细胞合成内皮素 1,内皮素 1 促进炎症并引起血管平滑肌细胞收缩与细胞增殖,加剧局部心肌缺血^[30],影响心脏的泵血功能。(2)氧化应激和炎症:还原型烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(nicotinamide adenine dinucleotide phosphate, NADPH)氧化酶的活化是心脏活性氧(reactive oxygen species, ROS)的主要来源。应激性高血糖时 NADPH 氧化酶活性增加,导致线粒体 ROS 过度生成。ROS 在氧化应激和炎症中起关键作用,二者会影响心肌代谢,损害心肌收缩力^[29-30]。(3)凝血激活与纤维蛋白溶解受损:应激性高血糖时,凝血因子 VII 及组织因子增多,激活凝血过程。同时,纤溶酶原激活物抑制剂增多,抑制纤维蛋白溶解^[30]。凝血因子增多和纤维蛋白溶解受损是血栓前状态的基础^[31]。凝血激活与纤维蛋白溶解受损易诱发新的血栓形成事件,可进一步加剧心肌缺血。(4)游离脂肪酸增加:胰岛素抵抗及儿茶酚胺过度分泌会加速脂肪分解,促使循环中游离脂肪酸释放,进而降低心肌收缩力,并增加心律失常的风险^[30]。

4 总结和展望

SHR 与 CAD 严重程度相关,与 CAD 复杂性之间存在 U 形相关性,表明 SHR 在评估 CAD 病情上

具有潜在的预测价值。SHR 与 AMI 患者的 MACE 风险和死亡率密切相关,表明 SHR 是一个重要的预后指标。SHR 与 STEMI 患者冠状动脉血栓负荷相关,暗示应激性高血糖可能在血栓形成中起作用。SHR 提高了 GRACE 评分模型对 AMI 住院死亡率的预测能力,显示了其在风险评估中的价值。SHR 可预测 AMI 后急性心力衰竭和慢性心力衰竭事件,可能为心肌梗死后心力衰竭危险分层的一个有用工具,有助于识别高风险群体。SHR 作为应激性高血糖的新指标,具有更好的风险预测能力,可作为有效控制血糖的潜在目标值,需要进一步证实 SHR 与 AMI 是否为非线性关系,进一步确定高、低 SHR 数值。

综上所述,SHR 是一个有潜力的生物化学指标,为 IHD 疾病危险分层、预后评估和疾病治疗提供有力工具。需进一步研究 SHR 在 IHD 中的应用价值,以及其是否可用于人群前瞻性队列研究。

【参考文献】

- [1] JENSEN R V, HJORTBAK M V, BØTKER H E. Ischemic heart disease: an update[J]. *Semin Nucl Med*, 2020, 50(3): 195-207.
- [2] 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): 4490-4497.
- [3] 樊宗成. 急性心肌梗死伴应激性高血糖患者冠状动脉造影及临床分析[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2014, 22(4): 404-406.
FAN Z C. Clinical analysis of coronary angiography with stress hyperglycemia in acute myocardial infarction[J]. *Chin J Arterioscler*, 2014, 22(4): 404-406.
- [4] PAOLISSO P, FOÀ A, BERGAMASCHI L, et al. Impact of admission hyperglycemia on short and long-term prognosis in acute myocardial infarction: MINOCA versus MIOCA [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2021, 20(1): 192.
- [5] SHAO C, WANG J, TIAN J, et al. Coronary artery disease: from mechanism to clinical practice[J]. *Adv Exp Med Biol*, 2020, 1177: 1-36.
- [6] ZHANG Y, SONG H, BAI J, et al. Association between the stress hyperglycemia ratio and severity of coronary artery disease under different glucose metabolic states[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 29.
- [7] QIAO Z, BIAN X, SONG C, et al. High stress hyperglycemia ratio predicts adverse clinical outcome in patients with coronary three-vessel disease: a large-scale cohort study[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2024, 23(1): 190.
- [8] KUNDU A, SARDAR P, O'DAY K, et al. SYNTAX score and outcomes of coronary revascularization in diabetic patients[J]. *Curr Cardiol Rep*, 2018, 20(5): 28.
- [9] BUNDHUN P K, BHURTU A, HUANG F. Worse clinical outcomes following percutaneous coronary intervention with a high SYNTAX

- score: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(24): e7140.
- [10] ZHAO S, WANG Z, QING P, et al. Association of the stress hyperglycemia ratio with coronary artery disease complexity as assessed by the SYNTAX score in patients with acute coronary syndrome [J]. *Diabetol Metab Syndr*, 2024, 16(1): 139.
- [11] CERIELLO A, ESPOSITO K, PICONI L, et al. Oscillating glucose is more deleterious to endothelial function and oxidative stress than mean glucose in normal and type 2 diabetic patients [J]. *Diabetes*, 2008, 57(5): 1349-1354.
- [12] WATANABE M, KAWAI Y, KITAYAMA M, et al. Diurnal glycemic fluctuation is associated with severity of coronary artery disease in prediabetic patients: possible role of nitrotyrosine and glyceraldehyde-derived advanced glycation end products [J]. *J Cardiol*, 2017, 69(4): 625-631.
- [13] XU W, YANG Y M, ZHU J, et al. Predictive value of the stress hyperglycemia ratio in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction: insights from a multi-center observational study [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2022, 21(1): 48.
- [14] CUI K, FU R, YANG J, et al. Stress hyperglycemia ratio and long-term mortality after acute myocardial infarction in patients with and without diabetes: a prospective, nationwide, and multicentre registry[J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2022, 38(7): e3562.
- [15] HU B, CHEN X, WANG Y, et al. J-shaped relationship between stress hyperglycemia ratio and 90-day and 180-day mortality in patients with a first diagnosis of acute myocardial infarction: analysis of the MIMIC-IV database [J]. *Diabetol Metab Syndr*, 2024, 16(1): 132.
- [16] HUMOS B, MAHFOUD Z, DARGHAM S, et al. Hypoglycemia is associated with a higher risk of mortality and arrhythmias in ST-elevation myocardial infarction, irrespective of diabetes [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 940035.
- [17] 陈文明, 李东宝. 低血糖对心血管疾病预后的影响[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2013, 21(3): 280-284.
- CHEN W M, LI D B. The impact of hypoglycemia on the prognosis of cardiovascular diseases [J]. *Chin J Arterioscler*, 2013, 21(3): 280-284.
- [18] BEULENS J, RUTTERS F, RYDÉN L, et al. Risk and management of pre-diabetes [J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2019, 26(2 suppl): 47-54.
- [19] CHU J, TANG J, LAI Y, et al. Association of stress hyperglycemia ratio with intracoronary thrombus burden in diabetic patients with ST-segment elevation myocardial infarction [J]. *J Thorac Dis*, 2020, 12(11): 6598-6608.
- [20] MARTHA J W, SIHITE T A, LISTINA D. The difference in accuracy between global registry of acute coronary events score and thrombolysis in myocardial infarction score in predicting in-hospital mortality of acute ST-elevation myocardial infarction patients [J]. *Cardiol Res*, 2021, 12(3): 177-185.
- [21] 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.
- [22] LINDAHL B, BARON T, ALBERTUCCI M, et al. Myocardial infarction with non-obstructive coronary artery disease [J]. *EuroIntervention*, 2021, 17(11): e875-e887.
- [23] 何传辉, 李姚娜, 杨慧宇. 冠状动脉非阻塞性心肌梗死的诊断及治疗进展 [J]. *中国动脉硬化杂志*, 2024, 32(3): 271-276.
- HE C H, LI Y N, YANG H Y. Progress in the diagnosis and treatment of myocardial infarction with non-obstructive coronary artery [J]. *Chin J Arterioscler*, 2024, 32(3): 271-276.
- [24] GAO S, HUANG S, LIN X, et al. Prognostic implications of stress hyperglycemia ratio in patients with myocardial infarction with non-obstructive coronary arteries [J]. *Ann Med*, 2023, 55(1): 990-999.
- [25] 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.
- [26] MEWTON N, OPDAHL A, CHOI E Y, et al. Left ventricular global function index by magnetic resonance imaging--a novel marker for assessment of cardiac performance for the prediction of cardiovascular events: the multi-ethnic study of atherosclerosis [J]. *Hypertension*, 2013, 61(4): 770-778.
- [27] BO K, LI W, ZHANG H, et al. Association of stress hyperglycemia ratio with left ventricular function and microvascular obstruction in patients with ST-segment elevation myocardial infarction: a 3.0 T cardiac magnetic resonance study [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2024, 23(1): 179.
- [28] OKITA S, SAITO Y, YAGINUMA H, et al. Impact of the stress hyperglycemia ratio on heart failure and atherosclerotic cardiovascular events after acute myocardial infarction [J]. *Circ J*, 2025, 89(3): 340-346.
- [29] BELLIS A, MAURO C, BARBATO E, et al. Stress-induced hyperglycaemia in non-diabetic patients with acute coronary syndrome: from molecular mechanisms to new therapeutic perspectives [J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(2): 775.
- [30] SCHEEN M, GIRAUD R, BENDJELID K. Stress hyperglycemia, cardiac glucotoxicity, and critically ill patient outcomes current clinical and pathophysiological evidence [J]. *Physiol Rep*, 2021, 9(2): e14713.
- [31] PANENI F, BECKMAN J A, CREAGER M A, et al. Diabetes and vascular disease: pathophysiology, clinical consequences, and medical therapy: part I [J]. *Eur Heart J*, 2013, 34(31): 2436-2443.

(此文编辑 许雪梅)