

Пациент и глюкометр: как можно улучшить самоконтроль гликемии?

Ю.А. Кононова¹, <https://orcid.org/0000-0002-6531-767X>, yukonon@mail.ru

А.Ю. Бабенко^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0002-0559-697X>, alina_babenko@mail.ru

В.Б. Бреговский², <https://orcid.org/0000-0002-5285-8303>, dfoot.tdc@gmail.com

¹ Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова; 197341, Россия, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2

² Городской консультативно-диагностический центр №1; 1194354, Россия, Санкт-Петербург, ул. Сикейроса, д. 10д

Резюме

Данный обзор посвящен описанию проблем, с которыми сталкиваются пациенты с сахарным диабетом (СД) при самоконтроле гликемии, и вариантам их решения. Представлен обзор факторов, влияющих на приобретение и выбор глюкометра, на использование мобильных приложений для контроля СД, на приверженность самоконтролю СД. Описаны такие факторы, влияющие на выбор глюкометра, как точность, объем образца крови и аспекты, от которых они зависят. Представлены исследования, изучавшие такую опцию, как настройка индивидуального целевого диапазона гликемии, ее преимущество для улучшения показателей углеводного обмена. Рассмотрены факторы, определяющие эффективность и приверженность лечению при использовании мобильных приложений для контроля СД (функция напоминаний в мобильных приложениях). В статье даны некоторые наиболее важные для пациентов характеристики системы для измерения уровня глюкозы крови Contour®Plus ONE (Контур Плюс Уан), которая состоит из глюкометра Contour®Plus ONE (Контур Плюс Уан), тест-полосок Contour®Plus (Контур Плюс), приложения Contour™Diabetes (Контур Диабитис), облака Contour™Cloud (Контур). Описаны нюансы использования глюкометра и приложения, которые позволяют сделать их применение для самоконтроля уровня глюкозы максимально комфортным и эффективным для врача и пациента. Обозначены психологические факторы, влияющие на приверженность самоконтролю гликемии. Кроме того, в статье представлено краткое описание современного состояния проблемы неинвазивной глюкометрии и перечислены некоторые разработки последних лет. Среди представленных последних разработок – устройства на основе электрохимических методов (гибкие сенсоры, измеряющие уровень глюкозы в поте на поверхности кожи, в слюне, в слезе), а также устройства, измеряющие уровень глюкозы крови в сосудах с помощью оптических, электромагнитных и микроволновых методов.

Ключевые слова: глюкометр, тест-полоски, сахарный диабет, самоконтроль уровня глюкозы крови, гликемия, глюкоза крови, выбор глюкометра, приложение, приверженность

Для цитирования: Кононова ЮА, Бабенко АЮ, Бреговский ВБ. Пациент и глюкометр: как можно улучшить самоконтроль гликемии? *Медицинский совет.* 2024;18(13):130–137. <https://doi.org/10.21518/ms2024-259>.

Конфликт интересов: Статья подготовлена при поддержке компании «Асцензия Диабетическая продукция». Это никак не повлияло на мнение авторов.

Patient and glucometer: how can glucose self-monitoring be improved?

Yulia A. Kononova¹, <https://orcid.org/0000-0002-6531-767X>, yukonon@mail.ru

Alina Yu. Babenko^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0002-0559-697X>, alina_babenko@mail.ru

Vadim B. Bregovskiy², <https://orcid.org/0000-0002-5285-8303>, dfoot.tdc@gmail.com

¹ Almazov National Medical Research Center; 2, Akkuratov St., St Petersburg, 197341, Russia

² City Consulting and Diagnostic Center No. 1; 10d, Siqueiros St., St Petersburg, 1194354, Russia

Abstract

This review describes the challenges faced by patients with diabetes in self-monitoring of glycemia and their solutions. An overview of factors influencing the purchase and selection of a glucometer, the use of mobile applications for diabetes mellitus (DM) control, and adherence to DM self-monitoring is presented. Factors influencing glucometer choice such as accuracy, blood sample volume, and the aspects on which they depend are described. Studies investigating such an option as setting an individual glycemic target range and its advantage in improving carbohydrate metabolism are presented. The factors that determine effectiveness and adherence when using mobile apps for DM control, the function of reminders in mobile apps are considered. The article gives some of the most important features of the Contour®Plus ONE blood glucose measurement system for patients, which consists of the Contour®Plus ONE glucometer, Contour®Plus test strips, Contour™Diabetes app, Contour™Cloud. The nuances of glucometer use and applications that make their combination for self-monitoring of glucose levels as comfortable and effective as possible for the physician and the patient are described. The article identifies psychological factors influencing adherence to glycemic self-control. In addition, the article presents a brief description of the current state of the problem

of non-invasive glucometry and lists some developments in recent years. Among the presented recent developments are devices based on electrochemical methods (flexible sensors measuring glucose levels in sweat on the skin surface, in saliva, in tears), as well as devices measuring blood glucose levels in blood vessels using optical, electromagnetic and microwave methods.

Keywords: glucose meter, test strips, diabetes mellitus, self-monitoring of blood glucose, glycemia, blood glucose, glucose meter selection, application, commitment

For citation: Kononova YuA, Babenko AYu, Bregovskiy VB. Patient and glucometer: how can glucose self-monitoring be improved? *Meditsinskiy Sovet*. 2024;18(13):130–137. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2024-259>.

Conflict of interest: The article was prepared with the support of Ascenzia Diabetic Products company. This did not influence the opinion of the authors in any way.

ВВЕДЕНИЕ

Измерение уровня глюкозы – рутинная процедура, с которой ежедневно сталкиваются пациенты с сахарным диабетом (СД) [1]. Выбор наиболее подходящего глюкометра может оказаться непростой задачей для пациентов, учитывая широкий ассортимент приборов разных производителей. Исследование мотивации пациентов и факторов, влияющих на выбор глюкометра и на приверженность самоконтролю гликемии, является важным вопросом, который может позволить повысить качество выполнения пациентами рекомендаций по самостоятельному измерению уровня глюкозы крови и улучшить контроль СД [1]. Мы провели поиск опубликованных исследований, изучавших эту проблему.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОКУПКУ И ВЫБОР ГЛЮКОМЕТРА

Так, согласно одному из исследований, проведенному в 2021 г. в России, где дети и подростки с диагнозом СД 1-го типа самостоятельно или с помощью родителей отвечали на вопросы о выборе глюкометра в анкете, наиболее частыми факторами, которыми они руководствовались при выборе глюкометра, является точность (этот фактор в анкете выбрали 71,0% опрошенных) и размер капли (выбрали 44,9% опрошенных). Также частыми вариантами выбора в анкетах оказались такие характеристики, как объем памяти, размер глюкометра, наличие мобильного приложения, хотя и в меньшей степени, чем первые два признака. Подсветка, удобный прокалыватель, индикатор батарейки, возможность добора крови оказались наименее популярными вариантами ответа в этом исследовании [2].

По результатам одного из зарубежных исследований, проведенных на взрослых пациентах с СД 2-го типа с неудовлетворительным уровнем гликированного гемоглобина, после амбулаторного или стационарного лечения из 527 респондентов только чуть больше половины (54,08%) приобрели глюкометры. Факторами риска отказа пациента от покупки глюкометра были отсутствие инсулинотерапии и неосведомленность о необходимости самостоятельного контроля уровня глюкозы в крови [3].

Точность

Согласно российским клиническим рекомендациям индивидуальные глюкометры должны соответствовать 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 $\pm 15\%$. Девяносто девять процентов результатов должны быть в пределах зон А и В консенсусной сетки ошибок Паркса [1]. Точность глюкометра может быть особенно важна при низких уровнях глюкозы крови, где небольшие ошибки в измерениях могут оказать существенное влияние на исходы [4].

При измерении уровня глюкозы с помощью разных глюкометров имеется погрешность по сравнению с лабораторной оценкой [5, 6]. На точность глюкометров могут влиять разные параметры, например гипогликемия, уровень гемоглобина [6], гипоксемия, прием высоких доз витамина С [7], обезвоживание, ошибки при использовании глюкометра [8].

В исследовании, где сравнивалась точность 17 различных глюкометров девяти производителей, абсолютная величина относительной погрешности измерения (MARD – Mean absolute relative difference) варьировалась в широких пределах, составляя от 5,6 до 20,8%. Кроме того, в гипогликемическом диапазоне точность глюкометров была ниже, чем при нормогликемии. В этом исследовании в образцах с низким уровнем гемоглобина в крови точность большинства глюкометров статистически значимо не отличалась от точности в образцах с нормальным уровнем гемоглобина [6].

Еще одним фактором, влияющим на точность некоторых глюкометров, является гематокрит, причем погрешность наблюдается особенно при низких и высоких уровнях гематокрита. В исследовании [9] анализировались характеристики глюкометра с функцией коррекции гематокрита. По результатам в образцах крови с уровнем гематокрита от 28 до 50% глюкометр с функцией коррекции гематокрита продемонстрировал лучшие показатели точности, чем глюкометры без этой функции.

Кроме того, на точность измерения влияют ошибки при измерении уровня глюкозы, которые часто допускают пациенты [10], в т. ч. связанные с неправильным хранением тест-полосок, влиянием веществ на коже пациента, выбором места для забора крови. Эти факторы и правильные действия, которые помогут избежать неточных результатов измерений, представлены в *таблице*. Они взяты из статьи для пациентов, опубликованной на сайте одной из зарубежных клиник [8].

- **Таблица.** Факторы, влияющие на точность измерения глюкозы, связанные с действиями пациента
- **Table.** Factors that affect the blood glucose meter accuracy related to the patient's actions

Факторы, влияющие на точность	Решения
Проблемы с тест-полосками	Выбросить поврежденные или просроченные тест-полоски. Хранить полоски в закрытом контейнере, беречь их от влаги и сырости. Убедиться, что полоски предназначены для вашего конкретного глюкометра
Экстремальные температуры	Хранить глюкометр и тест-полоски при комнатной температуре
Алкоголь, грязь или другие вещества на вашей коже	Прежде чем прокалывать кожу, тщательно вымыть и высушить руки и место тестирования водой с мылом. Не использовать дезинфицирующее средство для рук перед тестированием. В случае использования спиртовых салфеток дать месту полностью высохнуть, прежде чем прокалывать его
Место забора крови	Если вы используете для тестирования место, отличное от кончика пальца, и считаете, что показания глюкометра неверны, нужно повторить тест, используя кровь из кончика пальца. Результаты, полученные из образцов крови из других мест, не так точны, как образцы из кончиков пальцев, когда уровень глюкозы в крови быстро повышается или снижается

Объем образца крови

По информации, представленной Американской диабетологической ассоциацией, необходимый размер образца капли крови глюкометров различных производителей составляет от 0,4 до 1,5 мкл¹. Этот параметр оказался важным при выборе глюкометра пациентами [2]. От этой характеристики отчасти зависит комфорт пациента при измерении уровня глюкозы, поскольку от необходимого объема крови зависит глубина прокола. Если крови требуется меньше, то процедура может быть менее болезненной.

Возможность добора крови

Некоторые глюкометры имеют функцию добора крови, что важно учитывать для правильного использования глюкометра: наносить дополнительное количество крови на тест-полоску можно только в том случае, если глюкометр имеет такую опцию. Если эта функция не предусмотрена, наносить дополнительное количество крови на тест-полоску не следует, т. к. это может повлиять на точность измерения [8]. Использование глюкометров с возможностью добора крови позволяет экономить тест-полоски.

Настройка индивидуального целевого диапазона гликемии

В настоящее время существуют глюкометры с настройкой индивидуального целевого диапазона гликемии [1]. Эта функция помогает пациентам интерпретировать результаты измерения уровня глюкозы и действовать в соответствии с ними. На первый взгляд, такое простое дополнение глюкометра, как цветное изображение диапазона гликемии, может существенно повысить качество самоконтроля уровня глюкозы. Так, по результатам одного из исследований, переход пациентов на использование глюкометра с индикатором цветового диапазона уровня гликемии привел к улучшению гликемического контроля по сравнению с использованием глюкометров без такого индикатора: после 12 нед. использования глюкометра с этой функцией у пациентов снизился уровень гликированного гемоглобина. Особенно выраженным эффект оказался у пациентов с СД 1-го типа [11]; в другом исследовании оценивался уровень удовлетворенности от

самоконтроля гликемии при использовании глюкометра с цветовым индикатором целевого диапазона у пациентов с СД 2-го типа – результаты исследования показали значимое улучшение по таким показателям, как доверие, эмоциональная нагрузка [12].

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Сегодня существует большое количество мобильных приложений, помогающих пациентам в контроле СД. Автоматическая передача данных с глюкометра в приложение на смартфоне может иметь преимущества по сравнению с самостоятельным ведением дневника или самостоятельным внесением результатов измерения в приложение на смартфоне.

Многие исследования показали преимущества использования мобильных приложений для контроля СД [13–16].

Эффективность и приверженность при использовании мобильных приложений

В исследовании, проведенном в России, оценивались показатели углеводного обмена при использовании глюкометра с мобильным приложением и без него. После 14 дней наблюдения были продемонстрированы преимущества использования глюкометра с мобильным приложением у пациентов с СД 1-го и 2-го типа [13].

Эффективность применения мобильных приложений для самоконтроля СД проводилась и в зарубежных исследованиях. В одном из них участники из группы, которые использовали мобильное приложение, показали статистически достоверное большее улучшение показателей углеводного обмена, чем в контрольной группе. Показатели удовлетворенности лечением и мотивации к соблюдению режима лечения увеличились в большей степени в группе вмешательства по сравнению с группой контроля. Влияние использования мобильного приложения на гликемический контроль было более значительным среди более молодых пациентов и при более высоком исходном уровне гликированного гемоглобина [14].

В другом исследовании [16] большинство пользователей приложений, страдающих СД 2-го типа, по результатам опроса ответили, что использование приложений могло им улучшить самоконтроль гликемии и здоровье.

¹ American Diabetes Association. Consumer Guide. Available at: <https://consumerguide.diabetes.org/collections/meters>.

Тот факт, что приложение было рекомендовано медицинскими работниками, повышал удовлетворенность пациентов от использования приложения. Интересно, что все пациенты, не использующие приложение, никогда не обсуждали эту концепцию с медицинскими работниками.

Факторами, способствующими использованию приложения (повышавшими приверженность к использованию), были визуальное представление тенденций, интуитивная навигация в приложении и удобство. Факторами, снижавшими приверженность к использованию приложений, были недостаток знаний и осведомленности участников о приложениях как инструментах улучшения медицинской помощи, непонимание последствий неконтролируемой гликемии, недостаточная технологическая грамотность или практические ограничения, такие как проблемы связи в сельской местности [16]. В другом исследовании проводился анализ обратной связи после использования пациентами одного из мобильных приложений для контроля СД, участникам исследования задавался вопрос, будут ли они использовать приложение ежедневно. В ответ большинство участников отказались или выразили неуверенность в том, что они будут это делать, ссылаясь на такие причины, как напряженный образ жизни и слишком часто повторяющиеся данные, которые нужно вводить. В опросе участники также выразили обеспокоенность по поводу того, подойдет ли приложение для пожилых пациентов, которые могут испытывать трудности при использовании новых технологий. Другие опасения включали риск нарушения конфиденциальности данных пациентов. Несмотря на эти опасения, участники заявили, что они хотели бы, чтобы члены их семей и друзья, в т. ч. пациенты с СД, и даже люди, не страдающие СД, использовали приложение для мониторинга уровня глюкозы [17].

Функция напоминаний

Использование напоминаний можно отнести к одному из способов улучшения приверженности пациентов. В англоязычной литературе для таких приемов иногда используется интересный термин “nudging”, что означает «мягкое подталкивание локтем с целью привлечения внимания; мягкое убеждение или поощрение»². В качестве таких методов «привлечения внимания» пациентов в исследованиях используются SMS-напоминания [18], напоминания в приложениях [16, 17]. Так, в систематическом обзоре исследований, изучавших способы улучшения приверженности пациентов с СД, было показано, что напоминания, наряду с использованием геймификации (применение игровых методик) [19]), продемонстрировали большую эффективность по сравнению с другими методами [17].

В другом исследовании у женщин с гестационным СД напоминания о необходимости проверки уровня глюкозы в крови в группе, где пациенткам давалась положительная обратная связь по уровню глюкозы, которую сообщали женщины, наблюдалось небольшое, статистически незначимое увеличение процента выполнения измерений уровня глюкозы от рекомендуемого количества (увеличение с 93 до 97%) [18].

Передача данных и проверка дневников

Наличие у современных глюкометров функции беспроводной передачи данных об уровне глюкозы крови в установленное на смартфон пациента приложение для использования в т. ч. при дистанционном наблюдении медицинским специалистом, родственником обозначено в российских клинических рекомендациях [1].

Проверка дневников пациента врачами имеет большое значение: есть данные о том, что осознание пациентами важности самоконтроля уровня глюкозы коррелировало с частотой, с которой врачи проверяли дневники пациентов [20].

СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ КРОВИ КОНТУР ПЛЮС УАН

Система включает глюкометр Контур Плюс Уан, тест-полоски Контур Плюс, приложение Контур Диабитис, облако Контур для хранения данных.

Точность

Глюкометр Контур Плюс Уан превосходит минимальные требования стандарта ISO 15197:2013. Точность продемонстрирована даже при более жестком диапазоне отклонений, чем требует ISO 15197:2013, с 95% результатов в пределах $\pm 0,52$ ммоль/л или $\pm 9,4\%$ (в сравнении с результатами YSI анализатора)³.

Объем образца крови и функция добора крови

Для глюкометра Контур Плюс Уан необходимый объем образца крови для измерения – 0,6 мкл. Тест-полоска разработана таким образом, что кровь легко втягивается в кончик. Технология Second-Chance® (Второй Шанс) позволяет дополнительно нанести кровь на ту же тест-полоску, если первого образца крови недостаточно. Время для дополнительного нанесения крови составляет 60 сек.⁴

Другие характеристики глюкометра, важные для пациентов [2]:

Глюкометр имеет компактные размеры – 97 мм (длина) x 28 мм (ширина) x 14,9 мм (высота), его масса составляет 36 г.

Память глюкометра позволяет сохранить 800 последних результатов измерения. Неограниченное количество показаний уровня глюкозы в крови напрямую синхронизируется с облаком Контур (Contour™ Cloud).

Срок службы батареек составляет примерно 1000 измерений (в течение 1 года эксплуатации средней интенсивности, по 3 измерения в день)⁵.

ПРИЛОЖЕНИЕ КОНТУР ДИАБИТИС

Глюкометр Контур Плюс Уан предназначен для использования с приложением Контур Диабитис, установленным на смартфоне или планшете. Приложение Контур Диабитис позволяет выполнить исходную настройку глюкометра; добавить примечания после теста, поясняющие полученные результаты (перечислить блюда,

² Cambridge Dictionary. Available at: <https://dictionary.cambridge.org/ru/словарь/английский/nudge>.

³ Контур Плюс Уан. Система для измерения уровня глюкозы в крови. Руководство пользователя. Режим доступа: https://www.meddom.ru/Contour_plus_one_instruction.pdf.

⁴ Там же.

⁵ Там же.

содержащие углеводы, отметить изменения в приеме лекарственных препаратов, добавить фото блюда, занести в дневник увеличение или уменьшение физической активности); установить напоминания о необходимости теста; просмотреть простые диаграммы результатов измерения за один день или другой период времени; поделиться отчетами; просмотреть результаты, полученные натошак, до еды, после еды, а также общие результаты в форме суточной диаграммы; изменить настройки глюкометра при необходимости. Приложение Контур Диабитис автоматически отображает результаты, позволяет сохранять в дневнике примечания, отображает результаты измерения и сравнивает их с целевыми значениями, выявляет тренды и предлагает полезные подсказки, помогающие контролировать диабет⁶.

Настройка индивидуальных целевых значений гликемии

Пациенту предлагаются диапазоны целевых значений (5 градаций: критически высокое значение, высокое значение после еды/общее, высокое значение до еды или натошак, низкое значение, критически низкое значение. Пациенту предлагаются пороговые значения для целевых и критических значений, но их можно изменить. Диапазон выше целевых значений обозначен желтым цветом, ниже целевых – красным, в пределах целевых значений – зеленым цветом. Цветовая подсветка отображается в приложении и соответствующим цветом подсвечивается порт глюкометра. В исходном состоянии подсветка в соответствии с диапазоном целевых значений на глюкометре включена. Если эта функция включена, порт для тест-полосок подсвечивается в соответствии с диапазоном целевых значений цветом, соответствующим результату измерения⁷.

Если при измерении уровня глюкозы глюкометром Контур Плюс Уан было получено значение, выходящее за пределы целевого диапазона гликемии, то после синхронизации с приложением Контур Диабитис приложение предлагает пациенту подсказки к действию, помогающие контролировать СД⁸.

Функция напоминаний

В приложении можно установить напоминание для следующих действий: прием препарата, запись данных в дневник, измерение уровня глюкозы. Напоминание о проверке уровня глюкозы можно поставить на определенное время или установить напоминание «после проверки уровня глюкозы перед приемом пищи». В последнем случае пациент может выбрать время, через которое приложение будет напоминать о необходимости проверки глюкозы: через 30 мин, час, 90 мин или 2 ч. При внесении показателей уровня глюкозы приложение предлагает установить напоминание для следующей проверки уровня глюкозы через 15 мин, 30 мин, 1 ч, 2 ч.

Передача данных и дневники

Результаты измерения глюкозы с глюкометра Контур Плюс Уан автоматически передаются на смартфон или планшет по беспроводной связи Bluetooth®. В дневнике в приложении хранятся результаты измерения уровня

глюкозы в крови и примечания, которые пациент внес к данным результатам. Отчеты из приложения можно отправить на электронную почту или распечатать. Функция отчетов предоставляет достоверную информацию, которая синхронизируется непосредственно из приложения.

ОБУЧЕНИЕ САМОКОНТРОЛЮ

Обучение пациентов, бесспорно, является важнейшей частью лечения СД [1]. Недостаток знаний пациента о самоконтроле уровня глюкозы может привести к отсутствию выполнения этой процедуры и ухудшению контроля СД [21]. В реальной клинической практике полноценное обучение не всегда возможно [3]. Дополнительные функции глюкометров, такие как настройка индивидуального целевого уровня гликемии с цветной подсветкой целевого диапазона, функции приложения, такие как напоминания, подсказки к действию, не могут заменить, но, на наш взгляд, могут значительно помочь обучению пациентов контролю СД.

Психологические факторы приверженности самоконтролю уровня глюкозы

Помимо выбора оптимального глюкометра, на успешный самоконтроль гликемии влияет и такой фактор, как взаимодействие врача и пациента. Доступность поддержки, оказываемой пациентам со стороны медицинского персонала, являлась одним из ключевых элементов успеха в достижении хорошего гликемического контроля [22]. Согласно рекомендациям Американской диабетологической ассоциации 2024 г., для поддержки самоконтроля диабета следует использовать определенные поведенческие стратегии, которые включают мотивационные беседы [23, 24], постановку целей и планирование действий [24–26], решение проблем [27], отслеживание или самоконтроль поведения с или без обратной связи со стороны медицинского работника [28].

Подробная статья, посвященная способам улучшения приверженности пациентов с СД самоконтролю гликемии, была опубликована Американской диабетологической ассоциацией в 2006 г. [29]. В ней описана модель взаимодействия с пациентом, ориентированная на пациента и признающая автономию больного как эффективный способ улучшения приверженности. Эта модель признает приоритет принятия решений пациентом. Согласно такому подходу, чтобы улучшить соблюдение рекомендаций или приверженность пациента с СД, следует сначала отказаться от концепции заставить пациента соблюдать или лучше соблюдать режим лечения [30]. Это требует признания ответственности пациентов за самоконтроль СД. Медицинским работникам предложено несколько конкретных стратегий, которые могут помочь пациентам изменить поведение: установление взаимопонимания, выражающее искренний интерес к пациентам; обоснование рекомендуемого лечения; поощрение пациентов выражать свои опасения и использование методов активного слушания, такие как открытые вопросы, разъяснения, рефлексивные утверждения и итоговые утверждения. Эффективные способы снижения сопротивления,

⁶ Контур™Плюс УАН. Система для измерения уровня глюкозы в крови. Руководство пользователя. Режим доступа: https://www.meddom.ru/Contour_plus_one_instruction.pdf.

⁷ Там же.

⁸ Там же.

с которыми могут столкнуться врачи, включают упор на личный выбор и на контроль пациента, переоценку готовности пациентов к изменениям. Иногда для снижения сопротивления врачу предлагается отступить и присоединиться к решениям пациента [29].

Предсказать лучшее соблюдение режима лечения могут такие представления пациента о здоровье, как осознание серьезности заболевания, понимание риска осложнений и эффективности последовательного лечения [29, 31]. Пациенты хорошо соблюдают режим лечения, когда схема лечения имеет для них смысл, когда она кажется эффективной, когда они уверены, что польза превышает затраты, когда они чувствуют, что имеют возможность добиться успеха при использовании предложенного режима лечения, и когда их окружение поддерживает поведение, связанное с режимом лечения [29]. Исследования показали важную роль семейных отношений в лечении СД: низкий уровень конфликтов, высокий уровень сплоченности, поддержки, связанной с заболеванием, со стороны супругов и других членов семьи, влияет на лучшее соблюдение режима [32]. Затруднять эффективность самоконтроля уровня глюкозы у пациента могут наличие депрессии, тревожности [28, 29].

ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ИНВАЗИВНЫМ ИЗМЕРЕНИЕМ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ

Было показано, что необходимость контроля уровня глюкозы сопряжена для пациентов с некоторыми неблагоприятными моментами. Так, в исследовании, изучавшем влияние самоконтроля уровня глюкозы на психическую сферу и качество жизни, было показано, что 46,0% пациентов с диабетом 1-го типа и 37,5% пациентов с диабетом 2-го типа сообщили о болезненности для них процедуры измерения уровня глюкозы. Эти пациенты показали значительно более высокие баллы по опроснику для оценки нарушений настроения, более низкие показатели качества жизни, связанного с терапией диабета, и более высокий уровень гликированного гемоглобина по сравнению с теми участниками, кто не сообщал о болезненности для них измерения глюкозы. При этом количество ежедневных измерений уровня глюкозы в обеих группах было сопоставимым. Кроме того, субъективное ощущение болезненности процедуры влияло на то, насколько важным пациенты считали контроль глюкозы: для пациентов, сообщавших о болезненности измерений, контроль глюкозы был значительно менее важным [20].

Пациенты с СД нередко проявляют интерес к возможности неинвазивной глюкометрии, чтобы избежать многократных проколов кожи для измерения глюкозы.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ НЕИНВАЗИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ГЛЮКОЗЫ

На сегодняшний день в российских и зарубежных клинических рекомендациях в качестве средств самоконтроля гликемии присутствует только измерение уровня глюкозы крови и исследование уровня глюкозы

в интерстициальной жидкости с помощью непрерывного мониторингирования уровня глюкозы. При оценке уровня глюкозы в интерстициальной жидкости с помощью систем непрерывного мониторингирования также требуется одновременное проведение контроля уровня глюкозы крови для оценки точности и/или калибровки данных мониторингирования и решения вопроса о коррекции лечения [1, 33, 34].

Однако идея неинвазивной глюкометрии, позволяющая избежать прокола кожи, является привлекательной для многих исследователей, и с конца XX в. предпринимаются усилия по разработке устройств мониторинга уровня глюкозы в крови, не требующие забора крови [35]. Основными препятствиями в этой области являются точность, удобство использования и возможность применения устройства в домашних условиях [36]. В настоящее время большинство неинвазивных методов мониторинга уровня глюкозы в крови основаны на количественном определении молекул глюкозы, которые проявляют различные характеристики в различных частотах электромагнитных волн. Хотя эти методы позволяют осуществлять количественное определение уровня глюкозы в реальном времени, они не обеспечивают такого же уровня точности, как традиционные электрохимические глюкометры [37].

Одним из направлений развития неинвазивной глюкометрии является определение уровня глюкозы в других биологических жидкостях, помимо крови (пот, слюна, слеза) [38–41]. Разрабатываются гибкие неинвазивные датчики, которые прикрепляются к коже и измеряют концентрацию глюкозы в поте электрохимическими методами [42, 43]. Недостатками этих сенсоров являются высокие требования к материалам и высокая стоимость [35]. Также в литературе представлена информация о разработках гибкого электрохимического биосенсора для одновременного обнаружения лактата и глюкозы в слюне [44, 45].

Для неинвазивной глюкометрии с помощью спектроскопии ближнего инфракрасного диапазона доступными являются области с богатыми кровеносными сосудами и тонкой кожей, слизистая оболочка рта, язык, пальцы. Недостатками таких датчиков является то, что они легко подвержены влиянию изменений окружающей среды (температура, влажность, давление), а также перекрывающиеся спектры, которые затрудняют точное извлечение информации о содержании глюкозы [35]. Одна из разработок для непрерывного мониторингирования уровня глюкозы крови на основе использования ближнего инфракрасного диапазона описана в исследовании C. Srichan et al. [45].

Неинвазивное определение уровня глюкозы в крови в сосудах эпидермальных тканей было выполнено с использованием системы электромагнитных датчиков. Такая система была разработана для непрерывного мониторингирования уровня глюкозы крови с поверхности кожи [46]. Недостатком системы является высокая стоимость [35].

На поверхности пальца определение уровня глюкозы описано с помощью микроволновой технологии. Однако этот тип датчика имеет низкую точность [47].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбор подходящего глюкометра и использование мобильных приложений для контроля гликемии является важной задачей для пациента. Система для измерения уровня глюкозы крови Контур Плюс Уан, включающая глюкометр Контур Плюс Уан, тест-полоски Контур Плюс, приложение Контур Диабитис и облако Контур, отвечает наиболее частым запросам пациентов и требованиям к глюкометрам, описанным в российских клинических рекомендациях. На приверженность самоконтролю пациентов с СД влияют многие аспекты, в т. ч. психологические факторы, включающие взаимодействие врача с пациентом. Улучшить приверженность пациента самоконтролю

СД можно с помощью выбора наиболее подходящей стратегии общения с пациентом. В будущем применение неинвазивных методов определения уровня глюкозы, вероятно, сможет помочь повысить удовлетворенность пациентов при глюкометрии и улучшить контроль СД, поэтому разработка неинвазивных методов, на наш взгляд, является многообещающим направлением. На сегодняшний день точность является одной из проблем неинвазивной глюкометрии, и измерение уровня глюкозы глюкометром остается основным рекомендуемым средством самоконтроля СД.



Поступила / Received 27.05.2024

Поступила после рецензирования / Revised 07.06.2024

Принята в печать / Accepted 11.06.2024

Список литературы / References

- Дедов ИИ, Шестакова МВ, Майоров АО. (ред.). *Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом*. М.; 2023. 234 с. Режим доступа: <https://webmed.irkutsk.ru/doc/pdf/algosd.pdf>.
- Витебская АВ, Красновидова АЕ, Римская АМ. Факторы, влияющие на выбор и использование глюкометров при сахарном диабете 1-го типа у детей и подростков. *Медицинский совет*. 2022;16(12):64–70. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-12-64-70>.
Vitebskaya AV, Krasnovidova AE, Rimskaya AM. Factors Affecting the Choice and Usage of Glucometers in Children and Adolescents with Type 1 Diabetes Mellitus. *Meditsinskiy Sovet*. 2022;16(12):64–70. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-12-64-70>.
- Pan BL, Pan YT, Gao ZH, Tung TH. Blood glucose meter buying behavior of diabetic patients: factors influencing purchase. *Front Public Health*. 2022;10:880088. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.880088>.
- Pardo S, Shaginian RM, Simmons DA. Accuracy beyond ISO: introducing a new method for distinguishing differences between blood glucose monitoring systems meeting ISO 15197:2013 accuracy requirements. *J Diabetes Sci Technol*. 2018;12(3):650–656. <https://doi.org/10.1177/1932296818762509>.
- Ogunbosi BO, Jarrett OO, Orimadegun AE, Ayoola OO, Osinusi K. Comparison of point-of-care glucometers and laboratory based glucose oxidase test in determining blood glucose levels. *Niger J Paediatr*. 2022;49(3):266–271. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36313981>.
- Ekhlaspour L, Mondesir D, Lautsch N, Balliro C, Hillard M, Magyar K et al. Comparative accuracy of 17 point-of-care glucose meters. *J Diabetes Sci Technol*. 2017;11(3):558–566. <https://doi.org/10.1177/1932296816672237>.
- Diabetes Technology: Standards of Medical Care in Diabetes-2022. *Diabetes Care*. 2022;45(1):97–112. <https://doi.org/10.2337/dc22-S007>.
- Castro MR. *Blood glucose monitors: what factors affect accuracy?* Mayo Clinic; 2023. Available at: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/diabetes/expert-answers/blood-glucose-monitors/faq-20057902>.
- Dunseath GJ, Bright D, Luzio SD. Comparative accuracy evaluation of a blood glucose meter with novel hematocrit correction technology, with three currently used commercially available blood glucose monitoring systems. *J Diabetes Sci Technol*. 2019;13(3):568–574. <https://doi.org/10.1177/1932296818821389>.
- Freckmann G, Baumstark A, Jendrike N, Rittmeyer D, Pleus S, Haug C. Accuracy evaluation of four blood glucose monitoring systems in the hands of intended users and trained personnel based on ISO 15197 requirements. *Diabetes Technol Ther*. 2017;19(4):246–254. <https://doi.org/10.1089/dia.2016.0341>.
- Grady M, Katz LB, Levy BL. Use of blood glucose meters featuring color range indicators improves glycemic control in patients with diabetes in comparison to blood glucose meters without color (ACCENTS Study). *J Diabetes Sci Technol*. 2018;12(6):1211–1219. <https://doi.org/10.1177/1932296818775755>.
- Al Hayek A, Alwin Robert A, Al Dawish M. Patient satisfaction and clinical efficacy of novel blood glucose meters featuring color range indicators in patients with type 2 diabetes: a prospective study. *Cureus*. 2020;12(10):e11195. <https://doi.org/10.7759/cureus.11195>.
- Черникова НА, Григорьева МА. Современные подходы к управлению гликемией у пациентов с сахарным диабетом. *РМЖ. Медицинское обозрение*. 2023;7(9):592–597. <https://doi.org/10.32364/2587-6821-2023-7-9-6>.
Chernikova NA, Grigorieva MA. Current approaches to glycemic management in patients with diabetes mellitus. *RMJ. Medical Review*. 2023;7(9):592–597. (In Russ.) <https://doi.org/10.32364/2587-6821-2023-7-9-6>.
- Yang Y, Lee EY, Kim HS, Lee SH, Yoon KH, Cho JH. Effect of a mobile phone-based glucose-monitoring and feedback system for type 2 diabetes management in multiple primary care clinic settings: cluster randomized controlled trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020;8(2):e16266. <https://doi.org/10.2196/16266>.
- Kwan YH, Ong ZQ, Choo DYX, Phang JK, Yoon S, Low LL. A mobile application to improve diabetes self-management using rapid prototyping: iterative co-design approach in Asian settings. *Patient Prefer Adherence*. 2023;17:1–11. <https://doi.org/10.2147/PPA.S386456>.
- Jeffrey B, Bagala M, Creighton A, Leavey T, Nicholls S, Wood C et al. Mobile phone applications and their use in the self-management of Type 2 Diabetes Mellitus: a qualitative study among app users and non-app users. *Diabetol Metab Syndr*. 2019;11:84. <https://doi.org/10.1186/s13098-019-0480-4>.
- Kwan YH, Cheng TY, Yoon S, Ho LYC, Huang CW, Chew EH et al. A systematic review of nudge theories and strategies used to influence adult health behaviour and outcome in diabetes management. *Diabetes Metab*. 2020;46(6):450–460. <https://doi.org/10.1016/j.diabet.2020.04.002>.
- Blair RA, Horn CE, Dias JM, McDonnell ME, Seely EW. Development and Usability of a Text Messaging Program for Women With Gestational Diabetes: Mixed Methods Study. *JMIR Hum Factors*. 2022;9(1):e32815. <https://doi.org/10.2196/32815>.
- Варенина ЛП. Геймификация в образовании. *Историческая и социально-образовательная мысль*. 2014;6(6-2):314–317. https://doi.org/10.17748/2075-9908-2014-6-6_2-314-317.
Varenina NP. Gamification in education. *Historical and Socio-Educational Idea*. 2014;6(6-2):314–317. (In Russ.) https://doi.org/10.17748/2075-9908-2014-6-6_2-314-317.
- Tanaka N, Yabe D, Murotani K, Ueno S, Kuwata H, Hamamoto Y et al. Mental distress and health-related quality of life among type 1 and type 2 diabetes patients using self-monitoring of blood glucose: A cross-sectional questionnaire study in Japan. *J Diabetes Investig*. 2018;9:1203–1211. <https://doi.org/10.1111/jdi.12827>.
- Pan BL, Breton MD, Kovatchev BP. Impact of blood glucose self-monitoring errors on glucose variability, risk for hypoglycemia, and average glucose control in type 1 diabetes: an in silico study. *J Diabetes Sci Technol*. 2010;4(3):562–570. <https://doi.org/10.1177/193229681000400309>.
- Resource utilization and costs of care in the Diabetes Control and Complications Trial. *Diabetes Care*. 1995;18(11):1468–1478. <https://doi.org/10.2337/diacare.18.11.1468>.
- Berhe KK, Geburu HB, Kaysay HB. Effect of motivational interviewing intervention on HbA1C and depression in people with type 2 diabetes mellitus (systematic review and meta-analysis). *PLoS ONE*. 2020;15(10):e0240839. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240839>.
- Liang W, Lo SHS, Tola YO, Chow KM. The effectiveness of self-management programmes for people with type 2 diabetes receiving insulin injection: a systematic review and meta-analysis. *Int J Clin Pract*. 2021;75:e14636. <https://doi.org/10.1111/ijcp.14636>.
- Rosales CB, Denman CA, Bell ML, Cornejo E, Ingram M, Del Carmen Castro Vázquez M et al. Diabetes for cardiovascular disease prevention in México: a cluster-randomized behavioural clinical trial. *Int J Epidemiol*. 2021;50(4):1272–1282. <https://doi.org/10.1093/ije/dyab072>.
- Van Rhoon L, Byrne M, Morrissey E, Murphy J, McSharry J. A systematic review of the behaviour change techniques and digital features in technology-driven type 2 diabetes prevention interventions. *Digit Health*. 2020;6:2055207620914427. <https://doi.org/10.1177/2055207620914427>.
- Fitzpatrick SL, Schumann KP, Hill-Briggs F. Problem solving interventions for diabetes self-management and control: a systematic review of the literature. *Diabetes Res Clin Pract*. 2013;100(2):145–161. <https://doi.org/10.1016/j.diabetes.2012.12.016>.
- Facilitating Positive Health Behaviors and Well-being to Improve Health Outcomes: Standards of Care in Diabetes-2024. *Diabetes Care*. 2024;47(1):77–110. <https://doi.org/10.2337/dc24-S005>.
- Alan M. Delamater; Improving Patient Adherence. *Clin Diabetes*. 2006;24(2):71–77. <https://doi.org/10.2337/diaclin.24.2.71>.

30. Funnell MM, Anderson RM. The problem with compliance in diabetes. *JAMA*. 2000;284(13):1709. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11015809>.
31. Calderon C, Carrete L, Vera-Martinez J, Gloria-Quintero ME, Romero-Figueroa MDS. A Social Marketing Intervention to Improve Treatment Adherence in Patients with Type 1 Diabetes. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(7):3622. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073622>.
32. Delamater AM, Jacobson AM, Anderson BJ, Cox D, Fisher L, Lustman P et al. Psychosocial therapies in diabetes: report of the Psychosocial Therapies Working Group. *Diabetes Care*. 2001;24(7):1286–1292. <https://doi.org/10.2337/diacare.24.7.1286>.
33. Glycemic Goals and Hypoglycemia: Standards of Care in Diabetes-2024. *Diabetes Care*. 2024;47(1):111–125. <https://doi.org/10.2337/dc24-S006>.
34. Diabetes Technology: Standards of Care in Diabetes-2024. *Diabetes Care*. 2024;47(1):126–144. <https://doi.org/10.2337/dc24-S007>.
35. Wu J, Liu Y, Yin H, Guo M. A new generation of sensors for non-invasive blood glucose monitoring. *Am J Transl Res*. 2023;15(6):3825–3837. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37434817>.
36. Gusev M, Poposka L, Spasevski G, Kostoska M, Koteska B, Simjanoska M et al. Noninvasive glucose measurement using machine learning and neural network methods and correlation with heart rate variability. *J Sensors*. 2020;1(1):1–13. <https://doi.org/10.1155/2020/9628281>.
37. Tonyushkina K, Nichols JH. Glucose meters: a review of technical challenges to obtaining accurate results. *J Diabetes Sci Technol*. 2009;3(4):971–980. <https://doi.org/10.1177/193229680900300446>.
38. Moyer J, Wilson D, Finkelshtein I, Wong B, Potts R. Correlation between sweat glucose and blood glucose in subjects with diabetes. *Diabetes Technol Ther*. 2012;14(5):398–402. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22376082>.
39. Heikenfeld J. Non-invasive analyte access and sensing through eccrine sweat: challenges and outlook circa 2016. *Electroanalysis*. 2016;28(12):1242–1249. <https://doi.org/10.1002/elan.201600018>.
40. Amer S, Yousuf M, Siddiqui PQ, Alam J. Salivary glucose concentrations in patients with diabetes mellitus – a minimally invasive technique for monitoring blood glucose levels. *Pak J Pharm Sci*. 2001;14(1):33–37. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16414850>.
41. Liu C, Sheng Y, Sun Y, Feng J, Wang S, Zhang J et al. A glucose oxidase-coupled DNAzyme sensor for glucose detection in tears and saliva. *Biosens Bioelectron*. 2015;70:455–461. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2015.03.070>.
42. Lin YC, Rinawati M, Chang LY, Wang YX, Wu YT, Yen YH et al. A non-invasive wearable sweat biosensor with a flexible N-GQDs/PANI nanocomposite layer for glucose monitoring. *Sens Actuators B Chem*. 2023;133617. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2023.133617>.
43. Yu M, Li YT, Hu Y, Tang L, Yang F. Gold nanostructure-programmed flexible electrochemical biosensor for detection of glucose and lactate in sweat. *J Electroanal Chem*. 2021;882:115029. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2021.115029>.
44. Liu M, Yang M, Wang M, Wang H, Cheng J. A flexible dual-analyte electrochemical biosensor for salivary glucose and lactate detection. *Biosensors (Basel)*. 2022;12(4):210. <https://doi.org/10.3390/bios12040210>.
45. Srichan C, Srichan W, Danvirutai P, Ritsongmuang C, Sharma A, Anutrakulchai S. Non-invasively accuracy enhanced blood glucose sensor using shallow dense neural networks with NIR monitoring and medical features. *Sci Rep*. 2022;12(1):1769. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05570-8>.
46. Hanna J, Bteich M, Tawk Y, Ramadan AH, Dia B, Asadallah FA et al. Noninvasive, wearable, and tunable electromagnetic multisensing system for continuous glucose monitoring, mimicking vasculature anatomy. *Sci Adv*. 2020;6(24):eaba5320. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba5320>.
47. Mohammadi P, Mohammadi A, Demir S, Kara A. Compact size, and highly sensitive, microwave sensor for non-invasive measurement of blood glucose level. *IEEE Sensors Journal*. 2021;21(14):16033–16042. <https://doi.org/10.1109/jSEN.2021.3075576>.

Вклад авторов:

Концепция статьи – А.Ю. Бабенко

Концепция и дизайн исследования – А.Ю. Бабенко

Написание текста – Ю.А. Кононова

Сбор и обработка материала – Ю.А. Кононова

Обзор литературы – Ю.А. Кононова

Анализ материала – Ю.А. Кононова, В.Б. Бреговский

Редактирование – А.Ю. Бабенко, В.Б. Бреговский

Утверждение окончательного варианта статьи – А.Ю. Бабенко, В.Б. Бреговский

Contribution of authors:

Concept of the article – Alina Yu. Babenko

Study concept and design – Alina Yu. Babenko

Text development – Yulia A. Kononova

Collection and processing of material – Yulia A. Kononova

Literature review – Yulia A. Kononova

Material analysis – Yulia A. Kononova, Vadim B. Bregovskiy

Editing – Alina Yu. Babenko, Vadim B. Bregovskiy

Approval of the final version of the article – Alina Yu. Babenko, Vadim B. Bregovskiy

Информация об авторах:

Кононова Юлия Алексеевна, научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории преддиабета и других метаболических нарушений Научного центра мирового уровня «Центр персонализированной медицины», Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова; 197341, Россия, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; yukonon@mail.ru

Бабенко Алина Юрьевна, д.м.н., главный научный сотрудник, руководитель научно-исследовательской лаборатории диабетологии, руководитель научно-исследовательского отдела генетических рисков и персонализированной профилактики Научного центра мирового уровня «Центр персонализированной медицины», профессор кафедры эндокринологии Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова; 197341, Россия, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; alina_babenko@mail.ru

Бреговский Вадим Борисович, д.м.н. врач кабинета «Диабетическая стопа», Городской консультативно-диагностический центр №1; 194354, Россия, Санкт-Петербург, ул. Сикейроса, д. 10д; dfoot.tdc@gmail.com

Information about the authors:

Yulia A. Kononova, Researcher at the Research Laboratory of Prediabetes and Other Metabolic Disorders of the World-class Scientific Center “Center for Personalized Medicine”, Almazov National Medical Research Center; 2, Akkuratov St., St Petersburg, 197341, Russia; yukonon@mail.ru

Alina Yu. Babenko, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Head of the Research Laboratory of Diabetology, Head of the Research Department of Genetic Risks and Personalized Prevention of the World-Class Scientific Center “Center for Personalized Medicine”, Professor of the Department of Endocrinology at the Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Center; 2, Akkuratov St., St Petersburg, 197341, Russia; alina_babenko@mail.ru

Vadim B. Bregovskiy, Dr. Sci. (Med.), Doctor of the Diabetic Foot Office, City Consulting and Diagnostic Center No. 1; 10d, Siqueiros St., St Petersburg, 1194354, Russia; dfoot.tdc@gmail.com