

УДК 17.11.2011

А.С. Ефимов, С.И. Кифоренко, Н.В. Лавренюк, Д.А. Ефимов, А.Б. Котова

Информационные технологии улучшения качества самоконтроля сахарного диабета

Решена задача улучшения качества самоконтроля сахарного диабета, базирующаяся на использовании интеллектуальной информационной технологии в цифровом формате. Разработано программное обеспечение для поддержки принятия решений при ранней диагностике и при синтезе сбалансированной диеты, согласованной с активной деятельностью как управляющих воздействий, влияющих на состояние системы углеводного обмена. Программы «Энергобаланс» и «Ранняя диагностика» ориентированы для использования в портативном электронном устройстве.

The problem of the improvement of diabetes selfcontrol is solved, which is based on the use of intelligent information technology in a digital format. Software has been developed to support decision making in the early diagnosis and the synthesis of a balanced diet, consistent with the active work as a control actions on the state of carbohydrate metabolism. Programs "Energy Balance" and "Early Diagnosis" are directed to be used in portable electronic devices.

Розв'язано задачу поліпшення якості самоконтролю цукрового діабету, яка базується на використанні інтелектуальної інформаційної технології у цифровому форматі. Розроблено програмне забезпечення підтримки прийняття рішень при ранній діагностиці і синтезі збалансованої дієти, узгодженої з активною діяльністю як керуючих дій, що впливають на стан системи вуглеводного обміну. Програми «Енергобаланс» та «Рання діагностика» орієнтовані на використання в портативному електронному пристрої.

Хочешь узреть невидимое,
всмотришь в видимое

Иоганн Вольфганг Гете

Введение. В настоящее время уровень диагностики и лечения болезней в значительной степени определяется уровнем информационных технологий и эффективностью их использования. Так, интеллектуальные информационные технологии в цифровом формате открывают новые возможности диагностики и лечения и расширяют границы медицинской консультативной помощи.

Современное состояние медицинской сферы вообще и, в частности, диабетологии, характеризуется стремительными темпами развития информационных технологий. Новые информационные технологии для медицины направлены на поддержку принятия решений при диагностике и лечении многих социально-значимых заболеваний, в том числе таких, как сахарный диабет. Базисной основой информационных технологий диагностики и управления системой углеводного обмена служит образ прогностического индивидуального гликемического профиля – основа разработки новых системно-информационных технологий персональ-

ного мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния системы углеводного обмена отдельного пациента, т.е. соответствует современной концепции в здравоохранении – персонализированной медицине.

Больные диабетом должны самостоятельно поддерживать гликемический статус организма в скомпенсированном состоянии. Для облегчения решения этой задачи создаются различные компьютерные программы, специализированные портативные устройства, с помощью которых пользователь может получать необходимую информацию.

Целенаправленные компьютерные программы поддержки принятия решений на различных этапах лечебно-диагностического процесса широко распространены и разрабатываются в Украине, на постсоветском пространстве и в других странах. Удовлетворение информационных потребностей для улучшения возможностей свободного оперирования накопленными знаниями на современном уровне невозможно без использования достижений в области ком-

пьютерной техники. Наряду с возможностью извлечения информации с помощью глобализированных сетевых технологий, стремительно развиваются и внедряются в жизнь мобильные технологии в портативном исполнении для персонального использования и получения специализированной информационной поддержки – персонализированные способы цифровой медицины.

Постановка задачи

Диабет – хроническое заболевание, принявшее характер неинфекционной эпидемии. И как всякое хроническое заболевание нуждается в регулярном контроле и самоконтроле в домашних условиях. Безусловно, очень важно регулярное измерение уровня глюкозы в крови – основного индикатора диабетического статуса организма. Для решения этой проблемы современная промышленность выпускает глюкометры, доступные по цене, с помощью которых пациент может проводить измерения и несколько раз в день, что способствует улучшению качества самоконтроля гликемии.

Не менее важным информативным показателем есть гликозилированный гемоглобин, измерение которого как диагностического интегрированного показателя позволяет оценить степень пролонгированной компенсации углеводного обмена на протяжении предшествующих трех–четырёх месяцев. Оба показателя – уровень глюкозы и гликозилированный гемоглобин, а также ряд других лабораторных исследований позволяют контролировать и оценивать *внутреннее* состояние и качество регулирования глюкозного баланса в системе углеводного обмена.

При этом количественные характеристики различных внешних воздействий (диеты, физические нагрузки), безусловно влияющие на внутренние параметры системы регуляции, остаются за кадром. Контроль состояния пациента будет более точным, если учитывать не только упомянутые внутренние параметры системы регуляции гликемии, но и *оценивать количественно внешние воздействия* на организм любого человека, а тем более на пациента, страдающего сахарным диабетом.

Таким образом, разработка информационных технологий количественного оценивания внешних воздействий, как управляющих сигналов, зависящих от состояния системы углеводного обмена, и составляет *задачу* данной статьи.

Заметим, что внешнее регулирование углеводного обмена, состоянием которого определяется степень компенсации диабета с помощью лекарственных средств, регулярно принимаемых пациентом, и их дозировка довольно точно разработана фармацевтическими предприятиями. Рекомендации и схемы их использования, проверенные многолетним опытом и постоянно совершенствующиеся, назначаются пациентам специалистами, отрабатываются и уточняются в процессе диалога врача с пациентом.

Диабетический статус организма как управляемая система

Под диабетическим статусом организма следует понимать нарушенное гомеостатическое состояние системы углеводного обмена, связанное с абсолютным или относительным дефицитом инсулина, приводящее к сахарному диабету. Сахарный диабет – эндокринное заболевание, в основе которого лежит изменение обмена веществ, связано в первую очередь с нарушением углеводного обмена. Диабет занимает одно из ведущих мест по медико-социальной значимости и часто становится причиной инвалидности и смерти. Несмотря на совершенствование методики лечения и лекарственных препаратов, достижение устойчивой компенсации болезни представляет собой сложную задачу, которая не всегда успешно решается. Сахарный диабет остается проблемным заболеванием, требует тщательных, кропотливых терапевтических усилий и значительных финансовых затрат для обеспечения компенсации и адекватного уровня жизнедеятельности пациентов [1, 2].

Для решения задачи *управления* диабетическим статусом необходимо обеспечить его качественный *контроль*, который начинается с профилактики и своевременного распознавания начала нарушения гликемического гомеостаза. Чем раньше болезнь выявлена, тем легче

ее контролировать. Отметим, что диабет – коварное заболевание, начинающееся и протекающее бессимптомно. Пациенты обращаются за помощью, как правило, слишком поздно, когда уже проявились осложнения: проблемы с сосудами, нарушение зрения и пр. Поэтому чрезвычайно важна **ранняя диагностика как специфический вид познания состояния и как необходимый элемент решения задачи управления** – определение стартовой позиции (начальных условий), для своевременного предупреждения возможных осложнений. Сложнее обстоят дела с проблемой **контроля энергии**, поступающей в организм с пищей и расходуемой при различных видах активности пациентов, **как управляющей компоненты** для поддержки гликемического гомеостаза. Это очень существенные и трудно поддающиеся количественному учету факторы, влияющие на углеводный обмен, вызывают неучтенные колебания и вносят нежелательные вариации в содержание глюкозы в крови и порой становятся причиной выхода ее за допустимые границы, что способствует дестабилизации состояния пациента и развитию декомпенсации болезни.

Несмотря на различную этиологию существующих типов диабета и особенности течения, терапия их преследует общую цель – устранение симптоматики, связанной с высоким уровнем гликемии в крови, снижение рисков возникновения гипогликемий, профилактику осложнений. При этом пути достижения этих целей для инсулинозависимого (первый тип) и инсулиннезависимого диабета (второй тип) в каждом конкретном случае принципиально отличаются. Так, для диабета первого типа необходимо знать количество принятых с пищей углеводов и содержащееся в ней эквивалентное количество хлебных единиц для правильного выбора компенсационной дозы инсулина. Для диабета второго типа существенным есть расчет адекватной калорийности питания, которая в этом случае служит основным лечебным фактором во всем комплексе предлагаемой терапии. Питание – единственный немедикаментозный лечебный фактор при легкой

форме заболевания, основной фон в сочетании с физической активностью и сахароснижающими препаратами при лечении диабета средней тяжести и его сложных форм [3, 4].

Необходимо отметить, что для диабета, как ни для какого другого заболевания, диетическая компонента, согласованная с дозированными физическими нагрузками, остается лечебным фактором при всех типах диабета с различными особенностями его протекания.

Самоконтроль как базовый элемент многокомпонентной терапии сахарного диабета

Самоконтроль при всех хронических болезнях – очень существенный фактор, определяющий ход развития диалога с врачом и тактику лечения. Особенно актуален фактор самоконтроля при диабете, где он есть основополагающим принципом лечения и поддержания болезни в стадии компенсации. Усиление акцентов самостоятельности в лечебном процессе согласуется с положениями, изложенными в докладе ВОЗ «Новаторские методы оказания помощи при хронических состояниях: основные элементы для действий», где отмечается, что в связи с распространенностью хронических заболеваний особое внимание следует обращать на центральную роль и ответственность *самого пациента* при оказании себе медицинской помощи. Без самоконтроля невозможно добиться стойкой компенсации углеводного обмена. Постоянный самоконтроль экономически эффективней, чем осуществление лечения поздних осложнений диабета, и позволяет активно вовлекать пациента в лечебный процесс. При этом информированный пациент более осознанно общается с лечащим врачом, имея стойкую мотивацию на достижение терапевтических целей – повысить эффективность проводимой терапии. Для получения максимального результата лечения необходимо использовать самоконтроль как базовый элемент многокомпонентной терапии сахарного диабета.

Информационные технологии поддержки самоконтроля на этапах управления процессом лечения

От того, насколько успешен диалог между врачом и пациентом и насколько специалист

информирован о возможных негативных влияниях назначаемых им препаратов на систему углеводного обмена, зависит успех контроля и лечения болезни. Информированность в большой мере определяется тем, насколько современный врач в своей практике использует возможности информационно-компьютерных технологий, от которых зависит качество принятия адекватных терапевтических решений.

Несмотря на богатый опыт специалистов и глубокий анализ рекомендаций (тексты, наглядные пособия, схемы расчета калорийности продуктов питания), их практическое использование затруднено. Это объясняется не только многокомпонентностью рациона питания, различными способами приготовления пищи, что непосредственно сказывается на возможности более или менее точного количественного учета этих факторов, влияющих на выбор решения, но и тем, что необходимая информация содержится, как правило, на бумажных носителях и неудобна для оперативного использования. И если лечебная тактика и набор медикаментозных средств осуществляется вместе с врачом, то решение относительно организации режима питания (диетотерапии) и интенсивности физической активности пациенту приходится принимать *самостоятельно* ежедневно.

Для поддержки самоконтроля на различных этапах управления нарушенным углеводным обменом разработаны компьютерные программы «Ранняя диагностика» и «Энергобаланс» [5–7].

Компьютерная программа «Ранняя диагностика». Разработанный алгоритм ранней диагностики, базовая основа которого – интеллектуальные информационные технологии, гармонично сочетающие образный и логический компоненты мышления, увеличивает разрешающую способность стандартной методики и позволяет на диагностической шкале выявить дополнительную зону – зону риска проявления нарушенной толерантности. Компьютерная программа, реализующая алгоритм диагностической процедуры, визуализирует информацию и ускоряет диагностический вывод. Это позво-

ляет своевременно принять меры по устранению неявных нарушений в системе углеводного обмена, которые могут привести к диабетическим проблемам [5]. Разработанная программа [5] модифицирована и ориентирована для использования в портативном электронном устройстве с удобным пользовательским интерфейсом. На рис. 1 представлены диалоговые окна ввода данных и различные возможные варианты диагностического вывода.



Рис. 1. Оконный интерфейс программы «Ранняя диагностика»

Реализованная технология способствует поддержке принятия решений на этапе ранней диагностики как необходимого этапа решения задачи стратегического управления гликемическим статусом в перспективе.

Компьютерная программа «Энергобаланс» разработана для поддержки принятия самостоятельных решений пользователем по рациональной регламентации и комбинации *количественного и качественного* набора внешних управляющих воздействий. Компьютерная реализация основана на методических рекомендациях и информации справочного характера. Программно-алгоритмическое обеспечение имеет модульную структуру, включает в себя базы данных и правила управления ими [6, 7].

Программа выполняет функцию калькулятора и предназначена для вычисления пищевой и

энергетической ценности (в калорийном и ве-
совом эквиваленте) в продуктах питания. Про-
граммное обеспечение позволяет вычислять ин-
дивидуальные энерготраты пользователя в со-
ответствии с его антропометрическими данны-
ми, типом активности и видом деятельности.
Основное информационное ядро программы со-
ставляют базы данных, представленные в виде
динамических таблиц с соответствующей ие-
рархической организацией.

Программа позволяет вычислять дисбаланс
между энергией, поступающей в организм и из-
расходованной при различных видах деятель-
ности. Эта информация способствует поддерж-
ке принятия решений при синтезе сбаланси-
рованной диеты как управляющего фактора для
поддержки гликемического гомеостаза. Про-
грамма «Энергобаланс» также ориентирована
для использования в портативном электронном
устройстве. Технологическую основу составля-
ют аппаратно-программные ресурсы, свойствен-
ные архитектуре и функциональности мини-
компьютерной техники. Программный комплекс
разработан в кодах C++ под ОС LINUX с ис-
пользованием прикладного пакета QT, кото-
рый реализует графический интерфейс, с ис-
пользованием СУБД SQLite;

Пользовательский интерфейс показан на
рис. 2 и 3.

Эту программу могут использовать также
здоровые лица, желающие вести здоровый об-
раз жизни, следить за массой своего тела и под-
держивать ее в рекомендуемых пределах.

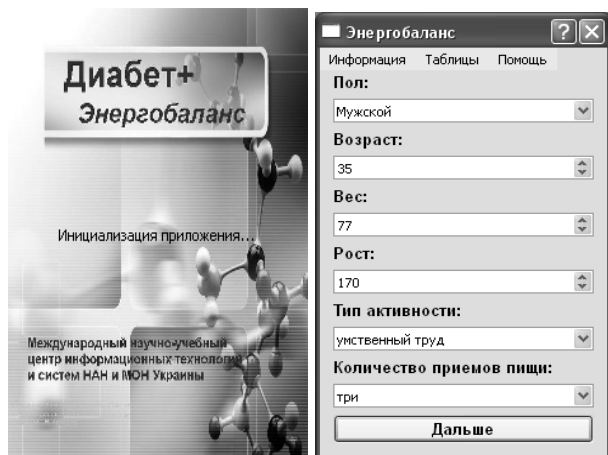


Рис. 2. Пользовательский интерфейс: стартовое окно, окно ввода данных, окно диагностического вывода, окно выбора баз

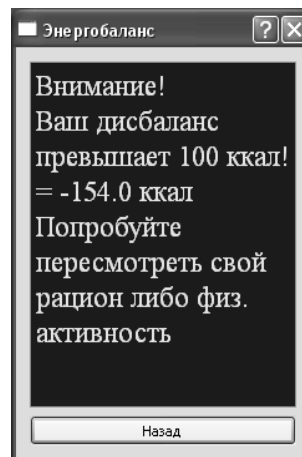
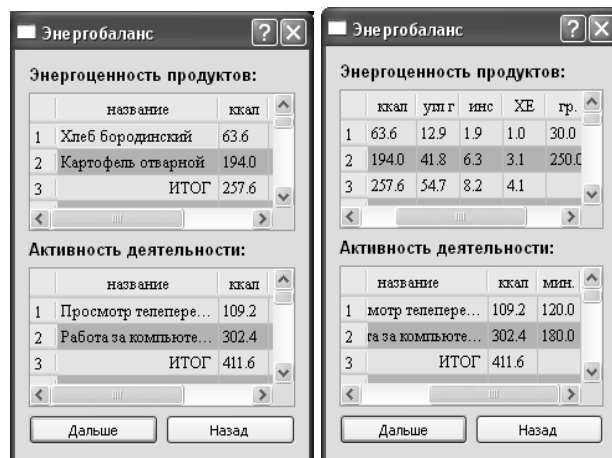


Рис. 3. Пользовательский интерфейс: окно для выбора энерго-
ценности продуктов и активности деятельности, итогово-
вое окно

Заключение. Реализация программ в порта-
тивном электронном устройстве позволит обе-
спечить необходимую информационную по-

мощь пользователям более эффективно осуществлять самоконтроль, диагностику состояния системы углеводного обмена. Своевременная реализация информационной помощи больному обеспечивает поддержку диабетического статуса пациента в скомпенсированном состоянии, позволяет сократить пребывание в стационарных условиях, что содействует повышению социальной значимости данной разработки. Следует отметить, что информационные технологии «Ранняя диагностика» и «Энергобаланс», ориентированные на реализацию в портативных устройствах, будут способствовать формированию мобильной интеллектуальной среды, расширяющей границы медицинской помощи; повышению качества решения прикладных задач в диабетологии и могут составить функциональное наполнение центров цифровой медицины и реабилитационных центров.

1. *Ефимов А.С., Скробонская Н.А.* Клиническая диабетология. – К.: Здоров'я, 1998. – 320 с.

2. *Балаболкин И.М.* Диабетология. – М.: Медицина, 2000. – 360 с.
3. *Ефимов А.С., Карабун П.М., Эпштейн Э.В.* Ожирение и сахарный диабет. – Киев: Здоровье, 1987. – 144 с.
4. *Санаторно-курортное лечение больных сахарным диабетом / А.С. Ефимов, С.Н. Ткач, Н.А. Скробонская и др.* – К.: Альтерпрес, 2001. – 224 с.
5. *Информационно-компьютерная поддержка принятия решений при ранней диагностике сахарного диабета / Н.В. Лавренюк, С.И. Кифоренко, А.Б. Котова и др.* // Кибернетика и выч. техника. – 2009. – **157**. – С. 54–60.
6. *Кифоренко С.И., Лавренюк Н.В., Плаксин К.В.* Компьютерная поддержка принятия решений при синтезе сбалансированной диеты // Там же. – 2005. – **146**. – С. 10–15.
7. *Ефимов Д.А., Кифоренко С.И., Лавренюк М.В.* Комп'ютерна підтримка дієтотерапії при діабеті // Вісн. Київського нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Кібернетика. – 2012. – № 12. – С. 22–27.

Поступила 12.10.2012

Тел. для справок: +38 044 503-9565 (Киев)

© А.С. Ефимов, С.И. Кифоренко, Н.В. Лавренюк,
Д.А. Ефимов, А.Б. Котова, 2013