

胰岛素抵抗代谢评分临床应用进展

陈俊安, 高 韬, 曾玉潇, 柯大智*

重庆医科大学附属第二医院全科医学科, 重庆

收稿日期: 2026年1月12日; 录用日期: 2026年2月6日; 发布日期: 2026年2月13日

摘 要

胰岛素抵抗是心血管疾病的独立危险因素。通过胰岛素抵抗的评估, 可以早期预警心血管疾病的发生, 并指导制定干预措施。胰岛素敏感性检测方法众多, 其中高胰岛素 - 正葡萄糖钳夹(HEC)技术是检测胰岛素敏感性的金标准, 然而该方法操作繁琐、价格昂贵, 临床推广受限。为满足临床需求, 一些间接评估胰岛素敏感性的方法相继问世, 但各有优缺点。其中胰岛素抵抗代谢评分作为一种基于空腹血糖、血脂和体重指数的评估胰岛素敏感性工具, 因其便捷、经济且不依赖胰岛素检测的优势, 在大型流行病学调查及临床研究中展现出对心血管疾病风险与预后的良好预测价值。本综述拟系统阐述胰岛素抵抗代谢评分临床应用进展。

关键词

胰岛素抵抗, 胰岛素抵抗代谢评分, 心血管疾病, 胰岛素敏感性

Clinical Progress in the Application of the Metabolic Score for Insulin Resistance

Junan Chen, Tao Gao, Yuxiao Zeng, Dazhi Ke*

Department of General Practice, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: January 12, 2026; accepted: February 6, 2026; published: February 13, 2026

Abstract

Insulin resistance is an independent risk factor for cardiovascular disease. Assessing insulin resistance enables early warning of cardiovascular disease onset and guides the development of intervention strategies. Numerous methods exist for measuring insulin sensitivity, among which the Hyperinsulinemic Euglycemic Clamp (HEC) technique serves as the gold standard. However, its cumbersome procedure and high cost limit clinical implementation. To address clinical needs, several indirect methods for assessing insulin sensitivity have emerged, each with distinct advantages

*通讯作者。

and limitations. Among these, the Metabolic Score for Insulin Resistance (Mets-IR) stands out as an assessment tool based on fasting blood glucose, lipid profile, and body mass index. Its advantages—convenience, cost-effectiveness, and independence from insulin testing—have demonstrated strong predictive value for cardiovascular disease risk and prognosis in large-scale epidemiological and clinical studies. This review aims to systematically outline the clinical application progress of Mets-IR.

Keywords

Insulin Resistance, Metabolic Score for Insulin Resistance, Cardiovascular Disease, Insulin Sensitivity

Copyright © 2026 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

胰岛素抵抗(Insulin Resistance, IR)被定义为胰岛素不能有效地促进周围组织摄取葡萄糖及抑制肝脏葡萄糖输出[1]。IR 作为 2 型糖尿病、肥胖和代谢综合征的核心病理基础,与心血管疾病发生发展密切相关[2]。大量研究证实,胰岛素抵抗不仅是 2 型糖尿病和代谢综合征的基础,更是动脉粥样硬化性心血管疾病的独立危险因素[3][4]。其致病机制涉及多种通路:它可损害血管内皮功能,引发特征性的血脂异常,并激活慢性炎症反应,从多个层面共同驱动动脉粥样硬化的发生与发展[2]。高胰岛素-正葡萄糖钳夹技术(Hyperinsulinemic Euglycemic Clamp, HEC)是评估 IR 的金标准[5],但其临床应用受到限制。因此,开发便捷可靠的替代指标具有重要意义。胰岛素抵抗代谢评分(Mets-IR)根据空腹血糖、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)和体重指数(BMI)四项常规体检数据计算,无需测定胰岛素水平,在流行病学研究中对冠心病、脑卒中等心血管疾病风险及预后的良好预测价值。因此,本综述旨在系统阐述 IR 评估方法及 Mets-IR 的优势,并就 Mets-IR 与心血管疾病发病风险关联进行总结,以期为早期识别心血管疾病高危人群和制定干预措施提供参考。

2. IR 评估方法

评估胰岛素抵抗方法众多,包括胰岛素敏感性的直接测量、间接测量、动态间接测量等,上述方法均依赖胰岛素水平的检测,且大多操作复杂,需多次采血,并通过复杂的公式计算。

2.1. 直接测量 IR 方法

目前 HEC 被认为是评估 IR 的金标准,其优点是避免了内源性胰岛素缺乏和低血糖对胰岛素敏感性的影响,精确评估机体胰岛素的敏感性,但因其检测成本高、程序复杂,该方法仅用于科研,并没有广泛应用于临床[5]。胰岛素抑制实验(Insulin Suppression Test, IST)同样是定量精确检测胰岛素抵抗的方法,但对于肥胖及重度胰岛素抵抗患者精确性不及 HEC [6],且同样因为高检测成本及复杂的操作而临床应用较少。同位素示踪技术通过摄入含有同位素标记的葡萄糖计算肝脏葡萄糖生成速率,能够更准确、更灵敏地评估胰岛素抵抗程度[7],但因同位素价格昂贵,且需要核磁共振光谱等仪器测定,临床应用同样受限。

2.2. 间接检测 IR 方法

因直接检测 IR 方法操作复杂、临床应用的局限性,以空腹胰岛素为基础,间接检测胰岛素抵抗的方

法被提出, 主要包括胰岛素抵抗的稳态模型评估胰岛素抵抗指数(HOMA-IR)和定量胰岛素敏感性检查指数(Quantitative Insulin Sensitivity Check Index, QUICKI) [8], 并被用作胰岛素抵抗的基本评估。HOMA-IR 和 QUICKI 仅需要对空腹血糖及空腹胰岛素测量, 通过相关公式计算出相应指数。目前研究证实 HOMA-IR 与 HEC 检测结果高度相关, 同时在心血管疾病中具有良好的预测价值[9], 已广泛用于大规模临床研究。但在胰岛 β 细胞严重受损、服用胰岛素促泌剂的糖尿病患者中 HOMA-IR 和 QUICKI 对胰岛素抵抗的评估受到影响, 可能导致评估不准确。

2.3. 动态间接检测 IR 方法

动态的胰岛素检测可以一定程度上弥补单一空腹胰岛素基础的胰岛素抵抗指标的缺点。微小模型技术(Minimal Model Technique, MMT)被公认为一种可靠的胰岛素抵抗实验[10], 多次采血的 MMT 较单次采血的 HOMA-IR 更加准确, 其原理是在生理的葡萄糖-胰岛素反馈调节状态下评估胰岛素抵抗, 但因多次采血操作复杂, 难以在临床广泛应用。口服葡萄糖胰岛素敏感指数(Oral Glucose Insulin Sensitivity Index, OGSI)是基于口服葡萄糖耐量实验(OGTT)下完成的, 包括 Matsuda 指数、Stumvoll 指数和 Gutt 指数 [11], 均通过相关公式计算评估胰岛素抵抗, 其优点是胰岛素释放实验简便, 容易实施, 临床应用广泛, 缺点是计算公式复杂、不适用于胃肠道功能紊乱的患者、血糖升高时胰岛细胞受到抑制, 不能真实反应胰岛细胞功能。上述胰岛素抵抗指标均依赖胰岛素水平检测, 常用于临床和流行病学研究, 而临床实践中往往并未常规检测胰岛素水平, 限制了在日常临床实践中的应用。因此, 需要一种操作简便、成本更低、更容易获取、且不依赖胰岛素水平的指标, 以便更广泛和更容易地评估 IR。

3. Mets-IR 定义与优势

Mets-IR 通过空腹血糖、甘油三酯(TG)、体重指数(BMI)和高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)四个指标计算, 计算公式为 $\text{Ln} [2 \times \text{FPG} (\text{mg/dL}) + \text{TG} (\text{mg/dl})] \times \text{BMI} (\text{kg/m}^2) / (\text{Ln} [\text{HDL} - \text{C} (\text{mg/dL})])$, 已被证明是一种可靠的非胰岛素依赖的胰岛素抵抗替代指标[12]。

Mets-IR 经 HEC 金标准验证, 在预测 2 型糖尿病方面表现良好, 其诊断效能与 HOMA-IR 相当[12]。与 HOMA-IR 不同的是, Mets-IR 仅需空腹血糖、TG、HDL-C 和 BMI 这些常规指标, 其优点是不依靠检测胰岛素水平, 相关指标容易获取, 操作简便, 不需要多次抽血检验, 容易在基层医疗和日常临床应用场景中广泛普及和推广。与 HOMA-IR 相比, Mets-IR 在糖尿病与非糖尿病患者、肥胖与非肥胖患者中均具有稳定性, 适用场景优于 HOMA-IR [12]。并且, Mets-IR 还被证明与内脏脂肪、肝内脂肪和胰腺内脂肪显著相关, 能够间接反应内脏脂肪堆积, 能够更全面地反映全身代谢紊乱的水平。但 Mets-IR 只能反应外周组织对胰岛素的抵抗作用, 不能直接反应胰岛细胞的功能水平, 且不同种族间最佳临界值存在差异, Mets-IR 与心血管疾病相关最佳截断值见表 1, TG 和空腹血糖存在生理波动, 可能影响评估的稳定性。综合评价, Mets-IR 因其简便、易于获取、经济实用的特性, 可以用于大规模的流行病学筛查及临床应用。

Table 1. Best cut-off value of Mets-IR for cardiovascular disease

表 1. Mets-IR 与心血管疾病相关最佳截断值

疾病	国家	最佳截断值	敏感度	特异度	AUC (95% CI)
冠心病[13]	中国	42.1	37.7%	82.6%	0.636
高血压[14]	中国	33.61	69.67%	56.67%	0.679
心力衰竭[15]	美国	48.11	47.0%	70.8%	0.616
脑卒中[16]	中国	男性: 38.062	男性: 47.2%	男性: 66.6%	男性: 0.576
		女性: 35.777	女性: 64.8%	女性: 45.2%	女性: 0.557

4. Mets-IR 的临床应用

现有的流行病学与临床研究证实 Mets-IR 与心血管疾病的关联密切。从一级预防的角度,它有助于早期识别心血管疾病高危人群;从诊疗管理的角度,它能为心血管疾病患者的病情评估、并发症预警及预后判断提供潜在的临床指导。

4.1. Mets-IR 与冠心病

在探讨 Mets-IR 的临床研究中, Mets-IR 已成为评估动脉粥样硬化及冠心病发病风险的有效工具。一项横断面研究表明,在无症状的成年人中, Mets-IR 升高与冠状动脉钙化积分增加独立相关,而冠状动脉钙化是冠状动脉粥样硬化斑块负荷的直接量化指标,预示着未来冠心病事件的风险[17]。更为重要的是,大规模前瞻性队列研究确立了 Mets-IR 对未来心血管事件的预测价值。一项基于中国健康与养老追踪调查(China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS)数据库的研究发现, Mets-IR 每增加 1 个四分位数(IQR),冠心病发病风险增加 29% [18]。此外, Tian 等人一项为期 11 年的队列研究发现,累计 Mets-IR (cumMets-IR)升高及逐渐上升趋势与心血管疾病发病风险密切相关[19],凸显了 cumMets-IR 具有更强的识别高危人群的效能。Mets-IR 与冠状动脉狭窄程度同样存在显著相关性, Wu 等研究发现 Mets-IR 是预测冠状动脉病变狭窄程度的重要指标,并通过对比甘油三酯(TG)/高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)比值、甘油三酯/葡萄糖(TyG)指数, Mets-IR 在预测冠状动脉狭窄程度方面优于其他两种 IR 评估指标[13]。Zhang 等人的研究进一步证实了 Mets-IR 与冠心病严重程度密切相关,且较高的 Mets-IR 水平与冠状动脉多支血管病变风险显著相关[20]。此外,在接受经皮冠状动脉介入(PCI)患者中, Mets-IR 与发生重大心脏和脑血管事件(MACCEs)同样存在显著相关性,每增加 1 个标准差(SD), MACCEs 增加 27% [21]。在预测心血管死亡率方面,一项基于美国国家健康与营养检查调查(NHANES)研究中表明, Mets-IR 在 65 岁以下人群中的全因死亡率和心血管死亡率呈“U”型关联,当 Mets-IR 高于拐点(41.33)时,与全因死亡率和心血管死亡率呈显著正相关[22]。Mets-IR 的预测能力在类风湿关节炎患者中同样有效,类风湿关节炎固有的炎症状态与胰岛素抵抗相互叠加,进一步加剧心血管风险。在此类患者中, Mets-IR 仍能独立预测未来心血管事件的发生[23]。

这些证据共同证实了 Mets-IR 在预测心血管疾病发病风险、冠心病严重程度及死亡率方面的潜在价值,有助于心血管疾病的危险分层,为心血管疾病早期筛查和预防提供新工具,能够更精准地预测心血管疾病的长期风险,具有重要的临床应用价值。

4.2. Mets-IR 与高血压

胰岛素抵抗(IR)在高血压的发生发展过程中同样扮演着重要的角色。一项基于 NHANES 横断面研究显示, Mets-IR 与高血压患病风险呈显著正相关, METS-IR 每升高 1 个单位,高血压发病风险相应增加 3% [24]。这种关联性在不同种族和地区的人群中也得到了验证, Liu 等人在中国成年人中研究发现, Mets-IR 与高血压发病密切相关,且与血压水平呈正相关,并认为 Mets-IR 作为一种便捷、有效的评估工具,可以帮助监测和管理高血压人群[25]。一项来自日本的回顾性队列研究发现,在正常血糖人群中 Mets-IR 水平与高血压发病率之间存在密切关联,同样证明了 Mets-IR 作为高血压风险标志物在不同种族和人群中的适用性[26]。

Mets-IR 还与高血压人群的靶器官损害及不良心血管事件相关。一项针对青年高血压患者的研究显示,较高的 Mets-IR 水平与更显著的左心室肥厚和左心房功能受损独立相关[27]。一项纳入超过 30 万中国社区高血压患者的大型前瞻性队列研究中发现, Mets-IR 最高四分位数的患者发生心血管疾病(如心肌梗死、脑卒中)风险较最低四分位数患者高 25% [28],这有助于识别高血压患者心血管事件的高风险个体

并提供个体化心血管疾病预防。Mets-IR 不仅是高血压发病风险的标志物,更是高血压患者进行心血管风险分层和识别心脏损害的重要工具。将 Mets-IR 纳入高血压的临床管理框架,可以为早期识别心血管疾病高风险人群提供可靠参考。

4.3. Mets-IR 与心力衰竭

在心力衰竭的发生、发展及预后评估中, Mets-IR 具有重要临床价值。Mets-IR 不仅是心力衰竭发病风险的独立预测因子,还是心力衰竭患者预后的预测指标。在一项基于 NHANES 的横断面研究发现, Mets-IR 与心力衰竭风险呈显著正相关,并且存在 J 形关联,当 Mets-IR 低于拐点值时,风险增长相对平缓;一旦超过该阈值,心力衰竭风险则急剧上升[15]。这表明将 Mets-IR 控制在一定水平以下,可能对预防心力衰竭具有关键意义。一项多中心的队列研究结果表明,在射血分数保留心力衰竭(HFpEF)患者中,随着 Mets-IR 水平升高,患者全因死亡及心血管死亡风险相应升高,再住院率也相应增加[29]。Mets-IR 或许是评估心力衰竭风险的重要工具,同时也是评估心力衰竭患者预后和治疗效果的重要指标。

4.4. Mets-IR 与脑卒中

基于 NHANES 的大型横断面研究表明, Mets-IR 水平与卒中发病风险呈显著正相关, Mets-IR 每升高 10 个单位,卒中患病风险相应增加 21% [30]。Wang 等通过 CHARLS 数据库计算 2012 年至 2015 年间的累计 Mets-IR (cumMets-IR)发现,随着 cumMets-IR 水平升高,卒中事件的风险也随之增加,最高四分位数组的卒中患病率比最低四分位数组高 57%,并且 cumMets-IR 可以更有效地预测未来的卒中风险[31]。长期监测 Mets-IR 的动态变化或许比单一时间点测量更具预测价值。

Mets-IR 不仅与卒中发病风险相关,还能有效预测卒中发生后的疾病严重程度与临床结局。在已发生缺血性卒中的患者中, Mets-IR 是评估神经功能损伤严重程度的可靠指标。一项针对中国神经重症监护病房中 504 名脑梗死患者的多中心研究发现,随着 Mets-IR 指数升高,患者发生严重神经功能损害的风险持续增加[32]。此外,对于接受血管内取栓治疗的缺血性卒中患者, Mets-IR 还是预测症状性颅内出血这一严重并发症的独立危险因素。一项纳入了 410 名患者的研究表明,较高的 Mets-IR 水平与症状性颅内出血风险独立相关,将 Mets-IR 指标加入传统预测模型能显著改善模型的预测能力[33]。在接受静脉溶栓的脑卒中患者, Mets-IR 是其出院后三个月内功能性结局不良的独立预测因子[34]。因此, Mets-IR 水平有助于快速识别卒中急性期高危患者,从而制定更为个体化的治疗策略。

5. 小结

Mets-IR 整合了空腹血糖、血脂谱和肥胖信息,其中肥胖是 IR 的重要驱动因素,空腹血糖是 IR 最直观的影响,反映 IR 状态下肝脏葡萄糖输出增加,外周葡萄糖利用减少,IR 同时也会导致脂蛋白谱的改变,其中甘油三酯、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)水平升高,而高密度脂蛋白(HDL-C)水平降低。Mets-IR 作为这三者的复合指标,反映了代谢紊乱的严重程度,也在一定程度上反映了 IR。而在服用降脂、降糖药物的患者中,可能通过改变脂蛋白谱以及降低空腹血糖和体重的方式影响 Mets-IR 评估的准确性。IR 本质上是一种全身性的代谢信号紊乱,它作为核心的病理驱动因素,通过损害血管稳态、扰乱代谢平衡并激活系统性炎症导致动脉粥样硬化,进而增加心血管疾病的患病风险。

Mets-IR 凭借其仅依赖常规体检数据、无需测定胰岛素的高便捷性,已在心血管代谢疾病的流行病学研究与临床风险评估中确立了重要地位,可利用其识别早期心血管疾病的高危人群以及预测患者的不良预后。但 Mets-IR 风险预测最佳截断值可能因研究人群的种族、年龄和疾病谱的不同而存在差异,目前尚缺乏国际统一的诊断标准。现有支持性证据主要来源于观察性研究,虽揭示了强烈的相关性,但难以最终确立因果关系。未来需要在多中心、大样本的前瞻性研究中进一步验证并建立适用于不同人群的风

险阈值标准, 从而为实现更早期、更精准的心血管疾病风险预防提供支持。

参考文献

- [1] Lee, S., Park, S. and Choi, C.S. (2022) Insulin Resistance: From Mechanisms to Therapeutic Strategies. *Diabetes & Metabolism Journal*, **46**, 15-37. <https://doi.org/10.4093/dmj.2021.0280>
- [2] Kosmas, C.E., Bousvarou, M.D., Kostara, C.E., Papakonstantinou, E.J., Salamou, E. and Guzman, E. (2023) Insulin Resistance and Cardiovascular Disease. *Journal of International Medical Research*, **51**, 1-49. <https://doi.org/10.1177/03000605231164548>
- [3] Cai, X., Zhu, Q., Liu, S., Wang, M., Wu, T., Hong, J., et al. (2021) Associations between the Metabolic Score for Insulin Resistance Index and the Risk of Type 2 Diabetes Mellitus among Non-Obese Adults: Insights from a Population-Based Cohort Study. *International Journal of General Medicine*, **14**, 7729-7740. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s336990>
- [4] Xiao, D., Sun, H., Chen, L., Li, X., Huo, H., Zhou, G., et al. (2024) Assessment of Six Surrogate Insulin Resistance Indexes for Predicting Cardiometabolic Multimorbidity Incidence in Chinese Middle-Aged and Older Populations: Insights from the China Health and Retirement Longitudinal Study. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, **40**, e3764. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3764>
- [5] DeFronzo, R.A., Tobin, J.D. and Andres, R. (1979) Glucose Clamp Technique: A Method for Quantifying Insulin Secretion and Resistance. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, **237**, E214. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1979.237.3.e214>
- [6] Shen, S., Reaven, G.M. and Farquhar, J.W. (1970) Comparison of Impedance to Insulin-Mediated Glucose Uptake in Normal Subjects and in Subjects with Latent Diabetes. *Journal of Clinical Investigation*, **49**, 2151-2160. <https://doi.org/10.1172/jci106433>
- [7] Du, S., Xia, F., Xu, X., Zhang, H., Zhu, C. and Lu, Y. (2014) Trace Glucose Fluxes in Individuals with Prediabetes Using Stable Isotopes. *Chinese Medical Journal*, **127**, 1726-1731. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0366-6999.20140001>
- [8] Borai, A., Livingstone, C. and Ferns, G.A.A. (2007) The Biochemical Assessment of Insulin Resistance. *Annals of Clinical Biochemistry: International Journal of Laboratory Medicine*, **44**, 324-342. <https://doi.org/10.1258/000456307780945778>
- [9] Tahapary, D.L., Pratisthita, L.B., Fitri, N.A., Marcella, C., Wafa, S., Kurniawan, F., et al. (2022) Challenges in the Diagnosis of Insulin Resistance: Focusing on the Role of HOMA-IR and Tryglyceride/Glucose Index. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, **16**, Article ID: 102581. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2022.102581>
- [10] Steil, G.M., Volund, A., Kahn, S.E. and Bergman, R.N. (1993) Reduced Sample Number for Calculation of Insulin Sensitivity and Glucose Effectiveness from the Minimal Model: Suitability for Use in Population Studies. *Diabetes*, **42**, 250-256. <https://doi.org/10.2337/diab.42.2.250>
- [11] Soonthornpun, S., Setasuban, W., Thamprasit, A., Chayanunnukul, W., Rattarasarn, C. and Geater, A. (2003) Novel Insulin Sensitivity Index Derived from Oral Glucose Tolerance Test. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **88**, 1019-1023. <https://doi.org/10.1210/jc.2002-021127>
- [12] Bello-Chavolla, O.Y., Almeda-Valdes, P., Gomez-Velasco, D., Viveros-Ruiz, T., Cruz-Bautista, I., Romo-Romo, A., et al. (2018) METS-IR, a Novel Score to Evaluate Insulin Sensitivity, Is Predictive of Visceral Adiposity and Incident Type 2 Diabetes. *European Journal of Endocrinology*, **178**, 533-544. <https://doi.org/10.1530/eje-17-0883>
- [13] Wu, Z., Cui, H., Li, W., Zhang, Y., Liu, L., Liu, Z., et al. (2022) Comparison of Three Non-Insulin-Based Insulin Resistance Indexes in Predicting the Presence and Severity of Coronary Artery Disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **9**, Article 918359. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.918359>
- [14] Cheng, W., Kong, F. and Chen, S. (2022) Comparison of the Predictive Value of Four Insulin Resistance Surrogates for the Prevalence of Hypertension: A Population-Based Study. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, **14**, Article No. 137. <https://doi.org/10.1186/s13098-022-00907-9>
- [15] Su, X., Zhao, C. and Zhang, X. (2024) Association between METS-IR and Heart Failure: A Cross-Sectional Study. *Frontiers in Endocrinology*, **15**, Article 1416462. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1416462>
- [16] Jiang, L., Zhu, T., Song, W., Zhai, Y., Tang, Y., Ruan, F., et al. (2025) Assessment of Six Insulin Resistance Surrogate Indexes for Predicting Stroke Incidence in Chinese Middle-Aged and Elderly Populations with Abnormal Glucose Metabolism: A Nationwide Prospective Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **24**, Article No. 56. <https://doi.org/10.1186/s12933-025-02618-7>
- [17] Wang, Z., Hui, X., Huang, X., Li, J. and Liu, N. (2022) Relationship between a Novel Non-Insulin-Based Metabolic Score for Insulin Resistance (METS-IR) and Coronary Artery Calcification. *BMC Endocrine Disorders*, **22**, Article No. 274. <https://doi.org/10.1186/s12902-022-01180-7>
- [18] Qian, T., Sheng, X., Shen, P., Fang, Y., Deng, Y. and Zou, G. (2023) Mets-ir as a Predictor of Cardiovascular Events in

- the Middle-Aged and Elderly Population and Mediator Role of Blood Lipids. *Frontiers in Endocrinology*, **14**, Article 1224967. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1224967>
- [19] Tian, X., Chen, S., Xu, Q., Xia, X., Zhang, Y., Wang, P., *et al.* (2023) Magnitude and Time Course of Insulin Resistance Accumulation with the Risk of Cardiovascular Disease: An 11-Years Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 339. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-02073-2>
- [20] Zhang, Y., Wang, R., Fu, X. and Song, H. (2022) Non-Insulin-Based Insulin Resistance Indexes in Predicting Severity for Coronary Artery Disease. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, **14**, Article No. 191. <https://doi.org/10.1186/s13098-022-00967-x>
- [21] Zhang, Z., Zhao, L., Lu, Y., Meng, X. and Zhou, X. (2023) Association between Non-Insulin-Based Insulin Resistance Indices and Cardiovascular Events in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention: A Retrospective Study. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 161. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01898-1>
- [22] Duan, M., Zhao, X., Li, S., Miao, G., Bai, L., Zhang, Q., *et al.* (2024) Metabolic Score for Insulin Resistance (METS-IR) Predicts All-Cause and Cardiovascular Mortality in the General Population: Evidence from NHANES 2001-2018. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 243. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02334-8>
- [23] Aznar-Esquivel, A., Gómez-Bernal, F., García-González, M., Hernández-Díaz, M., Heras-Recuero, E., de Vera-González, A., *et al.* (2025) The Metabolic Score for Insulin Resistance (METS-IR), a Predictor of Cardiovascular Events, Relates to Disease Activity in Patients with Rheumatoid Arthritis. *Diagnostics*, **15**, Article 861. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15070861>
- [24] Guo, Z., Guo, X., Xu, H., Chu, H., Tian, Y., Wang, S., *et al.* (2025) Association between Metabolic Score for Insulin Resistance (METS-IR) and Hypertension: A Cross-Sectional Study Based on NHANES 2007-2018. *Lipids in Health and Disease*, **24**, Article No. 64. <https://doi.org/10.1186/s12944-025-02492-y>
- [25] Liu, X.Z., Fan, J. and Pan, S.J. (2019) METS-IR, a Novel Simple Insulin Resistance Indexes, Is Associated with Hypertension in Normal-Weight Chinese Adults. *The Journal of Clinical Hypertension*, **21**, 1075-1081. <https://doi.org/10.1111/jch.13591>
- [26] Han, K., Gu, J., Wang, Z., Liu, J., Zou, S., Yang, C., *et al.* (2022) Association between METS-IR and Prehypertension or Hypertension among Normoglycemia Subjects in Japan: A Retrospective Study. *Frontiers in Endocrinology*, **13**, Article 851338. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.851338>
- [27] Ezhova, N.E., Shavarova, E.K., Kobalava, Z.D., Bazdyreva, E.I. and Shavarov, A.A. (2024) Metabolic Score for Insulin Resistance (METS-IR) Associations with Subclinical Left Ventricular and Left Atrial Remodelling in Young Subjects with Hypertension. *Annals of Clinical Cardiology*, **6**, 82-87. https://doi.org/10.4103/accj.accj_10_24
- [28] Lv, D., Liu, Z., Wu, X., Xie, F., Shang, Q., Xie, W., *et al.* (2025) Novel Metabolic Indicators and the Risk of Cardiovascular Disease in Patients with Hypertension: A Primary-Care Cohort Study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, **35**, Article ID: 103749. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2024.09.019>
- [29] Zhou, Y., Xie, Y., Du, L., Dong, J. and He, K. (2024) Metabolic Score for Insulin Resistance as a Predictor of Mortality in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: Results from a Multicenter Cohort Study. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, **16**, Article No. 220. <https://doi.org/10.1186/s13098-024-01463-0>
- [30] Zheng, R., Dong, X., Wang, T., Zhang, H., Zhou, Y. and Wang, D. (2024) Linear Positive Association of Metabolic Score for Insulin Resistance with Stroke Risk among American Adults: A Cross-Sectional Analysis of National Health and Nutrition Examination Survey Datasets. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, **33**, Article ID: 107994. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2024.107994>
- [31] Wang, T., Yi, Z., Tan, Y., Huang, Y., Li, T., Gao, S., *et al.* (2024) Changes in the Metabolic Score for Insulin Resistance Index for Risk Prediction of Stroke in Middle-Aged and Older Chinese Population. *EPMA Journal*, **15**, 599-610. <https://doi.org/10.1007/s13167-024-00388-y>
- [32] Hou, Y., Wu, X., Shi, Y., Xu, X., Zhang, Y., Jiang, L., *et al.* (2024) METS-IR as an Important Predictor of Neurological Impairment Severity in Patients with Severe Cerebral Infarction: A Multicenter Study Based on the Chinese Population. *Frontiers in Neurology*, **15**, Article 1450825. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1450825>
- [33] Chen, S., E, Y., Zhang, X., Wei, B., Wang, S., Xu, Z., *et al.* (2023) A Novel Metabolic Score for Insulin Resistance and Symptomatic Intracranial Hemorrhage in Ischemic Stroke Patients after Endovascular Thrombectomy. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, **19**, 321-328. <https://doi.org/10.2147/ndt.s394438>
- [34] Wang, L., Hu, T., Li, R., Xu, L., Wang, Y. and Cheng, Q. (2024) An Innovative Metabolic Index for Insulin Resistance Correlates with Early Neurological Deterioration Following Intravenous Thrombolysis in Minor Acute Ischemic Stroke Patients. *Heliyon*, **10**, e36826. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36826>