

# 葡萄糖目标范围内时间作为2型糖尿病慢性并发症预测指标的研究进展

李晓雨\*, 李美燕, 闻杰

复旦大学附属静安区中心医院内分泌科, 上海

收稿日期: 2026年4月21日; 录用日期: 2026年5月15日; 发布日期: 2026年5月22日

## 摘要

随着持续葡萄糖监测(Continuous Glucose Monitoring, CGM)技术的临床普及, 不仅传统的糖化血红蛋白评价体系得到补充, 基于CGM衍生的葡萄糖目标范围内时间(Time in Range, TIR)也日益成为评估血糖控制质量的核心指标。大量循证医学证据表明, TIR不仅能更敏感地反映血糖波动, 还与2型糖尿病患者的微血管及大血管并发症风险密切相关。本文旨在就TIR的定义、其引发器官损伤的病理生理机制, 及其与糖尿病肾病、视网膜病变、神经病变、心脑血管疾病、认知功能障碍及糖尿病足等并发症相关性的最新研究进展进行综述, 并进一步探讨TIR在临床实践中的应用优势、挑战与未来发展方向, 为临床优化糖尿病管理策略提供参考。

## 关键词

持续葡萄糖监测, 葡萄糖目标范围内时间, 2型糖尿病, 糖尿病并发症, 血糖波动

# Research Progress on Time in Range as a Predictor of Chronic Complications in Type 2 Diabetes Mellitus

Xiaoyu Li\*, Meiyang Li, Jie Wen

Department of Endocrinology, Jing'an District Central Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai

Received: April 21, 2026; accepted: May 15, 2026; published: May 22, 2026

## Abstract

With the increasing clinical application of continuous glucose monitoring (CGM), the traditional evaluation system based on glycated hemoglobin (HbA1c) has been further complemented. Among

\*通讯作者。

文章引用: 李晓雨, 李美燕, 闻杰. 葡萄糖目标范围内时间作为2型糖尿病慢性并发症预测指标的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 2100-2106. DOI: 10.12677/acm.2026.1652017

CGM-derived metrics, time in range (TIR) has emerged as a key indicator for assessing glycemic control. A growing body of evidence-based studies demonstrates that TIR not only reflects glycemic variability more sensitively but is also closely associated with the risk of both microvascular and macrovascular complications in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM). This article aims to review the definition of TIR and the pathophysiological mechanisms by which glycemic fluctuations induce organ damage. It also summarizes the latest research progress regarding the correlation between TIR and specific complications, including diabetic nephropathy, retinopathy, neuropathy, cardiovascular and cerebrovascular diseases, cognitive impairment, and diabetic foot. Furthermore, this review explores the advantages, challenges, and future development directions of applying TIR in clinical practice, aiming to provide a valuable reference for optimizing clinical diabetes management strategies.

## Keywords

Continuous Glucose Monitoring, Time in Range, Type 2 Diabetes Mellitus, Diabetic Complications, Glycemic Variability

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

2 型糖尿病是一种以进行性胰岛素抵抗和相对胰岛素缺乏为特征的慢性代谢性疾病。根据全球疾病负担(Global Burden of Diseases, GBD)研究的最新数据,全球糖尿病的患病率持续攀升,为公共卫生系统带来了严峻的挑战[1]。控制不佳的持续性高血糖状态,会驱动微血管及大血管并发症的发生与发展,是导致糖尿病患者致残和死亡的主要原因。长期以来,糖化血红蛋白(Glycated Hemoglobin, HbA1c)一直被奉为评估长期血糖控制水平和指导临床治疗决策的金标准。然而,HbA1c 仅能反映过去约 90 天内葡萄糖暴露的平均值,无法捕捉日内和日间的血糖波动(Glycemic Variability, GV)以及无症状的低血糖事件[2]。近年来的研究指出,这些动态的血糖变异现象本身即具有独立的病理生理学危害,独立于平均血糖之外增加了并发症的风险[3] [4]。

随着 CGM 技术的广泛应用,实时血糖评估和新型血糖指标的衍生得以实现。其中,TIR 因其直观性与全面性,已被部分学者视为糖尿病研究领域的新兴参考指标[5]。本文旨在系统梳理并综合评价 TIR 的临床定义及其与 T2DM 微血管、大血管及认知功能并发症相关性的最新研究证据,探讨其临床应用价值,并客观评估现有研究的局限性。

## 2. TIR 的定义及临床意义

TIR 被定义为患者在 24 小时内,通过 CGM 设备捕获的组织间液葡萄糖浓度维持在目标范围(通常设定为 3.9~10.0 mmol/L,即 70~180 mg/dL)内的时间百分比[6]。为获取高度可靠且具代表性的 TIR 估算值,国际共识建议患者应至少佩戴 CGM 设备 14 天,且有效数据收集时间不得低于 70%。在尚未普及 CGM 设备的地区或基层医疗机构中,有研究者开发了基于空腹及餐后血糖水平估算 TIR 的数学模型,验证了常规血糖监测手段在预测 TIR 方面的可行性,为 TIR 的广泛评估提供了替代方案[1]。

随着循证医学证据的积累,TIR 在糖尿病评估体系中的地位逐步提升。研究指出,TIR 提供了超越 HbA1c 的血糖控制维度,正在逐步成为医患沟通及疗效评价的重要参数[7] [8]。近年来,美国糖尿病协会(ADA)发

布的《糖尿病诊疗标准》已将 TIR 正式确立为与 HbA1c 并列的补充监测目标[9][10]。对于大多数成年 T2DM 患者, 现行指南建议 TIR 应达到 70%及以上。同时, 为防范低血糖心血管风险, 需将葡萄糖低于目标范围内时间(Time Below Range, TBR, <3.9 mmol/L)严格控制在 4%以内[11]。此外, 针对早期病变防治, 临床上还延伸出更为严格的标准——严格目标范围内时间(Time in Tight Range, TITR, 3.9~7.8 mmol/L), 这个范围更接近健康人群全天自然的血糖波动水平, 其在指导早期干预方面展现出一定的探索价值[12]。

### 3. TIR 与糖尿病并发症的病理生理机制

TIR 水平下降往往伴随显著的日内和日间血糖波动, 其对机体造成的病理损害独立于且可能超过持续性高血糖。现有基础与临床前研究表明, 低 TIR 引发的靶器官损伤可通过统一的细胞分子机制进行解释, 主要涉及以下几个关键环节[13]。

首先, 剧烈的血糖波动会导致线粒体电子传递链过度激活, 产生过量的活性氧(Reactive Oxygen Species, ROS), 从而触发强烈的细胞内氧化应激反应[14]。其次, ROS 的过剩进一步激活多条经典的代谢损伤通路, 包括多元醇通路、氨基己糖通路的异常亢进, 以及蛋白激酶 C (Protein Kinase C, PKC)的过度活化, 并加速晚期糖基化终末产物(Advanced Glycation End Products, AGEs)的生成与沉积[14]。在此基础上, 氧化应激的加剧与 AGEs 的大量堆积会与其细胞表面受体(RAGE)相互作用, 激活核因子- $\kappa$ B (NF- $\kappa$ B)等关键转录因子[13]。这进一步促使白细胞介素-6 (IL-6)、肿瘤坏死因子- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ )等促炎细胞因子的大量释放, 导致全身及局部血管壁形成慢性低度炎症微环境[15]。

最终, 上述异常代谢途径与炎症风暴共同作用于血管内皮, 抑制内皮细胞内皮型一氧化氮合酶(eNOS)的活性, 导致一氧化氮(NO)合成减少及生物利用度下降, 引发显著的血管内皮功能障碍与血管舒缩功能异常[15]。综上所述, 血糖波动驱动的氧化应激、炎症反应与内皮功能损伤形成了相互交织的恶性循环, 构成了低 TIR 导致全身微血管(视网膜、肾脏、神经)与大血管并发症的共同核心病理生理基础[13][14]。

## 4. TIR 与糖尿病并发症

### 4.1. TIR 与微血管并发症

#### 4.1.1. TIR 与糖尿病视网膜病变

在糖尿病视网膜病变(Diabetic Retinopathy, DR)方面, 多项横断面及回顾性研究提示 TIR 与 DR 的严重程度呈负相关。Lu 等开展的一项纳入大样本 T2DM 患者的横断面研究发现, 随着 TIR 的降低, DR 的患病率显著上升[16]。Beck 等对糖尿病控制与并发症试验(DCCT)数据的二次分析也证实, TIR 的下降与视网膜病变进展风险增加相关[17]。最新研究还表明, 较低的 TITR 同样是 DR 发病的独立危险因素, 提示更平稳的血糖控制对保护视网膜微血管具有积极意义[18]。

#### 4.1.2. TIR 与糖尿病肾脏疾病

关于糖尿病肾脏疾病(Diabetic Kidney Disease, DKD), 临床观察表明低 TIR 与肾脏功能受损指标相关。Mayeda 等及国内学者舒涛等的研究均指出, 在 T2DM 人群中, 合并 DKD 或慢性肾脏病(CKD)的患者其 TIR 水平偏低, 且低 TIR 是 DKD 发生的独立危险因素[19][20]。张薇等的研究进一步证实, TIR 水平与患者的尿白蛋白排泄呈显著负相关, 提升 TIR 有助于改善微量白蛋白尿[21]。

#### 4.1.3. TIR 与糖尿病周围神经病变及糖尿病足

在糖尿病周围神经病变(Diabetic Peripheral Neuropathy, DPN)及足溃疡的评估中, TIR 亦体现出特有价值。Li 等利用神经电生理学技术发现, TIR 与周围神经功能指标高度相关, 高 TIR 对应更快的神经传导速度[22]。此外, Ortiz-Zúñiga 等的一项研究揭示, TIR 水平与糖尿病足溃疡的愈合时间密切相关, 维

持较高水平的 TIR 有助于促进溃疡组织的修复[23]。

## 4.2. TIR 与大血管并发症

大量研究表明, 糖尿病大血管并发症是 2 型糖尿病患者致死和致残的主要原因之一。血管内皮功能障碍是糖尿病大血管病变的始动环节。在基础实验层面, La Grotta 等的研究显示, 在 70% TIR 的模拟环境下, 高糖诱导的细胞衰老及促炎因子释放受到显著抑制, 揭示了平稳血糖的内皮保护机制[24]。在临床研究层面, Yang 等及 Le 等的研究也观察到, 随着降糖治疗后 TIR 的改善, 患者体内的内皮损伤标志物水平出现显著下降[25] [26]。

在亚临床大血管病变阶段, 多项研究发现 TIR 与血管结构和弹性异常标志物存在关联。Lu 等和孙芳等的研究指出, TIR 与颈动脉内中膜厚度(CIMT)呈显著负相关[27] [28]。左怡静等亦发现 TIR 与血浆致动脉硬化指数具有相关性[29]。Mita 等利用超声技术明确了低 TIR 会加速动脉壁的异常改变[30]。与此同时, Foreman 等、Cai L 等及 Torimoto 等的研究进一步证实, 低 TIR 及相关的血糖风险指数(GRI)是动脉僵硬度(如 baPWV)及动脉粥样硬化进展的重要预测因子[31]-[33]。

关于严重心脑血管事件与死亡率, 王铭等针对合并糖尿病的缺血性脑卒中患者的研究揭示, 入院期间的低 TIR 及高血糖变异性是卒中后早期神经功能恶化的危险因素[34]。此外, Cai J 等发表的前瞻性队列研究证实, TIR 及 T1TR 的升高与 T2DM 患者全因死亡率及心血管特异性死亡率的降低具有统计学独立相关性[12]。

## 4.3. TIR 与认知功能障碍

认知功能受损逐渐受到糖尿病研究领域的关注。近年发表的多项研究拓展了 TIR 在神经精神领域的应用。Bao 等在老年 T2DM 人群中发现, TIR 水平越低, 发生轻度认知功能障碍(MCI)的风险越高[35]。Inoue 等的一项纵向研究观察到, CGM 衍生的 TIR 参数可预测日后认知量表得分的纵向改变[36]。Park 等通过大规模队列分析指出, 长期的血糖失稳是早发性痴呆的潜在危险因素[37]。

## 5. TIR 在临床实践中的应用

随着 TIR 在糖尿病评估中的地位不断确立, 其在临床实践中的应用策略也逐渐完善, 但仍面临一定挑战。

### 5.1. TIR 临床应用的优势与挑战

首先, 与传统 HbA1c 相比, TIR 具有显著的患者中心化优势[11]。HbA1c 具有延迟性且无法反映低血糖风险, 而 TIR 提供了实时的、可视化的高清血糖图谱。这不仅帮助临床医生及时识别隐匿的高/低血糖事件, 还极大地增强了患者对饮食、运动及药物干预效果的直观认知, 有助于提高自我管理依从性[38]。

其次, 在临床应用中, 单纯依赖 TIR 是不足的, 必须与 CGM 衍生的其他核心指标结合使用。目前的临床共识强调, 评估血糖质量需同时考量 TIR、TBR (提示低血糖风险)、葡萄糖高于目标范围内时间(TAR, 提示高血糖负荷)以及血糖变异系数(CV)。只有在 TBR 严格控制(如<4%), 且 CV≤36%的前提下, TIR 的提升才真正意味着血糖的“安全达标” [11] [38] [39]。

然而, TIR 的广泛临床落地仍面临现实挑战。CGM 设备的高昂成本和部分地区的医保覆盖不足限制了其普及; 同时, 海量动态数据的解读也显著增加了临床医生的工作负荷与时间成本[38]。此外, TIR 的目标设定必须坚持个体化原则。例如, 对于衰弱的老年患者或具有高严重低血糖风险的人群, TIR 目标可适当放宽至>50%, 且应将 TBR 严格限制在<1%; 而对于妊娠期糖尿病患者, 则需要设定更为严苛的控制标准[11]。

## 5.2. TIR 临床应用的未来方向

未来,数字健康与人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术的结合有望进一步拓展 TIR 的临床应用空间。一方面,基于机器学习的算法模型有助于提前识别严重低血糖或 TIR 不达标的高风险状态,实现早期预警与风险分层;另一方面,随着自动胰岛素输注系统(Automated Insulin Delivery, AID)的不断完善,利用 AI 实时解析 CGM 数据以动态优化患者的 TIR,将进一步推动糖尿病的个体化精准管理[40]。

## 6. 结论

综上所述,作为 CGM 衍生的核心临床参数, TIR 在评估血糖稳态及揭示血糖波动危害方面,展现出了对传统 HbA1c 的重要补充价值。现有研究充分提示, TIR 与 T2DM 患者的微血管病变、大血管病变、血管内皮损伤及认知功能衰退等慢性并发症之间存在密切的流行病学关联。基于氧化应激与内皮损伤等明确的病理生理机制,将涵盖 TIR、TBR、CV 的综合指标体系纳入日常监测,有助于临床全面识别高危患者并实施个体化精准控糖。然而,我们必须客观认识到,目前关于 TIR 的大多数证据仍来源于横断面或回顾性设计。未来仍需依托更多长周期、大样本的前瞻性随机对照试验(RCT),并结合 AI 与数字医疗技术,以进一步验证将 TIR 作为干预靶点在改善患者远期预后中的确切获益与安全性。现阶段, TIR 更宜作为临床医生常规监测手段的有力辅助,共同指导 2 型糖尿病患者的个体化综合管理。

## 参考文献

- [1] Ong, K.L., Stafford, L.K., McLaughlin, S.A., Boyko, E.J., Vollset, S.E., Smith, A.E., *et al.* (2023) Global, Regional, and National Burden of Diabetes from 1990 to 2021, with Projections of Prevalence to 2050: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet*, **402**, 203-234. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(23\)01301-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(23)01301-6)
- [2] Hirsch, I.B. (2015) Glycemic Variability and Diabetes Complications: Does It Matter? of Course It Does! *Diabetes Care*, **38**, 1610-1614. <https://doi.org/10.2337/dc14-2898>
- [3] 罗淼, 曾天舒. 葡萄糖目标范围内时间与糖尿病慢性并发症关系的研究进展[J]. 中国临床保健杂志, 2022, 25(6): 842-846.
- [4] 贾晓炜, 孙晶. 血糖管理和达标新手段——连续性血糖监测[J]. 广东药科大学学报, 2022, 38(6): 121-125.
- [5] Goshrani, A., Lin, R., O'Neal, D. and Ekinci, E.I. (2025) Time in Range—A New Gold Standard in Type 2 Diabetes Research? *Diabetes, Obesity and Metabolism*, **27**, 2342-2362. <https://doi.org/10.1111/dom.16279>
- [6] Battelino, T., Danne, T., Bergenstal, R.M., Amiel, S.A., Beck, R., Biester, T., *et al.* (2019) Clinical Targets for Continuous Glucose Monitoring Data Interpretation: Recommendations from the International Consensus on Time in Range. *Diabetes Care*, **42**, 1593-1603. <https://doi.org/10.2337/dci19-0028>
- [7] Advani, A. (2019) Positioning Time in Range in Diabetes Management. *Diabetologia*, **63**, 242-252. <https://doi.org/10.1007/s00125-019-05027-0>
- [8] Yapanis, M., James, S., Craig, M.E., O'Neal, D. and Ekinci, E.I. (2022) Complications of Diabetes and Metrics of Glycemic Management Derived from Continuous Glucose Monitoring. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **107**, e2221-e2236. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgac034>
- [9] ElSayed, N.A., Aleppo, G., Aroda, V.R., Bannuru, R.R., Brown, F.M., Bruemmer, D., *et al.* (2022) 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: *Standards of Care in Diabetes—2023*. *Diabetes Care*, **46**, S19-S40. <https://doi.org/10.2337/dc23-s002>
- [10] ElSayed, N.A., Aleppo, G., Bannuru, R.R., Bruemmer, D., Collins, B.S., Ekhlaspour, L., *et al.* (2023) 6. Glycemic Goals and Hypoglycemia: *Standards of Care in Diabetes—2024*. *Diabetes Care*, **47**, S111-S125. <https://doi.org/10.2337/dc24-s006>
- [11] Battelino, T., Alexander, C.M., Amiel, S.A., Arreaza-Rubin, G., Beck, R.W., Bergenstal, R.M., *et al.* (2023) Continuous Glucose Monitoring and Metrics for Clinical Trials: An International Consensus Statement. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, **11**, 42-57. [https://doi.org/10.1016/s2213-8587\(22\)00319-9](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(22)00319-9)
- [12] Cai, J., Liu, J., Lu, J., Ni, J., Wang, C., Chen, L., *et al.* (2025) Impact of Time in Tight Range on All-Cause and Cardiovascular Mortality in Type 2 Diabetes: A Prospective Cohort Study. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, **27**, 2154-2162. <https://doi.org/10.1111/dom.16212>

- [13] Ceriello, A., Monnier, L. and Owens, D. (2019) Glycaemic Variability in Diabetes: Clinical and Therapeutic Implications. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, **7**, 221-230. [https://doi.org/10.1016/s2213-8587\(18\)30136-0](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(18)30136-0)
- [14] Brownlee, M. (2005) The Pathobiology of Diabetic Complications: A Unifying Mechanism. *Diabetes*, **54**, 1615-1625. <https://doi.org/10.2337/diabetes.54.6.1615>
- [15] Yang, D., Wang, M., Zhang, C. and Wang, Y. (2024) Endothelial Dysfunction in Vascular Complications of Diabetes: A Comprehensive Review of Mechanisms and Implications. *Frontiers in Endocrinology*, **15**, Article ID: 1359255. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1359255>
- [16] Lu, J., Ma, X., Zhou, J., Zhang, L., Mo, Y., Ying, L., *et al.* (2018) Association of Time in Range, as Assessed by Continuous Glucose Monitoring, with Diabetic Retinopathy in Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, **41**, 2370-2376. <https://doi.org/10.2337/dc18-1131>
- [17] Beck, R.W., Bergenstal, R.M., Riddlesworth, T.D., Kollman, C., Li, Z., Brown, A.S., *et al.* (2018) Validation of Time in Range as an Outcome Measure for Diabetes Clinical Trials. *Diabetes Care*, **42**, 400-405. <https://doi.org/10.2337/dc18-1444>
- [18] Wang, Y., Lu, J., Yu, J., Ni, J., Wang, M., Lu, W., *et al.* (2025) Association between Time in Tight Range and Incident Diabetic Retinopathy in Adults with Type 2 Diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, **27**, 1415-1422. <https://doi.org/10.1111/dom.16143>
- [19] Mayeda, L., Katz, R., Ahmad, I., Bansal, N., Batacchi, Z., Hirsch, I.B., *et al.* (2020) Glucose Time in Range and Peripheral Neuropathy in Type 2 Diabetes Mellitus and Chronic Kidney Disease. *BMJ Open Diabetes Research & Care*, **8**, e000991. <https://doi.org/10.1136/bmjdr-2019-000991>
- [20] 舒涛, 郭正, 王飞, 等. 葡萄糖在目标范围内时间与糖尿病肾脏疾病的相关性研究[J]. 中国全科医学, 2023, 26(15): 1873-1879.
- [21] 张薇, 钱露, 贺菲菲. 葡萄糖在目标范围内时间与2型糖尿病患者尿白蛋白水平的相关性[J]. 临床医学研究与实践, 2022, 7(13): 4-6.
- [22] Li, F., Zhang, Y., Li, H., Lu, J., Jiang, L., Vigersky, R.A., *et al.* (2020) TIR Generated by Continuous Glucose Monitoring Is Associated with Peripheral Nerve Function in Type 2 Diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **166**, Article ID: 108289. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108289>
- [23] Ortiz-Zúñiga, Á.M., Simó-Servat, O., Samaniego, J., Cuadra-Espinilla, F., Sánchez, M., Simó, R., *et al.* (2025) Time in Range Is Closely Related to Healing Time of Diabetic Foot Ulcers. *Wound Repair and Regeneration*, **33**, e70052. <https://doi.org/10.1111/wrr.70052>
- [24] La Grotta, R., Pellegrini, V., Carreras, F., Berra, C.C., Mužina, K., Jenko Bizjan, B., *et al.* (2025) A Glucose Time in Range of 70% Attenuates the Senescence-Inducing and Pro-Inflammatory Effects of Hyperglycemia. *Cardiovascular Diabetology*, **24**, Article No. 432. <https://doi.org/10.1186/s12933-025-02983-3>
- [25] Yang, J., Le, Y., Wei, T., Wang, K., Yang, K., Xiao, W., *et al.* (2021) Non-Targeted Metabolomic Analysis Predicts the Therapeutic Effects of Exenatide on Endothelial Injury in Patients with Type 2 Diabetes. *Journal of Diabetes and Its Complications*, **35**, Article ID: 107797. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2020.107797>
- [26] Le, Y., Yang, K., Yang, J., Fu, W., Xiao, W., Wei, R., *et al.* (2022) Association of Time in Range with Endothelial Injury in Patients with Type 2 Diabetes Treated with Exenatide. *Diabetes Therapy*, **13**, 1755-1767. <https://doi.org/10.1007/s13300-022-01310-3>
- [27] Lu, J., Ma, X., Shen, Y., Wu, Q., Wang, R., Zhang, L., *et al.* (2020) Time in Range Is Associated with Carotid Intima-Media Thickness in Type 2 Diabetes. *Diabetes Technology & Therapeutics*, **22**, 72-78. <https://doi.org/10.1089/dia.2019.0251>
- [28] 孙芳, 黄世英, 刘舒, 等. 2型糖尿病患者葡萄糖目标范围内时间与颈动脉内中膜厚度的相关性[J]. 昆明医科大学学报, 2023, 44(4): 48-52.
- [29] 左怡静, 李全忠. 2型糖尿病患者葡萄糖在目标范围内时间与血浆致动脉硬化指数的相关性分析[J]. 医药论坛杂志, 2022, 43(10): 1-5.
- [30] Mita, T., Katakami, N., Okada, Y., Yoshii, H., Osonoi, T., Nishida, K., *et al.* (2023) Continuous Glucose Monitoring-Derived Time in Range and CV Are Associated with Altered Tissue Characteristics of the Carotid Artery Wall in People with Type 2 Diabetes. *Diabetologia*, **66**, 2356-2367. <https://doi.org/10.1007/s00125-023-06013-3>
- [31] Foreman, Y.D., van Doorn, W.P.T.M., Schaper, N.C., van Greevenbroek, M.M.J., van der Kallen, C.J.H., Henry, R.M.A., *et al.* (2021) Greater Daily Glucose Variability and Lower Time in Range Assessed with Continuous Glucose Monitoring Are Associated with Greater Aortic Stiffness: The Maastricht Study. *Diabetologia*, **64**, 1880-1892. <https://doi.org/10.1007/s00125-021-05474-8>
- [32] Cai, L., Shen, W., Li, J., Wang, B., Sun, Y., Chen, Y., *et al.* (2024) Association between Glycemia Risk Index and Arterial Stiffness in Type 2 Diabetes. *Journal of Diabetes Investigation*, **15**, 614-622. <https://doi.org/10.1111/jdi.14153>

- [33] Torimoto, K., Okada, Y., Mita, T., Tanaka, K., Sato, F., Katakami, N., *et al.* (2025) Association of Glycaemia Risk Index with Indices of Atherosclerosis: A Cross-Sectional Study. *Journal of Diabetes*, **17**, e70065. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.70065>
- [34] 王铭, 奚志, 孟启哲, 等. 血糖变异性和葡萄糖目标范围内时间与急性缺血性脑卒中合并糖尿病患者早期神经功能恶化的相关性研究[J]. 中国全科医学, 2022, 25(12): 1418-1423.
- [35] Bao, J., Xu, T., Gu, T., Sun, Y., Jiang, Y., Xiao, J., *et al.* (2025) Correlation between Time in Range and Mild Cognitive Impairment in Older Adults with Type 2 Diabetes Mellitus. *Journal of Diabetes Investigation*, **16**, 2225-2233. <https://doi.org/10.1111/jdi.70161>
- [36] Inoue, M., Kusunoki, Y., Ohigashi, M., Osugi, K., Inoue, C., Otsuka, A., *et al.* (2025) Continuous Glucose Monitoring-Derived Time in Range Is Associated with Changes in Cognitive Function Test Scores in Japanese Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, **27**, 4737-4746. <https://doi.org/10.1111/dom.16511>
- [37] Park, J., Moon, S., Lee, D.Y., Ko, J., Jang, H.N., Kwon, H., *et al.* (2026) Early-Onset Dementia Risk Escalates with Diabetes Duration: Insights from a Nationwide Cohort Study. *Endocrinology and Metabolism*, **41**, 235-244. <https://doi.org/10.3803/enm.2024.2287>
- [38] Umpierrez, G.E. and Klonoff, D.C. (2018) Diabetes Technology Update: Use of Insulin Pumps and Continuous Glucose Monitoring in the Hospital. *Diabetes Care*, **41**, 1579-1589. <https://doi.org/10.2337/dci18-0002>
- [39] Kovatchev, B.P. (2017) Metrics for Glycaemic Control—From HbA(1c) to Continuous Glucose Monitoring. *Nature Reviews Endocrinology*, **13**, 425-436. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2017.3>
- [40] Ellahham, S. (2020) Artificial Intelligence: The Future for Diabetes Care. *The American Journal of Medicine*, **133**, 895-900. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.03.033>