

【DOI】 10.3969/j.issn.1671-6450.2024.05.022

综述

三酰甘油葡萄糖指数与高血压的研究进展

冉芮菲综述 谭伟审校

作者单位: 430064 武汉科技大学附属天佑医院全科医学科(冉芮菲); 430070 武汉科技大学附属老年病医院全科医学科(谭伟)

通信作者: 谭伟, E-mail: tanwei63317@163.com



【摘要】 高血压发病率持续上升,胰岛素抵抗在高血压发生发展过程中起着至关重要的作用。三酰甘油葡萄糖指数作为一种新颖的胰岛素抵抗替代指标,具有简单、易行的特点,逐渐引起人们的关注。相关研究发现三酰甘油葡萄糖指数升高与高血压相关危险因素及发生、发展、预后密切相关。文章对三酰甘油葡萄糖指数与高血压的研究进展进行综述。

【关键词】 高血压;三酰甘油葡萄糖指数;胰岛素抵抗**【中图分类号】** R544.1 **【文献标识码】** A

Research progress on triglyceride glucose index in hypertension Ran Ruifei, Tan Wei. Department of General Medicine, Wuhan University of Science and Technology Affiliated Tianyou Hospital, Hubei Province, Wuhan 430064, China

Corresponding author: Tan Wei, E-mail: tanwei63317@163.com

【Abstract】 The incidence of hypertension continues to rise, and insulin resistance plays a crucial role in the occurrence and development of hypertension. As a novel alternative index of insulin resistance, the triglyceride glucose index is simple, easy to use and cheap, which has gradually attracted people's attention. Relevant studies have found that the increase of triglyceride glucose index is closely related to hypertension related risk factors, occurrence, development and prognosis. This article reviews the research progress of triglyceride glucose index and hypertension.

【Key words】 Hypertension; Triglyceride glucose index; Insulin resistance

近几十年来,随着社会经济的不断发展和人口老龄化的持续进展,高血压(hypertension)作为目前全世界范围内心血管事件和全因死亡的主要原因,已经成为全世界公共卫生面临的新挑战^[1]。根据《中国高血压调查(2012—2015)》^[2]显示,我国成年人中有2.445亿高血压患者,患病率达23.2%。尽管高血压治疗已广泛普及,但高血压的发病率仍在持续上升。根据预测,到2025年,预计全球成年人中患有高血压的人数将达到15.6亿,我国预计将有三分之一的成年人患有高血压^[3]。因此,及早识别具有高血压潜在风险的高危人群对于降低高血压及其并发症的发生率至关重要。随着人们生活水平的提高和饮食结构的改变,胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)的发病率越来越高,与此同时,葡萄糖和脂质稳态紊乱在高血压患者中十分常见,而IR在这一过程中起着重要的作用。传统的IR检测方法操作复杂、价格昂贵,在临床实践中难以实施,并不是理想的常规临床检测指标。近年来,研究者陆续提出各种直接或间接的方法来评价IR,三酰甘油葡萄糖指数(triglyceride glucose index, TyG指数)作为一种容易获得的IR替代指标而受到众多研究者的青睐^[4]。越来越多的研究证据表明TyG指数与高血压的发生发展密切相关。现就TyG指数与高血压的研究进展做一综述。

1 TyG指数概述

TyG指数是学者Simental-Mendia等^[5]于2008年首次提出的一种新型的用于评估IR的替代指标,是由脂类相关因素(空腹三酰甘油)和血糖相关因素(空腹葡萄糖)结合而成的复合生化指标,公式为:TyG指数 = $\text{Ln}[\text{空腹三酰甘油}(\text{mg/dl}) \times \text{空腹葡萄糖}(\text{mg/dl})/2]$ 。TyG指数具有使用常规实验室测量的优势,作为一个不以胰岛素为基础的指标,计算TyG指数只需要通过一次抽血检验获得,测量患者空腹三酰甘油和空腹葡萄糖的水平,其价格便宜、容易获得且操作简便,可广泛应用于大部分医疗单位。

2 TyG指数与IR的关系

高胰岛素—正常葡萄糖钳夹试验(hyperinsulinemia euglycemic clamp, HIEC)是评估IR的金标准,但因其复杂性和高成本,并不适合常规临床应用。胰岛素抵抗的稳态模型评估(homeostatic model assessment of insulin resistance, HOMA-IR)是目前临床实践中最广泛使用的一种IR替代指标,然而需要测定血浆胰岛素含量,其临床应用受限。TyG指数作为一种替代IR的指标,与HIEC和HOMA-IR相比,其敏感度和特异度相对较高^[6]。研究表明,TyG指数同HOMA-IR具有高度的诊断一致性^[7]。Jeong等^[8]纳入了378例体质量指数为25.0~29.9 kg/m²的参

与者,根据 HOMA-IR 或 TyG 指数将其分为 4 组,分析显示 TyG 指数是较 HOMA-IR 更值得信赖的指标,在对 IR 的预测能力上 TyG 指数优于 HOMA-IR。2021 年的一项为期 12 年、涉及 4 285 例 40 ~ 69 岁无糖尿病的非肥胖成年人的队列研究显示^[9],TyG 指数和 IR 之间存在着良好的因果关系。此外,TyG 指数也可以用来评估儿童和青少年的胰岛素抵抗水平^[10]。以上研究均表明 TyG 指数是评估 IR 的可靠指标,可以有效地代替 IR。

3 TyG 指数与高血压

3.1 TyG 指数与高血压危险因素

3.1.1 高血脂和代谢相关脂肪性肝病/非酒精性脂肪性肝病:

IR 导致脂肪酸代谢受损,抑制脂肪细胞中的脂蛋白脂肪酶活性,导致肝脏三酰甘油含量和极低密度脂蛋白胆固醇分泌增加以及游离脂肪酸的释放增加,从而导致高血脂和代谢相关脂肪性肝病 (metabolic associated fatty liver disease, MAFLD)。MAFLD 曾用名非酒精性脂肪性肝病 (non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD),已经成为最流行的慢性肝脏疾病之一,是指合并超重、肥胖 2 型糖尿病 (T2DM) 或代谢功能障碍,以肝脏脂肪变性为主要特征的临床病理综合征。最近一项纳入 2 290 例老年男性的单中心横断面研究^[11],探讨 TyG 指数与 MAFLD/NAFLD 患病之间的相关性,结果显示,高水平的 TyG 指数与老年男性 MAFLD/NAFLD 患病风险增加独立相关,且对老年男性 MAFLD/NAFLD 患病风险有良好的预测价值,其受试者工作特征曲线 (receiver operating characteristic curve, ROC 曲线) 下面积为 0.717 (95% CI 0.696 ~ 0.738)。

3.1.2 高血糖和糖尿病:IR 是胰岛素刺激过程中葡萄糖摄取

处于明显缺陷的一种不利代谢状态,由于其高代谢需求,显著影响骨骼肌、肝组织细胞内葡萄糖转运和糖脂代谢,导致骨骼肌糖原合成受损及肝脏葡萄糖输出受损,空腹和餐后血糖升高。目前,已有多项研究证实 TyG 指数与糖尿病 (diabetes mellitus, DM) 发病风险存在相关性。Zou 等^[12] 在一项纳入 15 464 例参与者、经过平均 5.38 年随访的队列研究中发现,在内脏脂肪型肥胖和/或异位脂肪型肥胖,且体质指数 < 25 kg/m² 的人群中,TyG 指数与 T2DM 的发病率之间存在显著关联,其 ROC 曲线下面积为 0.750 (95% CI 0.726 ~ 0.775)。近期,一项队列研究以 3 768 例非 DM 的 40 ~ 75 岁人群作为研究对象,发现高水平 TyG 指数是中老年人群 DM 发病的危险因素,随着 TyG 指数升高,正常体质量、超重和肥胖人群中 DM 发病升高,Q4 时达到高峰,在肥胖人群中最显著,Q4 组风险是 Q1 组的 15.148 倍^[13]。

3.1.3 动脉粥样硬化:IR 通过减少内皮细胞一氧化氮的产生

和增加促凝因子的释放导致血小板聚集,从而导致内皮细胞功能障碍。此外,在 IR 状态下,胰岛素信号通路受到影响,导致胰岛素在内皮细胞中产生有丝分裂作用,引起氧化应激和内皮功能受损,导致动脉粥样硬化。Li 等^[14] 基于横断面设计,通过测量肱-踝脉搏速度评定动脉僵硬度,纳入了 4 718 例高血压成年人,发现 TyG 指数每增加 1 个单位,肱-踝脉搏速度的变化幅度为 1.02 m/s (95% CI 0.83 ~ 1.20),肱-踝脉搏速度升高风险的 OR (95% CI) 为 2.12 (1.80 ~ 2.50),TyG 指数与高血

压患者动脉硬化独立正相关。2021 年的一项纳入 1 895 例参与者的前瞻性队列研究对此进行延伸发现,TyG 指数与高血压患者的动脉硬化进展有显著相关性^[15],这与 2022 年发表的一项研究结果一致^[16]。较高的 TyG 指数与高血压人群肱-踝脉搏速度变化、肱-踝脉搏速度变化率和肱-踝脉搏速度斜率增加相关。

3.1.4 冠状动脉病变:以往研究表明 TyG 指数与冠状动脉病

变有关系。IR 促使心肌细胞中过量的脂质分流到非氧化途径,导致有毒脂质的积累,活性氧、一氧化氮等介质可促进这些有毒脂质发挥其脂肪毒性作用,导致线粒体功能障碍,从而改变细胞信号传导和心脏结构。陈素琴等^[17] 研究表明,TyG 指数与糖尿病患者冠状动脉病变关系密切,高 TyG 指数可用来预测冠状动脉狭窄的严重程度。这与 2023 年的一项研究结果一致^[18]。TyG 指数与冠状动脉病变严重程度存在相关性,在冠状动脉三支/左主干病变组明显升高,且是冠状动脉粥样硬化性心脏病 (coronary heart disease, CHD) 患者冠状动脉三支/左主干病变的独立影响因素 [OR (95% CI) = 2.079 (1.345 ~ 3.213)]。

3.2 TyG 指数与高血压发生 研究发现 TyG 指数在预测高血压

发病率方面具有一定的临床应用价值,TyG 指数与高血压有显著相关性,与常规血脂和血糖参数相比,TyG 指数对高血压的判别能力更强。一项纳入了 47 808 例参与者的大样本、多中心横断面研究^[19],根据 TyG 指数的五分位数划分,回归分析显示,当 TyG 指数处于较高水平 (第 4、5 分位数) 时,肥胖者 (BMI ≥ 28 kg/m²) 及老年人 (年龄 ≥ 65 岁) 这两类人群高血压发生风险越高。这一结果与 Wang 等^[20] 的研究结论一致,认为 TyG 指数是较独立的脂质或血糖指标更优越的高血压指标。诸元婧等^[21] 的一项回顾性队列研究表明,TyG 指数的升高可增加高血压患病风险,与女性相比,在 45 ~ 54 岁和体质量正常男性人群中,高 TyG 指数较低 TyG 指数其高血压发病风险更高。在一项为期 6 年、涉及 4 600 例中国成年人参与的全国性纵向人群研究中^[22],发现参与者基线 TyG 指数升高与中国成年人新发高血压风险增加显著相关,Cox 回归模型显示,高水平的 TyG 指数与新发高血压风险增加显著相关,剂量-反应曲线显示 TyG 指数与新发高血压风险呈线性正相关,表明 TyG 指数可作为高血压的有效预测因子。近期,一项涉及 668 486 例参与者、包含 12 项横断面研究和 10 项队列研究的荟萃分析显示^[23],TyG 指数与高血压发生风险之间存在独立的相关性,TyG 指数每增加 1 个单位,发生高血压的风险增加 1.5 倍,TyG 指数与高血压风险或血压升高风险之间存在显著的线性关联。在年龄较大 (> 50 岁) 的人群中,TyG 指数与高血压的相关性更为显著。

3.3 TyG 指数与高血压发展 一项来自中国人群的纵向研究

^[24] 探讨了 TyG 指数与高血压分期 (1 期、2 期)、表型 (孤立性收缩期高血压、孤立性舒张期高血压、收缩期舒张期高血压) 及其进展的关系,研究结果表明,对于年龄 ≥ 45 岁的受试者,与 TyG 指数最低的四分位数相比,TyG 指数最高的四分位数与 1 期高血压 [OR (95% CI) = 1.71 (1.38 ~ 2.13)]、2 期高血压 [OR (95% CI) = 1.74 (1.27 ~ 2.38)]、孤立性收缩期高血压 [OR

(95% CI) = 1.66 (1.31 ~ 2.11)]、孤立性舒张期高血压 [OR (95% CI) = 2.52 (1.26 ~ 5.05)] 和收缩期舒张期高血压 [OR (95% CI) = 1.65 (1.23 ~ 2.23)] 的风险增加相关,认为 TyG 指数与高血压不同阶段、表型及其进展相关。新加坡的一项社区回顾性队列研究^[25],以 3 183 例无高血压的健康体检人群作为研究对象,调整人口统计学和临床特征减少可能的混杂因素影响后,发现高 TyG 指数四分位数与高血压发展之间存在显著的关联,TyG Q4 的风险是 TyG Q1 的 2 倍多 [HR (95% CI) = 2.57 (1.71 ~ 3.87)]。以上研究均提示,TyG 指数与高血压发展相关,可作为高血压发展的独立预测指标,有助于早期高血压管理。然而,上述研究为回顾性设计,研究对象是普通人群,而不是高血压患者,这可能会降低 TyG 指数的平均水平。因此,需要更多研究类型、不同研究人群及更大规模的研究来进一步探讨 TyG 指数在高血压进展中的作用。

3.4 TyG 指数与高血压预后

3.4.1 主要心血管不良事件:主要心血管不良事件 (major adverse cardiovascular events, MACEs) 定义为心肌梗死、卒中、心力衰竭和/或心血管原因死亡的复合事件。IR 的脂毒性和糖毒性是导致心血管疾病发生的主要因素,研究发现 TyG 指数与 MACEs 存在独立相关性,TyG 指数升高可以预测高血压患者的不良后果。一项纳入 9 323 例无糖尿病高血压参与者的研究^[26],探讨无糖尿病高血压患者人群中 TyG 指数与不良结局之间的关系,认为高血压患者 TyG 指数与 MACEs 风险显著相关 [HR (95% CI) = 1.40 (1.20 ~ 1.64)]。此外,一项关于中国高血压患者的纵向研究表明^[27],TyG 指数是预测高血压患者 MACEs 发展的指标之一。2 250 例患者被纳入这项为期 3.5 年的队列研究,依据 TyG 指数的临界值分为 2 组:低 TyG 组 ($n = 901$, TyG 指数 ≤ 8.87) 和高 TyG 组 ($n = 1 349$, TyG 指数 > 8.87),高 TyG 组与低 TyG 组的风险比为 [HR (95% CI) = 1.313 (1.010 ~ 1.708)]。

3.4.2 卒中:Hu 等^[28]在老年高血压患者的队列研究中发现,TyG 指数与首次卒中风险呈正相关,TyG 指数基线水平越高,发生首次卒中的风险越大 [HR (95% CI) = 1.90 (1.04 ~ 3.45)]。在一项针对 19 924 例高血压患者的前瞻性研究中,Huang 等^[29]首次对高血压患者 TyG 指数纵向模式与卒中风险相关性进行探讨,发现高血压患者 TyG 指数的长期升高与卒中的风险增加相关,尤其是缺血性卒中,但 TyG 指数轨迹与出血性卒中风险无显著相关性。Kaplan-Meier 曲线显示,TyG 指数升高组的参与者卒中、缺血性卒中的风险更高。调整潜在混杂因素后,高水平 TyG 指数的高血压患者,与低稳定组相比,在 10 年的随访中,卒中和缺血性卒中的风险更高。以上研究提示 TyG 指数对于早期识别高血压患者合并卒中具有一定的预测价值。

3.4.3 肾损害:IR 导致机体糖脂代谢紊乱,相应产生的葡萄糖波动和高血糖通过线粒体功能障碍和内质网应激触发炎症反应,同时 IR 可促进微血管的脂毒性效应,诱导氧化应激,进而造成细胞损伤,诱导细胞凋亡,减少一氧化氮的生成,诱导内皮细胞损伤,导致肾小球损伤,从而导致肾脏损害。一项纳入 881 例高血压患者的横断面研究显示^[30],TyG 指数升高的患者发生

肾功能损害的相对风险更高 [OR (95% CI) = 1.53 (1.006 ~ 2.303)],提示 TyG 指数与高血压患者早期肾功能损害有显著相关性。

4 TyG 指数与 IR 共同对高血压的影响

IR 的定义为机体外周组织对胰岛素刺激反应的敏感性降低,是由于胰岛素不敏感导致三酰甘油和胰岛素水平升高而产生的一种不利的代谢状况,被认为是糖脂代谢功能障碍的关键机制^[31]。高血压个体常常伴随着葡萄糖和脂质的稳态异常,脂蛋白代谢紊乱(特别是血浆三酰甘油升高)和空腹葡萄糖升高以及糖尿病、超重或肥胖都是高血压的主要危险因素^[32-33]。TyG 指数及 IR 与高血压这些危险因素密切相关。当机体处于 IR 状态时,胰岛素升高可以增强神经中胰岛素介导的葡萄糖代谢,刺激脑干的中枢神经产生交感神经兴奋,增加肾上腺素和去甲肾上腺素的分泌,从而引起血管平滑肌增厚和管腔狭窄^[34-36],导致高血压;或是增强肾素-血管紧张素-醛固酮系统活性,通过肾小管细胞中表达的 Na^+/H^+ 转运体促进钠的重吸收、水钠潴留,同时促进肾内透明质酸和脂质的沉积,进一步增加肾内压,增大外周血管阻力,增加血容量^[37],升高血压;此外还可以通过损害血管内皮功能,促进内皮素的产生和释放,导致扩张血管的前列腺素和前列腺素 E_2 的合成产生减少,降低血管舒张反应,发生血管异常收缩,增大血管阻力,增加后负荷^[38-40],这些最终都将导致高血压的发生。

5 小结与展望

糖脂代谢紊乱是高血压患者共同的病理生理特征,IR 是血压升高的危险因素。近几年提出的 TyG 指数是一项简单易行、价格低廉的 IR 替代指标,多项研究表明其与高血压危险因素、发生、发展、预后密切相关。期望未来临床医生可以有效利用 TyG 指数,早期识别高血压危险因素,及早发现高危人群,早期防治,降低高血压的发病率和病死率,减少医疗负担。

参考文献

- [1] Roth GA, Mensan GA, Johnson CO, et al. Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990-2019 [J/OL]. Journal of the American College of Cardiology, 2020, 76 (25): 2982-3021. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.11.010.
- [2] Wang Z, Chen Z, Zhang L, et al. Status of hypertension in China: Results from the China hypertension survey, 2012-2015 [J/OL]. Circulation, 2018, 137 (22): 2344-2356. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.032380.
- [3] Beaney T, Schutte AE, Tomaszewski M, et al. May Measurement Month 2017: An analysis of blood pressure screening results worldwide [J/OL]. The Lancet Global Health, 2018, 6 (7): e736-e743. DOI: 10.1016/S2214-109X(18)30259-6.
- [4] Tao LC, Xu JN, Wang TT, et al. Triglyceride-glucose index as a marker in cardiovascular diseases: landscape and limitations [J]. Cardiovascular Diabetology, 2022, 21 (1): 68. DOI: 10.1186/s12933-022-01511-x.
- [5] Simental-Mendía LE, Rodríguez MM, Guerrero RF. The product of fasting glucose and triglycerides as surrogate for identifying insulin resistance in apparently healthy subjects [J/OL]. Metabolic Syndrome and Related Disorders, 2008, 6 (4): 299-304. DOI: 10.1089/met.

- 2008.0034.
- [6] Sánchez GA, Rodríguez GR, Mancillas AL, et al. Diagnostic accuracy of the triglyceride and glucose index for insulin resistance; A systematic review [J]. *International Journal of Endocrinology*, 2020, 2020: 4678526. DOI:10.1155/2020/4678526.
- [7] 李晓辉,尹洁,刘冰,等.三酰甘油—葡萄糖指数与脂肪组织胰岛素抵抗的关系分析[J].*首都医科大学学报*,2023,44(3):393-399. DOI:10.3969/j.issn.1006-7795.2023.03.006.
- [8] Jeong S, Lee JH. The verification of the reliability of a triglyceride-glucose index and its availability as an advanced tool [J]. *Metabolomics*, 2021, 17(11):97. DOI:10.1007/s11306-021-01837-9.
- [9] Park B, Lee HS, Lee YJ. Triglyceride glucose (TyG) index as a predictor of incident type 2 diabetes among nonobese adults; A 12-year longitudinal study of the Korean Genome and Epidemiology Study cohort [J]. *Translational Research*, 2021, 228:42-51. DOI:10.1016/j.trsl.2020.08.003.
- [10] Brito ADM, Hermsdorff HHM, Filgueiras MDS, et al. Predictive capacity of triglyceride-glucose (TyG) index for insulin resistance and cardiometabolic risk in children and adolescents; A systematic review [J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2021, 61(16):2783-2792. DOI:10.1080/10408398.2020.1788501.
- [11] 康娟,刘文徽,常青,等.三酰甘油—葡萄糖指数及其相关衍生指数与老年男性代谢相关脂肪性肝病的关联性研究[J].*解放军医学杂志*,2023,48(11):1344-1352. DOI:10.11855/j.issn.0577-7402.0544.2023.1012.
- [12] Zou S, Yang C, Shen R, et al. Association between the triglyceride-glucose index and the incidence of diabetes in people with different phenotypes of obesity; A retrospective study [J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2021, 12:784616. DOI:10.3389/fendo.2021.784616.
- [13] 闵行,甄东户,汤旭磊,等.中老年人甘油三酯葡萄糖乘积指数与糖尿病发病风险相关性的前瞻性队列研究[J].*中国糖尿病杂志*,2023,31(2):81-86. DOI:10.3969/j.issn.1006-6187.2023.02.001.
- [14] Li M, Zhan A, Huang X, et al. Positive association between triglyceride glucose index and arterial stiffness in hypertensive patients; The China H-type hypertension registry study [J]. *Cardiovascular Diabetology*, 2020, 19(1):139. DOI:10.1186/s12933-020-01124-2.
- [15] Wu Z, Zhou D, Liu Y, et al. Association of TyG index and TG/HDL-C ratio with arterial stiffness progression in a non-normotensive population [J]. *Cardiovascular Diabetology*, 2021, 20(1):134. DOI:10.1186/s12933-021-01330-6.
- [16] Yan Y, Wang D, Sun Y, et al. Triglyceride-glucose index trajectory and arterial stiffness; Results from hanzhong adolescent hypertension cohort study [J]. *Cardiovascular Diabetology*, 2022, 21(1):33. DOI:10.1186/s12933-022-01453-4.
- [17] 陈素琴,黎明江,吴限,等. TyG 指数与 2 型糖尿病患者冠状动脉病变相关性研究 [J]. *疑难病杂志*, 2017, 16(8):761-764. DOI:10.3969/j.issn.1671-6450.2017.08.002.
- [18] 高霞,胡延晋,姚志,等.三酰甘油葡萄糖指数与新诊断的冠状动脉粥样硬化性心脏病患者冠状动脉病变程度的相关性[J].*首都医科大学学报*,2023,44(3):381-386. DOI:10.3969/j.issn.1006-7795.2023.03.004.
- [19] Zhu B, Wang J, Chen K, et al. A high triglyceride glucose index is more closely associated with hypertension than lipid or glycemic parameters in elderly individuals; A cross-sectional survey from the Reaction Study [J]. *Cardiovascular Diabetology*, 2020, 19(1):112. DOI:10.1186/s12933-020-01077-6.
- [20] Wang Y, Yang W, Jiang X. Association between triglyceride-glucose index and hypertension; A meta-analysis [J]. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 2021, 8:644035. DOI:10.3389/fcvm.2021.644035.
- [21] 诸元婧,刘安诺.高校教师三酰甘油葡萄糖指数对高血压发病影响的队列研究[J].*中国全科医学*,2022,25(4):461-466. DOI:10.12114/j.issn.1007-9572.2021.00.346.
- [22] Gao Q, Lin Y, Xu R, et al. Positive association of triglyceride-glucose index with new-onset hypertension among adults; A national cohort study in China [J]. *Cardiovascular Diabetology*, 2023, 22(1):58. DOI:10.1186/s12933-023-01795-7.
- [23] Xu A, Jin Q, Shen Z, et al. Association between the risk of hypertension and triglyceride glucose index in Chinese regions; A systematic review and dose-response meta-analysis of a regional update [J]. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 2023, 10:1242035. DOI:10.3389/fcvm.2023.1242035.
- [24] Shan S, Li S, Lu K, et al. Associations of the triglyceride and glucose index with hypertension stages, phenotypes, and their progressions among middle-aged and older Chinese [J]. *International Journal of Public Health*, 2023, 68:1605648. DOI:10.3389/ijph.2023.1605648.
- [25] Khoo J, Low S, Irwan B, et al. The role of triglyceride-glucose index in the prediction of the development of hypertension; Findings from a community cohort in Singapore [J]. *Journal of the ASEAN Federation of Endocrine Societies*, 2023, 38(1):62-67. DOI:10.15605/jafes.038.01.09.
- [26] Yang K, Liu W. Triglyceride and glucose index and sex differences in relation to major adverse cardiovascular events in hypertensive patients without diabetes [J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2021, 12:761397. DOI:10.3389/fendo.2021.761397.
- [27] Zhang F, Kadierding R, Zhang S, et al. Triglyceride glucose index for predicting major adverse cardiovascular events in Chinese patients with hypertension [J]. *Angiology*, 2023, 74(3):259-267. DOI:10.1177/00033197221104559.
- [28] Hu L, Bao H, Huang X, et al. Relationship between the triglyceride glucose index and the risk of first stroke in elderly hypertensive patients [J]. *International Journal of General Medicine*, 2022, 15:1271-1279. DOI:10.2147/IJGM.S350474.
- [29] Huang Z, Ding X, Yue Q, et al. Triglyceride-glucose index trajectory and stroke incidence in patients with hypertension; A prospective cohort study [J]. *Cardiovascular Diabetology*, 2022, 21(1):141. DOI:10.1186/s12933-022-01577-7.
- [30] Dong J, Yang H, Zhang Y, et al. A high triglyceride glucose index is associated with early renal impairment in the hypertensive patients [J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2022, 13:1038758. DOI:10.3389/fendo.2022.1038758.

(下转 630 页)

- tics12071696.
- [34] Zhang Y, Lian X, Huang S, et al. A study of the diagnostic value of a modified transthoracic lung ultrasound scoring method in interstitial lung disease [J]. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 2023, 13 (2) :946-956. DOI:10. 21037/qims-22-153.
- [35] Ye J, Liu P, Li R, et al. Biomarkers of connective tissue disease-associated interstitial lung disease in bronchoalveolar lavage fluid: A label-free mass spectrometry-based relative quantification study [J]. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 2022, 36 (5) :e24367. DOI: 10. 1002/jcla. 24367.
- [36] 贺新伟, 骆琼珍, 尚颖, 等. 骨膜蛋白在皮肌炎和类风湿性关节炎伴间质性肺疾病患者支气管肺泡灌洗液中的检测及临床意义 [J]. *中国呼吸与危重监护杂志*, 2018, 17 (5) :465-469. DOI: 10. 7507/1671-6205. 201802025.
- [37] Fang C, Rinke AE, Wang J, et al. B7H3 expression and significance in idiopathic pulmonary fibrosis [J]. *The Journal of Pathology*, 2022, 256 (3) :310-320. DOI:10. 1002/path. 5838.
- [38] Nakashima T, Omori K, Namba M, et al. Serum and bronchoalveolar lavage fluid levels of soluble B7H3 in patients with interstitial lung diseases [J]. *Respiratory Medicine*, 2023, 212 : 107224. DOI: 10. 1016/j. rmed. 2023. 107224.
- [39] Kim JW, Chung SW, Pyo JY, et al. Methotrexate, leflunomide and tacrolimus use and the progression of rheumatoid arthritis-associated interstitial lung disease [J]. *Rheumatology (Oxford)*, 2023, 62 (7) : 2377-2385. DOI:10. 1093/rheumatology/keac651.
- [40] Tardella M, Di Carlo M, Carotti M, et al. Abatacept in rheumatoid arthritis-associated interstitial lung disease: short-term outcomes and predictors of progression [J]. *Clinical Rheumatology*, 2021, 40 (12) : 4861-4867. DOI:10. 1007/s10067-021-05854-w.
- [41] 李舒, 万磊, 刘健, 等. 雷公藤多苷片对类风湿关节炎合并间质性肺病患者的临床疗效 [J]. *中成药*, 2023, 45 (9) :2896-2901. DOI: 10. 3969/j. issn. 1001-1528. 2023. 09. 015.
- [42] Matteson EL, Aringer M, Burmester GR, et al. Effect of nintedanib in patients with progressive pulmonary fibrosis associated with rheumatoid arthritis: Data from the INBUILD trial [J]. *Clinical Rheumatology*, 2023, 42 (9) :2311-2319. DOI:10. 1007/s10067-023-06623-7.
- [43] Wang J, Wang X, Qi X, et al. The efficacy and safety of pirfenidone combined with immunosuppressant therapy in connective tissue disease-associated interstitial lung disease: A 24-week prospective controlled cohort study [J]. *Frontiers in Medicine*, 2022, 9 : 871861. DOI:10. 3389/fmed. 2022. 871861.
- [44] Maher TM, Tudor VA, Saunders P, et al. Rituximab versus intravenous cyclophosphamide in patients with connective tissue disease-associated interstitial lung disease in the UK (RECITAL): A double-blind, double-dummy, randomised, controlled, phase 2b trial [J]. *The Lancet Respiratory Medicine*, 2023, 11 (1) : 45-54. DOI: 10. 1016/S2213-2600(22)00359-9.

(收稿日期:2024-01-08)

(上接 620 页)

- [31] Ramdas NVK, Satheesh P, Shenoy MT, et al. Triglyceride glucose (TyG) index: A surrogate biomarker of insulin resistance [J]. *JPMA*, 2022, 72 (5) :986-988. DOI:10. 47391/JPMA. 22-63.
- [32] Kuwabara M, Hisatome I. The relationship between fasting blood glucose and hypertension [J]. *American Journal of Hypertension*, 2019, 32 (12) :1143-1145. DOI:10. 1093/ajh/hpz147.
- [33] 王小凤, 张红斌, 赵明, 等. 替米沙坦与苯磺酸左旋氨氯地平治疗单纯空腹血糖受损高血压患者的疗效比较 [J]. *疑难病杂志*, 2019, 18 (9) : 877-881. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6450. 2019. 09. 004.
- [34] Pedrianes MPB, Perez VM, Morales AD, et al. Resting metabolic rate is increased in hypertensive patients with overweight or obesity: Potential mechanisms [J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2021, 31 (7) :1461-1470. DOI:10. 1111/sms. 13955.
- [35] Da SAA, Do CJM, Li X, et al. Role of hyperinsulinemia and insulin resistance in hypertension: Metabolic syndrome revisited [J]. *The Canadian Journal of Cardiology*, 2020, 36 (5) : 671-682. DOI: 10. 1016/j. cjea. 2020. 02. 066.
- [36] 曲歌乐, 张仲迎, 李耘, 等. 中老年高血压合并 2 型糖尿病患者空腹血糖对血压昼夜节律的影响 [J]. *疑难病杂志*, 2021, 20 (6) : 560-564. DOI:10. 3969/j. issn. 1671-6450. 2021. 06. 005.
- [37] Hall JE, Do CJM, Da SAA, et al. Obesity, kidney dysfunction and hypertension: Mechanistic links [J]. *Nature Reviews Nephrology*, 2019, 15 (6) :367-385. DOI:10. 1038/s41581-019-0145-4.
- [38] 包秋红, 贾海玉, 曹中朝, 等. H 型高血压患者血清 ADMA、Hcy、IL-6 水平与脂质代谢及颈动脉内膜中层厚度的关系 [J]. *疑难病杂志*, 2019, 18 (11) :1094-1098. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6450. 2019. 11. 004.
- [39] Muniyappa R, Chen H, Montagnani M, et al. Endothelial dysfunction due to selective insulin resistance in vascular endothelium: insights from mechanistic modeling [J]. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 2020, 319 (3) : E629-E646. DOI: 10. 1152/ajpendo. 00247. 2020.
- [40] Hill MA, Jaisser F, Sowers JR. Role of the vascular endothelial sodium channel activation in the genesis of pathologically increased cardiovascular stiffness [J]. *Cardiovascular Research*, 2022, 118 (1) : 130-140. DOI:10. 1093/cvr/evaa326.

(收稿日期:2024-01-02)