

где θ – угол набегания волны на поток ($\cos \theta = \frac{k}{l}$);

$$G = \int_0^1 \bar{u}'_0 (\operatorname{Re} W \cdot \operatorname{Im} W' - \operatorname{Re} W' \cdot \operatorname{Im} W) dz. \quad (21)$$

Равенство (20) выполняется тождественно, когда $c = c_0 + ic_1$ является собственным значением однородной краевой задачи (12), (13). Используя обобщенную теорему о среднем и соотношения (17), получаем, что в случае неустойчивых волновых возмущений ($c_1 > 0$) равенство (20) нарушается при

$$\left(c_1 + \delta v_1 l + \frac{2\delta v_2}{l} \right) \int_0^1 |W'_1|^2 dz \geq \cos \theta \cdot G, \quad (22)$$

где $v_1 = v_H(\xi_1) + rv_L(\xi_1)$, $v_2 = v_H(\xi_2)$, $\xi_1, \xi_2 \in (0; 1)$.

Принимая во внимание очевидные соотношения (см. (21), (17)):

$$G \leq \max |\bar{u}'_0| \int_0^1 (|W|^2 + |W'|^2) dz \leq \frac{3}{2} \cdot \max |\bar{u}'_0| \int_0^1 |W'|^2 dz,$$

находим из (22) неравенство

$$c_1 + \delta v_1 l + \frac{2\delta v_2}{l} \geq \frac{3}{2} \cdot |\cos \theta| \cdot \max |\bar{u}'_0|, \quad (23)$$

которое обеспечивает реализацию условия (22). Следовательно, для существования неустойчивых волновых возмущений ($c_1 > 0$) необходима перемена знака в неравенстве (23). Умножая обе части неравенства (23) на l и меняя его знак на противоположный, получаем для величины экспоненциального показателя роста амплитуд волновых возмущений (инкремента внутренних волн) такую оценку:

$$\sigma_1 \leq \frac{3}{2} \cdot |\cos \theta| \cdot \max |\bar{u}'_0| l - \delta v_1 l^2 - 2\delta v_2. \quad (24)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Маков Ю.Н., Степанянц Ю.А. О влиянии кривизны профиля скорости на параметры нарастающих волн в сдвиговых потоках // *Океанология*. – 1984. – 24, вып. 4. – С. 578-585.
2. Хартиев С.М., Черкесов Л.В. Влияние вязкости жидкости и силы Кориолиса на устойчивость внутренних волн // *Докл. АН УССР. Сер. А*. – 1983. – №3. – С. 61-65.
3. Букатов А.Е., Власенко В.И., Пухтыр Л.Д. и др. *Динамика поверхностных и внутренних волн*. – Киев: Наук. думка, 1988. – 192 с.

4. Черкесов Л.В., Иванов В.А., Хартиев С.М. *Введение в гидродинамику и теорию волн*. – Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 1992. – 264 с.

5. Потетюнко Э.Н., Черкесов Л.В., Шубин Д.С., Щербак Е.Н. Свободные колебания и обратные спектральные задачи. Волновые движения неоднородной жидкости. – М.: Вузов. книга, 2001. – 288 с.

6. Бетчов Р., Криминале В. Вопросы гидродинамической устойчивости. – М.: Мир, 1971. – 350 с.

7. Дикий Л.А. *Гидродинамическая устойчивость и динамика атмосферы*. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 108 с.

Технические науки

ДИАГНОСТИКА И КОРРЕКЦИЯ ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИОННОГО СИНДРОМА У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ ПОСРЕДСТВОМ БОС-CO₂ ТЕХНОЛОГИИ

Бахмутова Ю.В., Пятакович Ф.А., Якунченко Т.И.
*Белгородский Государственный Университет РФ,
Белгород, Россия*

Актуальность исследования. Гипервентиляционный синдром (ГВС) является широко распространенным состоянием, которое встречается от 5 до 10 % взрослого населения. Наиболее часто

этот синдром приходится на возрастной промежуток 30-40 лет [2,6]. ГВС проявляется усилением дыхания, нарастающей тревогой, ощущением нехватки воздуха, затруднением вдоха полной грудью. Возможно появление головной боли, чувства сердцебиения, сжатия в груди. При этом даже незначительная физическая нагрузка, эмоциональные перенапряжения ведут к углублению и учащению дыхания, что усугубляет гипоканию и гипоксию, происходит нарушение паттерна дыхания центрального генеза[1]. С данной патологией встречаются врачи разных специальностей, а об-

ращаемость таких пациентов за врачебной помощью возрастает и составляет от 6 до 11% в общесоматической сети [6]. Таким образом, ГВС требует пристального внимания и изучения его влияния на соматическое заболевание.

Доказано, что недооценка роли ГВС в клинической картине заболевания способствует гипердиагностике и неоправданному усилению терапии, что может привести к нарастанию побочных эффектов лекарственных средств и снижению качества жизни пациента.

В настоящее время недостаточно изученной проблемой является диагностика и лечение ГВС у больных сахарным диабетом второго типа. По данным И.И. Дедова, в России 8 млн. человек, или 5% всего населения, страдает сахарным диабетом, из них 90%- сахарный диабет второго типа. Смертность таких больных в 2,3 раза выше, смертности в общей популяции [3]. Учитывая, что с ростом числа пациентов резко возрастает и количество сосудистых осложнений данного заболевания, связанные с проявлениями гипоксии, проводимые исследования являются актуальными не только для науки, но и для практической медицины.

Целью настоящего исследования является оптимизация лечения больных сахарным диабетом второго типа, средней степени тяжести посредством коррекции гипервентиляционного синдрома с помощью технологии БОС-СО₂ на капнографе «Микон».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

изучить динамику показателя степени напряжения углекислого газа в выдыхаемом воздухе в процессе БОС-СО₂ тренинга;

изучить параметры структуры дыхательного цикла в процессе БОС-СО₂ тренинга;

разработать нормативную диагностическую базу капнографии;

провести диагностические и лечебные сессии у больных сахарным диабетом 2 типа с помощью капнографа «Микон»;

изучить эффективность дыхательных тренировок у больных сахарным диабетом с различными исходными показателями парциального давления углекислого газа в выдыхаемом воздухе.

Материалы и методы исследования.

Впервые предлагается использовать капнометр «Микон» для коррекции ГВС у больных сахарным диабетом 2 типа. Данный капнометр является компьютеризированным прибором, который измеряет концентрацию СО₂ в выдыхаемом человеком воздухе. При этом результаты прослеживаются в реальном масштабе времени на мониторе компьютера, в частности график капнограммы позволяет определить концентрацию СО₂ в выдыхаемом воздухе и частоту дыхания пациента. В конце диагностической сессии все данные переходят в заключительный отчет и сохраняются отдельным файлом в базе данных прибора.

С помощью капнографа было обследовано 80 человек, в том числе 50 здоровых (мужчин 20 и женщин 30) среднего возраста и 30 больных сахарным диабетом второго типа, средней степени тяжести. Больным проводится сначала пятиминутная диагностическая сессия, затем дыхательный тренинг по 14 минут в течение 12 дней. После курса дыхательного тренинга вновь проводится диагностическая сессия [4].

В период проведения тренинга параметры (частота и глубина дыхания) подбираются индивидуально для каждого пациента, с учетом показателя парциального давления углекислого газа в выдыхаемом воздухе и самочувствия пациента во время тренинга [5].

Таблица 1. Параметры дыхательного цикла больных сахарным диабетом в период до воздействия

N пп	FetCO ₂	Вдох	Выдох	Выдох/вдох	Асимметрия AS=выд/(вд+выд)
1	3,70	1,3	1,7	1,31	0,57
2	3,60	1,2	1,7	1,42	0,59
3	3,60	1,5	1,7	1,13	0,53
4	3,60	2,8	0,3	0,11	0,10
5	3,50	2,4	1,7	0,71	0,41
6	3,50	1,5	2,3	1,53	0,60
7	3,40	1,85	2,2	1,19	0,54
8	3,50	1,60	2,3	1,44	0,59
9	3,50	1,10	2,2	2,0	0,67
10	3,50	1,10	2,2	2,0	0,67
$\bar{X} \pm 2s$	3,54±0,16	1,63±0,34	1,83±1,0	1,27±2,6	0,53±0,28
CV%	2,1	10,7	27,7	102,4	26,9

Результаты и анализ исследований.

Нормативные показатели включали определенные концентрации углекислого газа в выдыхаемом воздухе (FetCO₂), частоту дыхания и показатели структуры (паттерна) дыхательного цикла.

Паттерн дыхательного цикла включал определение периода дыхательного цикла, периода вдоха и выдоха, отношение длительности выдоха к длительности вдоха и асимметрию дыхательного цикла, как отношение длительности выдоха к периоду дыхательного цикла.

Результаты исследования больных сахарным диабетом в периоде до тренинга представлены в таблице 1.

Как видно из представленных в таблице 1 данных показатели концентрации углекислого газа (FetCO₂) в выдыхаемом воздухе в среднем составили 3,54%, что существенно ниже нормы. Структура дыхательного цикла значительно отличается от нормальных значений. Длительность выдоха хотя и длиннее длительности вдоха, но всего в 1,27 раза в среднем. Коэффициент вариации превышает нормальные значения, особенно это касается длительности выдоха. Коэффициент асимметрии дыхательного цикла существенно ниже нормальных показателей.

Таким образом, сочетание укороченного периода дыхательного цикла с уменьшением асимметрии дыхательного цикла свидетельствует о наличии у обследуемых больных гипервентиляционного синдрома.

Полученные данные объясняются тем, что декомпенсация сахарного диабета сопровождается метаболическим ацидозом, который приводит к раздражению дыхательного центра, развитию ГВС и гипокании. Дефицит углекислого газа способствует спазму мелких артерий и капилляров, открытию артерио-венозных шунтов и ухудшению кровообращения в органах и тканях, которое и так нарушено при сахарном диабете, в результате наличия микро и макрососудистых осложнений. То есть, ГВС усиливает проявление гипоксии при сахарном диабете, которая, в свою очередь, поддерживает компенсаторную гипервентиляцию, замыкая порочный круг и ухудшая течения сахарного диабета и его осложнений.

Рассмотрим структуру дыхательного цикла у больных сахарным диабетом после проведенных сеансов БОС–СО₂ тренинга в течение 12 дней.

Результаты исследования больных сахарным диабетом в периоде после тренинга представлены в таблице 2.

Таблица 2. Параметры дыхательного цикла больных сахарным диабетом в период после воздействия

N пп	FetCO ₂	Вдох	Выдох	Выдох/вдох	Асимметрия AS=выд/(вд+выд)
1	5,5	2,46	3,6	1,46	0,59
2	5,5	2,49	3,7	1,49	0,60
3	5,5	2,40	4,0	1,66	0,59
4	5,3	2,06	4,0	1,94	0,66
5	5,4	2,00	4,1	2,05	0,67
6	5,3	2,02	3,8	1,88	0,65
7	5,4	2,34	3,6	1,54	0,61
8	5,5	2,20	3,8	1,73	0,65
9	5,4	2,03	3,8	1,87	0,65
10	5,2	1,96	4,1	2,09	0,68
$\bar{X} \pm 2s$	5,4±0,15	2,19±0,26	3,85±0,24	1,77±0,70	0,63±0,04
CV%	1,4	6,05	3,2	19,7	3,6

Как видно из представленных в таблице 2 данных паттерн дыхательного цикла после проведенного тренинга претерпел существенные изменения. Во-первых, в 1,5 раза возросла концентрация углекислого газа в выдыхаемом воздухе. Во-вторых, удлинился дыхательный цикл до 6,04 секунды. Частота дыханий с 18 в периоде до тренинга уменьшилась до 10 дыханий в минуту в периоде после тренинга. Значительно снизился коэффи-

циент вариации и длительности вдоха и длительности выдоха. Возрос коэффициент асимметрии за счет возрастания длительности выдоха и укорочения длительности дыхательного цикла.

Как следует из представленных в таблице данных, динамика показателя Fet CO₂ и параметров структуры дыхательного цикла в процессе тренинга соответствовала их коррекции. Разница не сгруппированных рядов статистически достоверна.

Величина t была вычислена по формуле:

$$t = \frac{\sum d_i}{\sqrt{\frac{\sum d_i^2 - (\sum d_i)^2 / n}{n(n-1)}}},$$

где $d_i = x_i - y_i$ – разность пар.

Если полученное t превосходит табличное значение $t_{0,05; n-1}$ делается вывод о том, что между рядами имеется существенная разница.

После проведения капнографических лечебных тренировок улучшилось общее самочувствие пациентов, уменьшились тревога, одышка при физической нагрузке, нормализовался сон, улучшились показатели гликемии на прежних дозах сахароснижающей терапии.

Существует связь между сдвигами асимметрии дыхательного цикла и изменениями показателей кислотно-щелочного равновесия крови. При сдвиге Ph в кислую сторону (даже компенсированный ацидоз) – соотношение длительностей фаз дыхания изменяется. По результатам исследований Е.В. Гублера известно, что при наличии ожоговой травмы у животных и при наличии удлиненного выдоха – животные не погибают. Если выдох укорочен – то животные погибают.

Выводы:

1. Разработана нормативная диагностическая база капнографии, включающая вычисление параметров паттерна дыхательного цикла: период дыхательного цикла, длительность вдоха и длительность выдоха, коэффициент асимметрии дыхательного цикла и показатели их вариативности.

2. Капнографический анализ в периоде до лечения выявил нарушения структуры дыхательного паттерна у больных сахарным диабетом второго типа и снижение концентрации углекислого газа в выдыхаемом воздухе.

2. Включение в схему лечения капнографического тренинга у больных сахарным диабетом второго типа позволило скорректировать структуру дыхательного паттерна и, как следствие, купировать синдром гипервентиляции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Абросимов, В. Н. Гипервентиляционный синдром в клинике практического врача. Рязань 2001 г.-136 с.
2. Агаджанян, Н.А. Гипокапнические и гиперкапнические состояния.-М: Медицина. –2003г.-35с.
3. Дедов, И.И. Сахарный диабет.- М: Медицина. – 2006 г. - 3с.
4. Макконен, К.Ф. Лечение синдрома гипервентиляции посредством биоуправляемой директивной цветостимуляции и респираторного БОС-СО₂ тренинга / К.Ф. Макконен, Ю.В. Бахмутова. // Управление процессами диагностики и лечения:

межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж: ВГТУ, 2008. – С. 29-33.

5. Макконен, К.Ф. Разработка нормативной базы для респираторного БОС–СО₂ тренинга при лечении синдрома гипервентиляции у больных сахарным диабетом./ К.Ф. Макконен, Ю.В. Бахмутова.// Аллергология и иммунология. – 2009. – Т.10, № 2. – С.268.

6. Токарева, Н.А. Гипервентиляционный синдром при соматической патологии и при органном неврозе. Кандидатская диссертация, 2004г - 7-10 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МУЛЬТИВЕРСИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СЕТЕЙ

Ковалев П.В.

*Сибирский федеральный университет,
Красноярск, Россия*

В настоящее время предложено множество подходов, которые призваны обеспечить надежность программного обеспечения (ПО), среди которых и различные технологии, и программные средства, и методологии разработки. Использование этих средств порой требует значительных ресурсов, однако, в связи с тем, что данные технологии зачастую не связаны друг с другом и между ними не существует единых критериев определения надежности, не представляется возможным ответить на вопрос, становится ли программное обеспечение надежнее от применения этих технологий.

Поскольку повышение надежности ПО является актуальной задачей, а мультиверсионность, как метод повышения надежности ПО является перспективным и достаточно эффективным методом, автором предложен способ применения методов сетевого анализа (ГЕРТ сетей) для получения вероятностно-временных характеристик функционирования системы построенной на мультиверсионной архитектуре. Методы сетевого анализа позволяют легко построить модель системы и составить процедуры для определения её качественных характеристик. Любой комплекс программ и все ПО как совокупность всех комплексов программ является сложной системой и, в соответствии с этим, может быть подвергнут декомпозиции и представлен в виде множества узлов и дуг или просто сети, из чего следует, что любое мультиверсионное ПО может быть представлено в виде сети.

Автором предложена методика представления мультиверсионного ПО в виде ГЕРТ-сети, а также алгоритм получения вероятностно-временных характеристик функционирования системы. Кроме того, впервые предложены базовые модели ГЕРТ-сетей, описывающие различные способы применения методологии мультиверсий для обеспечения отказоустойчивости программного обеспечения.