

С.И. Кифоренко, А.Б. Котова, Н.В. Лавренюк, Е.Ю. Иваськива

**Диагностика сахарного диабета. Прогрессивные информационные технологии**

Решена задача повышения разрешающей диагностической способности стандартной методики глюкозотолерантного теста – на диагностической шкале состояния системы углеводного обмена выделена зона повышенного риска. Разработано мобильное программное приложение под ОС ANDROID с возможностью дальнейшего внедрения в мобильное устройство SMARTHON.

Розв'язано задачу підвищення роздільної діагностичної здатності стандартної методики глюкозотолерантного тесту – на діагностичній шкалі стану системи вуглеводного обміну виокремлено зону підвищеного ризику. Розроблено мобільне програмне забезпечення під ОС ANDROID з можливістю подальшого впровадження в мобільний пристрій SMARTHON.

**Введение.** Сахарный диабет – тяжелое эндокринное заболевание, в основе которого – нарушение регуляции обменных процессов, обеспечивающих энергетические потребности организма. Система углеводного обмена – одна из важнейших гомеостатических систем организма, от состояния которой в определяющей степени зависит диабетический статус организма. Поскольку диабет начинается и часто протекает бессимптомно, то залогом успешной борьбы с этой болезнью является раннее выявление нарушений регуляции углеводного обмена. Для выявления скрытых нарушений в эндокринологии широко используется тест толерантности к глюкозе (ТТГ), основанный на данных лабораторного анализа при пероральной тестовой глюкозной нагрузке. В результате теста получают данные, характеризующие динамические свойства изменения глюкозы – тестовый гликемический профиль [1] – индикатор состояния системы регулирования уровня сахара в крови.

Чрезвычайная распространенность сахарного диабета приняла, по оценкам ВОЗ, характер неинфекционной эпидемии. По данным прогноза этой организации количество больных сахарным диабетом в 2025 г. может достичь 334 млн человек, что составит 6,3 процента населения мира. В Украине заболеваемость сахарным диабетом составляет 2,4 процента (при этом фактическая заболеваемость в три–четыре раза выше). Темпы развития диабета и его осложнений в ближайшем будущем могут превысить возможности системы здравоохранения бороться с этим заболеванием, представляющим в современном обществе одну из основных медико-социальных проблем.

В настоящее время качество диагностики и лечения болезней, среди которых сахарный диабет и его осложнения занимают одно из первых мест [2, 3], в значительной степени оп-

ределяется уровнем развития информационных технологий (ИТ) и эффективностью их использования [4, 5]. Прогрессивные информационные технологии, в том числе интеллектуальные, образные и цифровые открывают новые возможности диагностики и лечения и расширяют границы медицинской консультативной помощи [6]. Особенно остро эти задачи стоят при лечении социально значимых заболеваний, каким является и сахарный диабет.

В медицинской сфере эффективность деятельности врача, кроме его профессионализма, от чего, безусловно, зависит успех диагностического и лечебного процессов, определяется не только наличием лекарственных препаратов и современной медицинской аппаратуры, но и обеспечением диагностического и лечебного процессов информационными ресурсами, скоростью их обработки, возможностью доступа к ним.

**Постановка задачи**

Постепенный переход от традиционной практики лечения *последствий* развития опасных осложнений сахарного диабета до реализации их *предупреждения* посредством современных информационно-технологических средств, позволяет повысить эффективность и качество лечебно-диагностического процесса в целом. Можно отметить, что парадигма здравоохранения существенно меняется, предлагая новые информационно-компьютерные подходы, направленные на профилактику, раннюю диагностику состояния и лечебный процесс. Все активнее набирают популярность различные компьютерные программы, мобильные приложения и устройства, для поддержки принятия решений в медицинской практике; увеличивается количество компьютерных приложений, предназначенных для пациентов с хроничес-

кими заболеваниями, и в этой категории лидируют программы для тех, кто страдает от сахарного диабета и заболеваний сердечно-сосудистой системы [7–9]. Во всем мире активно растет индустрия различных мобильных медицинских устройств, программных приложений, ориентированных на внедрение в портативные электронные устройства, предназначенные для работы с медицинскими данными в управлении лечебным процессом.

Учитывая, что диагностика положена в основу лечебно-профилактических мероприятий, предлагаемая статья ориентирована на использование информационно-компьютерных технологий в мобильных электронных устройствах для поддержки принятия решений пользователями, имеющими отношение к диабетологии. Следовательно, *постановка задачи* может быть сформулирована так: *показать рациональность применения прогрессивных информационных технологий поддержки принятия решений при диагностике состояния системы углеводного обмена.*

### **Прогрессивные информационные технологии**

Под такими технологиями можно понимать широкий спектр современных технологий, ориентированных на поддержку принятия решений в различных сферах деятельности, в том числе в биологической и медицинской. К таким технологиям можно отнести [10, 6]:

- **Интеллектуальные информационные технологии** – технологии, в которых зафиксированы осознанные действия человека, как отражение его интеллекта при решении задач. Это базовый класс прогрессивных информационных технологий, нацеленных на решение сложных задач, нереализуемых традиционными средствами; это технологии, воспроизводящие элементы интеллекта человека; это высокие наукоемкие технологии, сложные в разработке, но простые в эксплуатации.

- **Образные технологии** – новый класс интеллектуальных информационных технологий, базирующийся на свойствах как логического, так и образного мышления. Это технологии, в

основу которых положено образное восприятие сигналов любой природы, как детектор состояния исследуемых различных систем, в том числе и биологических. Информационное ядро и ключевой критерий технологии составляет конкретный образ, иллюстрирующий текущее состояние исследуемых живых систем.

- **Цифровые технологии** – переведенная в цифровой формат качественно различная информация, позволяющая расширить возможности диагностики и лечения в условиях как локального положения, так и территориального разобщения лечебных учреждений.

Перечисленные информационно-технологические компоненты представлены на рис. 1, в который включены три информационных модуля. В модуле 1 представлены основные проблемы диабета, которые, так же как и в других областях медицины, в основном связаны с решением задач диагностики, прогнозирования и управления (лечения). В модуле 2 представлен перечень основных компонент обеспечения решения этих задач, составляющих прогрессивные информационные технологии, а также структурные этапы как элементы технологии решения задачи оценки состояния системы углеводного обмена, обязательные при принятии тактических и стратегических управленческих решений для коррекции состояния системы в случае необходимости. В модуле 3 отражен широкий спектр основных видов управляющих воздействий, используемых при терапии диабета, в том числе диета и физические нагрузки.

Отметим, что в настоящей статье рассматриваются информационно-технологические составляющие модуля 2, а именно алгоритм и его реализация для мобильных приложений под ОС *ANDROID*.

### **Информационная технология поддержки принятия решений при диагностике сахарного диабета**

Базисной основой информационных технологий диагностики и управления состоянием системы углеводного обмена служит *образ индивидуального гликемического профиля* – ключ персонального мониторинга диагностики со-

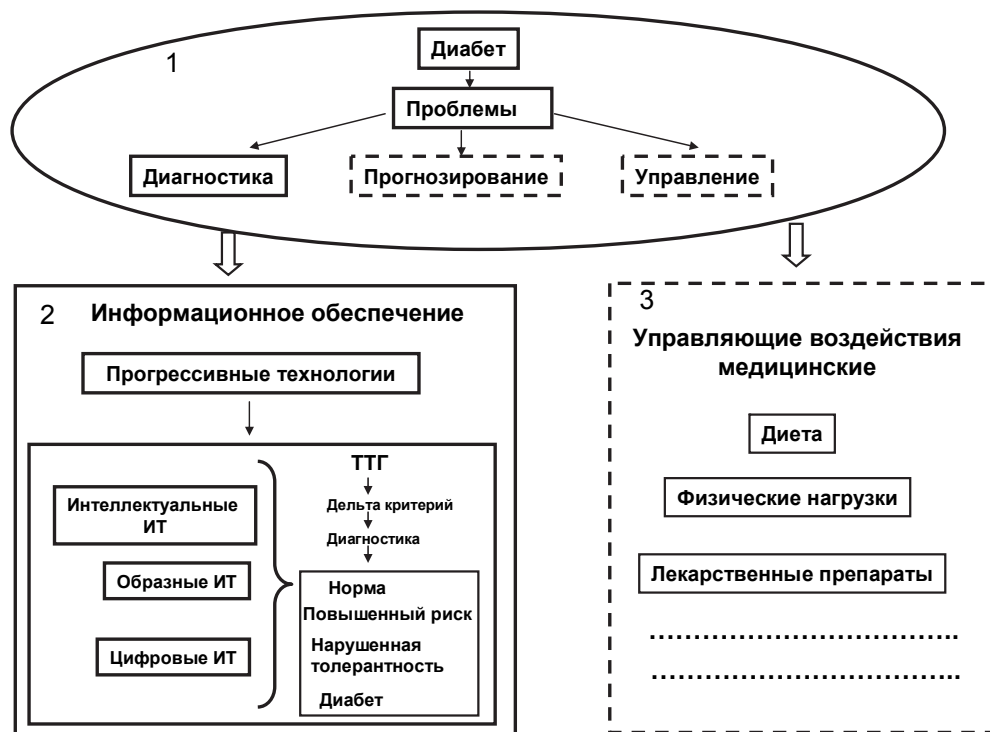


Рис. 1. Информационно-технологические компоненты решения задачи диагностики и лечения (управления) в диабетологии

стояния системы углеводного обмена отдельного пациента, т.е. соответствует концепции в здравоохранении – персонализированная медицина. В статье предложена модификация стандартной методики обработки тестовых измерений концентрации глюкозы в глюкозотолерантном тесте с использованием информационных технологий, включающих в себя образную и цифровую алгоритмизацию.

Алгоритм, положенный в основу предлагаемой технологии, позволяет *увеличить разрешающую способность общепринятой методики глюкозотолерантного теста путем включения в диагностическую шкалу зоны риска*, позволяющую раньше акцентировать внимание пользователя на своем состоянии, когда еще не проявилась клиническая симптоматика. Диагностическим критерием оценки состояния системы углеводного обмена в этом случае является  $\delta$ -критерий – линейно-взвешенная сумма отклонений измеренных значений концентраций глюкозы от средних значений нормогликемии в каждой информативной точке теста, что позволяет разработать количественную

шкалу диагностических диапазонов. Далее приведены возможные диапазоны состояния [8]:  $0 \leq \delta < 15$  – состояние – норма,  $15 \leq \delta < 26$  – повышенный риск,  $26 \leq \delta < 40$  – нарушенная толерантность (неявный диабет),  $\delta \geq 40$  – диабет, где  $\delta$  – диагностический критерий, представляющий собой линейно-взвешенную сумму отклонений измеренных значений уровня сахара в крови *натощак*, через 1 час и через 2 часа после *тестовой загрузки*.

Следует отметить, что диагностический

критерий базируется не только на лабораторных данных глюкозотолерантного теста, но и на клиническом опыте и интуиции врача, что с трудом поддается формализации. Однако объективная часть – данные лабораторных исследований – могут быть соответствующим образом обработаны, алгоритмизированы с использованием опыта врача и знаний врачей-диabetологов и положены в основу компьютерных диагностических систем.

Современная компьютерно-технологическая ситуация, сложившаяся на рынке мобильных технологий, тенденция развития и распространения интеллектуальных устройств с расширенными функциональными возможностями, в основе которых цифровые технологии, создают предпосылки для разработки новых аппаратно-программных решений улучшения качества и эффективности удовлетворения потребительских запросов широкого круга пользователей.

Существенную долю компьютерно-информационных услуг составляет программное обес-

печение по обслуживанию потребителей группы риска и имеющих проблемы, связанные с сахарным диабетом, его диагностикой, прогнозированием, самокоррекцией и лечением [11].

Для предложенного способа количественной оценки состояния разработано *мобильное программное приложение под ОС ANDROID* с помощью графической оболочки *QT Creator* с дальнейшим внедрением в мобильные устройства типа *SMARTPHON* [10]. Разработан пользовательский интерфейс (рис. 2).

Первое окно слева – ввод данных, следующие четыре окна – возможные варианты диагностических выводов, соответствующие количественному значению диагностического критерия. Второе окно  $\delta = 0,438$  соответствует состоянию *Норма*, третье  $\delta = 23,68$  – *Группа повышенного риска*, следующее  $\delta = 33,85$  – *На-*

*рушенная толерантность*, или *Неявный диабет* и последний диагностический вывод предупреждает о подозрении на диабет и рекомендует более углубленное обследование.

**Заключение.** В предложенном способе оценки нарушений состояния системы углеводного обмена рассчитывается обобщенный количественный критерий оценки состояния системы с возможностью определения группы риска по оценочной шкале, что способствует повышению информативности данных глюкозо-толерантного теста, позволяет предупредить развитие сахарного диабета и предотвратить различные осложнения с ним связанные. Разработанная технология как современный метод цифровой медицины служит одним из средств поддержки принятия решений пользователями при диагностике доклинических нарушений системы углеводного обмена здоровыми лицами и эндокринологами.

Эволюция развития информационных технологий в медицине идет по пути использования прогрессивных информационных технологий, а также интеллектуальных, образных и цифровых, где зафиксированы осознанные действия



Рис. 2. Оконный интерфейс модуля «Ранняя диагностика»

человека, включение которых в диагностический процесс дает возможность вывести на новый качественный уровень решение медицинских задач. Использование методов и способов информационных технологий для решения задач медицинской направленности – это безальтернативная, продиктованная временем необходимая реальность.

1. *Ранняя диагностика цукрового діабету та його ускладнень* / М.Д. Тронько, А.С. Єфімов, В.І. Кравченко та ін. // Лікар інфо: портал про здоров'я. – 2003. – <http://www/likar/snfo/pro/43480/>
2. *Ефімов А.С., Орленко В.Л., Соколова Л.К.* Сахарный диабет и его осложнения // Журн. практ. лікаря. – 2003. – № 2. – С. 34–40.
3. *Тронько М.Д., Корпачев В.В.* Основи клінічної фармакології цукрового діабету та його ускладнень: Посіб. для лікарів. – К.: Кн. плюс, 2004. – 103 с.
4. *Развитие и применение информационных технологий для неинвазивного определения уровня сахара в крови* / А.С. Коваленко, С.М. Злепко, Ф.Г. Прудюс и др. // Кибернетика и выч. техн. – 2012. – **167**. – С. 69–74.
5. *Тронько Н.Д., Халангот Н.Д.* Использование компьютерных систем и информационных технологий в практической диабетологии // Эндокринологія. – 2001. – **6**, № 1. – С. 89–94.
6. *Гриценко В.И., Вовк М.И., Котова А.Б.* Перспективные информационные технологии информационного общества // Материалы конф. «Информационное общество: состояние и тенденции межгосударственного об-

- мена научно-технической информацией в СНГ», М. 27–28 окт. 2014. – М.: ВИНТИ РАН, 2014. – С. 40–42.
7. *Ланга С.И., Ланга С.С.* Компьютерная ранняя диагностика сахарного диабета методами математического моделирования: 3б. наук. праць: Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ, 2004. – С. 53–61.
  8. *Информационно-компьютерная поддержка принятия решений при ранней диагностике сахарного диабета* / Н.В. Лавренюк, С.И. Кифоренко, А.Б. Котова и др. // Кибернетика и выч. техн. – 2009. – **157**. – С. 54–60.
  9. *Информационно-технологическая поддержка принятия решений при диагностике сахарного диабета* / В.И. Гриценко, С.И. Кифоренко, А.Б. Котова и др. // Материалы МНТК SAIT 2014: «Системный анализ и информационные технологии». – К.: УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2014. – С. 366.
  10. *Гриценко В.И., Котова А.Б., Вовк М.И.* Інформаційні технології та цифрова медицина / Біомедичні інформаційні технології в охороні здоров'я: 3б. доп. 12-ї наук.-техн. шк.-сем. – Київ-Жукін, 2009. – С. 35–38.
  11. *Семь мобильных приложений для контроля сахарного диабета.* – <http://medgadgets.ru/novosti-2/nauka-i-issledovaniya/zdorovyje/diabet/7-mobilnyx-prilozhenij-dlya-kontrolya-saxarnogo-diabeta.html>

Поступила 14.04.2015

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

E-mail: [dep150@ukr.net](mailto:dep150@ukr.net), [mykolalav@ukr.net](mailto:mykolalav@ukr.net), [k\\_iva@ukr.net](mailto:k_iva@ukr.net)

© С.И. Кифоренко, А.Б. Котова, Н.В. Лавренюк, Е.Ю. Иваськива, 2015

UDC 004.451.642+681.5

Kiforenko S.I., Kotova A.B., Lavrenyuk N.V., Ivaskiva E.Yu.

### Diagnosis of Diabetes. Advanced Information Technology

The definition of advanced information technology: intelligent, imaginative, digital is presented. The developed algorithm of early diagnosis of the state of carbohydrate metabolism is based of information technology. This algorithm determines the diabetic status of the organism.

The structure of information technology components of the solution of the problem of diagnosis and the treatment (control) in diabetology are described. The process of diagnosis is generally based not only on laboratory data of glucose-tolerance test, but also on clinical experience and intuition of the doctor. It is difficult to formalize. However, the objective of (laboratory data) can be appropriately processed, algorithmic using the doctors's experience and knowledge of diabetologists and to base of the computer-assisted diagnostic systems.

The algorithm of diagnosing disorders of carbohydrate metabolism in the system based on the processing of glucose-tolerance test with the developed quantitative criterion. The presence of quantitative data in a wide range of medical data and analysis made it possible to develop a scale for assessing the possible diagnostic conclusions about the state of the physiological system of regulation of glycemia. This made it possible to increase the resolution of standard diagnostic ability of glucose tolerance test methodology through the provision of high-risk areas. The inclusion of the area at risk in the diagnostic process more information content glucose tolerance test, allows the user to focus earlier on his condition, when there were no apparent clinical symptoms, to prevent the development of diabetes and prevent various complications that are associated with them.

The mobile software application on OS ANDROID is developed for diagnostic algorithm of assessing the state of carbohydrate metabolism. This enables further implementation in portable devices such as SMARTPHONE. This application is aimed at supporting diagnostic decisions in detecting early disturbances in the regulation of carbohydrate metabolism, which showed the risk of diabetes. The article is illustrated with the screenshots of the user interface that indicate the various possible diagnostic findings in data processing glucose tolerance test, based on the use of the developed quantitative criterion.