

**А.С. Коваленко, С.М. Злепко, Ф.Г. Прудюс, Д.Х. Штофель**

## **РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ**

Проанализировано современное состояние систем определения уровня глюкозы в крови. Определены существующие недостатки и тенденции развития таких систем с использованием информационных технологий. Рассмотрены подходы к построению структурной модели системы прогнозирования развития сахарного диабета и оценки общего состояния организма человека.

### **Введение**

Современный этап исследования возникновения и развития сахарного диабета характеризуется проведением ряда инвазивных лабораторных исследований, ориентированных на определение уровня глюкозы в крови. К сожалению, существенным недостатком определения гликемии с целью диагностики сахарного диабета или оценки степени компенсации сахарного диабета является высокая вариабельность данного показателя в зависимости от питания, приема лекарственных препаратов, от различных острых и хронических заболеваний, физических нагрузок и, особенно, от психоэмоционального состояния пациента во время взятия крови. Пациент, со своей стороны, может исказить результаты анализов, не считая необходимым сообщать некоторые факты или не соблюдать методики проведения лабораторного исследования. Врач на основе своего опыта учитывает одни факторы и не учитывает другие, что также может стать причиной ошибки [1].

Актуальность существующей проблемы определяется недостаточной глубиной ее проработки, необходимостью критического осмысления существующих взглядов на выявление сахарного диабета, его предупреждение и компенсацию. Также актуальность обусловлена значительной распространенностью заболевания, которое является своеобразным источником сложных сопутствующих заболеваний и осложнений, среди которых лидируют диабетические микроангиопатии и нейропатии [2]. Для больных диабетом характерен значительный риск развития атеросклероза и ишемической болезни сердца, а более 40 % ампутаций нижних конечностей является следствием синдрома диабетической стопы. Сахарный диабет также является причиной слепоты у людей [3, 4]. Все вышеперечисленное приводит к значительным материальным затратам, направленным на лечение сахарного диабета и его осложнений.

На сегодня практически не существует четкой методики инструментальной постановки диагноза «сахарный диабет», как и

прогнозирования протекания болезни в будущем. Метаболические нарушения возникают гораздо раньше первых клинических проявлений сахарного диабета и к моменту постановки диагноза приводят к необратимым сосудистым изменениям. Неправильное определение компенсации сахарного диабета вызывает раннюю инвалидность и смертность. Причинами этого являются:

- отсутствие должного внимания к вопросу профилактики и своевременному выявлению сахарного диабета;
- использование устаревших способов и методов определения уровня глюкозы в крови.

Проблема сахарного диабета, из-за ее масштабности и необходимости значительных затрат, перерастает из сугубо медицинской в медико-социальную. Социальная значимость сахарного диабета определяется прежде всего его поздними осложнениями и развитием характерных изменений сердечно-сосудистой системы, которые и обуславливают потерю трудоспособности и смертности [2]. Лечение осложнений является тяжелым бременем как для системы здравоохранения, так и для каждого пациента. Частично данную проблему решает государство, с каждым годом увеличивая расходы на закупку инсулина, но проблема с повестки дня не снимается.

Сегодня практически все государства мира ищут пути решения данной проблемы, в частности, с помощью мониторинга населения на основе инвазивного измерения глюкозы в крови с целью выявления лиц больных сахарным диабетом или лиц, находящихся в состоянии предиабета [5]. Распространенность этой патологии постоянно растет, охватывая людей разных возрастов, независимо от этнической и половой принадлежности, а также экономического развития страны [6].

**Цель статьи.** Понятно, что в обозначенных условиях большое значение получают вопросы развития и применения информационных технологий неинвазивного измерения уровня глюкозы в крови, которые обеспечат повышение уровня определения сахарного диабета, уменьшат финансовые риски и затраты, связанные с вопросами оказания медицинской помощи больным сахарным диабетом, а ранняя идентификация и лечение лиц с предиабетом потенциально уменьшит или затормозит прогрессирование диабета и снизит риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний и микрососудистых поражений.

Таким образом, цель данной статьи — провести сравнительный анализ существующих методов определения уровня глюкозы в крови и предложить принципы развития и применения информационных технологий для неинвазивного определения гликемического профиля.

**Сравнительный анализ традиционных методов определения уровня глюкозы в крови.** Диагностирование предиабета и сахарного диабета на основе цельной (капиллярной) крови чаще всего осуществляется по схеме, изображенной на рис. 1.

Данный алгоритм использует только тест уровня глюкозы натощак и тест толерантности к глюкозе. В результате получаем вывод: либо наличие сахарного диабета, либо его отсутствие.

При условии что другие показатели углеводного обмена не выходят за пределы нормальных величин, глюкозо-толерантный тест нужно проводить всем пациентам из группы риска развития сахарного диабета, поскольку именно этот тест позволяет выявить наиболее ранние изменения [7].

Отмечается, что существенным недостатком определения гликемии с целью диагностики сахарного диабета является высокая вариабельность данного показателя в зависимости от питания [8], особенно при диагностике гликемии натощак. Связано это с тем, что в повседневной жизни пациент может питаться нерационально, со значительными приемами пищи на ночь. Понятие «натощак» в стандартном понимании предполагает 10–12-часовое голодание. Следуя требованию врача, пациент определяет показатель углеводного обмена в непривычном для себя состоянии. Как следствие, данный показатель не может считаться объективным маркером диагностики сахарного диабета типа 2.

**Информационные технологии в определении уровня глюкозы в крови.** Перед информационными технологиями неинвазивного измерения уровня глюкозы в крови человека должна стоять следующая цель: выявить и оценить уровень развития сахарного диабета, обеспечить определение стадии предиабета, достоверно оценить уровень компенсации сахарного диабета.

Информационная технология — это технология, включающая сбор, обработку, хранение и передачу звуковой, графической, текстовой, числовой или видеоинформации, использующая вычислительную технику на основе микроконтроллеров и с применением телекоммуникационных технологий [9].

Можно выделить несколько направлений развития информационных технологий определения уровня глюкозы в крови. Неинвазивные методы открывают возможность быстрого и массового сбора информации, т.е. оперативного накопления базы данных пациентов медицинского учреждения, либо выполнения профилактическо-статистического среза гликемического профиля населения. Таким образом, важной составляющей информационной технологии становятся базы данных, организованные в наиболее удобном для пользователя (врача) виде. Для возможности удаленного и многопользовательского доступа к ним необходима сетевая организация базы данных с соответствующим интерфейсом и системой защиты от несанкционированного доступа.

Кроме того, информационная технология будет наиболее эффективной, если будет содержать элементы системы поддержки принятия решений. Реализовать такую систему возможно с применением математического моделирования. В набор математических моделей может входить:

1) модель диагностического процесса, которая включает не только инструментальное определение уровня глюкозы в крови, но и методику его

продолжительного мониторинга, а также использование анамнестической анкеты и вспомогательных диагностических тестов;

2) математическая модель течения сахарного диабета у исследуемого пациента;

3) информационная модель определения возможности возникновения сахарного диабета в ближайшем будущем [10];

4) информационная модель медикаментозной терапии, соответствующей текущему состоянию пациента.

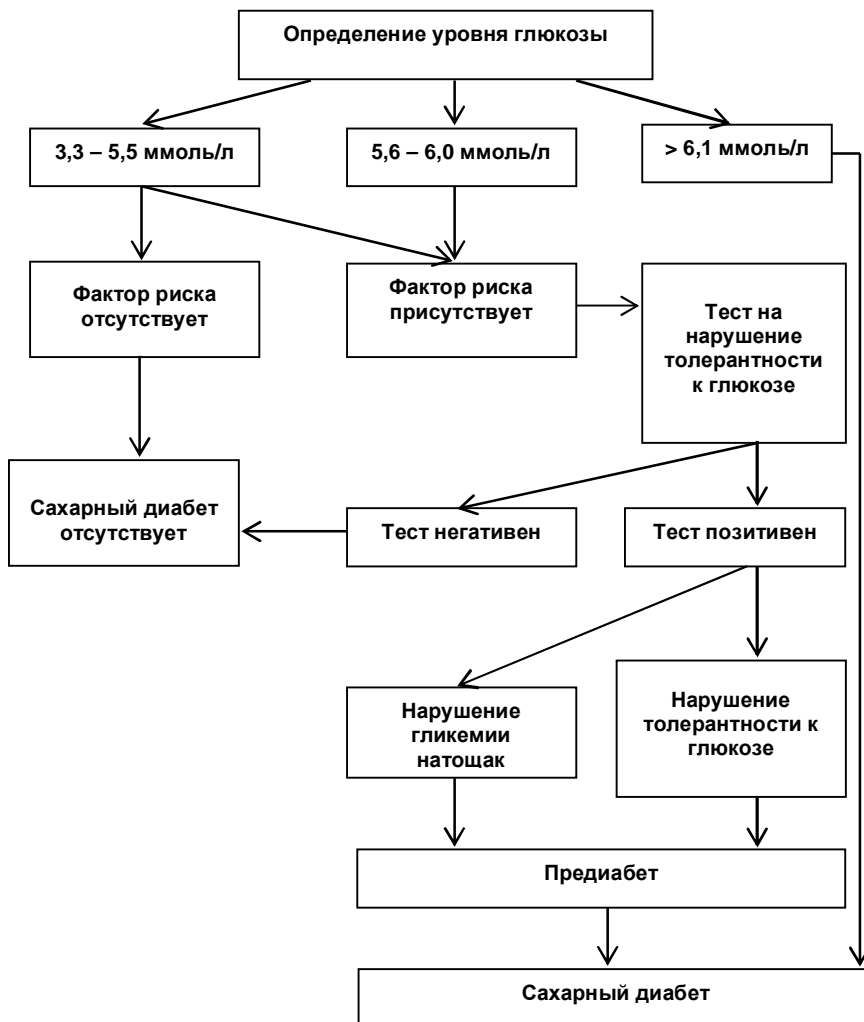


Рис. 1. Схема диагностирования предиабета и сахарного диабета

Система прогнозирования должна выполнять функцию выявления риска развития заболевания, что обеспечит возможность наиболее действенного и своевременного лечения на ранних стадиях сахарного диабета, таким образом повысив эффективность оказания медицинской помощи населению в целом.

Структурная организация такой системы может состоять из следующих компонентов:

- информационная система общих сведений о пациенте, которая предусматривает введение личных данных пациента;
- модуль инструментальных исследований;
- модуль дополнительных и тестовых исследований;
- модуль оценки текущего состояния пациента;
- модуль прогнозирования состояния пациента и принятия решения относительно стратегии и тактики его лечения;
- база данных и система доступа к ней.

Отметим, что модуль прогнозирования состояния и принятия решений должен содержать блок определения возможных причин возникновения сахарного диабета и формирования рекомендаций относительно предупреждения последующего развития заболевания.

Согласно структурной модели, можно выделить следующие этапы методики применения информационных технологий при исследовании пациентов с подозрением на сахарный диабет:

- 1) введение личных данных пациента;
- 2) введение данных на основе инструментального исследования;
- 3) введение данных на основе дополнительных исследований;
- 4) формирование математической модели течения сахарного диабета у пациента по результатам исследований;
- 5) определение уровня риска заболевания;
- 6) определение типа заболевания, либо вероятности возникновения заболевания того или иного типа;
- 7) определение причин возникновения заболевания и наиболее весомых факторов, влияющих на его развитие;
- 8) формирование рекомендаций по применению немедикаментозной и лекарственной терапии;
- 9) сохранение результатов исследований и определенных параметров в базе данных.

Внедрение предложенных информационных технологий позволит оптимизировать систему здравоохранения в сфере лечения и профилактики эндокринологических заболеваний гликемического профиля.

**Выводы.** Таким образом, несовершенство методологических и практических подходов к решению проблемы лечения сахарного диабета, нарастающая значимость системы своевременного определения уровня глюкозы в крови определяет необходимость создания информационных систем неинвазивного измерения уровня глюкозы в крови.

Предложенная структурная организация информационной технологии определения и прогнозирования возможности возникновения сахарного диабета содержит необходимые составляющие для организации всестороннего исследования с формированием выводов о текущем состоянии

пациента и списка рекомендаций относительно наиболее эффективного лечения заболевания, что в целом обеспечит повышение качества оказания медицинской помощи населению и понизит общий уровень заболевания сахарным диабетом, а также смертности от него.

1. *Фадеев П.А.* Сахарный диабет. — М.: Оникс, Мир и Образование, 2009. — 208 с.
2. Діагностика і лікування переддіабету в континуумі гіперглікемії: коли починається ризик розвитку цукрового діабету? / Погоджена думка Американського коледжу ендокринології і Американської асоціації клінічних ендокринологів // Ліки України. Науково-практичний журнал для лікарів та провізорів. — 2009. — № 1. — С. 8–15.
3. *Уоткінс П.Дж.* Сахарный диабет — 2-е изд. — М.: БИНОМ, 2006. — 134 с.
4. Ранняя диагностика цукрового діабету та його ускладнень / уклад. Тронько М.Д., Єфімов А.С., Кравченко В.І. та ін. // Лікар-інфо: портал про здоров'я. — 2003. — <http://www.likar.info/pro/43480>.
5. *Катеринчук В.І.* Профілактика цукрового діабету типу 2. Крок назустріч мрії // Міжнародний ендокринологічний журнал. — 2007. — № 1 (7). — <http://endocrinology.mif-ua.com/archive/issue-1929/article-1949>.
6. *Науменко В.Г., Пхакадзе О.Г., Сакало О.А.* Знайди ключі для контролю діабету! — К.: Тріумф, 2004. — 64 с.
7. *Катеринчук В.І.* Цукровий діабет типу 2. Діагностика та лікування на стадії предіабету // Міжнародний ендокринологічний журнал. — 2007. — № 2 (8). — <http://endocrinology.mif-ua.com/archive/issue-1825/article-1841>.
8. *Катеринчук В.І.* Найтипівіші помилки в діагностиці і лікуванні цукрового діабету типу 2 // Внутрішня медицина. — 2008. — № 1 (7). — <http://internal.mif-ua.com/archive/issue-4367/article-4397>.
9. *Collin S.M.H.* Dictionary of information technology. — Peter Collin, 2002. — 420 p.
10. *Злепко С.М., Сурова Н.М., Прудіус П.Г., Павлов С.В.* Використання формули Байєса для прогнозування виникнення цукрового діабету // Медична інформатика та інженерія. — 2010. — № 4. — С. 54–58.

Международный научно-учебный центр  
информационных технологий и систем  
НАН Украины и Министерства образования  
и науки, молодежи и спорта Украины, Киев  
Винницкий национальный технический университет  
Винницкий областной клинический  
эндокринологический диспансер

Получено 10.05.2012