

甘油三酯 - 葡萄糖体重指数与脓毒症相关性脑病预后的关系

吴星呈¹, 蒋朝阳^{2*}, 罗家顺¹

¹吉首大学医学院, 湖南 吉首

²吉首大学第四临床学院, 湖南 怀化

收稿日期: 2025年5月23日; 录用日期: 2025年6月16日; 发布日期: 2025年6月23日

摘要

脓毒症相关性脑病(Sepsis-associated encephalopathy, SAE)是脓症患者常见的致死性并发症, 其病理机制涉及神经炎症、血脑屏障破坏及代谢紊乱等多因素交互作用, 但临床仍缺乏特异性诊断标志物和有效治疗策略。尽管代谢紊乱已被证实是SAE进展的关键调控因素, 但TyG指数、BMI及其联合指标在SAE中的动态作用机制及临床预测价值尚未明确。本研究通过系统综述发现, TyG指数升高通过加剧炎症反应和氧化应激显著增加SAE严重程度及死亡风险, 而BMI对SAE的调控呈现“肥胖悖论”——低BMI因营养不良和免疫缺陷增加术后SAE风险, 而高BMI通过代谢储备发挥保护作用。进一步提出TyG-BMI联合指数可整合代谢异常与肥胖因素, 在预测SAE中展现更高诊断效能, 并构建基于代谢-炎症轴的干预模型, 为SAE的早期预警和个体化治疗提供新靶点。

关键词

脓毒症相关性脑病, 甘油三酯 - 葡萄糖指数, 体重指数, 联合预测模型

The Relationship between Triglyceride-Glucose, Body Mass Index and the Prognosis of Sepsis-Associated Encephalopathy

Xingcheng Wu¹, Chaoyang Jiang^{2*}, Jiashun Luo¹

¹Medical College of Jishou University, Jishou Hunan

²Fourth Clinical College of Jishou University, Huaihua Hunan

Received: May 23rd, 2025; accepted: Jun. 16th, 2025; published: Jun. 23rd, 2025

*通讯作者。

文章引用: 吴星呈, 蒋朝阳, 罗家顺. 甘油三酯-葡萄糖体重指数与脓毒症相关性脑病预后的关系[J]. 临床医学进展, 2025, 15(6): 1436-1442. DOI: 10.12677/acm.2025.1561870

Abstract

Sepsis-associated encephalopathy (SAE) is a common fatal complication in patients with sepsis. Its pathological mechanism involves the interaction of many factors such as neuroinflammation, blood-brain barrier destruction and metabolic disorder, but there is still a lack of specific diagnostic markers and effective treatment strategies in clinic. Although metabolic disorder has been proved to be the key regulatory factor of SAE progress, the dynamic mechanism and clinical predictive value of TyG index, BMI and their combined indexes in SAE are not clear. Through systematic review, this study found that the increase of TyG index significantly increased the severity of SAE and the risk of death by aggravating inflammatory reaction and oxidative stress, while BMI's regulation of SAE showed an "obesity paradox"—low BMI increased the risk of SAE after operation due to malnutrition and immunodeficiency, while high BMI played a protective role through metabolic reserve. Furthermore, the TyG-BMI joint index can integrate metabolic abnormality and obesity factors, show higher diagnostic efficiency in predicting SAE, and construct an intervention model based on metabolic-inflammatory axis, which provides a new target for early warning and individualized treatment of SAE.

Keywords

Sepsis-Related Encephalopathy, Triglyceride-Glucose Index, Body Mass Index, Joint Prediction Model

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. 引言

脓毒症相关性脑病是脓症患者常见的严重并发症，以全身炎症反应引起的弥漫性脑功能障碍为核心特征，其临床表现从谵妄到昏迷等多种意识状态，且缺乏中枢神经系统感染的直接证据。SAE 的发病率因研究人群和诊断标准差异较大，但其合并脓毒症时的死亡率可高达 49%，且幸存者常遗留长期认知障碍、抑郁或创伤后应激障碍，显著降低生活质量。尽管诊断存在差异，但 SAE 的总体疾病负担呈现逐渐上升趋势，SAE 已成为重症医学领域亟需解决的临床难题。

SAE 的病理机制复杂，涉及神经炎症、血脑屏障破坏、线粒体功能障碍及神经递质失衡等多因素相互作用。血脑屏障完整性受损导致外周炎症介质渗透入中枢神经系统，直接诱导神经元损伤。这些外周介质进一步促进小胶质细胞异常激活，释放过量 IL-1 β 、TNF- α 等促炎因子，形成神经炎症的正反馈环路。最新证据揭示代谢紊乱在此过程中发挥关键调控作用：胰岛素抵抗引发的氧化应激不仅加重内皮功能障碍，其介导的脂质过氧化产物累积水平更与意识障碍程度呈显著正相关。值得注意的是，上述病理过程存在时空调控特征——BBB 破坏早于神经炎症爆发，而代谢紊乱贯穿疾病全程。尽管现有诊断手段缺乏特异性，治疗仍以控制原发感染和器官支持为主，但针对代谢 - 炎症轴的新型干预策略已显现潜力。

鉴于代谢紊乱在 SAE 中的核心调控作用，代谢相关指标研究获得突破性进展。甘油三酯 - 葡萄糖指数(TyG)、体重指数(BMI)及其联合指数(TyG-BMI)逐渐成为研究热点。这些指标不仅反映胰岛素抵抗和代谢储备状态，还可能通过调控炎症、氧化应激等机制影响 SAE 的发生与发展。深入探讨这些指数与 SAE 的关系，不仅有助于早期识别高危患者，还可为个体化治疗提供代谢调控靶点，具有重要的临床与科研

价值。

2. 脓毒症相关性脑病相关研究

脓毒症脑病又称脓毒症相关性脑病，是指缺乏中枢神经系统感染的临床或实验室证据，由全身炎症反应引起的弥散性脑功能障碍。SAE 发病率在不同研究中差异显著，其差异主要源于诊断标准异质性及研究人群特征的影响。一项纳入 17 个国家 ICU 的多中心研究(2023)显示，采用 EEG 联合 CAM-ICU 量表诊断时 SAE 发病率达 54.3%，而仅依赖临床观察时降至 22.8%。合并 SAE 的脓毒症患者病死率显著升高，最新队列研究表明其 28 天病死率达 49%，且意识障碍程度每增加 1 级，死亡风险升高 2.3 倍[1]。SAE 发病机制至今尚不明确，治疗主要针对脓毒症，对脑损伤无特效疗法，预后较差。在病理机制领域，研究者们深入探讨了血脑屏障功能障碍、神经炎症反应以及线粒体损伤等核心问题。王丽敏等(2011)通过动物模型发现 SAE 大鼠海马和皮质区域存在显著的线粒体功能障碍，表现为氧化磷酸化能力下降和活性氧(ROS)累积，而使用自噬激活剂雷帕霉素可部分恢复线粒体功能并改善认知障碍[2]。这一发现揭示了线粒体代谢异常在 SAE 发病中的关键作用。此外，卢利海等(2024)的研究进一步验证了神经炎症与小胶质细胞活化的关联，他们发现 SAE 患者血清中基质金属蛋白酶 MMP-9 水平显著升高，表明血脑屏障通透性增加与炎症介导的神经损伤密切相关[3]。这些研究为靶向神经炎症的治疗提供了理论依据。

对多模态监测和生物标志物等诊断技术的探索逐渐成为研究热点，许峰团队(2023)通过整合神经影像学 and 神经电生理技术，发现脓毒症患者脑电图(EEG)的 θ 波活动与意识障碍严重程度相关，相对功率 > 35%对重度 SAE 的预测敏感度为 82.4%，特异度达 91.7% (AUC = 0.89)。而磁共振弥散加权成像(DWI)可早期检测海马区扩散受限，提示其作为 SAE 早期诊断工具的潜力[4]。另一项由颜珊珊等(2019)开展的前瞻性研究显示，血清胶质纤维酸性蛋白(GFAP)水平在 SAE 患者中显著升高，且与疾病严重程度(SOFA 评分)和死亡率呈正相关，为临床提供了可靠的生物标志物[5]。此外，宋倩等(2023)在临床实践中发现，联合使用 ICU 谵妄评估量表(CAM-ICU)和脑氧饱和度监测可提高 SAE 的早期识别率，尤其是对亚临床脑功能障碍的筛查具有重要价值[6]。

治疗策略的优化是近年研究的另一重点，一项多中心研究(2025)指出碳青霉烯类药物中的美罗培南因与 γ -氨基丁酸(GABA)受体亲和力较低，神经毒性发生率仅为 0.08%，显著低于亚胺培南(3%)，建议优先用于 SAE 高风险患者[7]。此外，非药物治疗策略如右美托咪定(DEX)的应用也备受关注。一项纳入 77 项随机对照试验的 Meta 分析显示，DEX 镇静可降低机械通气患者谵妄发生率，但其心动过缓等副作用需谨慎管理[8]。这些研究为个体化治疗方案的制定提供了新思路，但仍需更多高质量临床试验验证其长期疗效。

3. TyG 指数与 SAE 的相关研究

甘油三酯 - 葡萄糖指数作为一种反映胰岛素抵抗和代谢紊乱的综合性指标，在脓毒症相关性脑病的研究中逐渐受到关注。多项研究表明，TyG 指数不仅与 SAE 的发生风险密切相关，还可能通过调控炎症反应、氧化应激及内皮功能障碍等机制影响疾病进程。Xiaopeng Shi 等(2025)通过分析重症监护医学信息市场(MIMIC-IV)数据库中 SAE 患者的回顾性队列数据，首次提出 TyG 指数可作为 SAE 严重程度和预后的新型生物标志物。研究发现，TyG 指数升高与 APACHE III、SOFA 评分等疾病严重程度指标显著正相关，且每单位 TyG 指数增加可使患者 90 天死亡风险上升 15% (OR = 1.15, 95% CI: 1.08~1.22)。进一步分析显示，TyG 指数较高的患者 ICU 住院时间延长 2.3 天 (β = 2.3, 95% CI: 1.7~3.1)，血管活性药物使用率增加 1.8 倍[9]。这一发现与华西医院团队针对动脉瘤性蛛网膜下腔出血(aSAH)患者的研究形成互补，后者发现 TyG 指数每升高 1 单位，急性肾损伤(AKI)风险增加 90% (OR = 1.90)，而 AKI 作为 SAE 常见的

并发症,其发生可能进一步加剧脑功能障碍[10]。一方面,AKI 诱导的全身性炎症反应可进一步破坏血脑屏障完整性;另一方面,肾脏清除功能下降导致尿毒症毒素蓄积,直接抑制线粒体复合体 IV 活性并促进小胶质细胞 M1 表型极化。此外,北京朝阳医院团队(2025)针对急性胰腺炎(AP)患者的研究表明,TyG 指数与脓毒症风险显著相关($OR = 1.89$),且联合临床指标后预测脓毒症的 AUC 值提升至 0.828,提示 TyG 指数在脓毒症及其相关脑病中的早期预警价值[11]。这些研究共同提示 TyG 指数可能通过代谢-炎症交互作用影响多器官功能障碍进程。

4. BMI 指数与 SAE 的相关研究

BMI 作为营养状态和代谢储备的指标,其与脓毒症预后的“肥胖悖论”现象已被广泛证实,但其与 SAE 的关联仍需进一步探索。BMI 指数对 SAE 的影响在内镜手术领域呈现双向关联,Glaubach 等(2023)通过回顾性队列研究发现,低 BMI ($BMI \leq 18.5 \text{ kg/m}^2$)患者在接受胃肠内镜手术后 SAE 发生率显著升高(4.7% vs 3.1%),其中感染风险尤为突出(2.1% vs 0.8%, $OR = 1.76$) [12]。机制分析表明低 BMI 患者因营养不良导致免疫功能受损,术后组织修复能力下降,是感染风险升高的关键机制。相较于消化内镜手术,在开放性消化道手术领域,Mao 等(2025)针对腹腔镜胆囊切除术的大规模分析($n = 435,052$)发现,高龄合并低 BMI 患者的术后死亡率显著增加($\text{adj } OR = 13.13$),而高 BMI 反而呈现保护效应,可能与脂肪组织储备维持代谢稳态有关[13]。这种矛盾现象提示 BMI 与 SAE 的关系需结合具体手术类型及患者代谢状态综合评估。重庆医科大学团队(2025)基于 NHANES 数据的纵向队列研究揭示,青年期肥胖($BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$)显著增加成年后重大手术的 SAE 风险,在心脏手术亚组中,肥胖史使术后多器官功能障碍风险提升 57% ($\text{adj } HR = 1.57$, 95% CI 1.23~2.01),其机制可能与慢性炎症状态削弱应激代偿能力有关。该研究同时发现中老年期 BMI 剧烈波动($\Delta BMI \geq 5 \text{ kg/m}^2/\text{年}$)与择期手术后谵妄发生率呈独立相关($OR = 1.82$),但对整体 SAE 的预测效能仍然有限($AUC = 0.55$),凸显生命早期维持体重稳定的临床意义[14]。

5. TyG-BMI 联合指数与 SAE 的相关研究

甘油三酯-葡萄糖体重指数作为一种整合代谢异常和肥胖的复合指标,在预测 SAE 中的作用近年来日益受到关注。研究表明,TyG-BMI 不仅与心血管事件、代谢相关并发症等 SAE 的发生密切相关,还可能通过多重机制影响疾病进程。

中山大学附属第一医院团队(2025)通过分析 284 例非重度 AS 患者发现,TyG-BMI 指数每升高 1 单位,AS 进展风险增加 18%,且与胆固醇、甘油三酯水平呈正相关,提示代谢紊乱加速瓣膜钙化进程[15]。上海东方医院研究(2024)基于中国健康与养老追踪调查(CHARLS)数据发现,在心血管-肾脏-代谢(CKM)综合征 0~3 期人群中,TyG-BMI 每增加 10 个单位,CVD 风险显著上升,第四四分位数患者的风险较第一四分位数增加 79.8%,尤其在 45~60 岁人群中交互作用显著,凸显其作为早期预警指标的潜力[16]。

除心血管系统外,在代谢与炎症相关 SAE 方面,TyG-BMI 与高脂血症性急性胰腺炎(HLAP)的严重程度及多器官共病进展密切相关。罗萍萍等(2024)发现 TyG-BMI 是 HLAP 严重程度的独立危险因素($OR = 1.262$),其预测中重症 HLAP 的曲线下面积(AUC)达 0.891,敏感度和特异度分别达到 91.1%和 96.8%,优于传统指标如血糖($AUC = 0.559$) [17]。李玟等(2025)发现 TyG-BMI 与高血压患者夜间舒张压呈正相关($\beta = 4.553$),其预测夜间高血压的 AUC 为 0.618,尤其在未合并高脂血症或糖尿病人群中关联更强,揭示了代谢紊乱加剧血管内皮损伤的机制[18]。黄妍等研究(2023)显示,TyG-BMI 每增加 1 个单位,系统免疫炎症指数(SII)升高的风险增加 21%,在 BMI 正常($18.5 \sim 23.9 \text{ kg/m}^2$)人群中该风险进一步升至 31% ($OR = 1.31$),表明胰岛素抵抗通过激活慢性炎症通路参与 SAE 的发生[19]。

在特殊人群及跨学科应用中, TyG-BMI 的预测价值呈现显著异质性, 深圳光明区人民医院 Xu 等(2025)针对慢性呼吸系统疾病(CRD)患者的研究发现, 高 BMI 与低死亡率相关的“肥胖悖论”现象中, TyG 指数起重要中介作用, 超重组中介效应为-22.39%, 肥胖组为-18.49%, 提示代谢健康在 CRD 管理中至关重要[20]。Yan 等(2025)揭示了独特的“代谢-长寿”模式, TyG-BMI 中位数为 150 时与全因死亡率呈显著负相关($HR = 1.60$), 适度升高的 TyG-BMI 可能通过提供代谢储备对抗衰老相关消耗, 尤其在高血压亚组中预测效能更显著($HR = 0.76$) [21]。此外, 吉林大学第二医院(2025)基于 NHANES 数据的纵向研究发现, CVD 患者中高 TyG-BMI 组全因死亡率较 Q1 组降低 26%~44%, 其保护效应可能源于肥胖患者的代谢储备优势, 但在合并心力衰竭等复杂情况时可能逆转[22]。

6. 文献评述

脓毒症相关性脑病(SAE)作为脓毒症最严重的并发症之一, 其复杂的病理机制和诊疗挑战一直是研究的重点。现有研究表明, SAE 的发病涉及全身炎症反应、血脑屏障功能障碍、神经递质失衡及线粒体代谢异常等多通路交互作用。脓毒症引发的全身性炎症反应释放大量促炎因子, 这些介质通过受损的血脑屏障进入中枢神经系统, 激活小胶质细胞并诱导神经元凋亡, 形成“炎症-氧化应激-能量代谢障碍”的恶性循环。血脑屏障的破坏不仅加剧神经炎症, 还导致脑内神经毒性物质的积累, 进一步损害海马及皮质功能。线粒体功能障碍在 SAE 中的作用尤为突出, 表现为氧化磷酸化能力下降和活性氧累积。此外, 神经递质系统和铁死亡等新机制的发现, 为 SAE 的病理研究提供了新的视角。

然而, 当前研究对这些现象背后深层次原因的探讨仍显不足。“肥胖悖论”的研究虽已观察到低体质指数患者因营养不良和免疫缺陷导致 SAE 风险升高, 而高 BMI 可能通过脂肪组织分泌抗炎因子和提供能量储备来缓解脑损伤, 但尚未深入剖析其内在机制。可能的解释包括脂肪组织在不同代谢状态下对炎症和免疫反应的复杂调控作用, 以及机体在应激时对能量储备的利用效率等, 这些机制有待进一步研究明确。此外, 对于 SAE 的诊断与治疗, 现有研究多停留在描述性层面, 缺乏对研究质量的系统评估, 如纳入研究的样本量、研究设计、偏倚风险等因素未得到充分考量, 这使得研究结果的可靠性受到一定影响。

目前 SAE 的诊断仍依赖排除法, 结合脑电图异常和影像学特征, 但缺乏特异性生物标志物。近期荟萃分析显示, 血清神经源性标志物在 SAE 患者中显著升高, 其诊断敏感度达 75.9%, 且与预后显著相关, 但异质性和采样时间限制其临床应用。在治疗策略上, 以控制原发感染为核心的治疗方案虽是主流, 但抗菌药物的神经毒性差异需谨慎考量。在碳青霉烯类药物中, 美罗培南因与 γ -氨基丁酸受体结合较弱, 神经毒性发生率显著低于亚胺培南, 成为高风险患者的优选。非药物干预如右美托咪定镇静可降低谵妄发生率 28%, 但需平衡心动过缓等副作用。此外, 代谢调控和血液净化技术在改善脑氧代谢方面展现潜力, 但尚需大规模临床试验验证。

甘油三酯-葡萄糖指数作为胰岛素抵抗的综合指标, 其升高与 SAE 严重程度和死亡率显著相关, 机制涉及炎症调控、内皮功能障碍及氧化应激加剧。TyG 指数升高可能通过加剧全身炎症反应和氧化应激水平, 进而加重神经元损伤和脑功能障碍。体重指数的“肥胖悖论”现象提示代谢储备的双重作用。低 BMI 患者因营养不良导致免疫功能受损, 术后组织修复能力下降, 感染风险升高, 从而增加 SAE 发生率; 而高 BMI 患者可能通过脂肪组织分泌抗炎因子和提供能量储备, 在一定程度上缓解脑损伤。TyG-BMI 联合指数整合代谢与肥胖因素, 在预测 SAE 相关并发症中展现出较高预测效能。该联合指数可能通过综合反映机体的代谢状态和炎症水平, 更准确地识别 SAE 高危患者。

然而, 现有研究在评估纳入研究的质量方面存在不足。多数研究样本量较小, 且研究设计存在差异, 部分研究未充分考虑潜在的偏倚因素, 如患者的年龄、性别、基础疾病等。这使得研究结果的可靠性和

可比性受到一定限制。未来研究应加强对纳入研究质量的评估, 严格按照质量评估标准筛选研究, 以提高研究结果的可信度。

综上所述, SAE 的研究在病理机制、诊断和治疗方面取得了一定进展, 但在研究质量和结果整合方面仍需进一步改进。未来研究应注重对纳入研究的质量评估, 严格筛选符合标准的研究纳入分析, 并运用 Meta 分析等定量方法对研究结果进行综合分析。同时, 应深入探讨各项指标背后的原因和机制, 以及它们在不同疾病阶段和人群中的动态变化及作用机制, 从而得出更具科学性和可靠性的结论, 为临床实践提供更有力的循证依据。

参考文献

- [1] Sprung, C.L., Peduzzi, P.N., Shatney, C.H., Schein, R.M.H., Wilson, M.F., Sheagren, J.N., *et al.* (1990) Impact of Encephalopathy on Mortality in the Sepsis Syndrome. *Critical Care Medicine*, **18**, 801-806. <https://doi.org/10.1097/00003246-199008000-00001>
- [2] 王丽敏, 刘宇, 李贯清, 等. 脓毒症脑病发病机制研究进展[J]. 中国全科医学, 2011, 14(18): 2101-2103.
- [3] 卢利海, 郑梓浩, 夏春晓, 等. 脓毒症脑病病理机制及生物标志物研究进展[J]. 现代实用医学, 2024, 36(2): 271-273.
- [4] 幸奠伟, 许峰. 多模态监测在脓毒症相关性脑病中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(3): 3349-3355.
- [5] 颜珊珊, 高敏, 陈欢, 等. 脓毒症相关性脑病患者血清胶质纤维酸性蛋白的表达及其临床意义[J]. 中南大学学报(医学版), 2019, 44(10): 1137-1142.
- [6] 宋倩, 周倩, 孙宏, 等. Lindegaard 指数预测早期脓毒症相关性脑病的临床价值[J]. 首都医科大学学报, 2023, 44(6): 959-965.
- [7] Hill, H., Lundkvist, P., Tsatsaris, G., Birnir, B., Espes, D. and Carlsson, P. (2025) Long-Term γ -Aminobutyric Acid (GABA) Treatment Fails to Regain Beta-Cell Function in Longstanding Type 1 Diabetes in a Randomized Trial. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 11530. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-95751-y>
- [8] Lewis, K., Alshamsi, F., Carayannopoulos, K.L., Granholm, A., Piticar, J., Al Duhailib, Z., *et al.* (2022) Dexmedetomidine vs Other Sedatives in Critically Ill Mechanically Ventilated Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *Intensive Care Medicine*, **48**, 811-840. <https://doi.org/10.1007/s00134-022-06712-2>
- [9] Shi, X., Xu, L., Ren, J., Jing, L. and Zhao, X. (2025) Triglyceride-Glucose Index: A Novel Prognostic Marker for Sepsis-Associated Encephalopathy Severity and Outcomes. *Frontiers in Neurology*, **16**, Article 1468419. <https://doi.org/10.3389/fneur.2025.1468419>
- [10] Qiu, X., Zhang, Y., He, J., Zhang, R., Wen, D., Wang, X., *et al.* (2025) Association between Triglyceride-Glucose Index and Risk of Acute Kidney Injury in Patients with Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *Acta Neurochirurgica*, **167**, Article No. 113. <https://doi.org/10.1007/s00701-025-06533-4>
- [11] 林珊羽, 王飞龙, 朱建华. 重症急性胰腺炎患者并发急性肾损伤的影响因素分析[J]. 新医学, 2024, 55(4): 303-310.
- [12] Glaubach, N., Ben Hur, D., Korytny, A., Isenberg, Y., Laham, Y., Almog, R., *et al.* (2023) The Association between Low Body-Mass Index and Serious Post-Endoscopic Adverse Events. *Digestive Diseases and Sciences*, **68**, 2180-2187. <https://doi.org/10.1007/s10620-023-07882-9>
- [13] Mao, S., Gao, R., Huang, Y., He, H., Yao, J. and Feng, J. (2025) Effect of Remimazolam Combined with Estazolam on Anxiety Levels and Postoperative Gastrointestinal Function Recovery in Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy Surgery. *European Journal of Medical Research*, **30**, Article No. 118. <https://doi.org/10.1186/s40001-025-02381-1>
- [14] Chen, P., Bai, M., Wang, Y. and Ding, X. (2025) Long-Term Weight Change Patterns in American Adulthood in Relation to Gallstones: Evidence from NHANES. *BMC Gastroenterology*, **25**, Article No. 250. <https://doi.org/10.1186/s12876-025-03846-7>
- [15] 庄晓东, 文晗, 黄日华, 等. 二尖瓣钳夹术后发生后负荷不匹配的危险因素分析[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2024, 32(10): 562-568.
- [16] Zhang, P., Mo, D., Zeng, W. and Dai, H. (2025) Association between Triglyceride-Glucose Related Indices and All-Cause and Cardiovascular Mortality among the Population with Cardiovascular-Kidney-Metabolic Syndrome Stage 0-3: A Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **24**, Article No. 92. <https://doi.org/10.1186/s12933-025-02642-7>
- [17] 罗萍萍, 刘群, 黄丽雯. 甘油三酯葡萄糖体质量指数(TyG-BMI)对高脂血症性急性胰腺炎严重程度的预测价值[J].

- 临床肝胆病杂志, 2024, 40(8): 1661-1665.
- [18] 李玟, 木胡牙提. 健康体检人群 TyG 指数、TyG-BMI 与心血管疾病高风险的关系研究[J]. 新疆医科大学学报, 2025, 48(1): 15-22.
- [19] 黄妍, 汪子平, 景慧, 等. 基于西安城市自然人群的甘油三酯葡萄糖乘积指数与系统免疫炎症指数的关联研究[J]. 中华流行病学杂志, 2023, 44(11): 1762-1768.
- [20] Xu, F., Feng, Y., Li, J., Liu, X., Liang, H., Tan, Z., *et al.* (2025) Exploring the Obesity Paradox in Chronic Respiratory Disease: The Mediating Effect of Triglyceride-Glucose Index on Mortality. *npj Primary Care Respiratory Medicine*, 35, Article No. 25. <https://doi.org/10.1038/s41533-025-00431-z>
- [21] Yan, S., Dong, W., Niu, Y., Song, L., Pang, P., Sun, D., *et al.* (2025) Associations of the Triglyceride-Glucose Index and Triglyceride-Glucose/Body Mass Index with All-Cause Mortality in Chinese Centenarians. *BMC Geriatrics*, 25, Article No. 266. <https://doi.org/10.1186/s12877-025-05894-w>
- [22] 曹亮, 孙洪涛. 甘油三酯-葡萄糖体重指数的相关研究进展[J]. 临床个性化医学, 2024, 3(4): 1978-1985.