

2型糖尿病管理的创新：连续性血糖监测与持续皮下胰岛素输注的联合应用

李 康¹, 谭娅娟¹, 甘胜莲^{2*}, 马金花³, 罗 朝³, 罗雪梅¹

¹吉首大学医学院, 湖南 吉首

²中南大学湘雅医学院附属常德医院内分泌科, 湖南 常德

³南华大学衡阳医学院, 湖南 衡阳

收稿日期: 2024年11月27日; 录用日期: 2024年12月21日; 发布日期: 2024年12月31日

摘 要

糖尿病是一种严重的慢性代谢性疾病, 其发病率和患病率在全球范围内不断上升, 其中, T2DM是最常见的类型, 占糖尿病患者的大多数, 有效的血糖管理是预防和延缓并发症的关键。然而, 2型糖尿病(T2DM)管理始终面临着许多挑战。近年来, 连续性血糖监测(CGM)和持续皮下胰岛素输注(CSII)技术的发展为改善T2DM管理提供了新的机遇。本文将综合分析T2DM管理过程中所面临的相关挑战以及CGM和CSII在T2DM管理中的应用现状、面临的挑战以及未来的发展趋势, 为临床实践提供参考。

关键词

2型糖尿病, 连续性血糖监测, 持续皮下胰岛素输注, 糖尿病管理挑战

Innovative Management of Type 2 Diabetes: Combined Application of Continuous Glucose Monitoring and Continuous Subcutaneous Insulin Infusion

Kang Li¹, Yajuan Tan¹, Shenglian Gan^{2*}, Jinhua Ma³, Chao Luo³, Xuemei Luo¹

¹School of Medicine, Jishou University, Jishou Hunan

²Department of Endocrinology, Changde Hospital, Xiangya Medical College, Central South University, Changde Hunan

³Hengyang Medical School, University of South China, Hengyang Hunan

*通讯作者。

文章引用: 李康, 谭娅娟, 甘胜莲, 马金花, 罗朝, 罗雪梅. 2 型糖尿病管理的创新: 连续性血糖监测与持续皮下胰岛素输注的联合应用[J]. 临床个性化医学, 2024, 3(4): 2577-2585. DOI: 10.12677/jcpm.2024.34367

Abstract

Diabetes mellitus is a serious chronic metabolic disease, with its incidence and prevalence continuously rising worldwide. Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) is the most common type, accounting for the majority of diabetes cases. Effective blood glucose management is crucial for preventing and delaying complications. However, managing Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) consistently presents numerous challenges. In recent years, advancements in Continuous Glucose Monitoring (CGM) and Continuous Subcutaneous Insulin Infusion (CSII) technologies have provided new opportunities for improving T2DM management. This paper will comprehensively analyze the challenges faced in T2DM management and the current application status, challenges, and future development trends of CGM and CSII in T2DM management, providing a reference for clinical practice.

Keywords

Type 2 Diabetes Mellitus, Continuous Glucose Monitoring, Continuous Subcutaneous Insulin Infusion, Diabetes Management Challenges

Copyright © 2024 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

糖尿病是一种全球范围内发病率和患病率持续上升的严重慢性代谢性疾病，其中，T2DM 是最常见的类型，占糖尿病患者的大多数。有效的血糖管理是预防和延缓 T2DM 并发症发生的关键[1]。然而，T2DM 患者的血糖控制依然面临巨大挑战。传统的胰岛素治疗和口服降糖药物往往难以达到理想的血糖目标，同时增加发生低血糖的风险[2][3]。此外，患者的生活方式、饮食习惯和依从性等因素也会显著影响治疗效果[1]。因此，探究更为有效且安全的 T2DM 管理策略成为临床实践和研究的重点。

近年来，连续性血糖监测(CGM)和持续皮下胰岛素输注(CSII)技术的发展，为改善 T2DM 管理提供了新的机遇。这些技术能够更精准地监测血糖变化，并通过实时反馈调节胰岛素的给药，有望帮助患者实现更稳定的血糖控制[4][5]。然而，将这些技术整合应用于 T2DM 管理的实践中仍面临诸多挑战，需要进一步探讨其潜力和局限性。本文将综合分析 T2DM 管理过程中所面临的相关挑战以及 CGM 和 CSII 在 T2DM 管理中的应用现状、面临的挑战以及未来的发展趋势，为临床实践提供参考。

2. T2DM 管理的相关挑战

2.1. 临床管理挑战

T2DM 的临床管理面临着多重挑战，尤其是在制定个体化治疗方案、设定血糖控制目标以及预防和管理并发症方面。制定个体化治疗方案时，需要综合考虑患者的年龄、病程、并发症状况、生活方式及社会经济因素等多方面因素，以实现最佳治疗效果[6]。这种高度个性化的需求使得标准化方案难以广泛适用，要求临床医生具备深厚的专业知识和灵活的决策能力。血糖控制目标的设定同样需要个体化考量，近年来，除传统的糖化血红蛋白(HbA1c)指标外，葡萄糖目标范围内时间(TIR)等新型指标的应用为更精

准的血糖管理提供了新的思路[7]。然而，如何在临床实践中有效整合这些指标，并将其转化为个体化的治疗策略，仍然是亟待解决的问题。并发症的预防和管理是 T2DM 治疗的另一个重要方面，糖尿病患者常伴有心血管疾病、肾病和视网膜病变等多种并发症，这不仅增加了治疗的复杂性，还显著影响患者的生活质量和预后[8]。因此，在制定治疗方案时，必须充分考虑到并发症的预防和早期干预，以及与其他专科的多学科协作管理。总体而言，T2DM 的临床管理挑战在于如何在个体化治疗、精准血糖控制和多系统并发症管理之间找到平衡，这需要临床医生具备全面的专业知识、丰富的临床经验，以及持续学习的能力，以应对糖尿病管理领域的不断发展。

2.2. 患者相关挑战

在 T2DM 的管理中，患者相关挑战是一个不容忽视的关键环节，主要涉及患者教育和知识普及、治疗依从性以及生活方式的改变和维持。患者教育是糖尿病自我管理的基础，它不仅包括疾病知识的传授，还涵盖自我监测、用药指导和并发症预防等多个方面[1]。然而，制定有效的教育策略需要结合患者的文化背景、教育水平和个人偏好，以确保信息能够有效传递和吸收。治疗依从性是糖尿病管理成功的关键因素，但在实际临床中常面临诸多挑战[9]。影响依从性的因素复杂多样，包括治疗方案的复杂性、药物副作用、经济负担以及患者对疾病认知的不足等。生活方式的改变和维持是糖尿病管理中最具挑战性的部分，涉及饮食控制、运动习惯和戒烟限酒等多个方面。尽管生活方式干预的重要性已得到广泛认可，但长期坚持仍然困难重重[10]。因此，如何设计个性化、可持续的生活方式干预策略，并在日常生活中有效实施，成为当前研究的热点。综上所述，患者相关挑战的有效应对需要多学科协作，结合行为心理学、健康教育学和信息技术等多领域的知识，开发创新的教育模式、提高治疗依从性的策略以及可持续的生活方式干预方案，从而实现糖尿病的全面、有效管理。

2.3. 技术应用挑战

在糖尿病管理中，技术应用面临的挑战主要集中在新技术的适用性、成本与可及性，以及数据管理和隐私保护等方面。首先，新技术如 CSII 和 CGM 系统的适用性是一个重要的考虑因素。这些技术在改善血糖控制和提高患者生活质量方面展现出显著优势，但其适用性因患者的个体差异而异[11]。例如，某些患者可能由于生理或心理因素而不适合使用这些设备。此外，技术使用的成本和可及性也是一个亟待解决的问题。尽管这些技术在发达国家的应用日益普及，但在资源有限的地区，其高昂的成本和有限的可及性限制了其广泛应用[12]。这不仅影响了患者的治疗选择，还加剧了全球健康不平等现象。最后，随着技术的广泛应用，数据管理和隐私保护成为不可忽视的挑战。CGM 和 CSII 等设备生成的大量数据需要有效的管理和分析，以支持临床决策和个体化治疗[13]。然而，这也带来了数据隐私和安全的风险，要求在技术开发和应用中加强对数据保护的重视。因此，解决技术应用的挑战需要多方协作，通过政策支持、技术创新和教育培训等手段，推动糖尿病管理技术的可持续发展。

2.4. 医疗体系挑战

在 T2DM 的管理中，医疗体系面临的挑战主要体现在多学科协作的实施、长期随访和管理，以及医疗资源的合理分配。首先，多学科协作是糖尿病综合管理的核心，但在实际操作中，如何有效整合内分泌科、心血管科、营养科和心理科等多学科资源，形成协同工作机制，仍然是一个复杂的问题[14]。这种协作不仅需要各学科之间的紧密沟通与协调，还需要建立统一的管理平台和流程，以确保患者能够获得全面的医疗服务。其次，长期随访和管理是糖尿病患者获得良好预后的关键因素。由于患者数量庞大且病程较长，医疗系统在提供持续、个性化的随访服务时面临着巨大的压力[15]。这要求医疗机构在信息化

建设、人员培训和服务模式创新等方面进行不断投入,以提高随访管理的效率和质量。最后,医疗资源的分配是影响糖尿病管理效果的重要因素。资源的有限和分配的不均衡,导致低收入和中等收入国家部分地区和人群难以获得及时、有效的医疗服务,从而大幅增加了糖尿病发病率[16]。因此,优化资源配置,确保医疗服务的公平性和可及性,成为亟需解决的问题。故医疗体系在糖尿病管理中面临的挑战,需要通过政策支持、技术创新以及管理优化等多种手段,以推动医疗服务的整体提升。

3. CGM 和 CSII 的联合应用

3.1. CGM 和 CSII 的概念

CGM 和 CSII 技术的联合应用代表了糖尿病管理的重要进展。这种技术整合旨在实现更精细化和个体化的血糖控制,CGM 系统通过实时监测皮下葡萄糖浓度,提供连续的血糖数据[17],而 CSII 则通过可编程的胰岛素泵模拟生理性胰岛素分泌模式[18]。两者的结合形成了传感器增强泵治疗(SAP)系统,进一步发展则出现了具有预测低血糖功能的系统,甚至创造发展出闭环人工胰腺系统[19]。这种联合应用的主要优势包括:(1) 提高血糖控制精确度,降低血糖波动与低血糖风险[20];(2) 通过实时数据反馈,使患者能够更有效地进行自我管理[21];(3) 为医疗团队提供全面的血糖数据,有助于优化治疗方案[20]。研究表明,CGM 和 CSII 的联合应用不仅能显著改善糖化血红蛋白水平,还能提高患者的生活质量和治疗满意度[5]。然而,这种技术整合也面临着一些挑战,如设备使用的复杂性、患者的长期依从性以及较高的经济成本[22]。尽管如此,随着技术的不断进步和算法的优化,CGM 和 CSII 的联合应用正在朝着更加智能且人性化的方向发展,有望在未来为更广泛的糖尿病患者群体带来益处。

3.2. 对血糖控制的影响

CGM 和 CSII 的联合应用对血糖控制的影响是多方面的,主要体现在 HbA1c、血糖波动性、低/高血糖发生率以及 TIR 等关键指标的改善上。研究表明,与传统治疗方法相比,CGM 和 CSII 的联合应用能显著降低 HbA1c 水平,2018 年的一项单中心交叉随机对照试验报告称,CSII 使用者的 HbA1C 显著下降(减少 0.9%),而接受多次皮下注射胰岛素的患者在 6 个月时没有显著变化;在 12 个月时,从胰岛素多次皮下注射过渡到 CSII 的患者 HbA1c 显著下降(减少 0.5%),而那些继续使用 CSII 治疗的患者 HbA1C 又减少了 0.7% [23]。这种改善不仅反映了平均血糖水平的下降,还与长期并发症风险的降低相关。在血糖波动性方面,CGM 提供的连续数据使 CSII 能够更精准地调整胰岛素输注,从而有效减少血糖的剧烈波动[24]。这种波动性的减少不仅有助于改善患者的生活质量,还可能降低心血管并发症的风险。低血糖和高血糖的发生率也因此技术的应用而显著降低,特别是夜间低血糖的风险大幅减少[25]。TIR 作为一个新兴的反映血糖控制的指标,在 CGM 和 CSII 的联合应用中得到了显著改善。研究显示,它与糖尿病慢性并发症有关,TIR 每降低 10%,视网膜病变进展的危险率增加 64%,微量白蛋白尿发生的危险率增加 40% [7][26]。值得注意的是,CGM 在监测血糖变化方面也已经被证实优于传统的血糖监测,如毛细血管血糖监测、HbA1C [20]。HbA1C 虽然能反映 8 到 12 周的血糖平均水平,但不能反映日内或日间的血糖波动,相当一部分患者尽管 HbA1C 不高,却仍然发展成并发症[27],这可能与血糖波动相关。可见,CGM 和 CSII 的联合应用通过多个维度改善了血糖控制,不仅降低了 HbA1c,减少了血糖波动和极端血糖事件,还显著提高了患者在目标血糖范围内的时间,为糖尿病管理提供了更全面、更精准的方法。

3.3. 对生活质量的影

CGM 和 CSII 的联合应用不仅改善了血糖控制,还对糖尿病患者的生活质量产生了显著影响。多项研究表明,这种技术整合能够提高患者的整体生活质量,包括身体功能、社交活动和心理健康等多个方

面[28]。在日常活动和社交功能方面,CGM 和 CSII 的使用减少了患者对频繁血糖监测和胰岛素注射的依赖,提高了生活的灵活性和自主性。患者在工作、学习和社交场合中感到更加自信和轻松,能够更好地参与各种活动而不必过分担心血糖波动[29]。心理健康方面,实时血糖数据的可视化和自动化胰岛素输注显著降低了患者的疾病管理压力和焦虑水平。研究发现,使用这些技术的患者表现出更高的自我效能感和更积极的疾病态度[30]。然而,值得注意的是,技术的使用也可能带来新的压力源,如设备故障的担忧或对数据的过度关注。因此,医疗团队需要为患者提供充分的教育和心理支持,以最大化技术带来的心理健康益处[31]。此外,CGM 和 CSII 的联合应用还改善了患者的睡眠质量,减少了夜间低血糖的恐惧,进一步提升了整体生活质量[32]。总的来说,CGM 和 CSII 的联合应用通过提供更精确的血糖管理和减轻日常疾病管理负担,显著改善了糖尿病患者的生活质量,但同时也需要考虑个体化的应用策略,以平衡技术带来的益处和潜在的心理负担。

3.4. 特殊人群中的应用

CGM 和 CSII 的联合应用在特殊人群中展现出独特的价值和挑战。在老年患者中,这种技术组合可以有效减少低血糖风险,提高血糖管理的安全性。研究表明,对于 60 岁以上的糖尿病患者,CGM 和 CSII 的联合使用不仅改善了血糖控制,还显著降低了严重低血糖的发生率[33]。然而,老年患者可能面临技术使用的障碍,如视力和听力问题,因此需要简化的设备界面和个性化的教育支持。对于合并症患者,尤其是那些患有心血管疾病或肾功能不全的患者,CGM 和 CSII 的联合应用提供了更精确的血糖管理策略。例如,在接受血液透析的 2 型糖尿病患者中,全闭环胰岛素输注系统显著改善了血糖控制[34]。这种精确控制对于减少合并症进展和改善预后具有重要意义。在住院患者中,CGM 和 CSII 的应用正在改变传统的血糖管理模式。研究显示,在非重症监护环境中使用闭环胰岛素输注系统可以显著提高血糖控制的质量,减少医护人员的工作负担[35]。特别是在 COVID-19 大流行期间,这种技术组合在减少医患接触频率的同时,保证了血糖管理的连续性和有效性[36]。然而,在住院环境中应用这些技术仍面临一些挑战,如设备消毒、医护人员培训等问题需要解决。可见,CGM 和 CSII 在特殊人群中的应用展现出巨大潜力,但同时也需要考虑到每个群体的特殊需求,制定个性化的实施策略,以最大化其临床效益。

4. 联合应用 CGM 和 CSII 的挑战与局限性

尽管 CGM 和 CSII 的联合应用在糖尿病管理中展现出显著优势,但其推广和应用仍面临诸多挑战和局限性。

首先,技术相关问题仍是一个重要障碍。CGM 传感器的准确性和稳定性,尤其是在极端血糖值或快速变化时,仍有待进一步提高[37]。同时,CSII 设备的故障率、输注管路堵塞等问题也可能影响治疗的连续性和有效性[5]。

其次,患者依从性是另一个关键挑战。长期佩戴设备可能导致皮肤刺激、不适感,以及对设备的心理依赖,这些因素可能降低患者的依从性和生活质量[30],而提高患者对连续血糖监测(CGCM)和连续皮下胰岛素输注(CSII)技术依从性的策略可以从多个层面展开。在技术使用方面,建议在开始 CSII 治疗前就启动 CGM [38],同时根据患者情况选择合适的 CGM 类型,如对于接受强化胰岛素治疗的 2 型糖尿病患者,实时 CGM (rtCGM)的依从性优于间歇扫描 CGM (isCGM) [39]。在患者教育方面,通过网络平台进行培训和后续支持,不仅可以减轻医疗团队负担,还能提供个性化指导[40],内容完善的结构化患者教育项目能够有效减少 HbA1c 水平,并在不增加低血糖事件的同时提升患者的生活质量[41]。教育内容涵盖 CGM 与 CSII 等设备的操作培训、故障排除、胰岛素剂量的精准调整、营养教育及碳水化合物计数(CHC)等[42][43],通过系统性学习使患者能够熟练运用新技术并改进饮食与胰岛素管理。故在教育方案的制定

中,需整合技术与生活管理,明确教育目标,采用阶段式和结构化的培训流程,结合个性化指导优化治疗效果。同时,通过提高医患双方对 CGM 和 CSII 的认知度,可以增强使用信心[44]。在临床管理层面,利用 CGM 和 CSII 数据优化胰岛素与碳水化合物比例(CR),有助于防止低血糖并提高依从性[45]。此外,扩大医疗保险覆盖范围、实施个体化干预策略,以及提供必要的心理和社会支持,都是提高依从性的重要措施[46]-[48]。

在另一方面,成本和可及性是限制 CGM 和 CSII 广泛应用的重要因素,其初始投资和持续使用的高昂费用仍然是许多患者和医疗系统的负担[49],不过最近有一些研究表明,CGM 联合 CSII 治疗的患者显示出显著的成本效益。例如,在美国,CGM 比自我监测血糖(SMBG)增加了患者的质量调整生命年(QALYs),增量成本效果比(ICER)为\$20,825,低于支付意愿阈值[50];澳大利亚研究中的 ICER 为 AUD 22,736,同样具有经济学优势[51];加拿大研究进一步证明,CGM 不仅改善了患者 QALYs,还降低了医疗成本[52]。然而,对于非强化胰岛素治疗的患者,SMBG 因其较低的医疗和药物成本被认为更具经济性[50]。由此可见 CGM 在强化胰岛素治疗患者中更加适合,而 SMBG 在非强化治疗患者中是更为经济的选择。

最后,医疗资源分配的不均衡也导致了这些先进技术在不同地区和人群中应用的差异[53]。克服这些挑战需要多方面的努力,包括技术创新以提高设备性能和用户友好性、制定个性化的患者教育和支持策略、探索降低成本的方法,以及推动相关政策的制定以提高这些技术的可及性。只有解决这些问题,CGM 和 CSII 的联合应用才能真正实现其在改善糖尿病管理中的潜力。

5. 未来展望

CGM 和 CSII 的联合应用在糖尿病管理中的未来展望充满了机遇和挑战。技术创新方向主要集中在提高设备的准确性、可靠性和用户友好性上。例如,新一代 CGM 传感器正在朝着更长使用寿命、更高准确度 and 更小体积的方向发展,有望减少校准需求并提高患者舒适度[54]。同时,人工智能和机器学习算法的引入正在彻底改变血糖预测和胰岛素剂量调整的精确性[55]。闭环系统(人工胰腺)的进一步完善,特别是双激素系统的开发,有望更好地模拟生理性胰岛素分泌,提高血糖控制的稳定性[56]。

在个性化治疗方面,CGM 和 CSII 的联合应用为实现精准医疗提供了强大工具。通过分析大量实时血糖数据和相关生理参数,研究者可以开发出更加个性化的血糖管理策略[57]。例如,考虑到个体间胰岛素敏感性的差异,未来的闭环系统可能会整合更多个体化因素,如运动模式、饮食习惯和压力水平等,以优化胰岛素输注策略[25]。

此外,技术应用路径的标准化和个性化将使医疗团队能够更有效地为患者选择和实施适当的技术解决方案,从而提高治疗效果并优化医疗资源的使用[11]。然而,实现这些潜力还面临诸多挑战,包括数据安全和隐私保护、医疗系统的适应性调整以及相关法规的制定等。总的来说,CGM 和 CSII 的联合应用在未来有望通过技术创新和个性化治疗策略的深化,为糖尿病患者提供更精准、更有效的血糖管理方案,从而显著改善患者的生活质量和长期健康结果。

6. 结语

在糖尿病管理中,CGM 和 CSII 的联合应用展现出显著的临床优势和潜力。主要发现包括:在老年患者中,这些技术能够有效减少低血糖事件,提高血糖管理的安全性;在合并症患者中,尤其是心血管疾病或肾功能不全患者中,CGM 和 CSII 提供了更精确的血糖控制策略,减少了并发症的风险;在住院患者中,这些技术改变了传统的血糖管理模式,提高了治疗效果和效率。然而,技术相关问题、患者依从性以及成本和可及性仍然是推广应用的主要障碍。未来的技术创新方向应集中在提高设备的准确性和用户友好性上,同时,个性化治疗策略的开发将进一步提升糖尿病管理的精准性。基于这些发现,临床

应用建议包括：加强对患者的教育和支持，以提高依从性；推动政策制定以降低成本和提高技术可及性；在临床实践中，结合患者的个体化需求，灵活应用 CGM 和 CSII 技术，以实现最佳的血糖控制效果。通过这些措施，CGM 和 CSII 的联合应用有望在未来显著改善糖尿病患者的生活质量和长期健康结果。

参考文献

- [1] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版) [J]. 中华糖尿病杂志, 2021, 13(4): 315-409.
- [2] Lyu, B., Hwang, Y.J., Selvin, E., Jameson, B.C., Chang, A.R., Grams, M.E., *et al.* (2022) Glucose-Lowering Agents and the Risk of Hypoglycemia: A Real-World Study. *Journal of General Internal Medicine*, **38**, 107-114. <https://doi.org/10.1007/s11606-022-07726-8>
- [3] Liu, L., Liu, J., Xu, L., Ke, W., Wan, X., Li, H., *et al.* (2017) Lower Mean Blood Glucose during Short-Term Intensive Insulin Therapy Is Associated with Long-Term Glycemic Remission in Patients with Newly Diagnosed Type 2 Diabetes: Evidence-Based Recommendations for Standardization. *Journal of Diabetes Investigation*, **9**, 908-916. <https://doi.org/10.1111/jdi.12782>
- [4] Sun, R., Banerjee, I., Sang, S., Joseph, J., Schneider, J. and Hernandez-Boussard, T. (2021) Type 1 Diabetes Management with Technology: Patterns of Utilization and Effects on Glucose Control Using Real-World Evidence. *Clinical Diabetes*, **39**, 284-292. <https://doi.org/10.2337/cd20-0098>
- [5] Grunberger, G., Handelsman, Y., Bloomgarden, Z., Fonseca, V.A., Garber, A.J., Haas, R.A., *et al.* (2018) American Association of Clinical Endocrinologists and American College of Endocrinology 2018 Position Statement on Integration of Insulin Pumps and Continuous Glucose Monitoring in Patients with Diabetes Mellitus. *Endocrine Practice*, **24**, 302-308. <https://doi.org/10.4158/ps-2017-0155>
- [6] Williams, D.M., Jones, H. and Stephens, J.W. (2022) Personalized Type 2 Diabetes Management: An Update on Recent Advances and Recommendations. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, **15**, 281-295. <https://doi.org/10.2147/dmso.s331654>
- [7] 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>
- [8] Zheng, Y., Ley, S.H. and Hu, F.B. (2017) Global Aetiology and Epidemiology of Type 2 Diabetes Mellitus and Its Complications. *Nature Reviews Endocrinology*, **14**, 88-98. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2017.151>
- [9] Yuksel, M. and Bektas, H. (2021) Compliance with Treatment and Fear of Hypoglycaemia in Patients with Type 2 Diabetes. *Journal of Clinical Nursing*, **30**, 1773-1786. <https://doi.org/10.1111/jocn.15736>
- [10] Studer, C.M., Linder, M. and Pazzagli, L. (2023) A Global Systematic Overview of Socioeconomic Factors Associated with Antidiabetic Medication Adherence in Individuals with Type 2 Diabetes. *Journal of Health, Population and Nutrition*, **42**, Article No. 122. <https://doi.org/10.1186/s41043-023-00459-2>
- [11] Choudhary, P., Campbell, F., Joule, N. and Kar, P. (2019) A Type 1 Diabetes Technology Pathway: Consensus Statement for the Use of Technology in Type 1 Diabetes. *Diabetic Medicine*, **36**, 531-538. <https://doi.org/10.1111/dme.13933>
- [12] Natale, P., Chen, S., Chow, C.K., Cheung, N.W., Martinez-Martin, D., Caillaud, C., *et al.* (2023) Patient Experiences of Continuous Glucose Monitoring and Sensor-Augmented Insulin Pump Therapy for Diabetes: A Systematic Review of Qualitative Studies. *Journal of Diabetes*, **15**, 1048-1069. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.13454>
- [13] 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>
- [14] Handelsman, Y., Anderson, J.E., Bakris, G.L., Ballantyne, C.M., Bhatt, D.L., Bloomgarden, Z.T., *et al.* (2024) DCRM 2.0: Multispecialty Practice Recommendations for the Management of Diabetes, Cardiorenal, and Metabolic Diseases. *Metabolism*, **159**, Article 155931. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2024.155931>
- [15] Zhao, Q., Li, H., Ni, Q., Dai, Y., Zheng, Q., Wang, Y., *et al.* (2022) Follow-up Frequency and Clinical Outcomes in Patients with Type 2 Diabetes: A Prospective Analysis Based on Multicenter Real-World Data. *Journal of Diabetes*, **14**, 306-314. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.13271>
- [16] Sun, H., Saedi, P., Karuranga, S., Pinkepank, M., Ogurtsova, K., Duncan, B.B., *et al.* (2022) IDF Diabetes Atlas: Global, Regional and Country-Level Diabetes Prevalence Estimates for 2021 and Projections for 2045. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **183**, Article 109119. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.109119>
- [17] Bao, Y. and Zhu, D. (2022) Clinical Application Guidelines for Blood Glucose Monitoring in China (2022 Edition). *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, **38**, e3581. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3581>
- [18] 中华医学会内分泌学分会, 中华医学会糖尿病学分会, 中国医师协会内分泌代谢科医师分会. 中国胰岛素泵治

- 疗指南(2021 年版) [J]. 中华内分泌代谢杂志, 2021, 37(8): 679-701.
- [19] Dermawan, D. and Kenichi Purbayanto, M.A. (2022) An Overview of Advancements in Closed-Loop Artificial Pancreas System. *Heliyon*, **8**, e11648. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11648>
- [20] Galindo, R.J. and Aleppo, G. (2020) Continuous Glucose Monitoring: The Achievement of 100 Years of Innovation in Diabetes Technology. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **170**, Article 108502. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108502>
- [21] Ben-Yacov, O., Godneva, A., Rein, M., Shilo, S., Kolobkov, D., Koren, N., *et al.* (2021) Personalized Postprandial Glucose Response-Targeting Diet versus Mediterranean Diet for Glycemic Control in Prediabetes. *Diabetes Care*, **44**, 1980-1991. <https://doi.org/10.2337/dc21-0162>
- [22] Stone, J.Y. and Bailey, T.S. (2020) Benefits and Limitations of Continuous Glucose Monitoring in Type 1 Diabetes. *Expert Review of Endocrinology & Metabolism*, **15**, 41-49. <https://doi.org/10.1080/17446651.2020.1706482>
- [23] Chlup, R., Runzis, S., Castaneda, J., Lee, S.W., Nguyen, X. and Cohen, O. (2018) Complex Assessment of Metabolic Effectiveness of Insulin Pump Therapy in Patients with Type 2 Diabetes Beyond HbA1c Reduction. *Diabetes Technology & Therapeutics*, **20**, 153-159. <https://doi.org/10.1089/dia.2017.0283>
- [24] Kovatchev, B. (2019) Glycemic Variability: Risk Factors, Assessment, and Control. *Journal of Diabetes Science and Technology*, **13**, 627-635. <https://doi.org/10.1177/1932296819826111>
- [25] Boughton, C.K., Daly, A., Thabit, H., Hartnell, S., Herzig, D., Vogt, A., *et al.* (2021) Day-to-Day Variability of Insulin Requirements in the Inpatient Setting: Observations during Fully Closed-Loop Insulin Delivery. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, **23**, 1978-1982. <https://doi.org/10.1111/dom.14396>
- [26] 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>
- [27] 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>
- [28] Polonsky, W.H., Hessler, D., Ruedy, K.J. and Beck, R.W. (2017) The Impact of Continuous Glucose Monitoring on Markers of Quality of Life in Adults with Type 1 Diabetes: Further Findings from the DIAMOND Randomized Clinical Trial. *Diabetes Care*, **40**, 736-741. <https://doi.org/10.2337/dc17-0133>
- [29] Charleer, S., Mathieu, C., Nobels, F., De Block, C., Radermecker, R.P., Hermans, M.P., *et al.* (2018) Effect of Continuous Glucose Monitoring on Glycemic Control, Acute Admissions, and Quality of Life: A Real-World Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **103**, 1224-1232. <https://doi.org/10.1210/jc.2017-02498>
- [30] Tanenbaum, M.L., Hanes, S.J., Miller, K.M., Naranjo, D., Bensen, R. and Hood, K.K. (2016) Diabetes Device Use in Adults with Type 1 Diabetes: Barriers to Uptake and Potential Intervention Targets. *Diabetes Care*, **40**, 181-187. <https://doi.org/10.2337/dc16-1536>
- [31] Messer, L.H., Johnson, R., Driscoll, K.A. and Jones, J. (2017) Best Friend or Spy: A Qualitative Meta-Synthesis on the Impact of Continuous Glucose Monitoring on Life with Type 1 Diabetes. *Diabetic Medicine*, **35**, 409-418. <https://doi.org/10.1111/dme.13568>
- [32] van Beers, C.A.J., DeVries, J.H., Kleijer, S.J., Smits, M.M., Geelhoed-Duijvestijn, P.H., Kramer, M.H.H., *et al.* (2016) Continuous Glucose Monitoring for Patients with Type 1 Diabetes and Impaired Awareness of Hypoglycaemia (IN CONTROL): A Randomised, Open-Label, Crossover Trial. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, **4**, 893-902. [https://doi.org/10.1016/s2213-8587\(16\)30193-0](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(16)30193-0)
- [33] Pratley, R.E., Kanapka, L.G., Rickels, M.R., Ahmann, A., Aleppo, G., Beck, R., *et al.* (2020) Effect of Continuous Glucose Monitoring on Hypoglycemia in Older Adults with Type 1 Diabetes: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, **323**, 2397-2406. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.6928>
- [34] Bally, L., Gubler, P., Thabit, H., Hartnell, S., Ruan, Y., Wilinska, M.E., *et al.* (2019) Fully Closed-Loop Insulin Delivery Improves Glucose Control of Inpatients with Type 2 Diabetes Receiving Hemodialysis. *Kidney International*, **96**, 593-596. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2019.03.006>
- [35] Bally, L., Thabit, H., Hartnell, S., Andereggen, E., Ruan, Y., Wilinska, M.E., *et al.* (2018) Closed-Loop Insulin Delivery for Glycemic Control in Noncritical Care. *New England Journal of Medicine*, **379**, 547-556. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1805233>
- [36] Murphy, H.R. (2020) Managing Diabetes in Pregnancy Before, During, and after COVID-19. *Diabetes Technology & Therapeutics*, **22**, 454-461. <https://doi.org/10.1089/dia.2020.0223>
- [37] Kovatchev, B. and Cobelli, C. (2016) Glucose Variability: Timing, Risk Analysis, and Relationship to Hypoglycemia in Diabetes. *Diabetes Care*, **39**, 502-510. <https://doi.org/10.2337/dc15-2035>

- [38] Moreno-Fernandez, J., Gómez, F.J., Gálvez Moreno, M.Á. and Castaño, J.P. (2016) Clinical Efficacy of Two Different Methods to Initiate Sensor-Augmented Insulin Pumps: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Diabetes Research*, **2016**, Article 4171789. <https://doi.org/10.1155/2016/4171789>
- [39] Nemlekar, P., Hannah, K. and Norman, G.J. (2023) 358-OR: Better Adherence to Real-Time Continuous Glucose Monitoring (rtCGM) than to Intermittently Scanned CGM (isCGM) among People with Type 2 Diabetes (PWT2D) on Intensive Insulin Therapy (IIT). *Diabetes*, **72**, 358-OR. <https://doi.org/10.2337/db23-358-or>
- [40] Eysenbach, G. (2011) CONSORT-EHEALTH: Improving and Standardizing Evaluation Reports of Web-Based and Mobile Health Interventions. *Journal of Medical Internet Research*, **13**, e126. <https://doi.org/10.2196/jmir.1923>
- [41] Hopkins, D., Lawrence, I., Mansell, P., Thompson, G., Amiel, S., Campbell, M., *et al.* (2012) Improved Biomedical and Psychological Outcomes 1 Year after Structured Education in Flexible Insulin Therapy for People with Type 1 Diabetes: The U.K. DAFNE Experience. *Diabetes Care*, **35**, 1638-1642. <https://doi.org/10.2337/dc11-1579>
- [42] Messer, L., Ruedy, K., Xing, D., Coffey, J., Englert, K., Caswell, K., *et al.* (2009) Educating Families on Real Time Continuous Glucose Monitoring. *The Diabetes Educator*, **35**, 124-135. <https://doi.org/10.1177/0145721708325157>
- [43] Marigliano, M., Morandi, A., Maschio, M., Sabbion, A., Contreas, G., Tomasselli, F., *et al.* (2013) Nutritional Education and Carbohydrate Counting in Children with Type 1 Diabetes Treated with Continuous Subcutaneous Insulin Infusion: The Effects on Dietary Habits, Body Composition and Glycometabolic Control. *Acta Diabetologica*, **50**, 959-964. <https://doi.org/10.1007/s00592-013-0491-9>
- [44] Mamtani, R., Wolinsky, T. and Simon, B. (2022) 912-P: Integrating CGM Use into Primary Care Practice: A Diabetes Quality Improvement Project. *Diabetes*, **71**, 912-P. <https://doi.org/10.2337/db22-912-p>
- [45] Schiavon, M., Dalla Man, C. and Cobelli, C. (2018) Insulin Sensitivity Index-Based Optimization of Insulin to Carbohydrate Ratio: In Silico Study Shows Efficacious Protection against Hypoglycemic Events Caused by Suboptimal Therapy. *Diabetes Technology & Therapeutics*, **20**, 98-105. <https://doi.org/10.1089/dia.2017.0248>
- [46] Zeng, A., Beltran, A., Bell, T. and Wood, R. (2024) 1053-P: Enhancing Accessibility—Assessing the Impact of Expanded CGM Coverage on CGM Adoption. *Diabetes*, **73**, 1053-P. <https://doi.org/10.2337/db24-1053-p>
- [47] Murata, T., Kuroda, A., Matsuhisa, M., Toyoda, M., Kimura, M., Hirota, Y., *et al.* (2020) Predictive Factors of the Adherence to Real-Time Continuous Glucose Monitoring Sensors: A Prospective Observational Study (PARCS Study). *Journal of Diabetes Science and Technology*, **15**, 1084-1092. <https://doi.org/10.1177/1932296820939204>
- [48] de Bock, M., Cooper, M., Retterath, A., Nicholas, J., Ly, T., Jones, T., *et al.* (2016) Continuous Glucose Monitoring Adherence: Lessons from a Clinical Trial to Predict Outpatient Behavior. *Journal of Diabetes Science and Technology*, **10**, 627-632. <https://doi.org/10.1177/1932296816633484>
- [49] Riemsma, R., Corro Ramos, I., Birnie, R., Büyükkaramikli, N., Armstrong, N., Ryder, S., *et al.* (2016) Integrated Sensor-Augmented Pump Therapy Systems [The Minimed® Paradigm™ Veo System and the Vibe™ and G4® PLATINUM CGM (Continuous Glucose Monitoring) System] for Managing Blood Glucose Levels in Type 1 Diabetes: A Systematic Review and Economic Evaluation. *Health Technology Assessment*, **20**, 1-252. <https://doi.org/10.3310/hta20170>
- [50] Alshannaq, H., Norman, G.J. and Lynch, P.M. (2024) 1035-P: Cost-Effectiveness of Real-Time CGM Vs. Self-Monitoring of Blood Glucose in People with Insulin-Treated Type 2 Diabetes from a U.S. Payor Perspective. *Diabetes*, **73**, 1035-P. <https://doi.org/10.2337/db24-1035-p>
- [51] Alshannaq, H., Ahmed, M., Norman, G.J. and Simmons, D. (2024) 1036-P: Cost-Effectiveness of Real-Time CGM Vs. Self-Monitoring of Blood Glucose in People with Type 2 Diabetes on Intensive Insulin Therapy in Australia. *Diabetes*, **73**, 1036-P. <https://doi.org/10.2337/db24-1036-p>
- [52] Harris, S.B., Cimino, S., Thanh YEN Nguyen, T., Poon, Y. and Szafranski, K. (2024) 1051-P: Cost-Effectiveness of Flash CGM Compared with SMBG—A Canadian Private-Payer Perspective. *Diabetes*, **73**, 1051-P. <https://doi.org/10.2337/db24-1051-p>
- [53] Catherine, J.P., Russell, M.V. and Peter, C.H. (2021) The Impact of Race and Socioeconomic Factors on Paediatric Diabetes. *eClinicalMedicine*, **42**, Article 101186. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101186>
- [54] Dexcom G7 Continuous Glucose Monitoring System User Guide. <https://www.dexcom.com/g7-cgm-system>
- [55] Kovatchev, B. (2018) Automated Closed-Loop Control of Diabetes: The Artificial Pancreas. *Bioelectronic Medicine*, **4**, Article No. 14. <https://doi.org/10.1186/s42234-018-0015-6>
- [56] Hanazaki, K., Tanioka, N., Munkage, M., Uemura, S. and Maeda, H. (2021) Closed-Loop Artificial Endocrine Pancreas from Japan. *Artificial Organs*, **45**, 958-967. <https://doi.org/10.1111/aor.14008>
- [57] Vigersky, R.A. and McMahon, C. (2019) The Relationship of Hemoglobin A1C to Time-in-Range in Patients with Diabetes. *Diabetes Technology & Therapeutics*, **21**, 81-85. <https://doi.org/10.1089/dia.2018.0310>