

НЕПРЕРЫВНЫЙ МОНИТОРИНГ ГЛЮКОЗЫ У ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 1 ТИПА: МЕТРИКИ, КЛИНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ИНТЕГРАЦИЯ С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНСУЛИНОТЕРАПИЕЙ

Айходжаева М.А.¹, Алимова К.Б.¹, Абдурауфов А.Ф.²

¹ Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр эндокринологии имени академика Ё.Х. Туракулова, г. Ташкент,

² Ташкентский государственный медицинский университет

XULOSA

Tadqiqot maqsadi. 1-tur qandli diabet (QD1) bilan og‘rigan bemorlarda glyukozani uzluksiz monitoring qilish (GUM) ko‘rsatkichlari, klinik samaradorligi va xavfsizligi, shuningdek, avtomatlashtirilgan insulino-terapiya bilan integratsiyasiga oid zamonaviy ma‘lumotlarni tizimlashtirish.

Materiallar va usullar. PubMed, Scopus, Web of Science, eLIBRARY.ru va CyberLeninka bazalarida 2008–2026-yillarda chop etilgan nashrlarning narrativ sharhi o‘tkazildi. HbA1c, diapazondagi vaqt (TIR) va gipoglikemiya bo‘yicha miqdoriy ma‘lumotlarga ega randomizatsiyalangan tadqiqotlar, meta-tahlillar va konsensus hujjatlari kiritildi.

Natijalar. Real vaqt rejimidagi monitoring HbA1c darajasini 0,4–0,6 % punktiga pasaytiradi (DIAMOND, GOLD) va TIR ko‘rsatkichini sutkasiga 70–130 daqiqaga oshiradi; gipoglikemiyani sezish buzilgan bemorlarda xavfli epizodlar sonini kamaytiradi (HypoDE). Flash-monitoring HbA1c darajasini pasaytiradi (FLASH-UK) va gipoglikemiyada o‘tadigan vaqtni 38 % ga qisqartiradi (IMPACT). Eng yuqori samaraga GUM insulinni avtomatlashtirilgan tarzda yuborish tizimlari bilan integratsiya qilinganda erishiladi (TIR +11 foiz punkti).

Xulosa. GUM QD1ni davolash standarti va avtomatlashtirilgan insulino terapiyaning majburiy tarkibiy qismi hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: 1-tur qandli diabet, glyukozani uzluksiz monitoring qilish, diapazondagi vaqt, gipoglikemiya, avtomatlashtirilgan insulino terapiya.

SUMMARY

Objective. To systematize current evidence on the metrics, clinical efficacy and safety of continuous glucose monitoring (CGM) in patients with type 1 diabetes mellitus (T1DM) and its integration with automated insulin delivery.

Materials and methods. A narrative review of publications from 2008 to 2026 was performed using PubMed, Scopus, Web of Science, eLIBRARY.ru and CyberLeninka; randomized trials, meta-analyses and consensus documents with quantitative data on HbA1c, time in range (TIR) and hypoglycemia were included.

Results. Real-time CGM reduces HbA1c by 0.4–0.6 percentage points (DIAMOND, GOLD) and increases TIR by 70–130 minutes per day; in impaired hypoglycemia awareness it reduces dangerous events (HypoDE); flash monitoring lowers HbA1c (FLASH-UK) and time in hypoglycemia by 38 % (IMPACT).

The greatest effect is achieved with integration into automated insulin delivery (+11 pp TIR).

Conclusion. CGM is the standard of T1DM care and a mandatory component of automated insulin delivery.

Keywords: type 1 diabetes mellitus, continuous glucose monitoring, time in range, hypoglycemia, automated insulin delivery.

Сахарный диабет 1 типа (СД1) требует пожизненного введения инсулина, и цена ошибки здесь двусторонняя. Слишком высокий сахар годами разрушает сосуды. Слишком низкий убивает за минуты. Между этими рисками врач и пациент балансируют каждый день [1,2]. Долгое время контроль оценивали одним числом - гликированным гемоглобином (HbA1c). Показатель усредняет глюкозу за 8-12 недель и потому прячет самое опасное: ночные гипогликемии, постпрандиальные пики, размах суточных колебаний [4].

Непрерывный мониторинг глюкозы (НМГ) закрыл этот пробел. Подкожный сенсор считывает

глюкозу межтканевой жидкости каждые 1–5 минут и превращает разрозненные замеры в непрерывную линию [11]. Систем две: мониторинг реального времени (rtCGM) с сигналами тревоги и сканируемый по требованию флеш-мониторинг (isCGM) [20]. Вместе с ними в клинику вошёл новый язык оценки: время в целевом диапазоне (TIR), время ниже (TBR) и выше (TAR) него, индикатор GMI, коэффициент вариации (CV). Их пороги закрепил международный консенсус [4]. Что эти показатели дали пациентам на практике, подробно рассмотрено ниже.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основу обзора составили публикации 2008–2026 гг. из PubMed, Scopus, Web of Science, eLIBRARY.ru и CyberLeninka. Поиск шёл по ключевым словам «type 1 diabetes», «continuous glucose monitoring», «time in range», «hypoglycemia», «automated insulin delivery» и их русским аналогам с операторами AND/OR.

Отбирали рандомизированные исследования, мета-анализы и консенсусы с количественными данными по HbA1c, TIR, TBR и вариабельности. За референс приняты пороги международного консенсуса: TIR (3,9–10,0 ммоль/л) выше 70 %, TBR ниже 3,9 ммоль/л менее 4 %, ниже 3,0 ммоль/л менее 1 %, CV не выше 36 % [4]. Показатели представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные метрики, использованные при анализе источников

Параметр	Значение для обзора	Клиническая интерпретация
HbA1c	Интегральный показатель	Усреднённая гликемия за 8–12 недель
TIR (3,9–10,0 ммоль/л)	Основная метрика НМГ	Доля суток в диапазоне; цель > 70 %
TBR (< 3,9 / < 3,0)	Маркёр безопасности	Время в гипогликемии; цель < 4 % / < 1 %
TAR (> 10,0 / > 13,9)	Маркёр гипергликемии	Время выше диапазона; цель < 25 % / < 5 %
GMI	Оценка HbA1c по НМГ	Возможно расхождение с лабораторным HbA1c
CV	Вариабельность	Стабильность гликемии; цель ≤ 36 %

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Консенсус по времени в диапазоне (2019) задал ориентиры для взрослых с СД1: TIR выше 70 %, TBR менее 4 % и 1 % для порогов 3,9 и 3,0 ммоль/л, CV не выше 36 % [4]. Эти числа не произвольны. Анализ данных DCCT показал прямую связь с осложнениями: каждые потерянные 10 % TIR повышают риск ретинопатии на 64 %, а микроальбуминурии на 40 %; TIR 70 % соответствует примерно HbA1c 7 % [6]. С GMI есть тонкость. Он рассчитывается по формуле Bergenstal и оценивает HbA1c по данным сенсора, но расходится с лабораторным на 0,3–0,5 п.п.; это расхождение само по себе информативно [8].

Две работы 2017 года остаются опорными. В DIAMOND 158 взрослых на множественных инъекциях со средним HbA1c 8,6 % при rtCGM снизили HbA1c на 0,6 % ($p < 0,001$) и получили почти 77 дополнительных минут в диапазоне ежедневно [5]. Перекрёстное GOLD дало ту же картину: минус 0,43 % HbA1c и меньшую вариабельность [16]. Обобщение индивидуальных данных оценивает эффект скромнее, в –0,30 %, но с важной оговоркой: он

тем больше, чем выше исходный HbA1c и чаще ношение сенсора [18]. Систематический обзор добавил к этому около 70 минут прироста TIR в сутки [17].

Сильнее всего НМГ проявляет себя там, где инсулинотерапия упирается в страх гипогликемии. У пациентов, переставших чувствовать её приближение, rtCGM заметно сократил число эпизодов (HypoDE, 149 человек) [13]. У хорошо компенсированных больных флеш-мониторинг в исследовании IMPACT урезал время в гипогликемии на 38 %, ночную – на 40 %, и не ухудшил HbA1c [9]. Показательно, что ни одно крупное РКИ не выявило роста тяжёлых эпизодов. Это контраст с эпохой DCCT, когда за интенсификацию инсулина платили именно гипогликемиями [18].

Флеш-мониторинг дешевле и проще, но там, где нужно, не уступает. В независимом британском РКИ FLASH-UK у взрослых с HbA1c 7,5–11,0 % isCGM снизил HbA1c на 0,5 п.п. ($p < 0,001$) и прибавил порядка 130 минут в диапазоне за сутки. Точность сенсоров тем временем подтянулась к лабораторной: MARD современных систем составляет 8–10 % [15,11].

Таблица 2

Ключевые рандомизированные исследования НМГ при СД1

Исследование	Тип НМГ / популяция	N	Основной результат
DIAMOND, 2017	rtCGM, взрослые на МИИ	158	HbA1c –0,6 %; TIR +77 мин/сут
GOLD, 2017	rtCGM, взрослые на МИИ	142	HbA1c –0,43 %; ↓ вариабельность
HypoDE, 2018	rtCGM, нарушенное rozpozn. гипо	149	Значимое ↓ гипогликемий
IMPACT, 2016	isCGM, контролируемые	328	Время в гипо –38 %
FLASH-UK, 2022	isCGM, субоптим. контроль	156	HbA1c –0,5 п.п.; TIR +130 мин/сут

Дальше рутинные решения можно передать алгоритму. В системах автоматизированной подачи инсулина (AID) данные сенсора напрямую управляют помпой. Полугодовое РКИ DCLP3 с алгоритмом Control-IQ прибавило около 11 п.п. TIR против обычной сенсорной помпы [10], а метаанализ поставил замкнутый контур выше прочих режимов [7]. Обновлённый консенсус ADA/EASD прямо называет AID предпочтительным способом введения инсулина, и НМГ в нём не опция, а обязательный

сенсор [14]. Польза не ограничена молодыми пациентами: она показана и у пожилых (WISDM) [19], и у беременных с СД1, где значим каждый процент TIR (CONCEPTT) [12]. Стандарты ADA 2026 года рекомендуют НМГ всем пациентам с СД1 [3].

ВЫВОДЫ

Для СД1 непрерывный мониторинг перестал быть дополнительной опцией. Мониторинг реального времени снижает HbA1c на 0,3–0,6 п.п. и прибавляет 70–130 минут в целевом диапазоне ежеднев-

но, а при нарушенном распознавании гипогликемии убирает часть опасных эпизодов; флеш-мониторинг даёт близкий результат. Важнее средней цифры оказываются два условия: высокий исходный HbA1c и регулярность ношения. Именно они определяют итог. Максимум достигается в связке с автоматизированной инсулинотерапией, где сенсор становится её ядром. А метрики TIR, TBR и CV показывают то, чего HbA1c не видит: безопасность и стабильность гликемии. Поэтому их место в обычном амбулаторном наблюдении, а не в списке технологических опций.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ И ФИНАНСИРОВАНИЕ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и внешнего финансирования исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дедов И.И., Шестакова М.В., Майоров А.Ю. и др. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. 11-й выпуск // Сахарный диабет. - 2023. - Т. 26, № 2S. - С. 1–157.
2. Российская ассоциация эндокринологов. Сахарный диабет 1 типа у взрослых: клинические рекомендации. - Москва, 2022.
3. American Diabetes Association. Diabetes technology: Standards of Care in Diabetes-2026 // Diabetes Care. - 2026. - Vol. 49, Suppl. 1. - P. S150–S178.
4. Battelino T., Danne T., Bergenstal R.M., et al. Clinical targets for continuous glucose monitoring data interpretation: recommendations from the international consensus on time in range // Diabetes Care. - 2019. - Vol. 42, № 8. - P. 1593–1603.
5. Beck R.W., Riddlesworth T., Ruedy K., et al. Effect of continuous glucose monitoring on glycemic control in adults with type 1 diabetes using insulin injections: the DIAMOND randomized clinical trial // JAMA. - 2017. - Vol. 317, № 4. - P. 371–378.
6. Beck R.W., Bergenstal R.M., Cheng P., et al. Validation of time in range as an outcome measure for diabetes clinical trials // Diabetes Care. - 2019. - Vol. 42, № 3. - P. 400–405.
7. Bekiari E., Kitsios K., Thabane L., et al. Artificial pancreas treatment for outpatients with type 1 diabetes: systematic review and meta-analysis // BMJ. - 2018. - Vol. 361. - P. k1310.
8. Bergenstal R.M., Beck R.W., Close K.L., et al. Glucose management indicator (GMI): a new term for estimating A1C from continuous glucose monitoring // Diabetes Care. - 2018. - Vol. 41, № 11. - P. 2275–2280.
9. Bolinder J., Antuna R., Geelhoed-Duijvestijn P., et al. Novel glucose-sensing technology and hypoglycaemia in type 1 diabetes: a multicentre, non-masked, randomised controlled trial (IMPACT) // Lancet. - 2016. - Vol. 388, № 10057. - P. 2254–2263.
10. Brown S.A., Kovatchev B.P., Raghinaru D., et al. Six-month randomized, multicenter trial of closed-loop control in type 1 diabetes (DCLP3) // New England Journal of Medicine. - 2019. - Vol. 381, № 18. - P. 1707–1717.
11. Danne T., Nimri R., Battelino T., et al. International consensus on use of continuous glucose monitoring // Diabetes Care. - 2017. - Vol. 40, № 12. - P. 1631–1640.
12. Feig D.S., Donovan L.E., Corcoy R., et al. Continuous glucose monitoring in pregnant women with type 1 diabetes (CONCEPTT): a multicentre international randomised controlled trial // Lancet. - 2017. - Vol. 390, № 10110. - P. 2347–2359.
13. Heinemann L., Freckmann G., Ehrmann D., et al. Real-time continuous glucose monitoring in adults with type 1 diabetes and impaired hypoglycaemia awareness or severe hypoglycaemia (HypoDE) // Lancet. - 2018. - Vol. 391, № 10128. - P. 1367–1377.
14. Holt R.I.G., DeVries J.H., Hess-Fischl A., et al. The management of type 1 diabetes in adults: a consensus report by the ADA and EASD // Diabetologia. - 2021. - Vol. 64. - P. 2609–2652.
15. Leelarathna L., Wilmut E.G., Marshall A., et al. Intermittently scanned continuous glucose monitoring for type 1 diabetes (FLASH-UK) // New England Journal of Medicine. - 2022. - Vol. 387, № 16. - P. 1477–1487.
16. Lind M., Polonsky W., Hirsch I.B., et al. Continuous glucose monitoring vs conventional therapy for glycemic control in adults with type 1 diabetes treated with multiple daily insulin injections (GOLD) // JAMA. - 2017. - Vol. 317, № 4. - P. 379–387.
17. Maiorino M.I., Signoriello S., Maio A., et al. Effects of continuous glucose monitoring on metrics of glycemic control in diabetes: a systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials // Diabetes Care. - 2020. - Vol. 43, № 5. - P. 1146–1156.
18. Pickup J.C., Freeman S.C., Sutton A.J. Glycaemic control in type 1 diabetes during real time continuous glucose monitoring compared with self monitoring of blood glucose: meta-analysis of randomised controlled trials using individual patient data // BMJ. - 2011. - Vol. 343. - P. d3805.
19. Pratley R.E., Kanapka L.G., Rickels M.R., et al. Effect of continuous glucose monitoring on hypoglycemia in older adults with type 1 diabetes (WISDM) // JAMA. - 2020. - Vol. 323, № 23. - P. 2397–2406.
20. Sherr J.L., Bode B.W., Battelino T., Dove K. Continuous and intermittent glucose monitoring in 2025 // Diabetes Technology & Therapeutics. - 2026. - Vol. 28, Suppl. 2. - P. 11S–27S.