

应激性高血糖比值在疾病中的研究进展

代 欠^{1,2}, 李生兵^{1*}

¹重庆医科大学附属第二医院内分泌科, 重庆

²重庆医科大学研究生学院, 重庆

收稿日期: 2025年1月27日; 录用日期: 2025年2月21日; 发布日期: 2025年2月28日

摘 要

应激性高血糖比值(Stress Hyperglycemia Ratio, SHR)作为多种疾病发病和预后的一个重要生物标志物, 在临床研究与实践中逐渐受到关注。SHR是一种用于评估急性疾病状态下患者血糖水平变化的指标。它通过比较入院时即刻血糖和糖化血红蛋白(HbA1c)来计算, 以排除基线血糖水平的影响, 反映了真实的急性高血糖状态, 并可能通过减弱背景血糖状态的影响来更准确地识别应激性高血糖。已证明SHR是比动脉血气(arterial blood gas, ABG)更好的危重疾病预后预测因子。SHR作为一种相对简单的实验室指标, 其在多种疾病中的应用表明其具有较高的临床价值。它不仅可以帮助识别应激性高血糖的患者, 还可以用于评估患者的预后风险, 从而为临床决策提供重要参考。本文将聚焦于应激性高血糖比值在多种疾病中的研究进展。

关键词

应激性高血糖比值, 心肌梗死, 脑卒中, 糖尿病

Research Progress of Stress Hyperglycemia Ratio in Diseases

Qian Dai^{1,2}, Shengbing Li^{1*}

¹Department of Endocrinology, Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

²Graduate School, Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Jan. 27th, 2025; accepted: Feb. 21st, 2025; published: Feb. 28th, 2025

Abstract

Stress hyperglycemia ratio (SHR), as an important biomarker of pathogenesis and prognosis of

*通讯作者。

文章引用: 代欠, 李生兵. 应激性高血糖比值在疾病中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(2): 1627-1635.

DOI: 10.12677/acm.2025.152519

many diseases, has been paid more and more attention in clinical research and practice. SHR is an indicator used to assess changes in blood glucose levels in patients with acute disease. It is calculated by comparing blood glucose and glycosylated hemoglobin (HbA1c) on admission to exclude the effect of baseline blood glucose levels. It reflects the true state of acute Hyperglycemia and may more accurately identify Stress Hyperglycemia by weakening the influence of background glucose status. SHR has been proved to be a better predictor of critical disease prognosis than arterial blood gas (ABG). As a relatively simple laboratory index, the application of SHR in many diseases shows that it has high clinical value. It can not only help identify patients with Stress Hyperglycemia, but also can be used to assess the prognosis risk of patients, thus providing an important reference for clinical decision-making. This article will focus on the research progress of Stress Hyperglycemia Ratio in many diseases.

Keywords

Stress Hyperglycemia Ratio, Myocardial Infarction, Cerebral Apoplexy, Diabetes

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 应激性高血糖比值的定义

应激性高血糖比值(SHR)的引入旨在更准确地反映急性应激状态下的高血糖情况,因为传统的血糖指标如入院时即刻血糖可能受到患者慢性血糖控制状态的影响,而 SHR 则通过校正基线血糖水平,提供了一个更为可靠的急性高血糖评估工具,具体而言,SHR 的计算公式[1]为: $SHR = \frac{\text{入院时即刻血糖 (mmol/L)}}{[(1.59 \times \text{糖化血红蛋白(HbA1c)\%}) - 2.59]}$ 。SHR 作为一种比较血糖历史正常值与应激状态下血糖水平的指标,能有效反映个体对应激的生理反应。因 SHR 控制背景血糖,并被证明是比绝对高血糖症更好的危重病生物标志物。

2. 应激性高血糖状态下比值在心血管疾病中的研究进展

2.1. 应激性高血糖比值与心肌梗死

应激性高血糖比值与心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)之间存在密切的关系,且其对预后的影响显著。急性心肌梗死患者常伴随应激性高血糖的发生,这种高血糖状态不仅与机体的应激反应有关,还可能加重心肌损伤和增加死亡风险。多项研究表明[2], SHR 与心肌梗死患者的短期和长期预后密切相关。例如,研究发现 SHR 与心肌梗死后主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular events, MACEs)显著相关,且其预测能力优于传统的血糖指标如空腹血糖(fasting blood-glucose, FBG)或糖化血红蛋白(HbA1c)。同样,SHR 的预测价值在不同国家人群之间没有明显区别,在一项基于中、美两个数据库的研究[3]中可以看到,SHR 较高的患者 1 年全因死亡率高于低 SHR,在美国 MIMIC-IV 队列中,共有 319 名患者(23.8%)经历了全因死亡,其中第四四分位数死亡率最高($n = 109, 32.4\%$)。中国 CIN-II 队列的死亡率与美国 MIMIC-IV 队列相似:全因死亡 632 例(29.1%),其中第 4 四分位数死亡率最高($n = 184, 33.9\%$)。该项研究的亚组分析显示,SHR 与全因死亡率的相关性显示 J 形,尤其是在无糖尿病患者中,两者结果一致,可能与糖尿病患者在急性冠脉综合征前的血糖水平通常较高,与预后不良相关的阈值血糖水平可能会升高,这也表明在危重心肌梗死患者中,SHR 比入院血糖指数具有更好的血糖管理潜力。另外在基于亚洲人群的前瞻性研究中[4],急性冠脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)

植入洗脱支架的患者 2 年随访时应激性高血糖(SHR)与主要心血管不良事件(MACEs)发生率呈 U 型关联, SHR 不良预后拐点为 0.78。SHR 较高的患者在院内主要不良心血管事件的发生率显著增加, 尤其是在接受经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)的 ST 段抬高型心肌梗死患者中, SHR 被证实是独立的预测因子。对于糖尿病患者而言, SHR 提供了更为精确的预后评估工具, 糖尿病患者中 SHR 与死亡率和心肌梗死后并发症的风险显著相关, 而入院时的血糖水平则无法提供同样的预测价值。这表明 SHR 能够更好地捕捉到急性应激状态下的血糖波动, 从而为糖尿病患者提供更有效的风险评估。

2.2. 应激性高血糖比值与心力衰竭

应激性高血糖比值近年来在心力衰竭(heart failure, HF)研究中的应用逐渐受到关注, 其在预测心力衰竭患者预后方面具有潜在价值。研究表明[5], SHR 与心力衰竭患者的不良预后密切相关。例如, 研究发现 SHR 高的患者在心力衰竭住院期间的全因死亡率和心血管死亡率显著增加。此外, SHR 还被证明是心力衰竭患者复合事件风险的独立预测因子, 包括全因死亡、心血管死亡和心力衰竭再入院。这些结果[6]表明, SHR 可以作为心力衰竭患者长期不良预后的有效预测工具, 但没有说明具体是哪种心衰类型或者它们之间有无差异性。此外, 也有研究[7]显示在合并糖尿病的心衰患者中, $SHR < 0.88$ 与三个月死亡风险增加两倍以上相关。而在非糖尿病患者中没有发现这种关联。由此可以看出糖尿病的存在, 在一定程度上影响 SHR 与死亡率的关系。应激性高血糖不仅会直接增加心力衰竭患者的死亡风险, 还会通过炎症、氧化应激等机制进一步恶化病情。在一项共纳入 8268 例慢性心力衰竭患者(chronic heart failure, CHF)的研究[8]中, 研究人员应用限制性三次样条分析来探讨 SHR 作为一个连续变量与急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)发生之间的关系。该研究揭示了 CHF 患者 SHR 和 AKI 之间的 u 型关系。值得注意的是, 在 SHR 值为 0.98 时出现了一个拐点, 这标志着评估该人群 AKI 的关键阈值。具体来说, 当 SHR 超过 0.98 时, 心力衰竭患者的急性肾损伤(AKI)风险显著增加。这提示 SHR 可能与心力衰竭的病理生理过程密切相关。SHR 作为一种反映应激性高血糖状态的指标, 在心力衰竭中的研究进展表明其具有重要的临床应用价值。然而, 这些研究都没有深入探讨 SHR 在心力衰竭患者中的具体作用机制。

2.3. 应激性高血糖比值与心房颤动

应激性高血糖比值作为急性冠脉综合征患者的一个重要指标, 其升高与不良临床结局密切相关, 包括心房颤动的发生。例如, 多项研究表明, SHR 水平较高的危重心房颤动患者与较高的全因死亡风险相关。此外, SHR 也被认为是评估心房颤动严重程度和指导治疗的重要指标。例如, 在心房颤动危重患者中, 较高的 SHR 指数水平与 30 天、90 天、180 天及 365 天的全因死亡风险显著相关。研究人员[9]从重症监护医疗信息市场 IV (MIMIC-IV)数据库中提取了患者数据。结局包括主要终点和次要终点, 主要终点是 30 天和 365 天的全因死亡率, 次要终点是 90 天和 180 天的全因死亡率。Cox 比例风险回归分析显示, 在 SHR 指数最高的四分位数中, 这些时间点的死亡风险显著更高。限制性三次样条分析显示, SHR 指数与全因死亡率呈 U 型关系, 30 天死亡率的拐点为 0.73, 365 天死亡率的拐点为 0.76。与 SHR 水平低于这些拐点的患者相比, SHR 水平较高的患者 30 天全因死亡率增加 69.9%, 365 天全因死亡率增加 61.6%。目前的研究表明, SHR 可能是一个有效的预测因子, 能够帮助识别心房颤动患者的高风险群体, 并指导临床干预措施。同时, 一项回顾性研究[10]的亚组分析中, 应激性高血糖比(SHR)的预后价值尤其在高血压患者中明显。敏感性分析在排除恶性肿瘤和心力衰竭队列后证实了心房颤动(房颤)重症患者应激性高血糖比(SHR)与全因死亡率之间的正相关, 强调了急性血糖失调对患者预后的重要意义。

3. 应激性高血糖比值在脑血管疾病中的研究进展

3.1. 应激性高血糖比值与脑卒中

应激性高血糖比值(SHR)在脑卒中中的研究进展主要集中在急性缺血性脑卒中(acute ischemic stroke, AIS)患者中, 其与预后、并发症及不良事件的关系得到了广泛探讨。其中, 有纳入 10 篇文献 meta 分析研究[11][12]表明, SHR 是急性缺血性脑卒中患者预后不良的重要预测因子, 六篇文章表明, AIS 后不良的短期结果与急性期较高的 SHR 相关。两篇文章表明 SHR 可以独立预测短期不良结果。此外, 一篇文章表明 SHR 与 AIS 患者的长期不良结局之间存在相关性, 而在这项研究中, 大部分研究仅限于中国, 还需要更多其他地区的研究来验证本研究结论的可靠性和普遍性。此外, 纳入的研究中只有一项对参与者进行了六个月的随访, 因此需要进一步研究 SHR 如何影响短期和长期的中风结果。例如, 研究[13]发现高 SHR 值与患者早期神经功能恶化、神经功能恢复不良、死亡率增加等密切相关。一项研究[14]的 Cox 回归分析显示, 应激性高血糖比(SHR)水平的提高与全因死亡率的增加有很强的相关性。应激性高血糖比率(SHR)较高的两组患者 30 天和 90 天死亡率显著高于较低的两组。无论糖尿病状况如何, 这种模式始终如一。同样的, Haowei Pan 等人的结果表明[15], 由葡萄糖/糖化血红蛋白比值定义的应激性高血糖比值与缺血性卒中患者的短期和长期死亡率增加有关, 与患者的糖尿病状态无关。应激性高血糖比值(SHR)在急性缺血性脑卒中中的作用显著, 它不仅能够反映患者的急性期血糖波动情况, 还与患者的神经功能预后、死亡率以及心血管事件风险密切相关。因此, 在临床实践中, 应重视对急性缺血性脑卒中患者的血糖监测和管理, 以改善患者的预后。

3.2. 应激性高血糖比值与脑出血

应激性高血糖在脑出血患者中普遍存在, 并且与病情严重程度、预后密切相关, 高血糖状态下, 氧化应激增加, 血管内皮细胞受损, 血-脑屏障破坏, 这些机制可能进一步加重脑出血后的神经损伤。有研究表明, SHR 与脑出血院内死亡和血肿扩大有关[16], 可作为脑出血院内预后的辅助指标。相关研究[17]分析了急性脑出血患者应激性高血糖与住院预后的关系, 比较了不同应激性高血糖指标对住院死亡的影响。我们发现高水平的 SHR 水平与住院死亡有关。同样的高水平的 SHR 水平的脑出血患者可能有死亡或血肿扩大的高风险。结果表明, 包括 SHR, 是有用的评估住院预后。更进一步的研究[18]探讨了应激性高血糖比(SHR)与动脉瘤性蛛网膜下腔出血(acute ischemic stroke, aSAH)患者不良预后之间存在线性关系(P 为非线性 = 0.609)。在所有研究的亚组中都观察到类似的模式。aSAH 患者应激性高血糖比(SHR)升高与一年后功能预后不良显著相关, 与糖尿病状态无关。

3.3. 应激性高血糖比值与谵妄

在 Quhong Song 等学者的研究[19]可以看出, 在老年住院患者中, SHR 与谵妄风险之间存在显著关联。在通过多变量模型分析, 调整了年龄、性别、白细胞计数、认知功能等因素后, SHR 仍被确认为谵妄的独立预测因子。其中亚组分析表明, 糖化血红蛋白 $< 6.5\%$ 患者应激性高血糖比(SHR)与谵妄的关系更为明显, 而糖化血红蛋白 $\geq 6.5\%$ 患者应激性高血糖比(SHR)与谵妄无明显相关性。可以得出: 较低和较高的应激性高血糖率(SHR)均与谵妄风险增加有关, 但仅在糖化血红蛋白 $< 6.5\%$ 的患者中。入院应激高血糖比(SHR)可作为谵妄的预测指标, 将该生物标志物纳入预测算法可能有助于谵妄危险分层, 尤其是糖化血红蛋白 $< 6.5\%$ 者。因此, 在临床实践中, 监测和管理 SHR 对于预防谵妄及其相关不良后果具有重要意义。

4. 应激性高血糖比值在感染中的研究进展

应激性高血糖可能通过多种机制影响感染风险。例如, 高血糖状态可能削弱机体的免疫功能, 导致

炎症反应加剧, 从而增加感染的可能性。应激性高血糖比值在感染中的研究进展主要集中在脓毒症、重症监护病房(ICU)患者以及手术后感染等方面。

4.1. 应激性高血糖比值与脓毒血症

脓毒血症是一种严重的感染性炎症反应综合征。其特点是明显的应激状态。Fengjuan Yan 的研究[20]结果显示, 重症脓毒症患者 SHR 与 28 天全因死亡率和住院死亡率呈 U 型关系。高 SHR 与不良事件风险增加显著相关。而较高水平的 SHR 与较低的 SHR 相比, 脓毒症患者 28 天死亡率和住院死亡率的增加显著相关($HR > 1, P < 0.05$)。因此提示这是脓毒症患者不良结局的潜在预测因子。同样在一项研究[21]中, SHR 与脓毒症患者死亡率也呈现出 U 型相关性, 表明 SHR 值低和高都与不良预后的风险增加有关。一项 1161 例脓毒症的相关研究[22]的 Kaplan-Meier 生存分析表明, 随着 SHR 四分位数的增加, 生存概率逐渐降低。SHR 的增加与 30 天死亡率和 1 年死亡率有很强的相关性。该研究也同样展现了脓毒症相关性急性肾损伤患者 SHR 的增加与 30 天和 1 年死亡率独立相关。SHR 作为脓毒血症患者预后评估的重要指标, 其升高与患者的不良预后密切相关。因此, 在临床实践中, 监测和管理 SHR 对于改善脓毒血症患者的预后具有重要意义。

4.2. 应激性高血糖比值与重症监护

在 ICU 危重患者中, 应激性高血糖被发现是感染的重要独立危险因素。应激性高血糖可能通过影响炎症因子的表达, 如 $TNF-\alpha$ 和 IL-6, 进而影响患者的预后。根据从 MIMIC-IV 中提取创伤/外科 ICU1744 例患者的临床资料。研究结果[23]表明: 多变量 Cox 比例风险分析表明, 应激性高血糖比率(SHR)的增加与 28 天死亡率和 365 天死亡率的增加显著相关。其中限制性三次样条曲线显示应激性高血糖比(SHR)与生存率呈“U 型”关系。由此可见应激性高血糖比值在 ICU 患者中是一个重要的预后指标, 其水平的变化可能影响患者的生存率和并发症的发生。也有研究表明[24], 非糖尿病患者比糖尿病患者更增加 ICU 死亡风险。SHR 与重症患者 ICU 死亡和 1 年全因死亡率有关, 对不同病情评分有增量预测价值。另一项研究表明[25] SHR 与危重病人短期和长期死亡率呈 U 型相关性, SHR 是预后不良的拐点是 0.96。因此, 在 ICU 管理中, 对高血糖的监测和控制显得尤为重要。

5. 应激性高血糖比值与肺炎

5.1. 应激性高血糖比值与社区获得性肺炎

在糖尿病住院肺炎患者中, SHR 与全身炎症呈 J 型相关[26], 与不良临床预后相关。将 SHR 纳入糖尿病住院患者的血糖管理可能是有益的, 特别是对于预防潜在的低血糖或识别严重肺炎或高血红蛋白 Ac 患者的相对葡萄糖不足。而对于非糖尿病的老年重症社区获得性肺炎[27]来说, SHR 水平均高于存活患者($P < 0.05$)。SHR 和淋巴细胞比例均显著增加死亡风险, 尤其是非糖尿病患者。Kaplan-Meier 分析显示, 无论糖尿病状态如何, $SHR < 1.14$ 的累积生存率均较高($P < 0.05$)。由此结论: SHR 升高是老年(severe community-acquired pneumonia, SCAP)社区获得性肺炎患者死亡的重要危险因素, 与糖尿病无关。严格的血糖控制和仔细监测 SHR 可以改善老年急性呼吸道疾病患者的预后。

5.2. 应激性高血糖比值与新型冠状病毒

应激性高血糖比值(SHR)与新型冠状病毒(COVID-19)感染之间存在一定的关联。在 COVID-19 患者中, 应激性高血糖是一种常见的现象, 特别是在重症患者中更为显著。这种高血糖状态可能与病毒感染引发的全身性炎症反应有关, 例如全身性炎症反应综合征(systemic inflammatory response syndrome, SIRS),

以及由于应激激素分泌增加导致的胰岛素抵抗。例如,在重症监护病房(ICU)中,SHR与死亡率之间存在U型关系,即当SHR处于0.75~0.99之间时,不良事件发生率最低;而当SHR超过0.96时,死亡风险显著增加[28]。此外,SHR较高的患者在机械通气和住院时间上也表现出更差的结果。糖尿病患者感染COVID-19后更容易出现应激性高血糖,并且这种高血糖状态与更严重的疾病和较差的预后相关。此外,糖尿病患者由于胰岛素抵抗和炎症反应的影响,更容易发展为应激性高血糖。

6. 应激性高血糖比值与代谢病

6.1. 应激性高血糖比值与糖尿病

SHR与糖尿病或糖尿病前期患者的全因死亡率和心血管死亡率有关。在一项样本量为1538例的研究表明[29],SHR与糖尿病患者全因死亡率呈U型相关,与心血管死亡率呈L型相关,SHR预后不良拐点分别为0.87和0.93。SHR对这些患者可能有预测价值。同样地,一项基于NHANES数据库的研究[30],显示SHR与全因死亡率和糖尿病死亡率也呈“U型”相关性,表明SHR的增加与不良事件的风险增加有关。其研究结果表明SHR可作为美国普通成年人全因死亡率和糖尿病死亡率的预测指标。SHR增高与预后不良的风险增加显著相关,尤其是小于65岁的人群和女性。同样的,SHR与糖尿病患者肾脏不良结局也呈“U型”相关[31],过高或过低与糖尿病患者肾脏不良结局密切相关。另一项研究[32]Kaplan-Meier曲线显示,SHR最低组和最高组的终末期肾病(end-stage renal disease, ESRD)发生率均高于中间组($P < 0.01$)。多因素分析证实了 $SHR < 0.7$ 和 $SHR \geq 0.94$,可以得出DKD患者SHR与ESRD呈U型关系。SHR值高和低都与风险增加相关,强调血糖管理在慢性糖尿病护理中的重要性。

6.2. 应激性高血糖比值与代谢综合症

同样地,根据一项代谢综合症患者的前瞻性队列研究[33],应激性高血糖比(SHR)与代谢综合症患者的全因死亡率和心血管疾病死亡率呈U型关系(非线性 P 均 < 0.001)。在调整混杂因素后,多变量Cox回归显示应激性高血糖比(SHR)与全因和心血管疾病死亡率的风险分别为1.256倍和1.023倍。结论:应激性高血糖比(SHR)与代谢综合症患者(metabolic syndrome, MetS)患者全因和心血管疾病死亡率独立相关,与临床终点呈U型关系。

7. 应激性高血糖比值在其他患者的研究进展

7.1. 应激性高血糖比值与银屑病

在一项样本量为288例银屑病患者的前瞻性队列研究[34]中,Kaplan-Meier分析表明,应激高血糖比(SHR)值越高,全因死亡率风险越高。应激性高血糖比(SHR)与全因死亡率呈U型关系。ROC曲线分析确定了预测银屑病患者长期全因死亡率的最佳应激高血糖比(SHR)临界值为1.045。由此可以得出应激性高血糖比(SHR)升高与银屑病患者全因死亡率独立相关,与临床终点呈U型关系。最佳应激高血糖比(SHR)临界值为1.045,已经被确定为临床预后的预测因子。

7.2. 应激性高血糖比值与食道鳞癌

而在对356例因食管鳞癌(squamous cell carcinoma of esophagus, ESCC)行食管切除术并入住重症监护病房(ICU)的患者进行回顾性研究[35]中。多变量logistic回归分析,显示SHR与30天和90天死亡率独立相关;每增加0.1天,30/90天死亡率升高3%~4%。在本研究中,我们可以发现血糖的相对升高,如SHR与食管癌切除术后重症监护病房(ICU)患者较高的30/90天死亡率独立相关,而绝对高血糖则无关。

7.3. 应激性高血糖比值与非酒精性脂肪肝

应激性高血糖比值(SHR)与非酒精性脂肪肝(non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD)风险之间的关系仍未进一步被研究清楚。从 2017~2020 年国家健康和营养调查(NHANES)中的一项研究[36]可以看出 logistic 回归模型显示 SHR 水平与 NAFLD 风险呈正相关。具体来说, SHR 的标准差每增加一个, NAFLD 的风险增加 20%。趋势检验和限制三次样条均表明两个变量之间存在线性关系。因此, SHR 被认为是预测美国成人糖尿病或糖尿病前期 NAFLD 风险的一个有价值的指标。

8. 小结与展望

应激性高血糖比值作为一种新型的临床指标,已经在多个领域显示出其在预测患者预后方面的潜力。然而,由于其应用范围广泛且涉及多种疾病,仍需更多的临床试验和大规模队列研究来验证其在不同人群中的有效性和可靠性。未来的研究应更加关注 SHR 与其他生物标志物的联合应用,以期临床提供更精准的预后评估工具。

参考文献

- [1] Roberts, G.W., Quinn, S.J., Valentine, N., Alhawassi, T., O'Dea, H., Stranks, S.N., *et al.* (2015) Relative Hyperglycemia, a Marker of Critical Illness: Introducing the Stress Hyperglycemia Ratio. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **100**, 4490-4497. <https://doi.org/10.1210/jc.2015-2660>
- [2] Xu, W., Yang, Y., Zhu, J., Wu, S., Wang, J., Zhang, H., *et al.* (2022) Predictive Value of the Stress Hyperglycemia Ratio in Patients with Acute ST-Segment Elevation Myocardial Infarction: Insights from a Multi-Center Observational Study. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 48. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01479-8>
- [3] Liu, J., Zhou, Y., Huang, H., Liu, R., Kang, Y., Zhu, T., *et al.* (2023) 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. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 281. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-02012-1>
- [4] Yang, J., Zheng, Y., Li, C., Gao, J., Meng, X., Zhang, K., *et al.* (2022) The Impact of the Stress Hyperglycemia Ratio on Short-Term and Long-Term Poor Prognosis in Patients with Acute Coronary Syndrome: Insight from a Large Cohort Study in Asia. *Diabetes Care*, **45**, 947-956. <https://doi.org/10.2337/dc21-1526>
- [5] Li, L., Zhao, Z., Wang, S. and Wang, J. (2024) Stress Hyperglycemia Ratio and the Clinical Outcome of Patients with Heart Failure: A Meta-Analysis. *Frontiers in Endocrinology*, **15**, Article 1404028. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1404028>
- [6] Mohammed, A., Luo, Y., Wang, K., Su, Y., Liu, L., Yin, G., *et al.* (2024) Stress Hyperglycemia Ratio as a Prognostic Indicator for Long-Term Adverse Outcomes in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 57. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02157-7>
- [7] Cunha, F.M., Carreira, M., Ferreira, I., Bettencourt, P. and Lourenço, P. (2023) Low Stress Hyperglycemia Ratio Predicts Worse Prognosis in Diabetic Acute Heart Failure Patients. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, **42**, 433-441. <https://doi.org/10.1016/j.repc.2022.02.013>
- [8] Li, L., Ding, L., Zheng, L., Wu, L., Hu, Z., Liu, L., *et al.* (2024) Relationship between Stress Hyperglycemia Ratio and Acute Kidney Injury in Patients with Congestive Heart Failure. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 29. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-02105-x>
- [9] Cheng, S., Shen, H., Han, Y., Han, S. and Lu, Y. (2024) Association between Stress Hyperglycemia Ratio Index and All-Cause Mortality in Critically Ill Patients with Atrial Fibrillation: A Retrospective Study Using the MIMIC-IV Database. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 363. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02462-1>
- [10] Liu, L., Zhu, Z., Yu, K., Zhang, W., Pu, J., Lv, Y., *et al.* (2024) Association between Stress Hyperglycemia Ratio and All-Cause Mortality in Critically Ill Patients with Atrial Fibrillation: Insights from a MIMIC-IV Study. *Frontiers in Endocrinology*, **15**, Article 1412159. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1412159>
- [11] Peng, Z., Song, J., Li, L., Guo, C., Yang, J., Kong, W., *et al.* (2023) Association between Stress Hyperglycemia and Outcomes in Patients with Acute Ischemic Stroke Due to Large Vessel Occlusion. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, **29**, 2162-2170. <https://doi.org/10.1111/cns.14163>
- [12] Jiang, Z., Wang, K., Duan, H., Du, H., Gao, S., Chen, J., *et al.* (2024) Association between Stress Hyperglycemia Ratio and Prognosis in Acute Ischemic Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMC Neurology*, **24**, Article No. 13.

- <https://doi.org/10.1186/s12883-023-03519-6>
- [13] Dai, Z., Cao, H., Wang, F., Li, L., Guo, H., Zhang, X., *et al.* (2023) Impacts of Stress Hyperglycemia Ratio on Early Neurological Deterioration and Functional Outcome after Endovascular Treatment in Patients with Acute Ischemic Stroke. *Frontiers in Endocrinology*, **14**, Article 1094353. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1094353>
 - [14] Zhang, Y., Yin, X., Liu, T., Ji, W. and Wang, G. (2024) Association between the Stress Hyperglycemia Ratio and Mortality in Patients with Acute Ischemic Stroke. *Scientific Reports*, **14**, Article No. 20962. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71778-5>
 - [15] Pan, H., Xiong, Y., Huang, Y., Zhao, J. and Wan, H. (2024) Association between Stress Hyperglycemia Ratio with Short-Term and Long-Term Mortality in Critically Ill Patients with Ischemic Stroke. *Acta Diabetologica*, **61**, 859-868. <https://doi.org/10.1007/s00592-024-02259-4>
 - [16] Chu, H., Huang, C., Tang, Y., Dong, Q. and Guo, Q. (2022) The Stress Hyperglycemia Ratio Predicts Early Hematoma Expansion and Poor Outcomes in Patients with Spontaneous Intracerebral Hemorrhage. *Therapeutic Advances in Neurological Disorders*, **15**. <https://doi.org/10.1177/17562864211070681>
 - [17] Zhang, J., Zhang, Q., Gu, H., Zhou, Q., Li, Z. and Zhao, X. (2024) Comparison of Stress Hyperglycemia Ratio and Glycemic Gap on Acute ICH In-Hospital Outcomes. *Annals of Clinical and Translational Neurology*, **11**, 1492-1501. <https://doi.org/10.1002/actn.3.52063>
 - [18] Yang, Y., Li, J., Xiao, Z., Yang, X., Wang, L., Duan, Y., *et al.* (2024) Relationship between Stress Hyperglycemia Ratio and Prognosis in Patients with Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: A Two-Center Retrospective Study. *Neurosurgical Review*, **47**, Article No. 315. <https://doi.org/10.1007/s10143-024-02549-z>
 - [19] Song, Q., Dai, M., Zhao, Y., Lin, T., Huang, L. and Yue, J. (2022) Association between Stress Hyperglycemia Ratio and Delirium in Older Hospitalized Patients: A Cohort Study. *BMC Geriatrics*, **22**, Article No. 277. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-02935-6>
 - [20] Yan, F., Chen, X., Quan, X., Wang, L., Wei, X. and Zhu, J. (2024) Association between the Stress Hyperglycemia Ratio and 28-Day All-Cause Mortality in Critically Ill Patients with Sepsis: A Retrospective Cohort Study and Predictive Model Establishment Based on Machine Learning. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 163. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02265-4>
 - [21] Li, L., Zhou, L., Peng, X., Zhang, Z., Zhang, Z., Xiong, Y., *et al.* (2024) Association of Stress Hyperglycemia Ratio and Mortality in Patients with Sepsis: Results from 13,199 Patients. *Infection*, **52**, 1973-1982. <https://doi.org/10.1007/s15010-024-02264-3>
 - [22] Zhou, Y., Zhong, L., Zhong, Y. and Liao, Y. (2024) The Association between Stress Hyperglycemia Ratio and Clinical Outcomes in Patients with Sepsis-Associated Acute Kidney Injury: A Secondary Analysis of the MIMIC-IV Database. *BMC Infectious Diseases*, **24**, Article No. 1263. <https://doi.org/10.1186/s12879-024-10179-5>
 - [23] Zhang, Y., Yan, Y., Sun, L. and Wang, Y. (2024) Stress Hyperglycemia Ratio Is a Risk Factor for Mortality in Trauma and Surgical Intensive Care Patients: A Retrospective Cohort Study from the MIMIC-IV. *European Journal of Medical Research*, **29**, Article No. 558. <https://doi.org/10.1186/s40001-024-02160-4>
 - [24] Zhang, C., Shen, H., Liang, W., Ning, M., Wang, Z., Chen, Y., *et al.* (2023) Relationship between Stress Hyperglycemia Ratio and All-cause Mortality in Critically Ill Patients: Results from the MIMIC-IV Database. *Frontiers in Endocrinology*, **14**, Article 1111026. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1111026>
 - [25] Li, L., Zhao, M., Zhang, Z., Zhou, L., Zhang, Z., Xiong, Y., *et al.* (2023) Prognostic Significance of the Stress Hyperglycemia Ratio in Critically Ill Patients. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 275. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-02005-0>
 - [26] Liu, B., Chen, Y., Yu, L. and Zhou, M. (2023) Stress Hyperglycemia Ratio Is Associated with Systemic Inflammation and Clinical Outcomes in Diabetic Inpatients with Pneumonia on Admission. *Journal of Diabetes*, **15**, 545-556. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.13398>
 - [27] Miao, L., Shen, X., Du, Z. and Liao, J. (2024) Stress Hyperglycemia Ratio and Its Influence on Mortality in Elderly Patients with Severe Community-Acquired Pneumonia: A Retrospective Study. *Aging Clinical and Experimental Research*, **36**, Article No. 175. <https://doi.org/10.1007/s40520-024-02831-6>
 - [28] Aon, M., Alsaedi, A., Alzafiri, A., Al-Shammari, A., Taha, S., Al-Shammari, O., *et al.* (2022) Stress Hyperglycemia Ratio as a Prognostic Marker in Diabetic Patients Hospitalized with COVID-19. *Infectious Disease Reports*, **14**, 675-685. <https://doi.org/10.3390/idr14050073>
 - [29] Ding, L., Zhang, H., Dai, C., Zhang, A., Yu, F., Mi, L., *et al.* (2024) 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. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 84. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02172-8>
 - [30] Yan, F., Zhao, L., Quan, X. and Zhu, J. (2024) Association between Stress Hyperglycemia Ratio and Diabetes Mellitus Mortality in American Adults: A Retrospective Cohort Study and Predictive Model Establishment Based on Machine

- Learning Algorithms (NHANES 2009-2018). *Diabetology & Metabolic Syndrome*, **16**, Article No. 79. <https://doi.org/10.1186/s13098-024-01324-w>
- [31] Lai, W., Meng, Y., Zhou, Y., Zhang, T., Zhang, B., Huang, Z., *et al.* (2024) Association of Stress Hyperglycemia Ratio with Presence and Severity of Chronic Kidney Disease among US Adults with Diabetes Mellitus. *Frontiers in Endocrinology*, **15**, Article 1446390. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1446390>
- [32] Zou, Y., Yang, Q., Lang, Y., Liu, K., Yuan, J., Yang, J., *et al.* (2024) The Prognostic Impact of the Stress Hyperglycemia Ratio on End-Stage Renal Disease among Patients with Diabetic Kidney Disease. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, **27**, 629-641. <https://doi.org/10.1111/dom.16056>
- [33] Alifu, J., Xu, B., Tuersun, G., Liu, L., Xiang, L., Mohammed, A., *et al.* (2024) The Prognostic Significance of Stress Hyperglycemia Ratio for All-Cause and Cardiovascular Mortality in Metabolic Syndrome Patients: Prospective Cohort Study. *Acta Diabetologica*. <https://doi.org/10.1007/s00592-024-02407-w>
- [34] Tuersun, G., Alifu, J., Qu, Y. and Kang, X. (2024) The Prognostic Impact of Stress Hyperglycemia Ratio for All-Cause Mortality in Patients with Psoriasis. *Scientific Reports*, **14**, Article No. 26113. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77019-z>
- [35] Xia, Z., Gu, T., Zhao, Z., Xing, Q., Zhang, Y., Zhang, Z., *et al.* (2022) The Stress Hyperglycemia Ratio, a Novel Index of Relative Hyperglycemia, Predicts Short-Term Mortality in Critically Ill Patients after Esophagectomy. *Journal of Gastrointestinal Oncology*, **13**, 56-66. <https://doi.org/10.21037/jgo-22-11>
- [36] Xi, W., Liao, W., Li, J., Yang, Y., Guo, T., Jiang, Q., *et al.* (2024) The Association between Stress Hyperglycemia Ratio and Nonalcoholic Fatty Liver Disease among U.S. Adults: A Population-Based Study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, in Press. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2024.10.018>