



УДК 616-089.168.1-08:616.2-78:681.5

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ПАЦИЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ БИОУПРАВЛЕНИЯ, ОРГАНИЗОВАННОГО ПО КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ВЫДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ И ЧАСТОТЕ ДЫХАНИЯ

Бразовская Н.Г., Мелехин Е.В., Светлик М.В., Бразовский К.С., Вусик А.Н.

Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск

РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются методические, технические и программные аспекты адаптивного биоуправления, организованного по параметрам внешнего дыхания. Предложена методика БОС-тренинга, основанная на регуляции частоты дыхания и содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе. Проведены предварительные исследования в группе пациентов после абдоминальной хирургической операции. Показано, что пациенты осваивают навыки произвольной регуляции содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе. Был сделан вывод о том, что применение БОС-тренинга в послеоперационном периоде способствует быстрому восстановлению параметров внешнего дыхания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дыхательный БОС-тренинг, реабилитация.

Введение

Кислотно-щелочное равновесие играет чрезвычайно важную роль в системной регуляции метаболических процессов и развитии адаптационных реакций. Особенно актуально поддержание газового и электролитного баланса во время хирургических вмешательств и в послеоперационном периоде, поскольку это напрямую влияет на вероятность развития и тяжесть осложнений. Одним из физиологических путей поддержания кислотно-щелочного равновесия является дыхательная регуляция уровня углекислого газа в крови за счет изменения частоты и глубины дыхания в определенных условиях внешней среды. В результате при многих патологических состояниях системы внешнего дыхания может развиваться целый ряд изменений как функционального, так и патологического характера [1].

Известно, что существуют значительные резервы сознательного управления дыханием за счет наличия множественных контуров естественной регуляции дыхательного цикла, однако полноценная мобилизация внутренних ресурсов требует длительных трени-

ровок и выработки специальных навыков произвольного дыхания [6]. Применение подобных дыхательных упражнений затруднительно, если пациент ранее не занимался дыхательной гимнастикой. Однако существует более простой и быстрый путь обучения сознательному управлению дыханием на основе биоуправления, организованного по основным параметрам дыхания. Наиболее существенными с точки зрения лечебно-коррекционных процедур параметрами являются частота, глубина дыхания и содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе [2, 8, 9]. Навыки управления этими параметрами могут быть использованы для целенаправленной коррекции кислотно-щелочного равновесия в организме человека. Проблема заключается в том, что для реализации этой методики требуется специализированная аппаратура и программное обеспечение для регистрации перечисленных параметров в реальном времени, а также представление результатов измерения пациенту в определенной форме с указанием цели управления и эффективности проведения тренинга [2, 3].

В связи с этим актуальной задачей является разработка методик, аппаратного и программного обеспечения для немедикаментозной коррекции незначитель-

✉ *Бразовская Наталья Георгиевна*, тел.: 8-913-884-7333, 8 (3822) 53-10-78; e-mail: brang@mail.ru

ных нарушений кислотно-щелочного равновесия на основе биоуправления, базирующегося на витальном механизме адаптивной обратной связи (БОС-тренинг). В основе тренинга лежит возможность постоянного наблюдения и самообучения пациента целенаправленными действиями по регуляции внешнего дыхания путем слежения за основными параметрами и достижения заданных показателей [7]. Лечебно-коррекционные возможности методики могут быть использованы в составе комплексной терапии дыхательных расстройств, в основе которых лежит нарушение регуляции респираторной функции. Одна из возможных областей применения дыхательного БОС-тренинга – реабилитация пациентов после перенесенных операций.

Цель работы – разработать методику, ее аппаратное и программное обеспечение для проведения лечебно-коррекционных процедур с использованием биоуправления по параметрам внешнего дыхания.

Задачи:

1. Разработать алгоритм оценки и предъявления в виде сигнала обратной связи параметров внешнего дыхания: концентрации CO_2 в выдыхаемом воздухе и частоты дыхательных движений.
2. Реализовать метод в виде программно-аппаратного комплекса для использования в лечебно-профилактических учреждениях.
3. Провести апробацию методики БОС-тренинга в составе комплекса реабилитационных мероприятий для восстановления функций внешнего дыхания пациентов хирургического отделения.

Материал и методы

В исследование включены пациенты хирургического отделения после перенесенного абдоминального оперативного вмешательства. Критериями включения пациентов в исследование являлись: пол – мужской и женский; возраст – от 20 до 70 лет; степень тяжести состояния после перенесенного оперативного вмешательства – легкая и средняя; выявленная гипер- или гипокания при исследовании дыхательной системы пациентов.

Критерии исключения пациента из исследования: острые и хронические заболевания дыхательной системы (бронхиальная астма, туберкулез, ХОБЛ и т.д.); острые инфекционные заболевания; заболевания сердечно-сосудистой системы; состояние беременности или лактации у женщин.

Все пациенты разделены на две группы: контрольную (12 человек) и группу, прошедшую курс БОС-тренинга (12 человек).

Материалом исследования является выдыхаемый воздух пациентов, который анализируется ультразвуковым проточным капнометром КП-01-«Еламед».

При разработке программного приложения использован язык программирования BorlandDelphi 7, база данных создавалась и администрировалась с помощью GUI-оболочки IVExpert.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета прикладных программ SPSS 11.5 for Windows. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании был принят равным 0,05 (p – достигнутый уровень значимости). Описание количественных признаков проводилось при помощи медианы Me и межквартильного размаха (Q_1-Q_3). Для сравнения двух независимых выборок применялся критерий Манна-Уитни. Оценка динамики количественных признаков проводилась с использованием критерия Вилкоксона.

Результаты и обсуждение

Разработан программный комплекс для игрового биоуправления [3, 4] по частоте дыхания (ЧД) и концентрации CO_2 , состоящий из капнометра, сопряженного с компьютером, и программного обеспечения. Сигнал, поступающий с капнометра, обрабатывается в реальном времени. В программном приложении реализованы четыре вида игрового биоуправления. Каждая игра реализована по следующему принципу: начальное положение движущегося по экрану объекта – диагностическое значение регулируемого параметра, конечное положение – требуемое значение. Для того чтобы не допустить осложнений со стороны дыхательной системы у пациентов во время занятий БОС-тренингом, в программном приложении реализована система ограничений по частоте дыхания и концентрации CO_2 (при выходе за пределы нормы по данным параметрам выдается сообщение о некорректном проведении биоуправления). Для оценки эффективности курса БОС-терапии реализована возможность просмотра динамики регулируемых параметров в ходе отдельно взятого сеанса или курса целиком.

Разработанный программно-аппаратный комплекс применялся в практической работе хирургического отделения госпитальной клиники им. А.Г. Савиных в составе комплекса реабилитационных мероприятий для восстановления функций внешнего дыхания послеоперационных пациентов.

В исследование включены пациенты хирургического отделения, степень тяжести общего состояния которых являлась легкой либо средней. Обследованы две группы по 12 человек. Всем пациентам проводилось измерение диагностических параметров (концентрация

СО₂ в выдыхаемом воздухе и ЧД) в первый и последний день исследования. Пациенты первой (контрольной) группы получали стандартное лечение. Курс БОС-тренинга для пациентов второй группы включал в себя семь ежедневных сеансов продолжительностью 15–20 мин.

Пациентам для приобретения навыков снижения концентрации углекислого газа в выдыхаемом воздухе была предложена следующая методика дыхания во время БОС-тренинга: необходимо дышать как можно медленнее как на вдохе, так и на выдохе, при этом пауза на выдохе позволяет накопить углекислый газ, а пауза на вдохе вызывает уменьшение концентрации углекислого газа в крови. Предлагаемая методика тренировки позволяет улучшить качество дыхания, что очень важно в послеоперационном периоде для предупреждения застойных явлений в дыхательной и сердечно-сосудистой системе, восстановления брюшного дыхания, предупреждения образования спаек в брюшной полости.

В первый день исследования ЧД и концентрация СО₂ у пациентов опытной и контрольной групп не имели статистически значимых различий ($p = 0,26$; $p = 0,091$) (таблица). При сравнении параметров, регистрируемых в последний день исследования, обнару-

жены статистически значимые различия между группами: уровень концентрации СО₂ выше, а частота дыхания ниже у пациентов, занимавшихся тренингом ($p = 0,006$; $p = 0,02$). При этом в контрольной группе не выявлено изменения исследуемых параметров за семь дней исследования ($p = 0,239$; $p = 0,08$). В группе БОС-тренинга установлено статистически значимое повышение концентрации СО₂ ($p = 0,003$) и снижение частоты дыхания ($p = 0,002$) (рис. 1, 2). Концентрация СО₂ и ЧД были восстановлены до пределов нормы – 4,97 (4,26–5,3) и 17 (16–19,5) соответственно (показателями нормы для оценки концентрации СО₂ являются значения 4,5–5,5%, а частоты дыхания – 16–20 дыхательных движений в минуту) [5].

Таким образом, по результатам исследования можно сделать вывод о том, что БОС-тренинг оказал существенное влияние на изменение концентрации СО₂ в выдыхаемом воздухе и частоты дыхания послеоперационных пациентов хирургического отделения. У пациентов отмечено восстановление регулируемых параметров дыхания до нормальных значений: увеличение концентрации СО₂ и снижение частоты дыхания, что является результатом использования предложенной методики дыхания совместно с биоуправлением на основе биологической обратной связи.

Сравнение диагностических параметров двух групп (Me (Q₁–Q₃))

Показатель	Группа БОС	Контрольная группа	Сравнение групп
Концентрация СО ₂ в выдыхаемом воздухе: первый день исследования последний день исследования Оценка динамики	3,80 (3,28–4,13) 4,97 (4,26–5,30) $p = 0,003$	4,07 (3,57–4,31) 3,95 (3,77–4,49) $p = 0,239$	$p = 0,26$ $p = 0,006$
Частота дыхания: первый день исследования последний день исследования Оценка динамики	23,50 (21,00–25,00) 17,00 (16,00–19,50) $p = 0,002$	21,50 (19,00–22,50) 20,00 (18,50–20,00) $p = 0,080$	$p = 0,091$ $p = 0,02$

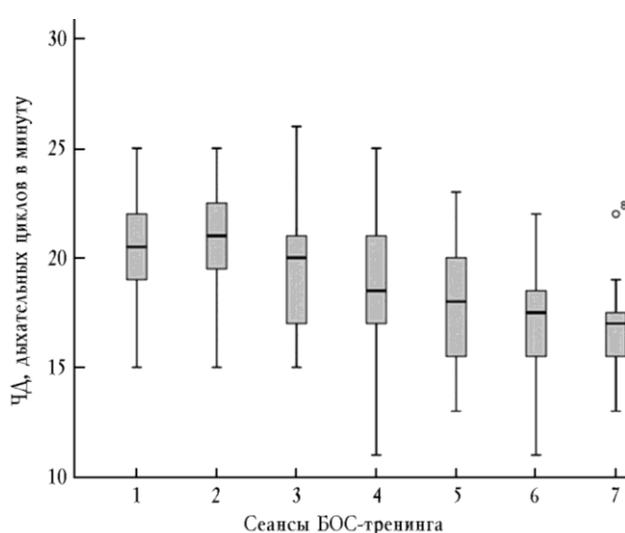
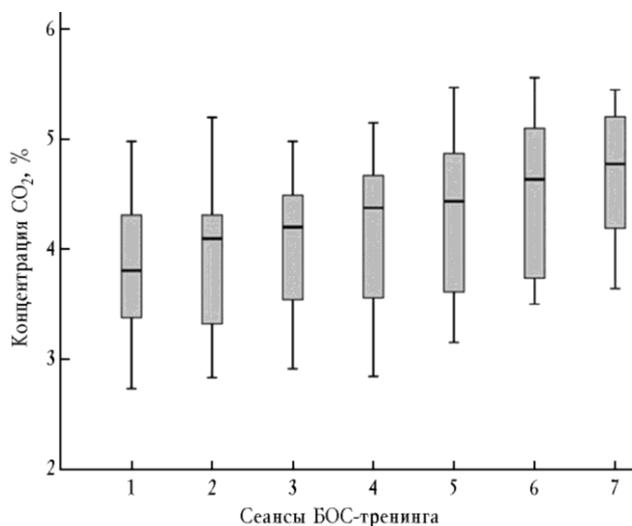


Рис. 1. Динамика концентрации CO₂ в выдыхаемом воздухе при проведении курса БОС-тренинга**Заключение**

БОС-тренинг по параметрам бронхолегочной системы (концентрации CO₂ в выдыхаемом воздухе и частоте дыхания) можно рекомендовать для использования в комплексе реабилитационных мероприятий по восстановлению функций внешнего дыхания послеоперационным больным.

Литература

1. Агаджанян Н.А. Управление процессами диагностики и лечения: гипокапнические и гиперкапнические состояния. М.: Медицина, 2003. 63 с.
2. Высочин Ю.В., Денисенко Ю.П., Гордеев Ю.В. Повышение адаптационных возможностей организма спортсменов с помощью биологической обратной связи // Физиология человека. 2005. Т. 31, № 3. С. 93.
3. Джафарова О.А., Штарк М.Б. Компьютерные системы биоуправления: тенденции развития // Мед. техника. М.: Медицина, 2002. С. 34–35.

Рис. 2. Динамика ЧД при проведении курса БОС-тренинга

4. Долецкий А.Н. Эффективность различных техник саморегуляции с применением метода биологической обратной связи // Современ. наука и технологии. 2007. № 4. С. 78–79.
5. Корячкин В.А., Страшнов В.И., Чуфаров В.Н. Клинические функциональные и лабораторные тесты в анестезиологии и интенсивной терапии. СПб., 2004. 88 с.
6. Малкин В.Б., Гора Е.П. Физиологические эффекты произвольной задержки дыхания // Физиология человека. 1990. № 1. С. 118–126.
7. Сохадзе Э.М., Штарк М.Б., Шульман Е.И. Биологическая обратная связь в научных исследованиях и клинической практике // Бюл. СО АМН СССР. 1985. № 5. С. 78.
8. Ritz T., Meuret A.E., Wilhelm F.H., Roth W.T. Changes in pCO₂, symptoms, and lung function of asthma patients during capnometry-assisted breathing training // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2009. Mar. 34(1): P. 1–6. Epub. 2008 Dec. 2.
9. Holliday J.E., Lippmann M. Reduction in ventilatory response to CO₂ with relaxation feedback during CO₂ re-breathing for ventilator patients // Chest. 2003. Oct. 124 (4): P. 1500–1511.

Поступила в редакцию 07.12.2012 г.

Утверждена к печати 22.11.2012 г.

Бразовская Наталья Георгиевна (✉) – канд. мед. наук, доцент кафедры медицинской и биологической кибернетики СибГМУ (г. Томск).

Мелехин Евгений Владимирович – врач-интерн кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии СибГМУ (г. Томск).

Светлик Михаил Васильевич – канд. биол. наук, доцент кафедры медицинской и биологической кибернетики СибГМУ (г. Томск).

Бразовский Константин Станиславович – канд. мед. наук, доцент кафедры медицинской и биологической кибернетики СибГМУ (г. Томск).

Вусик Александр Николаевич – д-р мед. наук, профессор кафедры госпитальной хирургии с курсом онкологии СибГМУ (г. Томск).

✉ **Бразовская Наталья Георгиевна**, тел.: 8-913-884-7333, (3822) 53-10-78; e-mail: brang@mail.ru

RESPIRATORY FUNCTION RECOVERY OF THE POSTSURGICAL PATIENTS BY MEANS OF THE BIOFEEDBACK OF THE CARBON DIOXIDE CONCENTRATION IN EXHALED AIR AND RESPIRATORY RATE

Brazovskaya N.G., Melekhin Ye.V., Svetlik M.V., Brazovsky K.S., Vusik A.N.

Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation

ABSTRACT

The methodical, technical and software realization of the biofeedback of expiration parameters are described. The biofeedback training method based on the breath frequency and CO₂ concentration regulation is proposed. Preliminary study was conducted in the group of patients after abdominal surgical. It has been shown that the patients master their skills of CO₂ concentration self-regulation. Using biofeedback for the postsurgical rehabilitation facilitates the rapid recovery of the expiration parameters.

KEY WORDS: respiratory biofeedback training, rehabilitation.

Bulletin of Siberian Medicine, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 80–84

References

1. Agadganyan N.A. *Management of the processes of diagnosis and treatment: hypocapnic and hypercapnic status*. Moscow, Medicine Publ., 2003. 63 p. (in Russian).
2. Vysochin Yu.V., Denisenko Yu.P., Gordeyev Yu.V. *Human Physiology*, 2005, vol. 31, no. 3, pp. 93 (in Russian).
3. Jafarova O.A., Shtark M.B. *Computer systems biomanagement: development trends*. Moscow, Medicine Publ., 2002, pp. 34–35 (in Russian).
4. Doletsky A.N. *Modern Science Intensive Technologies*, 2007, no 4, pp. 78–79 (in Russian).
5. Koryachkin V.A., Strashnov V.I., Chufarov V.N. *Clinical, functional and laboratory tests in anesthesiology and intensive therapy*. St. Petersburg, 2004. 88 p. (in Russian).
6. Malkin V.B., Gora Ye.P. *Human Physiology*, 1990, no. 1, pp. 118–126 (in Russian).
7. Sokhadze E.M., Shtark M.B., Shulman Ye.I. *Bulletin of the Siberian Branch of the USSR Academy of Medical Sciences*, 1985, no. 5, pp. 78 (in Russian).
8. Ritz T., Meuret A.E., Wilhelm F.H., Roth W.T. Changes in pCO₂, symptoms, and lung function of asthma patients during capnometry-assisted breathing training. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.*, 2009, Mar., 34(1), pp. 1–6. Epub. 2008 Dec. 2.
9. Holliday J.E., Lippmann M. Reduction in ventilatory response to CO₂ with relaxation feedback during CO₂ re-breathing for ventilator patients. *Chest.*, 2003, Oct., 124 (4), pp. 1500–1511.

Brazovskaya Nataliya G. (✉), Medical and Biological Cybernetics Department, Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

Melekhin Yevgeny V., Department of Radiology and Radiotherapy of Medical and Biological Cybernetics Department, Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

Svetlik Mikhail V., Medical and Biological Cybernetics Department, Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

Brazovsky Konstantin S., Medical and Biological Cybernetics Department, Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

Vusik Aleksandr N., Hospital Surgery Department with the course of oncology, Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

✉ **Brazovskaya Nataliya G.**, Ph.: +7-913-884-7333, +7 (3822) 53-10-78; e-mail: brang@mail.ru