

*Е.В. Власова**

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ САХАРНОГО ДИАБЕТА ПО АРТЕРИАЛЬНОМУ ДАВЛЕНИЮ

Сахарный диабет это многопричинное и развивающееся по разным механизмам заболевание, обусловленное абсолютной или относительной недостаточностью гормона инсулина, что приводит к развитию прекращения усвоения глюкозы, повышению ее уровня в крови и последующему изменению жирового, белкового, водно-электролитного обменов. Эти нарушения обмена веществ провоцируют многочисленные сосудистые осложнения (макро- и микроангиопатии) с глазными, неврологическими, почечными, печеночными и другими нарушениями.

Поскольку число людей, страдающих сахарным диабетом, неуклонно растет и порой заболевание протекает латентно, необходимо периодически при обследованиях измерять уровень содержания глюкозы в крови.

В ежедневной медицинской практике на современном этапе применяются инвазивные методы определения концентрации глюкозы в крови, такие как редуктометрические, колориметрические, ферментативные. Редуктометрические и колориметрические методы редко используются в клинической практике из-за своей высокой токсичности и низкой точности. Ферментативные методы более безопасные и точные. Самым точным из всех вышеперечисленных методов является ферментативный глюкозоксидазный, он также является наиболее распространенным в клинической практике. Перспективным направлением развития лабораторной диагностики является разработка и внедрение неинвазивных методов определения концентрации глюкозы в крови. Определять ее можно по температуре, по анализу выдыхаемого воздуха, по артериальному давлению.

Наиболее перспективным является способ определения концентрации глюкозы в крови по уровню артериального давления, запатентованный для предварительной диагностики сахарного диабета 2 типа и может широко применяться при профилактических обследованиях населения [1].

Обследование проводят утром, натощак, путем измерения параметров систолического и диастолического артериального давления последовательно на левой и правой руках пациента, а в качестве кри-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Е.И. Глинкина.

терия для определения концентрации глюкозы в крови используют безразмерный коэффициент корреляции, представляющий собой отношение наибольшего из измеренных значений систолического артериального давления на левой и правой руках к наименьшему из измеренных значений диастолического артериального давления на левой и правой руках. При этом каждому значению коэффициента корреляции соответствует единственное значение показателя концентрации глюкозы в крови, которое определяют опытным путем.

Повышение безопасности способа достигают за счет исключения забора крови для проведения анализа, так как обследование проводят путем измерения параметров артериального давления (АД) при помощи сфигмоманометра и фонендоскопа. Уменьшения затрат достигают вследствие применения для диагностики универсальной измерительной аппаратуры, имеющей более низкую стоимость.

Параметры кровяного давления в наибольшей степени характеризуют системное функциональное состояние организма в норме и патологии. У здоровых людей, в норме, уровни систолического и диастолического АД соответственно на обеих руках одинаковы или отличаются незначительно, а их отношение согласно критериям ВОЗ составляет $1,5 \pm 0,02$. В случае заболевания изменяются как абсолютные показатели АД, так и их соотношение на левой и правой руках.

Взаимозависимость нарушений углеводного обмена и заболеваний сердечно-сосудистой системы считается очевидной, так как организм является гомеостатической, саморегулирующейся системой, приспособляющейся к условиям существования. Отношение показателей систолического АД к диастолическому АД однозначно и качественно характеризует уровень гликемии. Методом математической статистики выведены эмпирические уравнения, описывающее эту взаимозависимость.

К преимуществам предлагаемого способа диагностики по сравнению с инвазивными относится сокращение времени обследования, возможность быстрой обработки результатов на ЭВМ и постановки диагноза, выявление скрытых форм сахарного диабета.

На основе выборки большого числа пациентов разного возраста с различной степенью тяжести протекания заболевания были выведены эмпирические уравнения, из которых рассчитаны коэффициенты корреляции. В дальнейшем эти, единые для всех, коэффициенты применялись для определения уровня концентрации глюкозы в крови. С одной стороны статистическая аппроксимация большой выборки пациентов ведет к универсальности применения метода, но в то же время не учитывает индивидуальных особенностей человеческого организма. Это ведет к возникновению методической погрешности для конкретного пациента.

Индивидуальный подход к расчету информативных параметров снижает методическую погрешность способа определения concentra-

ции глюкозы в крови. Такой подход возможно реализовать путем статистической аппроксимации экспериментальных данных одного пациента.

Для реализации статистического анализа необходима большая выборка, т.е. для одного человека необходимо сделать множество измерений артериального давления и уровня глюкозы в крови. Причем для точного расчета необходимы именно инвазивные измерения уровня глюкозы. Чтобы вычислить информативные параметры: предельное отношение максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому артериальному давлению и предельное содержание глюкозы в крови проводят статистическую аппроксимацию зависимости уровня глюкозы (измеренного инвазивно) от отношения максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому артериальному давлению. Для аппроксимации используют экспоненциальную зависимость, так как она отражает физический смысл процесса в явном виде с минимумом информативных параметров. Из полученного выражения легко определить эти параметры. Причем калибровочная характеристика и ее информативные параметры могут быть определены для каждого человека индивидуально, что снизит методическую погрешность по сравнению со способом-прототипом, основанным на большой выборке пациентов с различной степенью заболевания.

Однако, статистический подход не очень удобен (рис. 1, кривая 2). Его можно заменить методами образцовых сигналов, развитием которых является калибровка [2] (рис. 1, кривая 1).



Рис. 1. Зависимость уровня глюкозы в крови от отношения давлений:

1 – построенная по статистическому методу; 2 – построенная методом образцовых сигналов для известных границ диапазона

Предлагается адаптивная калибровка по измерениям образцовых мер границ диапазона, по аналогии с измерением диффузионного тока в полупроводниках по вольтамперной характеристике. Мерами калибровки в

предлагаемом способе выбраны предельное отношение максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому артериальному давлению и предельное содержание глюкозы в крови.

Технический алгоритм калибровки реализует процесс измерения глюкозы по артериальному давлению в явном виде с минимумом информативных параметров. Рассчитывают уровень содержания глюкозы в крови по формуле

$$P(n) = P_0 \exp^{n/n_0},$$

где P_0 – предельное содержание глюкозы в крови (взято из экспериментальных данных), ммоль/л; n – текущее значение отношения максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому артериальному давлению; n_0 – предельный параметр отношения максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому.

Калибровка по двум мерам границ диапазона адекватно отражает физику процесса, и ее применение позволяет решать задачу определения глюкозы в крови *аргiоi*, тем самым, повышая метрологическую эффективность предлагаемого способа по сравнению со способом-прототипом за счет снижения методической погрешности.

Таким образом, больным сахарным диабетом необходим постоянный контроль уровня глюкозы в крови. Вектор развития методов определения уровня глюкозы в крови направлен от инвазивных методов к неинвазивному методу определения концентрации глюкозы по артериальному давлению.

В ходе исследования выяснена низкая метрологическая эффективность существующего способа определения концентрации глюкозы по артериальному давлению и предложен путь ее повышения путем калибровки. Доказано, что целесообразно производить адаптацию информативных параметров калибровки к физической модели, отражающей оптимальным образом зависимость уровня глюкозы в крови от отношения максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому артериальному давлению, для каждого конкретного человека, используя для этого метод образцовых мер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эльбаев, А.Д. Диагностические аспекты взаимосвязи параметров гемодинамики и уровня глюкозы в крови / А.Д. Эльбаев, Х.А. Курданов, А.Д. Эльбаева // Клиническая физиология кровообращения. – 2006. – № 3.
2. Фарзане, Н.Г. Технологические измерения и приборы / Н.Г. Фарзане, Л.В. Илясов, А.Ю. Азим-заде. – М. : Высшая школа, 1989. – С. 89 – 94.

Кафедра «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»