

• 综述 •

三酰甘油 - 葡萄糖指数在 ICU 中的临床价值和应用进展

包佳婷 蒋佳维 高红梅

天津市第一中心医院重症医学科,天津 300192

通信作者:蒋佳维, Email : 925444781@qq.com

【摘要】 三酰甘油 - 葡萄糖(TyG)指数作为一个新兴的代谢标志物,近年来在重症监护病房(ICU)中的研究逐渐增多。TyG 指数结合了三酰甘油(TG)和葡萄糖水平,能反映机体的胰岛素抵抗(IR)和代谢状态,其在临床上的应用潜力引起了广泛关注。研究表明,TyG 指数与 ICU 患者预后、代谢综合征和多种重症疾病存在显著关联。然而,尽管已有部分研究揭示了 TyG 指数在重症患者中的潜在临床价值,但尚缺乏系统的研究来全面评估这一指标在 ICU 环境下的应用现状。现通过对 TyG 指数在 ICU 患者中的临床应用及与预后、代谢综合征和重症疾病的关系进行综述,强调其在重症患者病情评估和管理中的重要性,以期为今后相关研究提供参考和启示。

【关键词】 三酰甘油 - 葡萄糖指数; 重症监护病房; 代谢综合征; 炎症反应

基金项目: 天津市医学重点学科(专科)建设项目(TJYXZDXK-013A)

DOI : 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.02.026

The clinical value and application progress of triglyceride-glucose index in intensive care unit

Bao Jiating, Jiang Jiawei, Gao Hongmei

Department of Critical Care Medicine, Tianjin First Central Hospital, Tianjin 300192, China

Corresponding author: Jiang Jiawei, Email: 925444781@qq.com

【Abstract】 The triglyceride-glucose (TyG) index has emerged as a novel metabolic marker, and research on it in the intensive care unit (ICU) has gradually increased in recent years. The TyG index combines the levels of triacylglycerol (TG) and glucose, reflecting the body's insulin resistance (IR) and metabolic status, and its potential clinical applications have garnered widespread attention. Current studies indicate a significant association between the TyG index and the prognosis of ICU patients, metabolic syndrome, and various critical illnesses. However, despite some studies revealing the potential clinical value of the TyG index in critically ill patients, there is still a lack of systematic reviews to comprehensively assess the application status of this indicator in the ICU setting. This article aims to review the clinical applications of the TyG index in ICU patients and its relationship with prognosis, metabolic syndrome, and critical illnesses, emphasizing its importance in the assessment and management of critically ill patients, with the hope of providing references and insights for future related research.

【Key words】 Triglyceride-glucose; Intensive care unit; Metabolic syndrome; Inflammatory reaction

Fund program: Tianjin Medical Construction of Key Discipline (Specialty) Funded Project (TJYXZDXK-013A)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.02.026

重症监护病房(intensive care unit, ICU)患者常面临复杂的代谢状态,特别是三酰甘油(triacylglycerol, TG)和葡萄糖水平的异常可能会加重病情。TG- 葡萄糖(triglyceride-glucose, TyG)指数是一个基于 TG 和空腹血糖(fasting glucose, FPG)值计算得出的指标,具有反映胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)和代谢健康状态的潜力。近年来,越来越多的研究开始关注 TyG 指数在 ICU 患者中的临床意义及应用,这为改善重症医学领域的管理策略提供了新的思路。在重症医学领域,患者的代谢状态常会受到感染、手术、创伤等多种因素的影响,这些因素可能导致 IR 的发生。IR 不仅与代谢综合征、糖尿病等慢性疾病有关,还与急性病情的预后息息相关。研究表明, TyG 指数的升高与多种疾病的预后不良相关,包括心血管疾病、脑卒中等^[1-2]。此外, TyG 指数在预测重症患者的病死率和并发症发生方面显示出良好的敏感度和特异度^[3]。

因此,阐述 TyG 指数在重症医学中的研究进展及其临床应用有重要的意义。现通过系统性回顾相关文献,分析 TyG 指数与重症患者的代谢状态、临床结果及预后之间的关系,以期为临床实践提供参考依据。近年来的研究结果表明, TyG 指数不仅可以作为代谢状态的评估工具,还可能成为临床决策的重要依据,帮助医务人员更好地管理重症患者的治疗方案。随着更多研究的开展, TyG 指数在重症医学中的应用前景将更加广阔。

1 TyG 指数的定义与计算

TyG 指数是通过将空腹 TG 和 FPG 相乘并取自然对数计算而来,公式为: TyG 指数 = ln [TG (mmol/L) × FPG (mmol/L)/2]。这一指数被认为是评估 IR 的有效替代指标,与 IR 有良好相关性,其敏感度和特异度较高^[4]。TyG 指数的提出是为了克服传统 IR 测量方法在临床应用中的一些局限性,尤其是在资源有限的环境中, TyG 指数因其计算简

便而受到广泛关注。TyG 指数的计算方法相对简单,研究表明,TyG 指数的计算不仅可以在常规的生化实验室中完成,而且由于其基于常规的血液检测项目,能在大规模人群筛查中应用^[5]。此外,TyG 指数的计算也可与其他生物标志物结合使用,如结合体质量指数(body mass index, BMI)形成 TyG-BMI,以提高其在特定人群中的预测能力^[6]。

TyG 指数受多种因素的影响,包括性别、年龄、BMI、饮食习惯及生活方式等。研究显示,肥胖和高脂饮食会导致 TyG 指数升高,从而增加 IR 的风险^[7]。此外,代谢状态的改变,如糖尿病、心血管疾病和肝脏疾病等,也会影响 TyG 指数的水平。有研究者还指出,性别差异可能在 TyG 指数与代谢健康之间的关系中发挥重要作用,男性的 TyG 指数通常高于女性,这可能与脂肪分布和激素水平不同有关^[3]。因此,了解这些影响因素对于在临床实践中有效使用 TyG 指数评估个体的代谢健康状况至关重要。

2 TyG 指数与重症患者代谢异常的关系

2.1 IR 与重症患者的关系: IR 是指机体对胰岛素的反应减弱,导致葡萄糖代谢异常,进而引发一系列代谢疾病。其机制复杂,主要包括脂肪组织、肌肉和肝脏等胰岛素靶器官的功能障碍。研究表明,IR 的发生与肥胖、慢性炎症、内分泌失调及遗传等因素有关。尤其是在肥胖患者中,过量的脂肪组织会释放游离脂肪酸和炎症因子,这些物质会干扰胰岛素信号通路,导致胰岛素受体的功能下降^[8]。此外,内源性胰岛素的过度分泌也可能导致胰岛素受体功能下降,从而加重 IR 的程度^[9]。

IR 不仅导致血糖控制不良,还可能引发一系列并发症,包括感染、肾功能不全和多器官功能障碍^[10]。IR 是一种临床状况,其特征是在正常或升高的血清胰岛素水平下,葡萄糖处理受损。IR 的发展并不是特定疾病的反映,而是对危重症的普遍反映。尽管 TyG 指数与 ICU 患者全因病死率之间的关系尚未阐明,但可能反映 TyG 指数所代表的 IR 状态与疾病严重性之间的关系。IR 已被广泛证明与内皮功能障碍、氧化应激、心血管重塑、凝血失衡和炎症反应密切相关^[11],这些都是 ICU 患者病情加重的重要原因。其次,IR 的严重程度与疾病之间的关系可以通过血清细胞因子的增加来解释。这些细胞因子的产生已被证明随着疾病严重程度的增加而增加,并且是诱发 IR 全身炎症和应激反应的关键成分^[12]。IR 相关的高血糖在危重症患者中很常见,即使在之前没有糖尿病的患者中也是如此。高血糖促进了组织酸中毒、活性氧和氮的产生以及炎症细胞的浸润,导致更严重的组织结构功能障碍^[13]。IR 与大血管疾病、神经疾病和器官衰竭相关,最终导致危重症患者病情的持续恶化。因此,TyG 指数可能从两个方面反映 IR,与 IR 密切相关。

在 ICU 中,患者常经历应激性高血糖,这与 IR 的加重密切相关,进而影响患者预后。炎症因子如肿瘤坏死因子 - α (tumor necrosis factor- α , TNF- α) 和白细胞介素 - 6 (interleukin-6, IL-6) 在重症患者中通常升高,这些因子通过干扰胰岛素信号转导通路,进一步加重 IR^[14]。此外,重症

患者的高胰岛素水平通常伴随高血糖现象,这种高胰岛素状态可能是机体对 IR 的补偿反应,但长期持续却可能导致胰腺功能的进一步损害^[15]。

2.2 代谢综合征对危重症的影响: 代谢综合征是指一系列相互关联的代谢异常,这些异常主要表现为腹部肥胖、高血压、高血糖及异常的脂质水平。TyG 指数与多种代谢风险因素直接相关,因此是识别代谢紊乱风险升高人群的重要工具。研究表明,与传统的 IR 检测方法和其他代谢指标相比,TyG 指数是更可靠的代谢综合征预测指标,已有研究证明了 TyG 指数对代谢综合征的预测能力,强调了其敏感度、特异度和筛查价值^[16]。代谢综合征对重症患者所产生的影响主要体现在多个关键方面。首先,代谢综合征与 IR 之间存在密切的联系,IR 的出现会导致患者的血糖控制变得更加困难。其次,代谢综合征还与机体的炎症反应密切相关,肥胖引发的慢性低度炎症可能导致患者对感染的抵抗力显著下降,进而增加了重症患者面临感染的风险^[6]。此外,代谢综合征还可能对患者的整体营养状态和康复能力产生负面影响,研究表明,身体对胰岛素的敏感性降低和血浆葡萄糖水平升高,以及肝脏处理葡萄糖的能力降低,从而导致过量的葡萄糖转化为 TG,因此 TyG 指数与衰弱的程度呈正相关^[17]。

3 TyG 指数与 ICU 患者的关系

3.1 TyG 指数与 ICU 病死率的相关性: 多项研究表明,TyG 指数与 ICU 患者的病死率呈显著相关。在不同病因的重症患者中,TyG 指数的相关性也显示出一定的差异。一项基于美国重症监护医学信息数据库IV(Medical Information Mart for Intensive Care-IV, MIMIC-IV)的研究表明,TyG 指数的升高与住院病死率和 ICU 病死率显著相关,调整混杂因素后,显示 TyG 指数与 28 d 全因病死率之间存在 U 形关系,28 d 全因病死率风险与 TyG 指数呈负相关,直至降至 9.03,当 TyG 指数超过 9.03 时,28 d 全因病死率的优势比显著增加^[18]。此外,在慢性阻塞性肺疾病急性加重期(acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease, AECOPD) 患者中,TyG 指数的升高也被发现与住院和 ICU 死亡风险显著相关[风险比(hazard ratio, HR)=1.45, 95% 可信区间(95% confidence interval, 95%CI) 为 1.04 ~ 2.01, P=0.028; HR=2.13, 95%CI 为 1.28 ~ 3.54, P=0.004]^[19]。在急性脑卒中患者中,TyG 指数与病死率的关系呈现出 U 型曲线,低于某一临界值时,死亡风险降低,而超过该值后,死亡风险显著增加^[20]。另一项研究也表明,在创伤和外科 ICU 患者中,TyG 指数的升高与 28 d 和 180 d 的死亡风险显著相关,提示 TyG 指数可能是重症患者死亡风险的独立预测因子^[21]。提示在临床实践中,TyG 指数可能不仅是一个简单的风险标志物,还可能反映出不同病理状态下患者的代谢特征和预后差异。

3.2 TyG 指数与不同病因重症疾病的关系

3.2.1 TyG 指数与重症感染: 炎症反应在重症患者中扮演着至关重要的角色,尤其是在感染、创伤和手术后等情况

下。炎症不仅是机体对损伤的保护性反应,同时也是多种严重疾病进展的关键因素。重症患者常伴随全身炎症反应综合征(systemic inflammatory response syndrome, SIRS),这可能导致多器官功能障碍和死亡风险的增加。研究表明,炎症反应会影响患者的代谢状态,导致 IR 的加重,从而进一步影响临床结果^[22]。在重症感染患者中,TyG 指数的升高也与病死率显著相关,尤其是在严重脓毒症患者中,TyG 指数的升高与 28 d 全因病死率呈现出 U 型关系,提示在不同病因的重症患者中,TyG 指数对预后的预测价值可能存在一定特异性^[23]。研究显示,TyG 指数的升高与 C- 反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、白细胞计数(white blood cell count, WBC)等炎症指标呈正相关,表明 TyG 指数不仅反映了 IR 的状态,也可能是系统性炎症反应的一个重要指标^[21]。在重症患者中,TyG 指数的升高与多器官功能障碍的发生风险增加相关,提示其可能在重症患者的炎症反应中起到重要作用^[24]。有研究将 TyG 指数与全身炎症指标相乘得到 TyG 炎症指数,TyG 炎症指数与病死率之间有较强相关性^[25],可能原因为胰岛素有抗炎作用,当身体经历 IR 时,通常伴有全身性低度炎症。IR 通常伴有血管内皮功能障碍,炎症可进一步加剧 IR 个体血管内皮功能损伤,导致靶器官损伤和死亡风险增加。研究表明,TyG 指数不仅与感染的严重程度相关,还与患者的住院时间和预后密切相关^[26]。高 TyG 指数的患者往往伴随更高的炎症标志物水平,提示其可能处于更严重的炎症状态,这与其临床结局密切相关。研究表明,TyG 指数的升高与多种炎症性疾病的发生风险增加相关,如在急性胰腺炎(acute pancreatitis, AP)、感染性休克和风湿性关节炎等患者中,高 TyG 指数水平与疾病严重程度和预后不良密切相关^[27]。综上所述,TyG 指数与炎症反应之间的关系日益受到关注,其在炎症性疾病的预测和重症感染患者管理中的潜在应用值得进一步研究和临床验证。

3.2.2 TyG 指数与重症心血管疾病(cardiovascular disease, CVD): CVD 是全球范围内死亡的主要原因。根据世界卫生组织(World Health Organization, WHO)的报告,CVD 是人类健康的重大风险。TyG 指数能识别出面临心血管事件高风险的个体。TyG 指数的升高与 CVD 的易感性增加密切相关,这使得 TyG 指数能预测人群中 CVD 的风险^[28]。TyG 指数的升高还与高 CVD 风险个体的全因病死率和心血管死亡风险增加相关,并且与 CVD 患者的 28 d 和 90 d 病死率呈正相关^[29]。TyG 指数可作为筛查和早期识别 ICU 中常见的 CVD 包括急性冠脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)、心力衰竭、心律失常等疾病病情严重程度的直接或间接指标。研究表明,TyG 指数升高是心房颤动的独立危险因素。一项涉及 11 851 例患者中位 24.26 年的随访结果显示,TyG 指数与心房颤动发病率之间存在 U 形相互作用,在女性中观察到的相关性更强^[30]。一项涉及 98 849 例患者的研究在 11.03 年的随访期内表明,基线水平和 TyG 指数升高与心肌梗死风险增加有关^[31]。此外,TyG 指数升高与急性心肌梗死患者的不良心血管结局有关,包括主要不良心血管和脑

血管事件的发生率^[32]。TyG 指数被认为是冠状动脉(冠脉)疾病患者动脉粥样硬化性血栓形成风险的决定性因素。由于 TyG 指数对识别冠脉疾病风险较高个体有很强的预测能力,因此建议将 TyG 指数作为该疾病的重要预测指标^[33]。此外,TyG 指数可预测心力衰竭患者 6 个月内因肺部感染而再入院的指标^[34]。TyG 指数升高与诊断为急性失代偿期心力衰竭患者的不良结局独立相关^[35]。因此,心力衰竭中 TyG 指数的评估及其与不良预后结局的相关性表明,监测 TyG 指数的动态波动有助于心力衰竭的早期识别和干预,还可能有助于降低心力衰竭引起的复发性住院率。

3.2.3 TyG 指数与重症肾脏疾病: 大规模人群的研究表明,TyG 指数的增加与慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)风险的增加相关,这可以显著增强对 CKD 的预测能力。它与 CKD 的严重程度显著相关,作为识别 CKD 进展风险的有价值的指标^[36]。急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)的发生概率与 TyG 指数的升高呈正相关,表现为更高 TyG 指数水平的重度 AKI 患者面临更高的全因死亡风险^[37]。此外,TyG 指数在老年人群中与肾功能下降之间表现出显著的独立正相关性^[38]。在一项研究中,TyG 指数被用作预测重症感染患者 AKI 的指标,结果显示,TyG 指数的升高与 AKI 的发生率显著相关^[39]。因此,TyG 指数可能成为临幊上评估疾病风险的重要工具。尽管众多研究表明,TyG 指数与肾脏疾病之间存在显著的相关性,并且可以作为评估包括 AKI 在内多种肾脏疾病风险的一个筛查指标,但它并不能完全取代其他的评估标准,因此在临幊实践中,应当综合运用多种指标进行评估。

3.2.4 TyG 指数与重症 AP(severe AP, SAP): AP 是一种胰腺炎性疾病,有可能发展为 SAP,这与死亡风险增加有关。TyG 指数被认为是 SAP 的独立危险因素,TyG 指数升高与 SAP 和 AP 相关并发症的发生显著相关^[40]。TyG 指数被提议作为预测 AP 患者预后的独立指标,可作为识别 SAP 病例的预测工具。AP,尤其是 SAP,可表现为休克或与多器官功能障碍有关,导致病死率增加和潜在的长期并发症,如胰腺功能不全,这与不良预后有关。TyG 指数的预测能力可能有助于降低 AP 的发病率和 SAP 的进展^[4]。

3.2.5 TyG 指数与神经系统疾病: 研究表明,与外周组织相比,IR 更早出现在中枢神经系统中,表明大脑更容易受到 IR 的影响,尤其是在脑出血和缺血性卒中等各种病理状态下^[41]。因此,与 IR 相关的指标可能与脑出血的发生及其预后密切相关。一项针对重症脑卒中患者的研究表明,TyG 指数在不同类型的脑卒中患者中,其与病死率的关系存在显著差异。如在缺血性脑卒中患者中,TyG 指数的升高与住院和 ICU 病死率显著相关,而在出血性脑卒中患者中,这种关系则不那么明显^[42]。在危重症患者中,Cai 等^[43]发现,TyG 指数可能有助于识别全因死亡风险高的缺血性脑卒中患者,强调了 TyG 指数与缺血性脑卒中之间的关系及对预后的预测价值。

3.2.6 TyG 指数与病毒感染: 病毒性肺炎的全球发病率和

病死率增加^[44]。研究表明, TyG 指数与受影响个体中病毒感染的严重程度和发病率之间存在显著关联^[45]。在病毒感染者中, TyG 指数是该疾病相关病死率的早期预测指标^[46]。此外,有研究表明, TyG 指数可作为识别病毒再感染病例的评估工具,并可能有助于确定患者的疾病分期^[47]。病毒的出现给人类带来了重大的健康风险和经济挑战。TyG 指数的评估是监测病毒进展、预后和潜在复发的有价值的工具。

综上所述, TyG 指数在不同病因重症患者中表现出不同的预后特征,提示临床医生在使用 TyG 指数评估患者预后时,应结合患者的具体病因和代谢状态进行综合分析。这不仅有助于提高预后评估的准确性,也为个体化治疗方案的制定提供了依据。

4 小结与展望

4.1 TyG 指数的临床应用前景: TyG 指数作为一种新兴的代谢指标,近年来在 ICU 患者的监测中显示出良好的应用前景。TyG 指数在 ICU 患者中尤为重要,因为这些患者常伴有代谢紊乱和 IR 的风险。研究表明, TyG 指数与 ICU 患者的临床结局密切相关,如 TyG 指数的升高与患者病死率、并发症发生率等不良结局有关^[48]。

在 ICU 环境中, TyG 指数可以帮助医护人员及时识别出高风险患者,并为个体化治疗方案的制定提供依据。通过与传统的代谢指标进行比较, TyG 指数在预测 ICU 患者的 IR 和代谢综合征方面表现出更高的敏感度和特异度。此外, TyG 指数的计算简单且易于操作,适合在临床实践中广泛应用。

4.2 未来研究方向: 针对 TyG 指数的未来研究方向,可以从以下几个方面展开。首先,需进一步验证 TyG 指数在不同临床人群中的适用性,包括 ICU 患者、糖尿病患者、心血管疾病患者等。通过大规模的前瞻性研究,评估 TyG 指数在不同疾病背景下的预测能力和临床意义,以支持其在临床实践中的广泛应用。其次,研究者应关注 TyG 指数与其他代谢指标的联合使用,探索其在代谢综合征、心血管疾病等领域的综合预测能力,形成多维度的代谢评估体系,以提高对患者代谢状态的全面了解和干预效果。最后,随着精准医学的发展,未来的研究还应考虑个体化治疗方案的制定。通过对 TyG 指数的动态监测,结合患者的临床特征和代谢状态,制定个性化的干预措施,以改善患者的临床结局。此外,探索 TyG 指数在新兴疾病中的应用潜力,也是未来研究的重要方向之一。

尽管当前已有的研究成果令人振奋,但在 TyG 指数的临床应用方面,仍存在一些挑战和争议。首先,不同研究之间的结果并不完全一致,尽管大多数研究显示了 TyG 指数与预后之间的相关性,但具体的阈值及其在不同患者群体中的适用性仍需进一步探讨。其次,ICU 患者的病情复杂多变, TyG 指数的影响因素也可能因个体差异而异。因此,在实际应用中,如何平衡不同研究的观点和发现,使得 TyG 指数能在临床实践中得以有效应用是一个亟待解决的问题。在未

来的研究中,前瞻性队列研究将是验证 TyG 指数临床有效性的重要途径。通过大规模、多中心的前瞻性研究,可以更全面地评估 TyG 指数在不同类型 ICU 患者中预后的预测价值及其与其他生物标志物联合使用的效果。此外,研究者还应关注 TyG 指数与其他临床参数之间的相互作用,探索其在不同病理状态下的适应性,以期更好地为临床实践提供指导。现有研究表明, TyG 指数不仅能反映患者的代谢状态,还能为临床医生提供重要的决策支持,帮助优化个性化治疗方案。这一发现有重要的临床意义,尤其是在 ICU 环境中,患者通常面临复杂的病理生理状态,需要精确的指标来指导治疗。

综上所述, TyG 指数在 ICU 中的应用前景广阔,尤其是在预后评估和指导个性化治疗方面。然而,当前的研究仍处于初步阶段,未来需要更多高质量的前瞻性研究来验证其临床应用的有效性。通过整合不同研究的成果与经验,最终实现 TyG 指数在 ICU 患者管理中的广泛应用,将为改善患者预后及提高治疗效果提供新的思路和方法。期待在未来的研究中,能看到 TyG 指数成为 ICU 管理中的标准指标之一,从而为重症患者治疗策略的制定与健康的恢复提供更为坚实的科学依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Cao Y, He LD, Su YJ, et al. Triglyceride-glucose index and clinical outcomes in sepsis: a retrospective cohort study of MIMIC-IV [J]. J Cell Mol Med, 2024, 28 (16): e70007. DOI: 10.1111/jcmm.70007.
- [2] Wang HJ, Fu QG, Xiao SC, et al. Predictive value of the triglyceride-glucose index for short-and long-term all-cause mortality in patients with critical coronary artery disease: a cohort study from the MIMIC-IV database [J]. Lipids Health Dis, 2024, 23 (1): 263. DOI: 10.1186/s12944-024-02252-4.
- [3] Li T, Zhang HL, Wu QY, et al. Association between triglyceride glycemic index and gout in US adults [J]. J Health Popul Nutr, 2024, 43 (1): 115. DOI: 10.1186/s41043-024-00613-4.
- [4] Sun YT, Ji HY, Sun WJ, et al. Triglyceride glucose (TyG) index: a promising biomarker for diagnosis and treatment of different diseases [J]. Eur J Intern Med, 2025, 131: 3–14. DOI: 10.1016/j.ejim.2024.08.026.
- [5] Simental-Mendía LE, Morales-Gurrola FG, Barragán-Zúñiga LJ. The triglyceride-glucose index as a surrogate measure to assess glycemic control in type 2 diabetes patients [J]. Ir J Med Sci, 2025, 194 (2): 515–520. DOI: 10.1007/s11845-025-03893-9.
- [6] Zuo JB, Huang ZH, Ge Y, et al. Triglyceride-glucose index as a marker for visceral obesity in patients with gastric cancer [J]. Front Nutr, 2025, 11: 1515918. DOI: 10.3389/fnut.2024.1515918.
- [7] Mejbel HA, Alkhazraj LA, AbdulRaheem Y. The effect of nutritional education on blood glycemic, lipidemic, and body mass index control among sample of type 2 diabetes [J]. Ir J Med Sci, 2024, 193 (5): 2281–2286. DOI: 10.1007/s11845-024-03707-4.
- [8] Tahapary DL, Pratisthita LB, Fitri NA, et al. Challenges in the diagnosis of insulin resistance: focusing on the role of HOMA-IR and tryglyceride/glucose index [J]. Diabetes Metab Syndr, 2022, 16 (8): 102581. DOI: 10.1016/j.dsx.2022.102581.
- [9] Le TKC, Dao XD, Nguyen DV, et al. Insulin signaling and its application [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2023, 14: 1226655. DOI: 10.3389/fendo.2023.1226655.
- [10] Uyttendaele V, Chase JG, Knopp JL, et al. Insulin sensitivity in critically ill patients: are women more insulin resistant? [J]. Ann Intensive Care, 2021, 11 (1): 12. DOI: 10.1186/s13613-021-00807-7.
- [11] Liao Y, Zhang RT, Shi SS, et al. Triglyceride-glucose index linked to all-cause mortality in critically ill patients: a cohort of

- 3026 patients [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2022, 21 (1): 128. DOI: 10.1186/s12933-022-01563-z.
- [12] Xiao M, Deng HB, Mao WJ, et al. U-shaped association between serum triglyceride levels and mortality among septic patients: an analysis based on the MIMIC-IV database [J]. *PLoS One*, 2023, 18 (11): e0294779. DOI: 10.1371/journal.pone.0294779.
- [13] 刘宽, 黄文娟, 黄祺, 等. 肢毒症时糖代谢紊乱的逆转措施研究进展 [J]. 中华危重症急救医学, 2018, 30 (6): 616-618. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.06.024.
- [14] Naderi-Behdani F, Heydari F, Ala S, et al. Effect of melatonin on stress-induced hyperglycemia and insulin resistance in critically-ill patients: a randomized double-blind, placebo-controlled clinical trial [J]. *Caspian J Intern Med*, 2022, 13 (1): 51-60. DOI: 10.22088/cjim.13.1.51.
- [15] 安友仲. 应激性高血糖与营养治疗 [J]. 中华危重症急救医学, 2023, 35 (11): 1147-1149. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-2023 0829-00709.
- [16] Nabipoorashrafi SA, Seyed SA, Rabizadeh S, et al. The accuracy of triglyceride-glucose (TyG) index for the screening of metabolic syndrome in adults: a systematic review and meta-analysis [J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2022, 32 (12): 2677-2688. DOI: 10.1016/j.numecd.2022.07.024.
- [17] Yin HY, Guo LQ, Zhu W, et al. Association of the triglyceride-glucose index and its related parameters with frailty [J]. *Lipids Health Dis*, 2024, 23 (1): 150. DOI: 10.1186/s12944-024-02147-4.
- [18] Xu HP, Xie JY, Xia Y, et al. Association of TyG index with mortality at 28 days in sepsis patients in intensive care from MIMIC IV database [J]. *Sci Rep*, 2025, 15 (1): 2344. DOI: 10.1038/s41598-025-86746-w.
- [19] Wang X, Cui XR, Fan HP, et al. Elevated triglyceride-glucose (TyG) index predicts poor clinical outcomes in critically ill AECOPD patients: a retrospective study [J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2024, 19: 2217-2228. DOI: 10.2147/COPD.S477268.
- [20] Gao Q, Luo F, Yu HX, et al. U-shaped association between triglyceride-glucose index and all-cause mortality among critically ill pediatrics: a population-based retrospective cohort study [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2024, 23 (1): 222. DOI: 10.1186/s12933-024-02310-2.
- [21] Liu DH, Ren BK, Tian YQ, et al. Association of the TyG index with prognosis in surgical intensive care patients: data from the MIMIC-IV [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2024, 23 (1): 193. DOI: 10.1186/s12933-024-02293-0.
- [22] Adams-Huet B, Jialal I. An increasing triglyceride-glucose index is associated with a pro-inflammatory and pro-oxidant phenotype [J]. *J Clin Med*, 2024, 13 (13): 3941. DOI: 10.3390/jcm13133941.
- [23] Babic N, Valjevac A, Zacicagic A, et al. The triglyceride/HDL ratio and triglyceride glucose index as predictors of glycemic control in patients with diabetes mellitus type 2 [J]. *Med Arch*, 2019, 73 (3): 163-168. DOI: 10.5455/medarh.2019.73.163-168.
- [24] Ma XT, Chu HJ, Sun Y, et al. The effect of hsCRP on TyG index-associated cardiovascular risk in patients with acute coronary syndrome undergoing PCI [J]. *Sci Rep*, 2024, 14 (1): 18083. DOI: 10.1038/s41598-024-69158-0.
- [25] Chen Y, Xie KL, Han YY, et al. The association between triglyceride-glucose index and its combination with systemic inflammation indicators and all-cause and cardiovascular mortality in the general US population: NHANES 1999-2018 [J]. *Lipids Health Dis*, 2024, 23 (1): 289. DOI: 10.1186/s12944-024-02277-9.
- [26] Sjöholm A, Nyström T. Endothelial inflammation in insulin resistance [J]. *Lancet*, 2005, 365 (9459): 610-612. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)17912-4.
- [27] Li XT, Zhang YY, Wang WW, et al. An inflammation-based model for identifying severe acute pancreatitis: a single-center retrospective study [J]. *BMC Gastroenterol*, 2024, 24 (1): 63. DOI: 10.1186/s12876-024-03148-4.
- [28] Rafiee H, Mohammadifard N, Nouri F, et al. Association of triglyceride glucose index with cardiovascular events: insights from the Isfahan Cohort Study (ICS) [J]. *Eur J Med Res*, 2024, 29 (1): 135. DOI: 10.1186/s40001-024-01728-4.
- [29] Jiang YA, Chen P, Zhao YY, et al. Association between triglyceride glucose index and all-cause mortality in patients with cerebrovascular disease: a retrospective study [J]. *Diabetol Metab Syndr*, 2024, 16 (1): 1. DOI: 10.1186/s13098-023-01243-2.
- [30] Liu X, Abdukeremu A, Jiang Y, et al. U-shaped association between the triglyceride-glucose index and atrial fibrillation incidence in a general population without known cardiovascular disease [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22 (1): 118. DOI: 10.1186/s12933-023-01777-9.
- [31] Tian X, Zuo YT, Chen SH, et al. Triglyceride-glucose index is associated with the risk of myocardial infarction: an 11-year prospective study in the Kailuan cohort [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2021, 20 (1): 19. DOI: 10.1186/s12933-020-01210-5.
- [32] Zhao HW, Wang Y, Wang CF, Meng QK. Association between triglyceride glucose index and adverse clinical outcomes in patients with acute myocardial infarction and LDL-C ≤ 1.8 mmol/L who underwent percutaneous coronary intervention: a prospective cohort study [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2024, 14: 1323615. DOI: 10.3389/fendo.2023.1323615.
- [33] Li ZP, Chen J, Xin Q, et al. Triglyceride glucose-body mass index as a novel predictor of slow coronary flow phenomenon in patients with ischemia and nonobstructive coronary arteries (INOCA) [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2024, 24 (1): 60. DOI: 10.1186/s12872-024-03722-4.
- [34] Shi LC, Liu JN, Zhu XF, et al. Triglyceride glucose index was a predictor of 6-month readmission caused by pulmonary infection of heart failure patients [J]. *Int J Endocrinol*, 2022, 2022: 1131696. DOI: 10.1155/2022/1131696.
- [35] Huang R, Wang ZY, Chen JZ, et al. Prognostic value of triglyceride glucose (TyG) index in patients with acute decompensated heart failure [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2022, 21 (1): 88. DOI: 10.1186/s12933-022-01507-7.
- [36] Yu C, Shi YM, Wang T, et al. Triglyceride-glucose index change and chronic kidney disease progression in a Chinese hypertensive population [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2024, 15: 1342408. DOI: 10.3389/fendo.2024.1342408.
- [37] Lv LJ, Xiong JC, Huang YH, et al. Association between the triglyceride glucose index and all-cause mortality in critically ill patients with acute kidney injury [J]. *Kidney Dis (Basel)*, 2023, 10 (1): 69-78. DOI: 10.1159/000535891.
- [38] Lei L, Liang HB, Qu YL, et al. Association between triglyceride-glucose index and worsening renal function in the elderly [J]. *Front Nutr*, 2022, 9: 951564. DOI: 10.3389/fnut.2022.951564.
- [39] Fang YF, Xiong B, Shang X, et al. Triglyceride-glucose index predicts sepsis-associated acute kidney injury and length of stay in sepsis: a MIMIC-IV cohort study [J]. *Heliyon*, 2024, 10 (7): e29257. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29257.
- [40] Wei YM, Guo JQ. High triglyceride-glucose index is associated with poor prognosis in patients with acute pancreatitis [J]. *Dig Dis Sci*, 2023, 68 (3): 978-987. DOI: 10.1007/s10620-022-07567-9.
- [41] Scherer T, Sakamoto K, Buettner C. Brain insulin signalling in metabolic homeostasis and disease [J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2021, 17 (8): 468-483. DOI: 10.1038/s41574-021-00498-x.
- [42] Yang Y, Liang SR, Liu JD, et al. Triglyceride-glucose index as a potential predictor for in-hospital mortality in critically ill patients with intracerebral hemorrhage: a multicenter, case-control study [J]. *BMC Geriatr*, 2024, 24 (1): 385. DOI: 10.1186/s12877-024-05002-4.
- [43] Cai WM, Xu J, Wu X, et al. Association between triglyceride-glucose index and all-cause mortality in critically ill patients with ischemic stroke: analysis of the MIMIC-IV database [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22 (1): 138. DOI: 10.1186/s12933-023-01864-x.
- [44] 高军龙, 甘亮亮, 郭龙飞, 等. 重症新型冠状病毒感染患者免疫病理机制及免疫治疗的研究进展 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2023, 30 (3): 375-380. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2023.03.026.
- [45] 丁石婧, 张美荣, 刘敏, 等. 单独和联合 NLR、TyG 指数检测对 COVID-19 严重程度的预测价值 [J]. 标记免疫分析与临床, 2024, 31 (1): 81-87. DOI: 10.11748/bjmy.issn.1006-1703.2024.01.014.
- [46] Rohani-Rasaf M, Mirjalili K, Vatannejad A, et al. Are lipid ratios and triglyceride-glucose index associated with critical care outcomes in COVID-19 patients? [J]. *PLoS One*, 2022, 17 (8): e0272000. DOI: 10.1371/journal.pone.0272000.
- [47] Zheng YF, Wang J, Ding XH, et al. The correlation between triglyceride-glucose index and SARS-CoV-2 RNA re-positive in discharged COVID-19 patients [J]. *Infect Drug Resist*, 2022, 15: 3815-3828. DOI: 10.2147/IDR.S368568.
- [48] Hu XY, Han P, Liu Y. Metabolic status and hypertension: the impact of insulin resistance-related indices on blood pressure regulation and hypertension risk [J]. *J Am Nutr Assoc*, 2025, 10: 1-11. DOI: 10.1080/27697061.2025.2450711.