

Современные подходы к мониторингу уровня глюкозы

Р.И. Сайфутдинов^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0001-6504-8900>, uralcard007@mail.ru

О.В. Бугрова¹, <https://orcid.org/0000-0001-9478-8916>, ov.bugrova@yandex.ru

К.А. Нагорнова², <https://orcid.org/0000-0002-9224-6643>, ksenii.nagornova@yandex.ru

¹ Оренбургский государственный медицинский университет; 460014, Россия, Оренбург, ул. Советская, д. 6

² Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова; 195067, Россия, Санкт-Петербург, Пискаревский проспект, д. 47

Резюме

Рост распространенности сахарного диабета (СД) и появление большого класса новых сахароснижающих препаратов ставит вопрос об оценке эффективности лечения этих пациентов. Также существенную роль следует отвести вероятностному прогнозу как непосредственного течения самого сахарного диабета, так и развитию осложнений (в основном сердечно-сосудистой природы), являющихся ведущей причиной смертности и инвалидизации больных. Хотя применение таких кардиологических препаратов, как статины, ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, существенно улучшают перспективы лиц, страдающих диабетом, достижение целевых показателей углеводного обмена, таких как уровень гликемии и содержание гликированного гемоглобина (HbA1c), остается краеугольной задачей ведения пациентов с сахарным диабетом. Это тем более важно, т. к. в современных условиях все большее число пациентов (особенно с СД 2-го типа) переходят под наблюдение врача общей практики. Роль же эндокринолога сводится к первичной установке диагноза и при необходимости – коррекции лечения. Определение уровня гликемии и ее колебания в зависимости от различных условий остается основным методом контроля состояния пациентов и эффективности лечения. Основное направление при этом уделяется самостоятельному контролю уровня глюкозы в крови (СКГК), т. к. оценка содержания гликированного гемоглобина в реальной практике не позволяет принимать быстрые решения по изменению тактики лечения в силу специфики данной методики. Самоконтроль гликемии пациентом стал возможен в силу появления на рынке современных глюкометров, позволяющих не только определять содержание глюкозы в капиллярной крови, но и синхронизировать полученные результаты как со смартфоном пациента, так и с облачным хранилищем, оперативно информировать пациента о критических колебаниях гликемии и длительно хранить результаты тестов. После проведения соответствующей программы обучения больных самоконтроль уровня глюкозы в капиллярной крови с помощью глюкометров последнего поколения можно считать оптимальным для надлежащего гликемического контроля у пациентов с сахарным диабетом в амбулаторных условиях и некритических состояний у стационарных пациентов.

Ключевые слова: сахарный диабет, методы контроля, самоконтроль уровня глюкозы, глюкометр, гипогликемия, гипергликемия

Для цитирования: Сайфутдинов РИ, Бугрова ОВ, Нагорнова КА. Современные подходы к мониторингу уровня глюкозы. *Медицинский совет*. 2025;19(13):142–148. <https://doi.org/10.21518/ms2025-337>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Modern approaches to monitoring glucose levels

Rustam I. Saifutdinov^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0001-6504-8900>, uralcard007@mail.ru

Olga V. Bugrova¹, <https://orcid.org/0000-0001-9478-8916>, ov.bugrova@yandex.ru

Kseniia A. Nagornova², <https://orcid.org/0000-0002-9224-6643>, ksenii.nagornova@yandex.ru

¹ Orenburg State Medical University; 6, Sovetskaya St., Orenburg, 460014, Russia

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; 47, Piskarevsky Ave., St Petersburg, 195067, Russia

Abstract

The increasing prevalence of diabetes mellitus (DM) and the emergence of a large number of new hypoglycemic drugs put the question to the assessing the effectiveness of treatment of these patients. Also, a significant role should be given to the probabilistic forecast of both the immediate course of diabetes mellitus itself and the development of complications (mainly cardiovascular diseases), which are the leading cause of mortality and disability in patients. Although the use of such cardiac drugs as statins and angiotensin-converting enzyme inhibitors significantly improves the prognosis of persons with diabetes, achieving target indicators of carbohydrate metabolism, such as glycemia levels and glycated hemoglobin (HbA1c) remains a cornerstone of managing patients with diabetes. This is all the more important since, in modern conditions, an increasing number of patients (especially with type 2 diabetes) are coming under the supervision of a general practitioner. The role of the endocrinologist is limited to establishing a primary diagnosis and, if necessary, adjusting treatment. Determining the level of glycemia and its fluctuations depending on various conditions remains the main method of monitoring the condition of patients and the effectiveness of treatment. The main focus is on self-monitoring of blood glucose levels (SMBG), since assessing the glycated hemoglobin content in real practice does not allow to make quick decisions on changing treatment due to the specifics of this technique. Self-monitoring of glycemia by the patient has become possible due to the appearance of modern glucometers, which allow not only to determine the glucose content in capillary blood, but also to synchronize

the obtained results with both the patient's smartphone and cloud storage, promptly inform the patient about critical fluctuations in glycemia and store test results for a long time. After conducting an appropriate patient education program, self-monitoring of capillary blood glucose levels by using the latest generation of glucometers can be considered optimal for proper glycemic control in patients with diabetes mellitus in outpatient settings and non-critical conditions in inpatients.

Keywords: diabetes mellitus, methods of the control, self-monitoring of blood glucose, glucometer, hypoglycemia, hyperglycemia

For citation: Saifutdinov RI, Bugrova OV, Nagornova KA. Modern approaches to monitoring glucose levels. *Meditsinskiy Sovet*. 2025;19(13):142–148. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2025-337>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Изменение уровня глюкозы в крови характерно для целого ряда как физиологических, так и патологических состояний. Оно зависит от характера питания, интенсивности физической нагрузки, приема лекарственных препаратов, а также ряда заболеваний, среди которых ведущая роль принадлежит сахарному диабету (СД).

В настоящее время в мире отмечается значительный рост распространенности данной патологии. В соответствии с регистром Международной диабетической федерации, численность пациентов с диабетом в возрасте 20–79 лет в мире на конец 2021 г. превысила 537 млн [1]. Общая численность пациентов с СД в РФ, состоящих на диспансерном учете, на 01.01.2023 г., по данным Федерального регистра сахарного диабета, составила 4 962 762 (3,31% населения РФ), из них: СД1 – 5,58% (277,1 тыс.), СД2 – 92,33% (4,58 млн), другие типы СД – 2,08% (103 тыс.) [2].

Колебания уровня глюкозы могут носить как острый, так и хронический характер, в ряде случаев представляющих серьезную опасность для жизни и здоровья пациентов [3]. Прежде всего, это касается поражения сетчатки и почек [4]. Все это требует осуществления адекватных методов их диагностики, учитывающих особенности метаболизма глюкозы в норме и при патологических состояниях.

Содержащиеся в пище сложные углеводы служат основным источником энергетического обеспечения клеток организма. При воздействии ферментов желудочно-кишечного тракта происходит распад сложных углеводов на простые сахара, к числу которых относится и глюкоза. После всасывания в кишечнике происходит увеличение содержания глюкозы в крови и ее транспорт к клеткам [5]. В ответ бета-клетки поджелудочной железы вырабатывают инсулин, связывающийся со специфическими рецепторами на поверхности инсулинозависимых тканей (прежде всего, мышечной и жировой), что приводит к активации транспортера глюкозы с последующим ее поступлением в клетку для обеспечения энергопотребностей [6]. Инсулин также подавляет глюконеогенез в печени и облегчает хранение глюкозы в форме гликогена и жиров, которые служат краткосрочными и долгосрочными запасами энергии соответственно [7]. При снижении уровня глюкозы происходит увеличение выработки альфа-клетками поджелудочной железы глюкагона и мобилизация глюкозы из гликогена печени.

Гомеостаз глюкозы поддерживается от 4 до 6 ммоль, или около 72 до 108 мг/дл, и зависит от функциональной способности бета-клеток поджелудочной железы и клеточной (скелетные мышцы, печень и жировая ткань) чувствительности к инсулину [8]. У пациентов может быть диагностирован сахарный диабет, если уровень глюкозы в их крови высок [9]. При этом диагностические значения уровня гликемии зависят от того, капиллярная или венозная кровь используется для анализа [10, 11].

Сахарный диабет характеризуется либо недостатком синтезируемого инсулина (1-й тип), либо инсулинорезистентностью (2-й тип), при которой нарушается клеточное усвоение глюкозы или хранение избыточной глюкозы. Дисфункция в производстве или усвоении инсулина способствует усилению колебаний уровня глюкозы в крови. Это особенно важно у пациентов с преддиабетом с нарушенным гомеостазом глюкозы в крови и повышенным уровнем глюкозы в крови натощак или после приема пищи. Эти лица подвержены высокому риску развития сахарного диабета.

Такие органы, как мозг, почки, печень и эритроциты, не имеют рецепторов инсулина и не нуждаются в инсулине для усвоения глюкозы. Однако они также зависят от острых, хронических или повторяющихся падений уровня глюкозы в крови [12].

Инсулин используется для лечения сахарного диабета 1-го типа и некоторых случаев сахарного диабета 2-го типа. Побочный эффект инсулинотерапии в виде гипогликемии хорошо известен, и пациентам с инсулинозависимым диабетом необходим регулярный контроль уровня глюкозы в крови.

Регулярный контроль уровня глюкозы в крови также рекомендован для пациентов с сахарным диабетом 2-го типа, особенно при сопутствующих заболеваниях, лабильном течении, во время подбора пероральных гипогликемических препаратов или смены этих препаратов. Предиабет (гипергликемия натощак или нарушение толерантности к глюкозе) также требует наблюдения за гликемией, особенно при наличии метаболического синдрома.

ГЛИКИРОВАННЫЙ ГЕМОГЛОБИН (HbA1c)

Молекулы глюкозы имеют тенденцию встраиваться в третичную структуру белков при длительном повышении уровня глюкозы в крови и тканях. Определение HbA1c интерпретирует процент молекул глюкозы, которые соединяются с гемоглобином, образуя гликированный гемоглобин.

После того как молекулы глюкозы соединяются с гемоглобином, гликированный гемоглобин остается на всю жизнь эритроцита, которая в среднем и в здоровом состоянии составляет около 120 дней. Таким образом, анализы эритроцита и его гликированного гемоглобина показывают средний уровень глюкозы в крови у клиента за этот период времени.

Нормальный уровень HbA1c – от 3,5 до 5,6%, или от 15 до 42 ммоль/моль. Преддиабет является возможным диагнозом, если уровень гликированного гемоглобина составляет от 5,7 до 6,4% [13]. Результат HbA1c > 6,5% обычно подтверждает наличие сахарного диабета. Фармакологическое вмешательство требуется у клиентов с уровнем HbA1c более 7,0%. HbA1c является рекомендуемым диагностическим тестом на сахарный диабет и может также информировать о соответствующем текущем лечении пациента с СД [14].

Определение гликированного гемоглобина может служить прогностическим фактором в оценке осложнений сахарного диабета [15]. Проведенный метаанализ семи исследований, в которых оценивали вариабельность HbA1c среди пациентов с диабетом 1-го типа, показал связь HbA1c с заболеванием почек (коэффициент риска 1,56 [95% ДИ 1,08–2,25], сердечно-сосудистыми событиями (1,98 [1,39–2,82]) и ретинопатией (2,11 [1,54–2,89]). Тринадцать исследований оценивали вариабельность HbA1c среди пациентов с диабетом 2-го типа. Более высокая вариабельность HbA1c была связана с более высоким риском заболевания почек (1,34 [1,15–1,57], два исследования), макрососудистых событий (1,21 [1,06–1,38]), язвы/гангрены (1,50 [1,06–2,12]), сердечно-сосудистых заболеваний (1,27 [1,15–1,40]) и общей смертности (1,34 [1,18–1,53]).

Таким образом, гликированный гемоглобин является важным диагностическим и прогностическим критерием, напрямую связанным с колебаниями уровня глюкозы крови. Поскольку проведение мониторингового контроля HbA1c не представляется возможным и целесообразным из-за длительного времени жизни эритроцита, более рациональным является внедрение адекватных методов контроля и самоконтроля уровня глюкозы, позволяющих прогнозировать течение заболевания у конкретного пациента в условиях реальной клинической практики.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ КРОВИ

Анализ венозной (плазменной) крови

Венозная кровь собирается путем венепункции, а образец обрабатывается в клинической лаборатории. Полученные результаты более точны, чем при капиллярном анализе глюкозы, в случае проведения исследования в сертифицированной лаборатории. Однако эта процедура достаточно болезненная и не пригодна для частого сбора образцов [16].

Непрерывный мониторинг уровня глюкозы (НМГ)

Непрерывный мониторинг уровня глюкозы в интерстициальной жидкости подразумевает наложение водостойкого одноразового датчика на заднюю часть плеча

или живот, который может оставаться на пациенте от 3 до 14 дней в зависимости от фирмы-производителя. Сканирование датчика с помощью специального считывателя позволяет оценить текущий уровень глюкозы в интерстициальной жидкости и тенденции за предыдущие восемь часов. Прибор сохраняет информацию об уровне глюкозы в течение 3 мес. Данные с устройства непрерывного мониторинга глюкозы можно передавать семье, врачам и поставщикам медицинских услуг через приложение для смартфона; эти устройства часто способны отправлять сигналы тревоги или предупреждающие сообщения, в т. ч. во время эпизодов гипогликемии. Некоторые аппараты непрерывного мониторинга глюкозы совместимы с устройствами для подачи инсулина и могут останавливать подачу инсулина, если аппарат распознает падение уровня глюкозы в крови.

У пациентов с сахарным диабетом 1-го типа и пациентов с сахарным диабетом 2-го типа, которым требуется интенсивная инсулиноterapia или сульфонилмочевина, было показано, что НМГ является экономически эффективным по сравнению с самостоятельным контролем уровня глюкозы с помощью глюкометра. Измерения уровня интерстициальной глюкозы регистрируются каждые 5 мин каждый час, что определяет преимущество мониторинга для выявления гипогликемии во время сна [17].

На первый взгляд, этот метод можно считать оптимальным, особенно учитывая возможность контроля во сне. Однако высокая стоимость датчиков и приборов представляет его экономически необоснованным для массового использования, особенно в тех случаях, когда отсутствует дополнительное субсидирование государством или страховыми компаниями [18].

Но самое главное, что глюкоза присутствует в крови до того, как она будет обнаружена в интерстициальной жидкости, поэтому только мониторинг интерстициальной жидкости не всегда может быть надежным индикатором быстро меняющегося уровня глюкозы в крови [19, 20].

В связи с этим самоконтроль уровня глюкозы в крови с помощью глюкометра следует считать оптимальным для большинства пациентов как с медицинской, так и экономической точки зрения.

Самоконтроль уровня глюкозы крови (СКГК)

Самоконтроль уровня глюкозы в крови (СКГК) доступен пациентам с диабетом более 30 лет. В настоящее время этот метод является важным компонентом управления диабетом, помогая пациентам достигать и поддерживать нормальные концентрации глюкозы в крови.

Для того чтобы его внедрение в качестве эффективного инструмента контроля гликемии было успешным, необходимо, чтобы приборы имели приемлемое аналитическое качество, а пациенты были обучены их использованию [21].

Для самоконтроля уровня глюкозы крови рекомендуется применять глюкометры, предназначенные для индивидуального использования, соответствующие ГОСТ Р ИСО 15197-2015 по аналитической и клинической точности. При уровне глюкозы плазмы < 5,6 ммоль/л 95% измерений должны отклоняться от эталонного анализатора

не более чем на $\pm 0,8$ ммоль/л, при уровне глюкозы плазмы $\geq 5,6$ ммоль/л 95% измерений должны отклоняться от эталонного анализатора не более чем на $\pm 15\%$.

Самоконтроль уровня глюкозы крови требует прежде всего адекватной подготовки пациента. В проведенном М.Н.В. Baptista et al. [22] экспериментальном исследовании было показано, что после участия больных в образовательной программы отмечается улучшение по таким показателям, как «последедицинные значения уровня глюкозы в крови» ($p = 0,0039$), «интерпретация результатов уровня глюкозы в капиллярной крови с учетом приема пищи и медикаментов» ($p = 0,0156$), «распознавание симптома «слабости» при гипергликемии» ($p = 0,0386$) и «правильное применение медикаментов» для профилактики гипергликемии ($p = 0,0063$).

При осуществлении процедуры особое внимание следует обратить на ее безопасность, заключающуюся в профилактике распространения инфекции в ходе забора крови. Широкое внедрение самоконтроля, когда соблюдается принцип «один пациент – один глюкометр», позволяет избежать инфекционного процесса. При этом индивидуальными глюкометрами желательно пользоваться даже при госпитализации в стационар¹.

Образец крови обычно берется из кончика пальца. Возможность взятия образца крови из альтернативных мест требует уточнения у производителя глюкометра. Оборудование, используемое для измерения уровня глюкозы в капиллярной крови, включает устройство для прокалывания кожи с ланцетом, глюкометр и тест-полоски. Современные глюкометры требуют очень маленького образца крови (от 0,3 до 1 мкл), результаты видны через короткое время на экране глюкометра, процедура менее болезненна, чем венепункция.

На ряде устройств, в частности системе Contour®Plus ONE (Контур Плюс Уан), в течение 60 сек можно дополнительно нанести кровь на тест-полоску, если первой капли было недостаточно. Система Контур Плюс Уан автоматически передает результаты измерений в облачное хранилище через Bluetooth, синхронизируя данные с сопряженным приложением на смартфоне. Приложение регистрирует и анализирует данные, выявляя тенденции в измерениях уровня глюкозы. Подобная синхронизация данных со смартфоном позволяет осуществить ведение электронного дневника, обеспечивает возможность добавлять к результатам измерения информацию о лекарственных препаратах (прежде всего, инсулин), физической активности, диете. Кроме того, возможно внесение иных примечаний, голосовых сообщений и фотографий. Глюкометры последнего поколения Контур Плюс Уан имеют функцию «Умная подсветка», которая показывает красным цветом критически низкое значение результата измерения уровня глюкозы в крови, и предлагают варианты последующих действий, которые необходимо предпринять после получения подобных результатов. После синхронизации критически низкого значения уровня глюкозы в крови приложение дает инструкции о том, как поднять

уровень глюкозы в крови, и предлагает пациенту возможность автоматически запустить 15-минутный таймер для напоминания о повторном тестировании. Если показатели все еще критически низкие, приложение предложит позвонить по телефону из списка экстренных контактов.

При использовании глюкометра Контур Плюс Уан отмечается точность измерений при более жестком диапазоне отклонений, чем требуют современные стандарты точности ГОСТа², с 95% результатов в пределах $\pm 0,52$ ммоль/л или $\pm 9,4\%$; 99,8% результатов глюкометра Контур Плюс Уан попадают в зону А консенсусной сетки ошибок [23, 24].

Исследования последних лет показали необходимость агрессивной медикаментозной терапии у пациентов с сахарным диабетом 1-го типа для профилактики осложнений. В группе первичных пациентов интенсивная терапия снизила риск развития ретинопатии на 76% по сравнению с традиционным лечением. В группе пациентов, которым была изменена стратегия лечения, интенсивная терапия замедлила прогрессирование ретинопатии на 54% и снизила развитие пролиферативной или тяжелой непролиферативной ретинопатии на 47%. В обеих группах интенсивная терапия снизила частоту микроальбуминурии (экскреции альбумина с мочой ≥ 40 мг/сут) на 39%, альбуминурии (экскреции альбумина с мочой ≥ 300 мг/сут) – на 54% и клинической нейропатии – на 60%. Таким образом, показано, что агрессивная терапия эффективно замедляет прогрессирование диабетической ретинопатии, нефропатии и нейропатии [25]. Основным нежелательным явлением, связанным с интенсивной терапией, было двукратное или трехкратное увеличение частоты тяжелой гипогликемии. Однако подобное нежелательное явление может быть предотвращено при адекватном самоконтроле гликемии пациентами.

Самоконтроль уровня гликемии у пациентов с диабетом 1-го типа (3 или более раз в день) и фармакологически леченным диабетом 2-го типа (как минимум ежедневно) был связан с достоверно более низким уровнем HbA1c (на 1,0 процентный пункт ниже при диабете 1-го типа и на 0,6 пункта ниже при диабете 2-го типа), чем при менее частом контроле ($P < 0,0001$). Хотя конкретных рекомендаций для пациентов с СД 2-го типа без фармакологического лечения нет, у тех, кто практиковал самоконтроль (с любой частотой), уровень HbA1c был на 0,4 пункта ниже, чем у тех, кто не практиковал его вообще ($P < 0,0001$) [26].

При сахарном диабете 1-го типа рекомендуется проведение самоконтроля гликемии не менее 4 раз в сутки с помощью глюкометра: перед едой, через 2 ч после еды, на ночь, периодически ночью всем пациентам с СД 1 со своевременной коррекцией доз инсулина в целях достижения целевого уровня гликемического контроля и профилактики или замедления прогрессирования осложнений СД. Рекомендуется дополнительное исследование гликемии перед физическими нагрузками и после них,

¹ World Health Organization. WHO injection safety. Fact sheet No. 231. Revised May 2016. Geneva, 2016.

² ГОСТ Р ИСО 15197-2015. Тест-системы для диагностики *in vitro*. Требования к системам мониторинга глюкозы в крови для самоконтроля при лечении сахарного диабета. Режим доступа: <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=200122>.

при подозрении на гипогликемию, а также если предстоят какие-то действия, потенциально опасные для пациента и окружающих (например, вождение транспортного средства или управление сложными механизмами). Увеличение частоты самоконтроля может улучшить показатели гликемии, а снижение частоты самоконтроля ведет к ухудшению показателей гликемии.

Использование самоконтроля уровня глюкозы в крови при диабете 2-го типа пациентами, не получающими инсулин, является предметом дискуссий. В качестве примера можно привести метаанализ, включающий 8 рандомизированных клинических исследований (РКИ) у таких пациентов, с длительностью наблюдения свыше 24 нед. и HbA1c в качестве основного конечного результата. Было обследовано две группы с самоконтролем гликемии (1 277 человек) и без таковой (1 072 человека). Результаты показали, что при проведении самоконтроля гликемии уровень HbA1c достоверно снижается на 0,17%. Снижение HbA1c было более выраженным в РКИ ($n = 3$), в которых данные мониторинга глюкозы использовались для коррекции фармакологической терапии (снижение HbA1c на 0,3%), чем в РКИ ($n = 6$), где мониторинг не использовался для этой цели (снижение HbA1c на 0,1%). В исследованиях, сравнивающих структурированный и неструктурированный СМГК (757 и 750 пациентов соответственно), где данные структурированного СМГК также использовались для корректировки диабетических препаратов, разница в HbA1c между группами в конце исследования составила 0,27% [27].

Частота самоконтроля гликемии при сахарном диабете 2-го типа зависит от степени достижения целевых уровней гликемического контроля и вида сахароснижающей терапии.

В дебюте заболевания и при недостижении целевых уровней гликемического контроля – не менее 4 раз в сутки (перед едой, через 2 ч после еды, перед сном, периодически ночью).

При достижении целевых уровней гликемического контроля, в зависимости от вида сахароснижающей терапии, частота исследований глюкозы в крови изменяется:

- на интенсифицированной инсулинотерапии: не менее 4 раз в сутки (перед едой, через 2 ч после еды, на ночь, периодически ночью); дополнительно перед физическими нагрузками и после них, при подозрении на гипогликемию, а также если предстоят какие-то действия, потенциально опасные для пациента и окружающих (например, вождение транспортного средства или управление сложными механизмами);

- на пероральной сахароснижающей терапии и/или арГПП-1 и/или базальном инсулине: не менее 1 раза в сутки в разное время + 1 гликемический профиль (не менее 4 раз в сутки) в неделю; возможно уменьшение частоты самоконтроля гликемии при использовании только препаратов с низким риском гипогликемии;

- на готовых смесях инсулина: не менее 2 раз в сутки в разное время + 1 гликемический профиль (не менее 4 раз в сутки) в неделю;

- на диетотерапии: не менее 1 раза в неделю в разное время суток.

Клиническое значение

Чрезмерно высокий или очень низкий уровень глюкозы в крови может нарушить клеточную метаболическую функцию и оказаться даже смертельным в случае отсутствия адекватного контроля и лечения.

Возможные причины гипергликемического состояния

- Неадекватная инсулинотерапия у пациентов с сахарным диабетом 1-го типа.

- Стрессовые ситуации, в т. ч. острые состояния: инфаркт миокарда, инсульт, острая хирургическая патология, вирусные инфекции [28].

- Феномен рассвета – гормональный всплеск между 4 и 5 ч утра, который вызывает резкий скачок уровня глюкозы в крови [29].

- Симптомы гипергликемии включают полиурию (увеличенное и частое мочеиспускание), полидипсию (повышенную жажду), нечеткость зрения, головную боль, утомляемость и глюкозурию. Острые симптомы гипергликемии обычно не наблюдаются при уровнях ниже 14 ммоль/л.

Эпизоды гипергликемии в течение длительного периода могут привести либо к диабетическому кетоацидозу, либо к гипергликемическому гиперосмолярному состоянию. Нелеченая гипергликемия может привести к тому, что у пациента возникнет кетоацидоз, при котором жирные кислоты будут использоваться для глюконеогенеза для производства энергии, необходимой для клеточной функции. Симптомы диабетического кетоацидоза могут включать фруктовое дыхание, кетонурию, тахипноэ, тахикардию, одышку, тошноту, рвоту, изменение мышления и кому. Нелеченая гипергликемия может также привести к гипергликемическому гиперосмолярному состоянию. Это редкое состояние, которое чаще всего наблюдается у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа. Глубокая гипергликемия может привести к значительной глюкозурии; поскольку глюкоза гидрофильна, почки вырабатывают чрезвычайно большие объемы мочи, что приводит к опасному для жизни обезвоживанию и потенциальной коме. Как диабетический кетоацидоз, так и гиперосмолярное состояние требует неотложного лечения для снижения повышенного уровня глюкозы в крови с помощью инсулинотерапии.

ГИПОГЛИКЕМИЯ

Причинами гипогликемии являются передозировка инсулина, недостаточное потребление углеводов по отношению к использованию инсулина и дисбаланс между введением инсулина, потреблением углеводов и физическими упражнениями.

Пациенты с гипогликемией могут жаловаться на потливость, тахикардию, нечеткость зрения, головокружение, неуклюжесть или судорожную активность. Часто пациенты не распознают начало симптомов гипогликемии, что может подвергнуть их высокому риску получения травм при выполнении обычных действий, таких как вождение автомобиля или сон.

Неотложное лечение для восстановления нормального уровня глюкозы в крови является обязательным,

поскольку некоторые органы, такие как мозг, не хранят глюкозу и нуждаются в постоянном поступлении глюкозы в кровь. Антидиабетическая терапия требует повторной оценки, когда уровень глюкозы падает ниже 5,6 ммоль/л, и изменение антидиабетического лечения необходимо, если уровень глюкозы ниже 3,9 ммоль/л [30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Самоконтроль уровня глюкозы в капиллярной крови с помощью глюкометров последнего поколения следует считать оптимальным для надлежащего гликемического

контроля у пациентов с сахарным диабетом в амбулаторных условиях и при коррекции терапии у стационарных пациентов. Преимуществами обладают современные системы контроля гликемии с дополнительными функциями передачи данных, возможностью сохранения в облачном хранилище данных за длительный срок наблюдения, проведением статистического анализа с предоставлением отчета и выявлением тенденций гликемии.



Поступила / Received 03.07.2025

Поступила после рецензирования / Revised 14.08.2025

Принята в печать / Accepted 14.08.2025

Список литературы / References

- Magliano DJ, Boyko EJ. *IDF Diabetes Atlas*. 10th ed. Brussels: International Diabetes Federation; 2021.
- Дедов ИИ, Шестакова МВ, Викулова ОК, Железнякова АВ, Исаков МА, Сазонова ДВ, Мокрышева НГ. Сахарный диабет в Российской Федерации: динамика эпидемиологических показателей по данным Федерального регистра сахарного диабета за период 2010–2022 гг. *Сахарный диабет*. 2023;26(2):104–123. <https://doi.org/10.14341/DM13035>.
- Dedov II, Shestakova MV, Vikulova OK, Zheleznyakova AV, Isakov MA, Sazonova DV, Mokrysheva NG. Diabetes mellitus in the Russian Federation: dynamics of epidemiological indicators according to the Federal Register of Diabetes Mellitus for the period 2010–2022. *Diabetes Mellitus*. 2023;26(2):104–123. (In Russ.) <https://doi.org/10.14341/DM13035>.
- Sarwar N, Gao P, Seshasai SR, Gobin R, Kaptoge S, Angelantonio ED et al. Diabetes mellitus, fasting blood glucose concentration, and risk of vascular disease: a collaborative meta-analysis of 102 prospective studies. *Lancet*. 2010;375(9733):2215–2222. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60484-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60484-9).
- Lachin JM, Genuth S, Cleary P, Davis MD, Nathan DM. Retinopathy and nephropathy in patients with type 1 diabetes four years after a trial of intensive therapy. *N Engl J Med*. 2000;342(6):381–389. <https://doi.org/10.1056/NEJM200002103420603>.
- Chen L, Tuo B, Dong H. Regulation of Intestinal Glucose Absorption by Ion Channels and Transporters. *Nutrients*. 2016;8(1):43. <https://doi.org/10.3390/nu8010043>.
- Navale AM, Paranjape AN. Glucose transporters: physiological and pathological roles. *Biophys Rev*. 2016;8(1):5–9. <https://doi.org/10.1007/s12551-015-0186-2>.
- Burhans MS, Hagman DK, Kuzman JN, Schmidt KA, Kratz M. Contribution of Adipose Tissue Inflammation to the Development of Type 2 Diabetes Mellitus. *Compr Physiol*. 2018;9(1):1–58. <https://doi.org/10.1002/cphy.c170040>.
- Röder PV, Wu B, Liu Y, Han W. Pancreatic regulation of glucose homeostasis. *Exp Pol Med*. 2016;48(3):e219. <https://doi.org/10.1038/emm.2016.6>.
- Fujii M, Murakami Y, Karasawa Y, Sumitomo Y, Fujita S, Koyama M et al. Logical design of oral glucose ingestion pattern minimizing blood glucose in humans. *NPJ Syst Biol Appl*. 2019;5:31. <https://doi.org/10.1038/s41540-019-0108>.
- Дедов ИИ, Шестакова МВ, Майоров АО, Шамхалова МШ, Никонова ТВ, Сухарева ОЮ и др. *Сахарный диабет 1-го типа у взрослых: клинические рекомендации*. М.; 2022. 183 с. Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/286_2.
- Дедов ИИ, Шестакова МВ, Майоров АО, Шамхалова МШ, Сухарева ОЮ, Галстян ГР и др. *Сахарный диабет 2-го типа у взрослых: клинические рекомендации*. М.; 2022. 251 с. Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/290_2.
- Rehni AK, Dave KR. Impact of Hypoglycemia on Brain Metabolism During Diabetes. *Mol Neurobiol*. 2018;55(12):9075–9088. <https://doi.org/10.1007/s12035-018-1044-6>.
- Chao G, Zhu Y, Chen L. Role and Risk Factors of Glycosylated Hemoglobin Levels in Early Disease Screening. *J Diabetes Res*. 2021;2021:6626587. <https://doi.org/10.1155/2021/6626587>.
- Sherwani SI, Khan HA, Ekzhaimy A, Masood A, Sakharikar MK. Significance of HbA1c Test in Diagnosis and Prognosis of Diabetic Patients. *Biomark Insights*. 2016;11:95–104. <https://doi.org/10.4137/BMI.S38440>.
- Gorst C, Kwok CS, Aslam S, Buchan I, Kontopantelis E, Myint PK et al. Long-term Glycemic Variability and Risk of Adverse Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Diabetes Care*. 2015;38(12):2354–2369. <https://doi.org/10.2337/dc15-1188>.
- Wei H, Lan F, He Q, Zhang F, Qin X, Shan L. A Comparison Study Between Point-of-Care Testing Systems and Central Laboratory for Determining Blood Glucose in Venous Blood. *J Clin Lab Anal*. 2017;31(3):e22051. <https://doi.org/10.1002/jcla.22051>.
- Hellmund R, Weitgasser R, Blissett D. Cost Calculation for a Flash Glucose Monitoring System for Adults with Type 2 Diabetes Mellitus Using Intensive Insulin – a UK Perspective. *Eur Endocrinol*. 2018;14(2):86–92. <https://doi.org/10.17925/EE.2018.14.2.86>.
- Bilir SP, Hellmund R, Wehler B, Li H, Munakata J, Lamotte M. Cost-effectiveness Analysis of a Flash Glucose Monitoring System for Patients with Type 1 Diabetes Receiving Intensive Insulin Treatment in Sweden. *Eur Endocrinol*. 2018;14(2):73–79. <https://doi.org/10.17925/EE.2018.14.2.73>.
- Beck RW, Riddlesworth T, Ruedy K, Ahmann A, Bergenstal R, Hailer S 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;317(4):371–378. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.19975>.
- Battelino T, Danne T, Bergenstal RM, Amiel SA, Beck R, Biester T et al. Clinical Targets for Continuous Glucose Monitoring Data Interpretation: Recommendations From the International Consensus on Time in Range. *Diabetes Care*. 2019;42(8):1593–1603. <https://doi.org/10.2337/dci19-0028>.
- Kristensen GB, Sandberg S. Self-monitoring of blood glucose with a focus on analytical quality: an overview. *Clin Chem Lab Med*. 2010;48(7):963–972. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2010>.
- Baptista MHB, Dourado FC, Gomides DDS, Teixeira CRS, Freitas MCF, Pace AE. Education in Diabetes Mellitus for blood glucose self-monitoring: a quasi-experimental study. *Rev Bras Enferm*. 2019;72(6):1601–1608. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0731>.
- Bailey TS, Wallace JF, Pardo S, Warchal-Windham ME, Harrison B, Morin R et al. Accuracy and User Performance Evaluation of a New, Wireless-enabled Blood Glucose Monitoring System That Links to a Smart Mobile Device. *J Diabetes Sci Technol*. 2017;11(4):736–743. <https://doi.org/10.1177/1932296816680829>.
- Freckmann G, Jendrike N, Baumstark A, Pleus S, Liebing C, Haug C. User Performance Evaluation of Four Blood Glucose Monitoring Systems Applying ISO 15197:2013 Accuracy Criteria and Calculation of Insulin Dosing Errors. *Diabetes Ther*. 2018;9(2):683–697. <https://doi.org/10.1007/s13300-018-0392-6>.
- Nathan DM, Genuth S, Lachin J, Cleary P, Crofford O, Davis M et al. The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med*. 1993;329(14):977–986. <https://doi.org/10.1056/NEJM199309303291401>.
- Karter AJ, Ackerson LM, Darbinian JA, D'Agostino Jr RB, Ferrara A, Liu J, Selby JV. Self-monitoring of blood glucose levels and glycemic control: the Northern California Kaiser Permanente Diabetes registry. *Am J Med*. 2001;111(1):1–9. [https://doi.org/10.1016/S0002-9343\(01\)00742](https://doi.org/10.1016/S0002-9343(01)00742).
- Mannucci E, Antenore A, Giorgino F, Scavini M. Effects of Structured Versus Unstructured Self-Monitoring of Blood Glucose on Glucose Control in Patients With Non-insulin-treated Type 2 Diabetes: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Diabetes Sci Technol*. 2018;12(1):183–189. <https://doi.org/10.1177/1932296817719290>.
- Marik PE, Bellomo R. Stress hyperglycemia: an essential survival response! *Crit Care*. 2013;17(2):305. <https://doi.org/10.1186/cc12514>.
- Rybicka M, Krysiak R, Okopień B. The dawn phenomenon and the Somogyi effect – two phenomena of morning hyperglycaemia. *Endokrynol Pol*. 2011;62(3):276–284. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21717414>.
- Korytkowski MT, Muniyappa R, Antinori-Lent K, Donihi AC, Drincic AT, Hirsch IB et al. Management of hyperglycemia in hospitalized adult patients in non-critical care setting: an endocrine society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab*. 2022;107(8):2101–2128. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgac278>.

Вклад авторов:*Концепция статьи* – Р.И. Сайфутдинов*Концепция и дизайн исследования* – Р.И. Сайфутдинов*Написание текста* – Р.И. Сайфутдинов*Сбор и обработка материала* – Р.И. Сайфутдинов*Обзор литературы* – Р.И. Сайфутдинов, К.А. Нагорнова*Анализ материала* – Р.И. Сайфутдинов, О.В. Бугрова*Редактирование* – Р.И. Сайфутдинов, О.В. Бугрова*Утверждение окончательного варианта статьи* – Р.И. Сайфутдинов**Contribution of authors:***Concept of the article* – Rustam I. Saifutdinov*Study concept and design* – Rustam I. Saifutdinov*Text development* – Rustam I. Saifutdinov*Collection and processing of material* – Rustam I. Saifutdinov*Literature review* – Rustam I. Saifutdinov, Kseniia A. Nagornova*Material analysis* – Rustam I. Saifutdinov, Olga V. Bugrova*Editing* – Rustam I. Saifutdinov, Olga V. Bugrova*Approval of the final version of the article* – Rustam I. Saifutdinov**Информация об авторах:****Сайфутдинов Рустам Ильхамович**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой факультетской терапии и эндокринологии, Оренбургский государственный медицинский университет; 460014, Россия, Оренбург, ул. Советская, д. 6; uralcad007@mail.ru**Бугрова Ольга Викторовна**, д.м.н., профессор, профессор кафедры факультетской терапии и эндокринологии, Оренбургский государственный медицинский университет; 460014, Россия, Оренбург, ул. Советская, д. 6; ov.bugrova@yandex.ru**Нагорнова Ксения Александровна**, к.м.н., доцент кафедры внутренних болезней, нефрологии, общей и клинической фармакологии с курсом фармазии, Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова; 195067, Россия, Санкт-Петербург, Пискаревский проспект, д. 47; kseniia.nagornova@yandex.ru**Information about the authors:****Rustam I. Saifutdinov**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Faculty Therapy and Endocrinology Department, Orenburg State Medical University; 6, Sovetskaya St., Orenburg, 460014, Russia; uralcad007@mail.ru**Olga V. Bugrova**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Professor of the Faculty Therapy and Endocrinology Department, Orenburg State Medical University; 6, Sovetskaya St., Orenburg, 460014, Russia; ov.bugrova@yandex.ru**Kseniia A. Nagornova**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Associate Professor of the Departments of Internal Medicine, Nephrology, General and Clinical Pharmacology with a Pharmacy Course, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; 47, Piskarevsky Ave., St Petersburg, 195067, Russia; kseniia.nagornova@yandex.ru