

© САХАРОВА Е.В., КОНОВА О.М., 2023

Сахарова Е.В., Конова О.М.

Опыт применения кардиореспираторного тренинга с биологической обратной связью у пациента с сочетанной патологией

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, 119991, Москва, Россия

Методы с биологической обратной связью (БОС) находят всё более широкое применение в практике благодаря своему многообразию, возможности яркой визуализации корректируемых функций и наличию объективных показателей оценки динамики процесса тренировки. С помощью БОС-тренинга происходит обучение пациентов навыкам, которые облегчают их состояние, поддерживают активное функционирование, тем самым повышают качество жизни. Один из простых методов биоуправления — это кардиореспираторный тренинг, в процессе которого пациент обучается навыку диафрагмально-релаксационного дыхания, эффективного в реабилитации при различных патологиях, особенно в педиатрической практике. Данный вид биоуправления основан на управлении дыханием и вариабельностью ритма сердца, которая отражает способность организма к быстрому восстановлению после воздействия психических и физических стрессовых факторов и является своеобразным маркером сердечно-сосудистого и психофизиологического здоровья человека. В приведённом клиническом примере демонстрируется случай дыхательной коррекции у пациента с сочетанной патологией (рассеянный склероз, эссенциальная артериальная гипертензия и паническое расстройство). Тренинг был выбран как наиболее оптимальный для повышения качества жизни пациента, учитывая ведущую жалобу на панические атаки. Одна из основных задач реабилитации у данного ребёнка — обучение навыкам диафрагмально-релаксационного дыхания, что позволило пациенту научиться справляться в дальнейшем с возникающими паническими атаками, снизить тревожность и улучшить тем самым своё самочувствие. В статье подробно описаны ход занятий, упражнения для ежедневного применения, представлена положительная динамика регистрируемых показателей и состояния пациента к концу курса. Кардиореспираторный тренинг — эффективный и понятный метод реабилитации, который можно активно использовать в практике для объективной оценки проведённых занятий, психоэмоциональной коррекции у детей и подростков с различной патологией.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца; биоуправление; биологическая обратная связь; кардиореспираторный тренинг

Соблюдение этических стандартов. Авторы получили письменное согласие пациента на анализ и публикацию медицинских данных.

Для цитирования: Сахарова Е.В., Конова О.М. Опыт применения кардиореспираторного тренинга у пациента с сочетанной патологией. *Неврологический журнал им. Л.О. Бадаляна* 2023; 4(4): 226–233

<https://doi.org/10.46563/2686-8997-2023-4-4-226-233>

<https://elibrary.ru/oueogj>

Для корреспонденции: Сахарова Елена Владимировна — младший научный сотрудник лаборатории реабилитации и восстановительного лечения ФГАУ НМИЦ здоровья детей МЗ РФ, 119991, Москва. E-mail: sakharova@nczd.ru

Участие авторов:

Сахарова Е.В. концепция, написание текста, редактирование;

Коннова О.М. концепция, редактирование.

Все соавторы утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 25.08.2023

Принята к печати 15.11.2023

Опубликована 28.12.2023

Elena V. Sakharova, Olga M. Konova

Application of cardiorespiratory training with biofeedback in a patient with comorbidity

National Medical Research Center for Children's Health, Russian Federation, 119991, Moscow

Biofeedback is increasingly used in practice due to diversity, the possibility of visualization of corrective functions, and the availability of objective indicators for assessing the dynamics of the training process. Biofeedback training helps to teach patients to skills that alleviate their condition, support active functioning, thereby increasing the quality of life. One of the simple methods of biofeedback is cardiorespiratory training, during which the patient learns the skill of diaphragmatic relaxation breathing, which is effective in rehabilitation for various pathologies, especially in pediatric practice. This type of biofeedback is based on the control of breathing and heart rate variability (HRV). HRV reflects the body's ability to quickly recover from exposure to mental and physical stress factors. HRV is a unique marker of a person's cardiovascular and psychophysiological health. This clinical example demonstrates a case of respiratory correction in a patient with comorbidities (multiple sclerosis, essential arterial hypertension, and panic disorder). The training was chosen as the most optimal for improving the patient's quality of life, in respect that the leading complaint was panic attacks. One of the main goals of rehabilitation for this child is to teach the skills of diaphragmatic relaxation breathing, which allowed the patient learning to cope with future panic attacks, reduce anxiety and thereby improve his well-being. The article describes in detail the course of the training, recommended exercises for daily use, and presents the positive trend in the recorded indicators and the patient's condition by the end of the course. Cardiorespiratory training is an effective and understandable method of rehabilitation that can be actively used in practice for an objective assessment of the classes performed and for psycho-emotional correction in children and adolescents with various pathologies.

Keywords: heart rate variability; biofeedback; cardiorespiratory training

Compliance with ethical standards. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

For citation: Sakharova E.V., Konova O.M. Application of cardiorespiratory training with biofeedback in a patient with comorbidity. *Nevrologicheskiy zhurnal imeni L.O. Badalyana (L.O. Badalyan Neurological Journal)*. 2023; 4(4): 226–233. (In Russ.) <https://doi.org/10.46563/2686-8997-2023-4-4-226-233>
<https://elibrary.ru/oueogj>

For correspondence: Elena V. Sakharova, MD, researcher of the Laboratory of rehabilitation and rehabilitation treatment, National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: sakharova@nczd.ru

Information about authors:

Sakharova E.V., <https://orcid.org/0000-0002-5397-5464>

Konova O.M., <https://orcid.org/0000-0001-8053-5985>

Contributions:

Sakharova E.V. concept, writing, editing the text;

Konova O.M. concept, editing the text.

All co-authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of its final version.

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: August 25, 2023

Accepted: November 15, 2023

Published: December 28, 2023

Введение

В последние годы всё больший интерес вызывают немедикаментозные и физиологичные методы, которые направлены на активацию компенсаторных возможностей человека, в том числе детей [1, 2]. Среди таких методов реабилитации выделяется биоуправление, или применение технологий с биологической обратной связью (БОС). Уникальность этих технологий заключается прежде всего в понятной пациенту и специалисту визуализации определённых функций и повышении эффективности обучения больного процессам саморегуляции различных физиологических процессов. На сегодняшний день наблюдается второй взлёт интереса к методам с БОС, что вызвано совершенствованием компьютерных технологий, а также исследованиями процессов нейропластичности. Кроме того, в рамках реабилитации уделяется большое внимание обучению пациента навыкам, которые облегчают его состояние, поддерживают его активное функционирование, т.е. повышают качество его жизни. БОС-тренинг — это один из самых понятных и наглядных методов для выработки таких навыков. В ряде исследований отмечено, что дети часто преуспевают в выполнении заданий с БОС легче и быстрее по сравнению со взрослыми [3]. Биоуправление может осуществляться по различным параметрам: электромиографическим и электроэнцефалографическим показателям, температуре кожных покровов, кожно-гальванической реакции и др.

Самым доступным, универсальным и простым для понимания и выполнения является биоуправление по дыханию и вариабельности ритма сердца (ВРС), или кардиореспираторный тренинг. ВРС — это первичный маркер системы регуляции нервной системы, который определяется как физиологические колебания частоты сердечных сокращений (ЧСС) от минимальных до максимальных. Два основных физиологических

механизма, обеспечивающих ВРС, — это дыхательная синусовая аритмия и барорецепторный рефлекс. Дыхательная аритмия сердца проявляется увеличением ЧСС во время вдоха и её урежением на выдохе. Барорецепторный рефлекс — это один из механизмов контроля артериального давления. Взаимосвязь между ними объясняет, почему дыхательные тренировки могут быть инструментом для улучшения ВРС [4]. Диафрагмально-релаксационное дыхание — это неизменная часть любого комплекса лечебной диагностики, используемая в том числе у детей и подростков [5]. Возможности аппаратов с БОС помогают сделать этот процесс визуально понятным и интересным, контролируемым как самим пациентом, так и специалистом, проводящим процедуру. Врач, благодаря мониторингованию процесса, может оценить динамику состояния физиологических параметров пациента в процессе одного сеанса, занятия и курса в целом и при необходимости скорректировать работу.

В ряде работ доказана эффективность применения метода с БОС в терапии многих функциональных нарушений, а также ряда психосоматических заболеваний [6]. Так, при лечении гипертонической болезни использование БОС позволяет добиться достоверного снижения уровня артериального давления и улучшения прогноза заболевания. Наибольшее применение биоуправление нашло в клинике психосоматических расстройств. Кардиореспираторный тренинг используется для коррекции панических расстройств. При его проведении отмечено снижение уровня провоспалительного цитокина фактора некроза опухоли- α , а также снижение риска сердечно-сосудистых осложнений при панических расстройствах [7, 8]. Кроме того, биоуправление по дыханию и ВРС оказывает положительное влияние на когнитивные функции при хроническом стрессе [9].

В исследованиях Sakaki и соавт., Thayer и соавт. показано, что высокая ВРС положительно влияет

на мозговые нейронные сети, связанные с эмоциональной регуляцией. Рядом исследователей (Culbert и соавт., Wenck и соавт.) выявлено снижение уровня личностной тревожности и частоты симптомов тревожных расстройств после проведения курса биоуправления по ВРС [11]. McKenna и соавт. описали, что тренинг по ВРС, улучшая ряд показателей ВРС, приводит к улучшению симптоматики тревожных расстройств у детей и подростков [12, 13]. Проводились также работы по применению кардиореспираторного тренинга при бронхиальной астме, хронических заболеваниях лёгких, кардиоваскулярных расстройствах, артериальной гипертензии и после перенесённого инсульта [14], фибромиалгии, посттравматическом синдроме, депрессиях и нарушениях сна. Продemonстрировано положительное влияние кардиореспираторного тренинга на качество жизни, сон, эмоциональное регулирование и др. [15]

Таким образом, ВРС — это индекс вегетативной устойчивости, который отражает способность организма к быстрому восстановлению после воздействия психических и физических стрессовых факторов и является своеобразным маркером сердечно-сосудистого и психофизиологического здоровья человека. Положительные эффекты, выявленные в различных зарубежных и отечественных клинических исследованиях после применения биоуправления по ВРС и дыханию, позволяют более активно использовать этот метод в реабилитации пациентов детского и подросткового возраста.

Описание клинического случая

На занятия по кардиореспираторному тренингу был направлен пациент И., 17 лет, с жалобами на панические атаки, возникающие 1–2 раза в месяц на фоне психотравмирующих ситуаций, продолжительностью до 3–4 ч каждая. Кроме того, за последние 2 мес участились эпизоды повышения артериального давления и ощущения перебоев в работе сердца, не связанные с паническими атаками.

Из анамнеза известно, что около 4 лет назад у пациента на фоне эмоционального стресса впервые возникла паническая атака, в связи с чем был назначен препарат из группы анксиолитиков с незначительным положительным эффектом. В последующем на фоне психотерапевтической коррекции состояние мальчика стабилизировалось. В марте 2022 г. ребёнка госпитализировали с подозрением на острое нарушение мозгового кровообращения (выраженное головокружение, многократная рвота, усиливающиеся при поворотах головы, ребёнок не мог ходить, постоянно лежал из-за головокружения), назначена метаболическая терапия. Симптоматика регрессировала в течение 2 нед. На МРТ головного мозга не исключались признаки перенесённого лакунарного ишемического инфаркта в левой нижней мозжечковой ножке продолговатого мозга. Второй эпизод развития острой

неврологической симптоматики возник в мае 2022 г., когда возникло двоение при взгляде вправо и вперёд. На МРТ головного мозга выявлены МР-признаки демиелинизирующего поражения головного мозга супра- и субтенториальной локализации с наличием активных очагов в теменной доле и правой половине моста. Ребёнку выставлен диагноз «Рассеянный склероз», проведена пульс-терапия метилпреднизолоном с переводом на пероральный преднизолон с постепенной отменой в течение месяца с регрессом симптомов в течение 2 нед. С мая 2022 г. на фоне выраженных психотравмирующих ситуаций (ухудшения самочувствия, постановки тяжёлого диагноза) возобновились панические атаки и появились эпизоды повышенного артериального давления, специфическую терапию не получал. В октябре 2022 г. пациент проконсультирован психиатром и кардиологом, назначена корректирующая медикаментозная терапия: гидроксизин (атаракс), эсприталолам (ципралекс), ингибитор ангиотензинпревращающего фермента (эналаприл) и β -блокатор (атенолол). Анализ результатов суточного мониторингирования электрокардиограммы и артериального давления показал повышение средних значений ЧСС в дневное и в ночное время, систолического артериального давления в течение суток, а также снижение функции разброса ритма, уровня парасимпатических влияний на сердечный ритм (по анализу ВРС).

Учитывая ведущие жалобы и сочетанную патологию (паническое расстройство, артериальную гипертензию, рассеянный склероз), одной из основных задач реабилитации было обучение навыкам диафрагмально-релаксационного дыхания, что позволило бы пациенту научиться справляться в дальнейшем с паническими атаками, снизить тревожность и улучшить своё самочувствие. Единых протоколов проведения данной процедуры нет, поэтому за основу занятий были взяты два предложенных в литературе протокола [16, 17] проведения процедур.

Перед началом курса были оценены уровень самочувствия, активности и настроения по тесту САН (адаптирована С.Ф. Гончаровым; 4,4 балла — самочувствие, 5,6 балла — активность, 4,0 балла — настроение), уровень ситуативной и личностной тревожности по шкале тревоги Спилбергера (40 баллов — ситуативная тревожность и 34 балла — личностная).

Курс состоял из 6 последовательных занятий, каждое из которых включало в себя 3 этапа работы.

На 1-м этапе ставилась задача — постановка диафрагмального (брюшного) дыхания. При правильном выполнении пациент последовательно открывал элементы картины (рис. 1, а).

На 2-м этапе происходило обучение навыкам ритмичного дыхания с удлинённым выдохом. Пациент пытается дышать соответственно установленному ритму, следуя за движением передвигающегося вверх на вдохе и вниз на выдохе маркера (рис. 1, б).

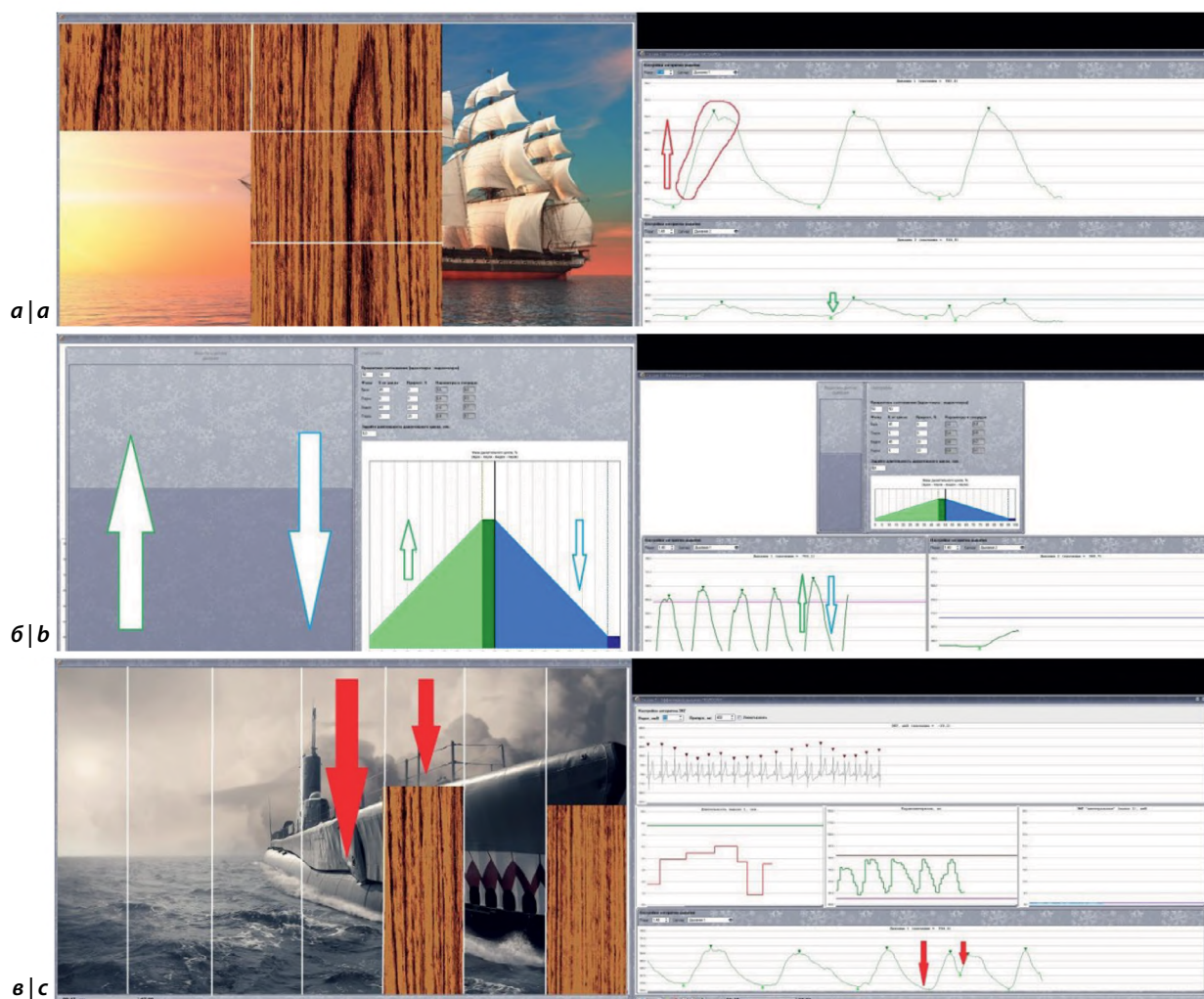


Рис. 1. Фрагменты экранов пациента (слева) и специалиста (справа) во время работы на 1-м (а), 2-м (б) и 3-м (в) этапах обучения.

Fig. 1. Fragments of the patient screens (left) and the specialist (right) during operation at the 1st (a), 2nd (b), and 3rd (c) stages of training.

Третий этап был посвящён тренингу эффективного дыхания, которое подразумевало увеличение продолжительности выдоха при стабильном пульсе (тренировка по ВРС). На 3-м этапе пациент на выдохе старается полностью открыть одну из вертикальных полос картинки (рис. 1, в).

На протяжении занятия происходила регистрация дыхания с использованием датчиков в области груди и живота и электрокардиограммы (в частности, RR интервалов).

В начале и в конце каждого занятия выполнялось 2-минутное тестирование (запись дыхания и электрокардиография в спокойном режиме) для оценки исходного состояния пациента, правильности дозированной нагрузки и эффективности проведённой работы. Все задания выполнялись в положении лёжа на кушетке для максимального расслабления. Продолжительность каждого занятия составляла около 40 мин.

Для закрепления отрабатываемых навыков дыхания пациент получил три упражнения, которые можно было выполнять в дальнейшем после госпитализации.

1. Исходное положение — лёжа. Глаза закрыты. Медленное спокойное дыхание. Зрительный образ для представления — спокойное море и образы волн, которые демонстрируются во время занятия. Ритм дыхания совпадает с волнами. Время выполнения — 3 мин.

2. Исходное положение — лёжа с открытыми глазами. Одна рука лежит на животе (для контроля брюшного дыхания), вторая — на груди (для контроля грудного дыхания). На 2 медленных счета — медленный вдох животом, на 3 медленных счета — спокойный выдох животом (рис. 2). Дыхание без усилий. Рука на груди должна двигаться минимально. Время выполнения — 3 мин.

3. Дыхание по шаблону «Звезда». Исходное положение — сидя. Вдох начинается на любой стороне,

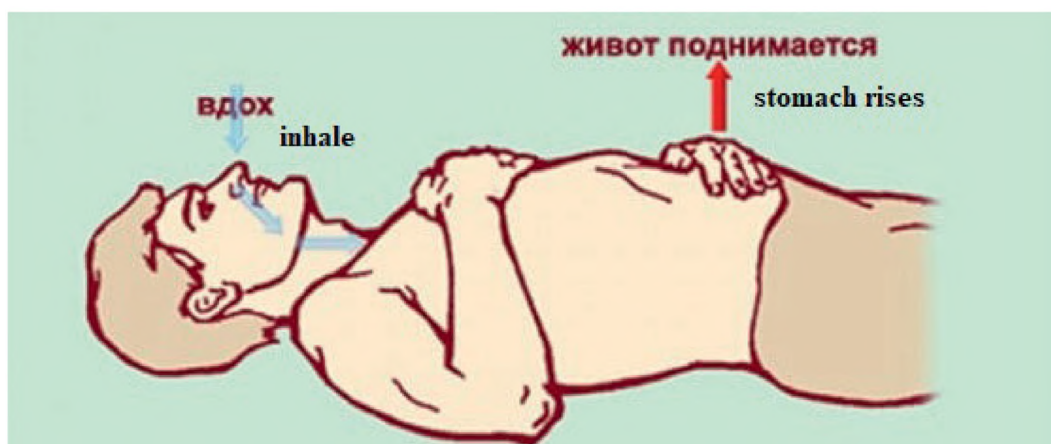


Рис. 2. Тренировка диафрагмального дыхания.

Fig. 2. Training of diaphragmatic breathing.

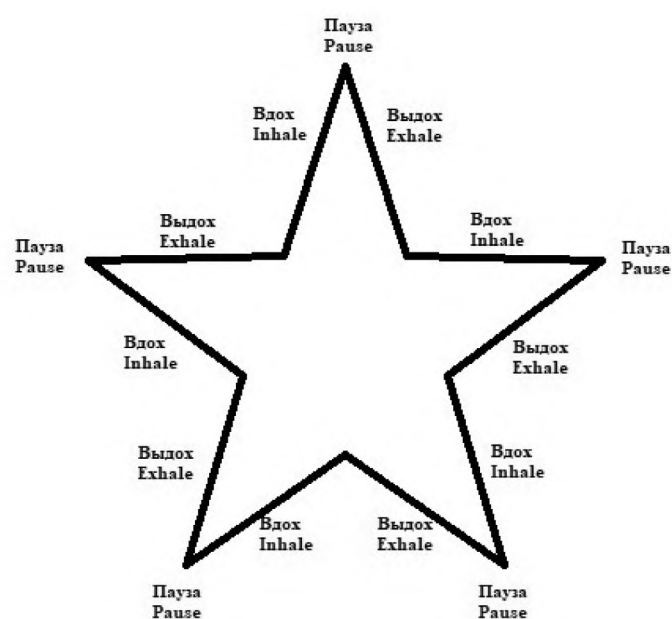


Рис. 3. Тренажёр дыхания «Звезда».

Fig. 3. The breathing training on the template "Zvezda".

обозначенной как «вдыхание воздуха», задержка дыхания на вершине звезды, а затем выдох. Дыхательные движения сопровождаются тактильным ведением пальца по контуру звезды и продолжаются до тех пор, пока не будет обведена вся звезда. Повторить 3–5 раз в медленном комфортном для пациента темпе. Упражнение выполняется путём тактильного и визуального обведения по контуру звезды размером 10 × 10 см, изображённой на листе бумаги (рис. 3).

В начале и в конце каждого занятия выполнялся тест с целью оценки правильности проведения тренинга. Задача пациента — в течение 2 мин с закрытыми глазами спокойно дышать. При хорошо проведённой тренировке по окончании занятия отмеча-

лось увеличение длительности дыхательного цикла, длительности выдоха (рис. 4) и продолжительности RR-интервалов (рис. 5), что демонстрирует положительную динамику показателей (урежение дыхания на фоне уменьшения ЧСС) в результате занятия пациента.

С первым заданием (диафрагмальное дыхание) пациент научился хорошо справляться уже на 2–3-й процедуре, поэтому акцент в тренировке был сделан на ритмичное и эффективное дыхание.

По результатам проведённых занятий к окончанию курса удалось постепенно увеличить длительность дыхательных циклов и продолжительность выдоха во время ритмичного (рис. 6, а) и эффективного (рис. 6, б) дыхания на фоне удлинения RR интервалов (рис. 7), что говорит об уменьшении ЧСС и адаптации сердечно-сосудистой системы.

Таким образом, выполнена задача — достижение оптимальной для функционирования частоты дыхания во время тренировки (8–10 дыхательных движений в минуту по сравнению с 12–16 на 1-й процедуре) на фоне адекватной сбалансированной сердечно-сосудистой регуляции.

В процессе занятий отмечено увеличение амплитуды дыхательной синусовой аритмии — одного из показателей вагусного контроля сердечной деятельности, который имеет низкие значения у людей с тревожностью и депрессией. Пациент уверенно стал выполнять все задания тренинга, а также рекомендованные 3 упражнения с включением их в бытовые ситуации (например, использовал диафрагмальное дыхание перед выполнением МРТ-обследования в связи с волнением). При повторной оценке в конце курса по тесту САН определено повышение показателей самочувствия и настроения (на 0,6 балла — самочувствие, на 0,8 баллов — настроение), которое не является статистически значимым. Однако в комплексной оценке всех изменений, учитывая короткий курс занятий, где основная задача была

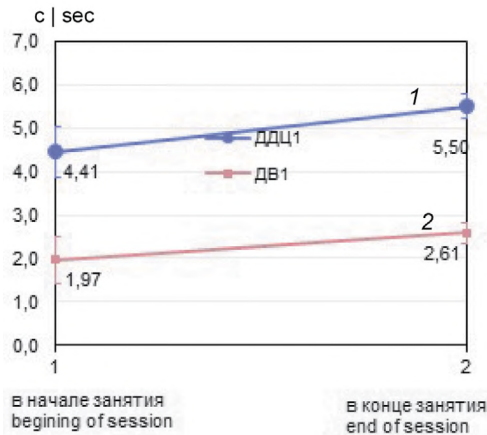


Рис. 4. Средние значения длительности дыхательного цикла (1) и длительности выдоха (2) во время одной сессии.

Fig. 4. The average values of the duration of the respiratory cycle (1) and the duration of the exhalation (2) during one session.



Рис. 5. Длительность RR интервалов во время одной сессии.

Fig. 5. Duration of RR intervals during one session.

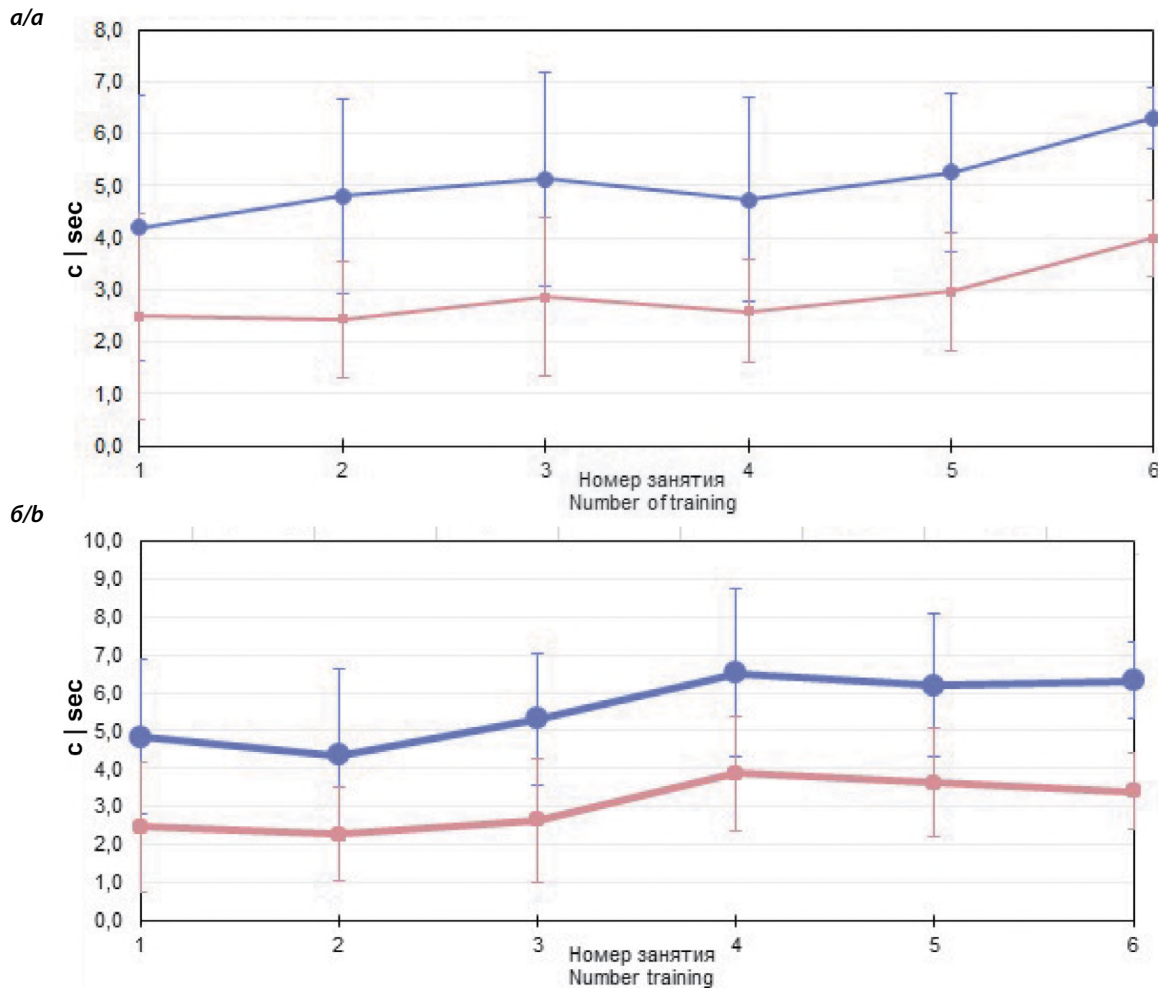


Рис. 6. Средние значения длительности дыхательного цикла (1) и длительности выдоха (2) при тренировке ритмичного (а) и эффективного (б) дыхания.

Fig. 6. The average values of the duration of the respiratory cycle (1) and the duration of the exhalation (2) under training of rhythmic (a) and efficient (b) breathing.

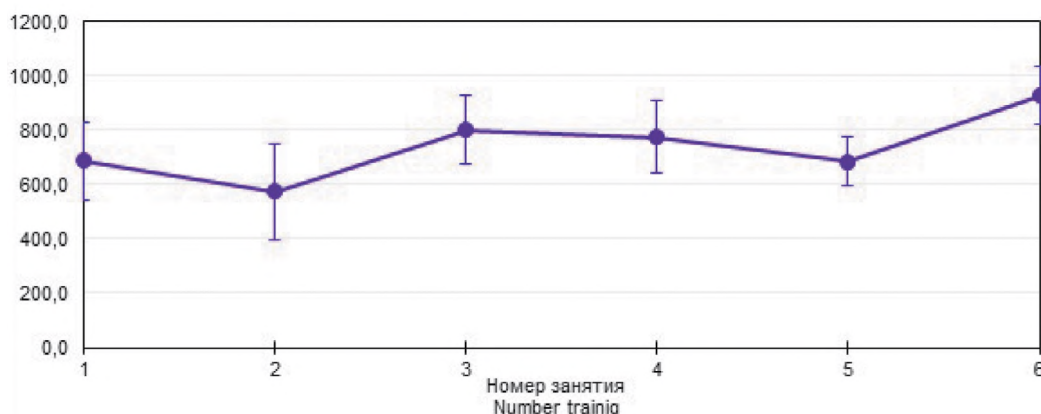


Рис. 7. Длительность RR интервалов при тренировке эффективного дыхания.

Fig. 7. Duration of RR intervals during training of effective breathing.

обучить пациента правильному навыку, эти изменения самооценки могут быть также расценены как положительные.

Заключение

Сегодня в рамках реабилитации большое внимание уделяется обучению пациента навыкам, которые облегчают или корректируют его состояние, поддерживают те или иные функции на определённом уровне, т.е. повышают качество жизни. Метод биоуправления по дыханию и ВРС (кардиореспираторный тренинг) могут быть использованы для психоэмоциональной коррекции и выработки навыков правильного дыхания, особенно в подростковой группе (за счёт высокого уровня мотивации и понимания). Метод позволяет корректировать не болезнь, а состояние или симптом, который может быть проявлением различной, в том числе сочетанной патологии.

Особенности биоуправления:

- базовость — можно рекомендовать как первичный метод реабилитации, учитывая практически отсутствие абсолютных противопоказаний;
- простота выполнения и максимальная доступность понимания происходящих процессов благодаря визуализации процесса;
- возможность сочетать с фармакологическими и другими немедикаментозными методами лечения и реабилитации;
- возможность объективно оценить результат проведённых занятий.

Кардиореспираторный тренинг — это один из оптимальных методов релаксации, который позволяет улучшить психоэмоциональное состояние пациента и существенно снизить тревожность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Завацкая Т.Л., Громов С.В., Чуров А.Н., Трибрат Н.С., Бирюкова Е.А. *Методические рекомендации по применению электромиографического управления в специальной педагогике и адаптивной физической культуре*. СПб.; 2022.
2. Umaç E.H., Semerci R. Effect of biofeedback-based interventions on the psychological outcomes of pediatric populations: a systematic review and meta-analysis. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*. 2023; 48(3): 299–310. <https://doi.org/10.1007/s10484-023-09583-5>
3. Moss D.P. (2014). The use of biofeedback and neurofeedback in pediatric care. In: Anbar R.D., ed. *Functional Symptoms in Pediatric Disease: A Clinical Guide*. Springer Science & Business Media; 2014: 285–303. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1974-1_20
4. Lehrer P. My life in HRV biofeedback research. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*. 2022; 47(4): 289–98. <https://doi.org/10.1007/s10484-022-09535-5>
5. Oikawa L.O., Hirota A., Uratani H., Sakakibara M. History and recent advances of the Japanese society of biofeedback research. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*. 2021; 46(4): 309–18. <https://doi.org/10.1007/s10484-021-09516-0>
6. Davis J.J.J., Kozma R., Schübel F. Stress reduction, relaxation, and meditative states using psychophysiological measurements based on biofeedback systems via HRV and EEG. In: Lee N., eds. *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*. Cham: Springer; 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9_330-1
7. Herhaus B., Conrad R., Petrowski K. Effect of a slow-paced breathing with heart rate variability biofeedback intervention on pro-inflammatory cytokines in individuals with panic disorder — A randomized controlled trial. *J. Affect. Disord*. 2023; 326: 132–8. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.01.091>
8. Meuret A.E., Wilhelm F.H., Roth W.T. Respiratory feedback for treating panic disorder. *J. Clin. Psychol*. 2004; 60(2): 197–207. <https://doi.org/10.1002/jclp.10245>
9. Prinsloo G.E., Rauch H.G.L., Lambert M.I., Muench F., Noakes T.D., Derman W.E. The effect of short duration heart rate variability (HRV) biofeedback on cognitive performance during laboratory induced cognitive stress. *Appl. Cognit. Psychol*. 2011; 25(5): 792–801. <https://doi.org/10.1002/acp.1750>
10. Sakaki M., Yoo H.J., Nga L., Lee T.H., Thayer J.F., Mather M. Heart rate variability is associated with amygdala functional connectivity with MPFC across younger and older adults. *Neuroimage*. 2016; 139(1): 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.05.076>
11. Petar Jerčić, Veronica Sundstedt. Practicing emotion-regulation through biofeedback on the decision-making performance in the context of serious games: A systematic review. *Entertainment Computing*. 2019; 29: 75–86 <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2019.01.001>
12. Dormal V., Vermeulen N., Mejias S. Is heart rate variability biofeedback useful in children and adolescents? A systematic review. *J. Child Psychol. Psychiatry*. 2021; 62(12): 1379–90. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13463>
13. Thabrew H., Ruppeldt P., Sollers J.J. 3rd. Systematic review of biofeedback interventions for addressing anxiety and depression in children and adolescents with long-term physical conditions.

- Appl. Psychophysiol. Biofeedback*. 2018; 43(3): 179–92. <https://doi.org/10.1007/s10484-018-9399-z>
14. Kemstach V.V., Korostovtseva L.S., Sakowsky I.V., Alekhin A.N., Bochkarev M.V., Sviryaev Yu.V. Cardiorespiratory feedback training as a non-pharmacological intervention and its application in stroke patients. *Integr. Physiol.* 2020; 1(3): 196–201. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2020-1-3-196-201> <https://elibrary.ru/wteswg>
 15. Tinello D., Kliegel M., Zuber S. Does heart rate variability biofeedback enhance executive functions across the lifespan? A systematic review. *J. Cogn. Enhanc.* 2022; 6(1): 126–42. <https://doi.org/10.1007/s41465-021-00218-3>
 16. Lehrer P., Vaschillo B., Zucker T., Graves J., Katsamanis M., Aviles M., et al. Protocol for heart rate variability biofeedback training. *Biofeedback*. 2013; 41(3): 98–109. <https://doi.org/10.5298/1081-5937-41.3.08>
 17. Сметанкин А.А., Сметанкина С.И., Тихомиров П.Н., Маркович Н.Н., Мартынова О.В., Черемных Н.И. и др. *Оздоровительная дыхательная гимнастика с использованием метода биологической обратной связи в школьно-дошкольных учреждениях: Методические рекомендации для медицинских и педагогических работников школьно-дошкольных учреждений, реализующих программы оздоровления*. СПб.; 2003.
- ## REFERENCES
1. Zavatskaya T.L., Gromov S.V., Churov A.N., Tribat N.S., Biryukova E.A. *Guidelines for the Use of Electromyographic Control in Special Pedagogy and Adaptive Physical Culture [Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu elektromiograficheskogo upravleniya v spetsial'noy pedagogike i adaptivnoy fizicheskoy kul'ture]*. St. Petersburg; 2022. (in Russian)
 2. Umaç E.H., Semerci R. Effect of biofeedback-based interventions on the psychological outcomes of pediatric populations: a systematic review and meta-analysis. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*. 2023; 48(3): 299–310. <https://doi.org/10.1007/s10484-023-09583-5>
 3. Moss D.P. (2014). The use of biofeedback and neurofeedback in pediatric care. In: Anbar R.D., ed. *Functional Symptoms in Pediatric Disease: A Clinical Guide*. Springer Science & Business Media; 2014: 285–303. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1974-1_20
 4. Lehrer P. My life in HRV biofeedback research. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*. 2022; 47(4): 289–98. <https://doi.org/10.1007/s10484-022-09535-5>
 5. Oikawa L.O., Hirota A., Uratani H., Sakakibara M. History and recent advances of the Japanese society of biofeedback research. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*. 2021; 46(4): 309–18. <https://doi.org/10.1007/s10484-021-09516-0>
 6. Davis J.J.J., Kozma R., Schübel F. Stress reduction, relaxation, and meditative states using psychophysiological measurements based on biofeedback systems via HRV and EEG. In: Lee N., eds. *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*. Cham: Springer; 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9_330-1
 7. Herhaus B., Conrad R., Petrowski K. Effect of a slow-paced breathing with heart rate variability biofeedback intervention on pro-inflammatory cytokines in individuals with panic disorder – A randomized controlled trial. *J. Affect. Disord.* 2023; 326: 132–8. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.01.091>
 8. Meuret A.E., Wilhelm F.H., Roth W.T. Respiratory feedback for treating panic disorder. *J. Clin. Psychol.* 2004; 60(2): 197–207. <https://doi.org/10.1002/jclp.10245>
 9. Prinsloo G.E., Rauch H.G.L., Lambert M.I., Muench F., Noakes T.D., Derman W.E. The effect of short duration heart rate variability (HRV) biofeedback on cognitive performance during laboratory induced cognitive stress. *Appl. Cognit. Psychol.* 2011; 25(5): 792–801. <https://doi.org/10.1002/acp.1750>
 10. Sakaki M., Yoo H.J., Nga L., Lee T.H., Thayer J.F., Mather M. Heart rate variability is associated with amygdala functional connectivity with MPFC across younger and older adults. *Neuroimage*. 2016; 139(1): 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.05.076>
 11. Petar Jerčić, Veronica Sundstedt. Practicing emotion-regulation through biofeedback on the decision-making performance in the context of serious games: A systematic review. *Entertainment Computing*. 2019; 29: 75–86 <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2019.01.001>
 12. Dormal V., Vermeulen N., Mejias S. Is heart rate variability biofeedback useful in children and adolescents? A systematic review. *J. Child Psychol. Psychiatry*. 2021; 62(12): 1379–90. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13463>
 13. Thabrew H., Ruppeldt P., Sollers J.J. 3rd. Systematic review of biofeedback interventions for addressing anxiety and depression in children and adolescents with long-term physical conditions. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*. 2018; 43(3): 179–92. <https://doi.org/10.1007/s10484-018-9399-z>
 14. Kemstach V.V., Korostovtseva L.S., Sakowsky I.V., Alekhin A.N., Bochkarev M.V., Sviryaev Yu.V. Cardiorespiratory feedback training as a non-pharmacological intervention and its application in stroke patients. *Integr. Physiol.* 2020; 1(3): 196–201. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2020-1-3-196-201> <https://elibrary.ru/wteswg>
 15. Tinello D., Kliegel M., Zuber S. Does heart rate variability biofeedback enhance executive functions across the lifespan? A systematic review. *J. Cogn. Enhanc.* 2022; 6(1): 126–42. <https://doi.org/10.1007/s41465-021-00218-3>
 16. Lehrer P., Vaschillo B., Zucker T., Graves J., Katsamanis M., Aviles M., et al. Protocol for heart rate variability biofeedback training. *Biofeedback*. 2013; 41(3): 98–109. <https://doi.org/10.5298/1081-5937-41.3.08>
 17. Сметанкин А.А., Сметанкина С.И., Тихомиров П.Н., Маркович Н.Н., Мартынова О.В., Черемных Н.И., et al. *Improving Breathing Exercises Using the Biofeedback Method in Preschool Institutions: Methodological Recommendations for Medical and Pedagogical Workers of Preschool Institutions Implementing Health Improvement Programs [Ozдорovitel'naya dykhatel'naya gimnastika s ispol'zovaniem metoda biologicheskoy obratnoy svyazi v shkol'no-doshkol'nykh uchrezhdeniyakh: Metodicheskie rekomendatsii dlya meditsinskikh i pedagogicheskikh rabotnikov shkol'no-doshkol'nykh uchrezhdeniy, realizuyushchikh programmy ozdorovleniya]*. St. Petersburg; 2003. (in Russian)