

Н.Т. Вату́тин^{1,2}, А.Н. Шевелёк^{1,2}, Е.В. Склянная^{1,2},
И.Г. Линник^{*1}, А.В. Харченко¹

¹ — ГОУ ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького»,
кафедра госпитальной терапии, Донецк, Украина

² — Институт неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака, Донецк, Украина

ТРЕНИРОВКА ДЫХАТЕЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ОСТРОЙ ДЕКОМПЕНСАЦИЕЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

N.T. Vatutin^{1,2}, A.N. Shevelyok^{1,2}, E.V. Sklyannaya¹,
I.G. Linnik^{*1}, A.V. Kharchenko¹

¹ — GOU VPO «M. Gorky Donetsk National Medical University», department
of hospital therapy, Donetsk, Ukraine

² — V.K. Gusak Institute of Urgent and Reconstructive Surgery, Donetsk, Ukraine

Respiratory Muscles Training in the Complex Treatment of Patients with Acute Decompensated Heart Failure

Резюме

Цель: оценить эффективность тренировки дыхательной мускулатуры в комплексном лечении пациентов с острой декомпенсацией сердечной недостаточности. **Материал и методы.** В проспективное рандомизированное исследование были включены 120 пациентов (71 мужчина и 49 женщин, средний возраст 73,6±5,8 лет), госпитализированных с острой декомпенсацией сердечной недостаточности. Основными критериями исключения были: необходимость лечения в условиях отделения интенсивной терапии; гемодинамическая нестабильность; тяжелая бронхопульмональная и другая сопутствующая патология. После прохождения процедур исходного обследования все пациенты были рандомизированы в группу дыхательной гимнастики, выполняемой в дополнение к стандартной медикаментозной терапии (основная группа, n=60) либо в группу только стандартной медикаментозной терапии (контрольная группа, n=60). Пациенты основной группы были обучены технике полного йоговского дыхания, состоящего из трех последовательных фаз: брюшного, грудного и ключичного. Участники практиковали полное дыхание ежедневно не менее 3 раз в день по 10 минут под наблюдением инструктора. Первичной конечной точкой исследования было изменение выраженности одышки согласно модифицированной шкале Борга (в модификации Мареева В.Ю.) на 7-й день лечения. **Результаты.** На фоне лечения у пациентов обеих групп значительно уменьшилась выраженность одышки, в большей степени в группе дыхательной гимнастики (с 6 (5; 6) до 3 (2; 3)) баллов по сравнению с контрольной (с 6 (5; 6) до 4 (3; 4)), $p < 0,05$). Значимые различия между группами были получены и по вторичным переменным эффективности: дистанции теста с шестиминутной ходьбой, частоте сердечных сокращений и дыхания в покое, насыщению крови кислородом ($p < 0,05$). У пациентов, выполнявших дыхательную гимнастику, масса тела снижалась быстрее ($0,72 \pm 0,06$ кг/сут против $0,53 \pm 0,06$ кг/сут, $p < 0,001$), хотя объемы выделенной жидкости между группами не различались. В среднем в основной группе влажные хрипы в легких были купированы к шестому дню от момента госпитализации (интерквартильный интервал 5-7 дней), а в контрольной — к восьмому (интерквартильный интервал 7-9 дней), $p = 0,024$. Продолжительность активной фазы диуретической терапии и среднесуточные дозы диуретиков были ниже в основной группе по сравнению с контрольной ($p < 0,05$). За время госпитализации в обеих группах больных наблюдалось заметное улучшение качества жизни, однако степень его была более выражена у пациентов, практикующих полное дыхание ($p < 0,01$). Госпитальная летальность и частота переводов в отделение интенсивной терапии не различались между группами. Средние сроки госпитализации у выживших пациентов оказались значительно меньше в основной группе, чем в контрольной ($14,2 \pm 2,5$ против $17,3 \pm 2,9$, $p < 0,001$). **Заключение.** Тренировка дыхательной мускулатуры с помощью полного йоговского дыхания в дополнение к стандартной медикаментозной терапии пациентов с острой декомпенсацией сердечной недостаточности приводит к более значимому уменьшению выраженности одышки, увеличению толерантности к физической нагрузке, улучшению насыщения крови кислородом и снижению потребности в диуретиках. Применение полного дыхания ассоциируется с заметным улучшением качества жизни

*Контакты: Илона Григорьевна Линник, e-mail: glumenko25@mail.ru

*Contacts: Ilona G. Linnik, e-mail: glumenko25@mail.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4431-6667>

пациентов, более быстрым достижением компенсации и уменьшением сроков пребывания в стационаре, однако не приводит к улучшению госпитальных исходов заболевания.

Ключевые слова: хроническая сердечная недостаточность, декомпенсация, полное йоговское дыхание, одышка, качество жизни, диуретики, сроки госпитализации, летальность

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, её тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов

Источники финансирования

Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования

Статья получена 24.03.2021 г.

Принята к публикации 31.05.2021 г.

Для цитирования: Ватутин Н.Т., Шевелёв А.Н., Скланная Е.В. и др. ТРЕНИРОВКА ДЫХАТЕЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ОСТРОЙ ДЕКОМПЕНСАЦИЕЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ. Архивъ внутренней медицины. 2022; 12(1): 62-71. DOI: 10.20514/2226-6704-2022-12-1-62-71

Abstract

The aim: to evaluate the efficacy of respiratory muscles training in the complex treatment of patients with acute decompensated heart failure.

Material and methods. A prospective randomized study included 120 patients (71 men and 49 women, mean age 73,6±5,8 years) hospitalized with acute decompensated heart failure. The main exclusion criteria were: requirement for treatment in intensive care unit; hemodynamic instability; severe pulmonary and other concomitant pathology. After initial procedures all patients were randomized to breathing exercises performed in addition to standard therapy (main group, n=60) or to standard therapy only (control group, n=60). Patients of the main group were trained in the technique of complete yogic breathing, which consists of three successive phases: abdominal, thoracic and clavicular. The participants practiced full breathing daily at least 3 times a day for 10 minutes under the supervision of instructor. The primary endpoint of the study was the change in dyspnea according to the modified Borg scale (modified by V.Yu. Mareev) on the 7th day of treatment. **Results.** During treatment the severity of dyspnea decreased in both groups, more significantly in the main group (from 6 (5; 6) to 3 (2; 3) points) compared to control (from 6 (5; 6) to 4 (3; 4) points, $p < 0,05$). Significant differences between the groups were also obtained for the secondary variables of efficacy: six-minute walk distance, heart rate and breathing rate at rest, blood oxygen saturation ($p < 0,05$). In patients who performed breathing exercises, body weight decreased faster ($0,72 \pm 0,06$ kg/day versus $0,53 \pm 0,06$ kg/day, $p < 0,001$), although the volumes of excreted fluid did not differ between the groups. In the main group moist rales in the lungs were stopped by the sixth day of hospitalization (interquartile range of 5-7 days), and in the control group — by the eighth (interquartile range of 7-9 days), $p = 0,024$. The duration of active diuretic phase and the average daily doses of diuretics were lower in main group compared to control ($p < 0,05$). During hospitalization quality of life improved in both groups, more significantly in respiratory muscles training group ($p < 0,01$). In-hospital mortality and the rate of transfers to the intensive care unit did not differ between groups. The average hospital stay in surviving patients was significantly shorter in main group than in control ($14,2 \pm 2,5$ versus $17,3 \pm 2,9$ days, $p < 0,001$). **Conclusion.** Respiratory muscles training with full yogic breathing in addition to standard medical therapy for patients with acute decompensated heart failure leads to a more significant reduction in the severity dyspnea, increased exercise tolerance, improved blood oxygen saturation, and reduced need for diuretics. The use of full breathing is associated with significant improvement in the quality of life and decrease in the length of hospital stay, but does not lead to improvement in hospital outcomes.

Key words: chronic heart failure, decompensation, full yogic breathing, dyspnea, quality of life, diuretics, duration of hospitalization, mortality

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests

Sources of funding

The authors declare no funding for this study

Article received on 24.03.2021

Accepted for publication on 31.05.2021

For citation: Vatutin N.T., Shevelyok A.N., Sklyannaya E.V. et al. Respiratory Muscles Training in the Complex Treatment of Patients with Acute Decompensated Heart Failure. The Russian Archives of Internal Medicine. 2022; 12(1): 62-71. DOI: 10.20514/2226-6704-2022-12-1-62-71

АГ — артериальная гипертензия, ДМ — дыхательная мускулатура, ЛЖ — левый желудочек, ОДСН — острая декомпенсация сердечной недостаточности, Т6Х — тест с 6-минутной ходьбой, ФК — функциональный класс, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ЧСС — частота сердечных сокращений, ЧДД — частота дыхательных движений, ШОКС — шкала оценки клинического состояния

Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) является одним из наиболее распространенных заболеваний во всем мире. Несмотря на значительный прогресс, достигнутый в последние десятилетия в лечении данной патологии, показатели смертности и частоты повторных госпитализаций у больных с ХСН по-прежнему остаются высокими. По данным крупных

регистров в настоящее время ХСН зарегистрирована у 26 млн человек во всем мире, при этом полагают, что в ближайшие 30-40 лет следует ожидать увеличение её распространенности на 40-60% [1].

Ограничение физических нагрузок, одышка и утомляемость являются ведущими жалобами пациентов с ХСН [2]. Длительное время в качестве основной

причины появления симптомов ХСН рассматривались нарушения внутрисердечной гемодинамики. В последующем было показано отсутствие четкой взаимосвязи между показателями объемов и фракции выброса левого желудочка с одной стороны и толерантностью к физической нагрузке с другой стороны [2]. Это привело к появлению гипотезы о том, что важный вклад в появление симптомов ХСН вносит слабость скелетных мышц [3, 4]. Патологические изменения мышечной ткани проявляются в виде системной вазоконстрикции, ухудшения эндотелиальной функции, увеличения апоптоза миоцитов, перераспределения соотношения мышечных волокон в сторону увеличения волокон II типа, снижения количества и объема митохондрий, активации провоспалительных цитокинов. В настоящее время убедительно доказано, что морфологические и функциональные нарушения в мышцах сопровождают течение ХСН как со сниженной, так и с сохраненной систолической функцией левого желудочка (ЛЖ). Они приводят к избыточной нейрогуморальной активации и являются важным фактором ухудшения прогноза [5, 6].

Нарушения мышечного аппарата не ограничиваются двигательной мускулатурой. Особенно важную роль в патогенезе ХСН играет ремоделирование дыхательной системы. Саркопенические изменения в диафрагме, усиление метаболического дыхания, изменения чувствительности рецепторов растяжения в легких обуславливают снижение перфузии дыхательной и скелетной мускулатуры, приводя к усилению одышки, снижению толерантности к физическим нагрузкам и ухудшению качества жизни пациентов.

Аэробные физические нагрузки являются важным компонентом реабилитации пациентов с ХСН. В многочисленных исследованиях последних лет убедительно показано, что тренировки различной степени интенсивности способствуют улучшению кардиореспираторных параметров, функциональной способности, вегетативного баланса, сна и качества жизни пациентов [7-9]. В некоторых работах сообщается о положительном влиянии физических нагрузок на частоту кардиоваскулярных событий, госпитализаций и прогноз больных с ХСН [10]. Согласно современным рекомендациям [11], аэробная физическая активность должна быть рекомендована всем пациентам с ХСН при отсутствии противопоказаний. В то же время у пациентов с тяжелой декомпенсированной ХСН альтернативой физическим тренировкам могут стать дыхательные упражнения, что также регламентировано современными руководствами.

Чаще всего для тренировки дыхательной мускулатуры (ДМ) предлагают использовать специальные приборы, создающие сопротивление на выдохе либо вдохе [11, 12]. Однако экономические затраты и необходимость в дополнительном оборудовании (часто для индивидуального использования) ограничивают применение этих методик на практике. Кроме того, пациенты пожилого возраста зачастую испытывают трудности в использовании данного рода приборов в силу нарушения когнитивных и зрительных функций, что

приводит к невозможности самостоятельного выполнения дыхательных упражнений. Таким образом, особую актуальность приобретает разработка альтернативных методов тренировки ДМ, которые не требовали бы применения дополнительных устройств и могли бы использоваться пациентом в домашних условиях либо в условиях стационара без участия медицинских работников. Одним из подобных методов может быть практика полного йоговского дыхания.

Полное йоговское дыхание представляет собой медленное глубокое дыхание, состоящее из трёх последовательных фаз — брюшной, грудной и ключичной. Сообщается [13], что данный вид дыхательной гимнастики способствует повышению толерантности к физической нагрузке, уменьшению нейровегетативного дисбаланса и улучшению качества жизни у относительно здоровых лиц, тем не менее его эффективность и безопасность у пациентов с ХСН лишь начинает изучаться.

Целью настоящего исследования стала оценка эффективности полного йоговского дыхания в комплексном лечении пациентов с острой декомпенсацией сердечной недостаточности (ОДСН).

Материал и методы

Дизайн исследования. В проспективное рандомизированное открытое слепое исследование в параллельных группах были включены 120 пациентов (71 мужчина и 49 женщин, средний возраст $73,6 \pm 5,8$ лет). Исследователи были разделены в соответствии с их конкретной ролью в этом исследовании: (1) инструкторы по тренировке ДМ — те, кто обучает пациентов тренировке ДМ, контролируют её выполнение и не учитывают результаты эффективности; (2) медицинский оценщик — отвечает за проведение клинических процедур исследования (заслепленный для групп, но не для результатов); и (3) аналитики — лица, ответственные за статистический анализ полученных результатов (заслепленные как для групп, так и для результатов).

Критерии включения и исключения. Критериями включения являлись: возраст старше 18 лет; госпитализация в связи с ОДСН; согласие на участие в исследовании. Критериями исключения были: необходимость лечения в условиях отделения интенсивной терапии; гемодинамическая нестабильность; острый коронарный синдром (ОКС) ≤ 3 месяцев; чрескожная коронарная ангиопластика ≤ 3 месяцев; коронарное шунтирование ≤ 3 месяцев; острое нарушение мозгового кровообращения ≤ 3 месяцев; тяжелая бронхопульмональная патология; тяжелая гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, диафрагмальная грыжа; неконтролируемая артериальная гипертензия (АГ); жизнеугрожающие нарушения ритма и проводимости сердца; внутрисердечный тромбоз; острый миокардит и/или перикардит; тяжелые стенозы клапанов; сопутствующие заболевания в стадии декомпенсации; активные системные заболевания; онкологические заболевания; беременность; алкогольная

и наркотическая зависимость; психические заболевания; невозможность или нежелание выполнять процедуры исследования.

Определение критериев включения. ХСН диагностировали в соответствии с критериями, рекомендованными Европейским обществом кардиологов по диагностике и лечению острой и хронической сердечной недостаточности 2016 г [14]. ОДСН определялась как острое или постепенное нарастание клинических признаков и симптомов гипervолемии (одышка, периферические отеки, влажные хрипы в легких), потребовавшее дополнительной немедленной терапии (внутривенного введения фуросемида) и/или госпитализации.

Процедуры скрининга. Исходно всем пациентам проводили общеклиническое обследование, диагностировали основное заболевание, послужившее причиной ХСН, выполняли анализ сопутствующих заболеваний, оценивали клинический статус, качество жизни, выраженность одышки по шкале Борга, толерантность к физической нагрузке по результатам теста 6-минутной ходьбы, сатурацию крови кислородом.

Рандомизация. После прохождения процедур исходного обследования все пациенты в соотношении 1:1 были рандомизированы в группу дыхательной гимнастики, выполняемой в дополнение к стандартной медикаментозной терапии (основная группа, n=60) либо в группу только стандартной медикаментозной терапии (контрольная группа, n=60). За пациентами проводилось наблюдение до выписки из стационара.

Конечные точки. Первичной конечной точкой исследования было изменение выраженности одышки согласно модифицированной шкале Борга (в модификации Мареева В.Ю.) на 7-й день лечения. Вторичными переменными эффективности явились: изменения показателей клинического статуса, дистанции теста с 6-минутной ходьбой (Т6Х), частоты сердечных сокращений (ЧСС), частоты дыхательных движений (ЧДД) покоя и сатурации крови кислородом; качество жизни; сроки пребывания в стационаре; исход госпитализации (выписка, смерть, перевод в отделение интенсивной терапии).

Критерии выписки. Выписку пациентов из стационара проводили в том случае, когда были купированы симптомы ОДСН, достигнута эуволемия и стабилизация показателей гемодинамики, а функция почек и клиническое состояние пациента на фоне приема пероральных препаратов оставались стабильными как минимум в течение последних 24 часов.

Методы исследования

Клинический статус. Клинический статус пациентов оценивали с помощью шкалы оценки клинического состояния (ШОКС) при ХСН в модификации Мареева В.Ю.

Тест с 6Х. Тест с 6-минутной ходьбой выполнялся после 10-минутного отдыха в положении сидя. Пациентам рекомендовалось воздерживаться от упражнений и курения за 2 часа до теста. Для проведения теста

была измерена длина больничного коридора и определено расстояние в 30 м, с интервалом в 10 м расставлялись стулья. Отсчет времени выполнялся с помощью часов с секундной стрелкой. Пациенту предлагали ходить вдоль пустого коридора в течение 6 минут в удобном для него темпе, стараясь преодолеть максимальное расстояние. Дважды во время теста пациенты получали устную мотивацию для выполнения упражнения, во время которой давалась текущая информация об этапе тестирования. В результате значительно сниженной толерантности к физической нагрузке пациентам разрешалось делать краткосрочные перерывы в ходьбе. Время на вынужденный отдых входило в отведенные 6 минут. В итоге определялась дистанция (в метрах), которую пациент преодолел в течение 6 минут. В случае появления таких симптомов, как боль в груди, внезапная или сильная одышка, выраженная усталость, Т6Х был прекращен.

Выраженность одышки. После выполнения пациентами Т6Х проводилась оценка выраженности одышки по модифицированной шкале Борга.

Качество жизни. Для оценки качества жизни использовали Миннесотский опросник «Жизнь с сердечной недостаточностью». Пациенту предлагали ответить на 21 вопрос, каждый из которых касался факторов, влияющих на жизнь. Пациент должен был оценить влияние того или иного фактора в баллах от 0 до 5 в зависимости от степени его влияния. После окончания тестирования баллы суммировались: 0 баллов соответствовали наилучшему качеству жизни, 105 баллов — наихудшему.

Пульсоксиметрия. Сатурацию артериальной крови кислородом и ЧСС покоя определяли неинвазивным методом чрескожной пульсоксиметрии с помощью наручного пульсоксиметра (BIOLIGHT CO., LTD, Китай).

Темпы потери жидкости. Темпы потери жидкости оценивались путем измерения массы тела ежедневно в утреннее время натощак после опорожнения мочевого пузыря, а также подсчета разницы между объемами выпитой и выделенной жидкости за каждые сутки.

Медикаментозная терапия. Все пациенты получали адекватную медикаментозную терапию в соответствии с существующими стандартами лечения ХСН [14]. Активная фаза диуретической терапии, согласно рекомендациям, проводилась до достижения эуволемии по физикальным признакам. После этого пациентов переводили на поддерживающую диуретическую терапию.

Водно-солевой режим. В период активной диуретической терапии пациентам рекомендовали умеренное ограничение натрия с пищей (<3 г/сут), после достижения компенсации состояния — согласно функциональному классу (ФК) ХСН. При ХСН I ФК пациентам рекомендовали не употреблять соленую пищу (ограничение натрия до 3 г/сут), при II ФК — не подсаливать пищу (ограничение натрия до 1,5–2 г/сут), при III–IV ФК — использовать продукты с пониженным содержанием соли и готовить блюда без соли (ограничение натрия до 1 г/сут). Во время активного лечения диуретиками больным предписывали ограничение потребления

жидкости до 1,5 л/сут, после достижения полной компенсации ХСН — менее 2 л/сут.

Исследование завершили 108 пациентов (53 пациента в 1-й группе и 55 — во 2-й). Среди 12 выбывших человек 5 больных умерли во время пребывания в стационаре, 7 — были исключены из исследования по причине перевода в другое отделение (n=5) либо отказа от дальнейшего участия (n=2).

Техника тренировки ДМ. Пациенты основной группы были обучены технике глубокого йоговского

дыхания, состоящего из трех последовательных фаз: брюшного, грудного и ключичного. Вдох выполнялся через нос медленно глубоко волнообразно с последовательным вовлечением мышц брюшного пресса и диафрагмы, межреберных мышц, а затем мышц плечевого пояса. Выдох осуществлялся в той же последовательности. Пациентам рекомендовали дышать настолько глубоко и настолько медленно, насколько это было переносимо. Участники практиковали полное дыхание в удобном положении сидя, в тихой комнате, ежедневно

Таблица 1. Исходная клиническая характеристика пациентов
Table 1. Initial clinical characteristics of patients

Параметр/ Parameter	Основная группа/ Main group (n=58)	Контрольная группа/ Control group (n=60)	P
Возраст, годы/ Age, years, Me (Q1; Q3)	73 (66,5; 78)	72 (67; 78,5)	H3/ NS
Мужской пол, число больных/ Male, number of patients (%)	36 (62,1%)	35 (58,3%)	H3/ NS
Артериальная гипертензия, число больных/ Arterial hypertension, number of patients (%)	50 (86,2%)	49 (81,7%)	H3/ NS
Инфаркт миокарда в анамнезе, число больных/ Myocardial infarction, number of patients (%)	36 (62,1%)	39 (65,0%)	H3/ NS
Фибрилляция предсердий, число больных/ Atrial fibrillation, number of patients (%)	21 (36,2%)	18 (30,0%)	H3/ NS
ОНМК в анамнезе, число больных/ Stroke, number of patients (%)	5 (8,6%)	5 (8,3%)	H3/ NS
Хроническая обструктивная болезнь легких, число больны Chronic obstructive pulmonary disease, number of patients (%)	17 (29,3%)	21 (35,0%)	H3/ NS
Сахарный диабет 2-го типа, число больных/ Diabetes mellitus, number of patients (%)	23 (39,7%)	21 (35,0%)	H3/ NS
Анемия, число больных/ Anemia, number of patients (%)	8 (13,8%)	12 (20,0%)	H3/ NS
ФК (NYHA class), Me (Q1; Q3)	III (III; IV)	III (III; IV)	H3/ NS
Признаки застоя по двум кругам кровообращения, число больных/ Signs of fluid retention in two circles of blood circulation, number of patients (%)	51 (87,9%)	48 (80,0%)	H3/ NS
Анасарка, число больных/ Anasarca, number of patients (%)	7 (12,1%)	5 (8,3%)	H3/ NS
ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ² , m±σ	30,5±3,6	29,4±3,9	H3/ NS
САД, мм рт. ст./ SBP, mmHg, m±σ	131,2±3,9	129,3±4,6	H3/ NS
ДАД, мм рт. ст./ DBP, mmHg, m±σ	74,9±2,9	76,4±3,2	H3/ NS
ФВ ЛЖ/ Left ventricular ejection fraction %, m±σ	42,8±8,2	44,6±6,2	H3/ NS
Натрий крови, ммоль/л Sodium serum level, mmol/l, m±σ	133,5 (132; 137,5)	134,5 (133; 137,5)	H3/ NS
Калий крови, ммоль/л Potassium level, mmol/l, m±σ	4,20±0,36	4,32±0,42	H3/ NS
Гемоглобин крови, г/л Blood hemoglobin concentration, g/l m±σ	114,6±7,8	117,3±6,2	H3/ NS
СКФ, мл/мин GRF, ml/min, m±σ	44,6±7,9	48,2±8,4	H3/ NS

Примечания: НЗ — не значимо, ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; ФК — функциональный класс; ИМТ — индекс массы тела; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка; СКФ — скорость клубочковой фильтрации
Note: BMI — body mass index; SBP — systolic blood pressure; DBP — diastolic blood pressure; GRF — glomerular filtration rate, NS — not significant

не менее 3 раз в день по 10 минут под наблюдением инструктора.

Статистический анализ. Обработку результатов выполняли на персональном компьютере с использованием прикладной статистической программы «MedStat». При нормальном распределении количественные признаки были представлены в виде среднего \pm стандартное отклонение ($m \pm \sigma$), при отличном от нормального — обозначены как медиана и 1-й, 3-й квартили ($Me (Q1; Q3)$). Для сравнения двух выборок непрерывных переменных, подлежащих нормальному закону распределения, использовали парный и непарный t-критерий Стьюдента, при отличном от нормального — критерий Вилкоксона. Для сравнения относительных величин применяли стандартный метод анализа таблиц сопряженности с использованием критерия χ^2 . Во всех случаях проверки гипотез различия считались статистически значимыми при величине $p < 0,05$.

Результаты исследования

Исходно обе исследуемые группы больных были сопоставимы по основным клинико-демографическим характеристикам: полу, возрасту, тяжести ХСН и коморбидным состояниям (табл. 1).

На фоне лечения у пациентов обеих групп значительно улучшились показатели клинического статуса, толерантности к физическим нагрузкам и уменьшилась выраженность одышки по шкале Борга. В группе дыхательной гимнастики все указанные изменения были более выражены по сравнению с группой контроля (табл. 2).

Изменения в субъективном восприятии симптомов ХСН сопровождалось улучшением объективных кардиореспираторных показателей. Так, у пациентов, выполняющих дыхательную гимнастику, наблюдалось более выраженное замедление ЧСС и ЧДД покоя и улучшение насыщения крови кислородом (табл. 3).

Таблица 2. Динамика клинического статуса, выраженности одышки и дистанции Т6Х
($M \pm \sigma$, $Me (Q1; Q3)$)
Table 2. Dynamics of clinical status, severity of dyspnea and 6-minute walk test distance
($M \pm \sigma$, $Me (Q1; Q3)$)

Параметр/ Parameter	Основная группа/ Main group		Контрольная группа/ Control group	
	Исходно/ Baseline (n=58)	7-й день/ 7th day (n=55)	Исходно/ Baseline (n=60)	7-й день/ 7th day (n=53)
Выраженность одышки по шкале Борга, баллы/ Severity of dyspnea according to the Borg scale, score, Me (Q1; Q3)	6 (5; 6)	3 (2; 3)*.#	6 (5; 6)	4 (3; 4)*
Клинический статус по ШОКС, баллы/ Clinical assessment scale, score, Me (Q1; Q3)	9 (8; 10)	4 (3; 5)*.#	8 (8; 10)	6 (5; 7)*
Дистанция Т6Х, м/ 6-minute walk test distance, m, $m \pm \sigma$	159,4 \pm 20,3	209,2 \pm 19,6*.#	168,5 \pm 22,8	188,6 \pm 20,4*

Примечание: ШОКС — шкала оценки клинического состояния; Т6Х — тест с 6-минутной ходьбой; * — различия достоверны ($p < 0,05$) по сравнению с исходными значениями, # — различия достоверны ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой
Note: * — differences are significant ($p < 0.05$) compared to baseline values, # — differences are significant ($p < 0.05$) compared to the control group

Таблица 3. Динамика офисных ЧСС, ЧДД и насыщения крови кислородом
($M \pm \sigma$, $Me (Q1; Q3)$)
Table 3. Dynamics of office heart rate, respiration rate and blood oxygen saturation
($M \pm \sigma$, $Me (Q1; Q3)$)

Параметр/ Parameter	Основная группа/ Main group		Контрольная группа/ Control group	
	Исходно/ Baseline (n=58)	7-й день/ 7th day (n=55)	Исходно/ Baseline (n=60)	7-й день/ 7th day (n=53)
ЧДД в покое, мин ⁻¹ Respiration rate, at rest, bpm, Me (Q1; Q3)	23 (21; 24)	19 (18; 20)*.#	24 (22; 25)	21 (20; 22)*
ЧСС в покое, мин ⁻¹ HR at rest, bpm, Me (Q1; Q3)	86,8 \pm 6,6	72,6 \pm 4,8*.#	84,9 \pm 6,8	77,4 \pm 4,5*
SpO ₂ , %	91 (88; 94)	97 (95; 97)*.#	90 (88; 92)	94 (93; 96)*

Примечание: ЧДД — частота дыхательных движений, ЧСС — частота сердечных сокращений, SpO₂ — сатурация артериальной крови кислородом; * — различия достоверны ($p < 0,05$) по сравнению с исходными значениями, # — различия достоверны ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой.
Note: HR — heart rate, SpO₂ — blood oxygen saturation, * — differences are significant ($p < 0.05$) compared to baseline values, # — differences are significant ($p < 0.05$) compared to the control group

Таблица 4. Среднесуточные дозы диуретиков в пересчете на фуросемид, мг
Me (Q1; Q3)
Table 4. Average daily doses of diuretics in terms of furosemide, mg
Me (Q1; Q3)

Фаза терапии/ Therapy phase	Основная группа/ Main group (n=58)	Контрольная группа/ Control group (n=60)	P
В день госпитализации/ On the day of hospitalization	80 (80; 120)	80 (70; 110)	p=0,49
В активную фазу/ Active phase	60 (40; 80)	80 (70; 110)	p=0,003
В поддерживающую фазу/ Maintenance phase	20 (20; 40)	40 (40; 80)	P <0,001

Таблица 5. Госпитальные исходы и сроки госпитализации
Table 5. Hospital outcomes and terms of hospitalization

Параметр/ Parameter	Основная группа/ Main group (n=58)	Контрольная группа/ Control group (n=60)	P
Госпитальная летальность, число больных/ Hospital mortality, number of patients (%)	1 (1,72%)	3 (5,00%)	Hz
Перевод в отделение интенсивной терапии, число больных/ Transfer to the intensive care unit, number of patients (%) (%)	2 (3,44%)	4 (6,67%)	Hz
Средние сроки госпитализации, дни/ Average terms of hospitalization, days, m±σ	14,2±2,5	17,3±2,9	P <0,001

При сравнении темпов потери жидкости было выявлено, что у пациентов, выполнявших дыхательную гимнастику, масса тела снижалась быстрее, хотя объемы выделенной жидкости между группами не различались. Так, в основной группе снижение массы тела составило в среднем 0,72±0,06 кг/сут, в контрольной — 0,53±0,06 кг/сут (p <0,001).

Влажные хрипы при аускультации исходно выслушивались у 93,1% пациентов основной группы и у 86,7% больных контрольной группы, p >0,05. У пациентов, практикующих полное дыхание, была отмечена более быстрая регрессия явлений застоя в малом круге кровообращения. В среднем в основной группе влажные хрипы в легких были купированы к шестому дню от момента госпитализации (интерквартильный интервал 5-7 дней), а в контрольной — к восьмому (интерквартильный интервал 7-9 дней), p=0,024.

Был проведен анализ длительности активной фазы диуретической терапии, а также средней дозы петлевого диуретика за весь период госпитализации. Выявлено, что продолжительность активной терапии диуретиками в основной группе продолжалась в среднем 7 дней (интерквартильный интервал 5-8), в контрольной — 9 (8-10) дней (p=0,034). При этом медиана дозы петлевого диуретика за период активной фазы оказалась значимо (p=0,003) ниже в основной группе, чем в контрольной, и составила в среднем 60 (40; 80) и 80 (70; 110) мг/сут в пересчете на фуросемид соответственно. При переходе на поддерживающую фазу лечения при достижении компенсации фиксированная доза диуретика также оказалась значимо ниже в основной группе (в среднем 30 (20; 40) мг/сут в пересчете

на фуросемид) в сравнении с контрольной (в среднем 40 (30; 60) мг/сут), p=0,018 (табл. 4).

За время госпитализации в обеих группах больных наблюдалось заметное улучшение качества жизни, однако степень его была более выражена у пациентов, практикующих полное дыхание (с 82,2±8,6 до 62,2±7,6 баллов) по сравнению с группой стандартной терапии (с 79,6±8,4 до 69,3±6,7 баллов, p <0,01).

Для оценки влияния полного дыхания на течение и госпитальный прогноз заболевания была проанализирована летальность и частота переводов в отделение интенсивной терапии (табл. 5). Среди пациентов основной группы один пациент умер, двое были переведены в отделение интенсивной терапии, в то же время в контрольной группе неблагоприятные исходы наблюдались у троих и четверых больных соответственно. Указанные различия не достигли статистической достоверности. Тем не менее средние сроки госпитализации у выживших пациентов оказались значимо меньше в группе полного дыхания, чем в группе стандартной терапии.

Обсуждение

Ремоделирование дыхательной системы играет важную роль в появлении симптомов ХСН и прогрессировании заболевания [6, 15]. Диафрагма — мышца, которая вносит наибольший вклад в обеспечение эффективного газообмена, подвергается многочисленным патологическим изменениям, включающим усиление процессов дегградации белков, уменьшение количества митохондрий, нарушение окислительного

метаболизма. При биопсии диафрагмы у пациентов с сердечной недостаточностью выявляют переход от быстро сокращающихся мышечных волокон (тип II) к медленно сокращающимся волокнам (тип I), усиление апоптоза и, в конечном итоге, замещение мышечных волокон жировой и соединительной тканью [16, 17]. Такое ремоделирование ДМ приводит к снижению инспираторной силы и возникновению одышки [18].

Слабость ДМ не только ограничивает функциональные возможности пациентов, но и усугубляет избыточную нейрогуморальную активацию. Ввиду выраженных изменений в диафрагме активация метаболического рефлекса вдоха у пациентов с ХСН происходит уже при незначительных физических нагрузках, однако она не приводит к улучшению газообмена и сердечного выброса, а лишь вызывает симпатически опосредованную вазоконстрикцию [18, 19]. Устойчивое повышение симпатoadренальной активности, в свою очередь, ведёт к дальнейшему возрастанию постнагрузки на миокард, замыкая порочный круг и ухудшая прогноз заболевания [20].

Тренировка ДМ в настоящее время рассматривается как ключевое реабилитационное мероприятие, способствующее уменьшению симптомов ХСН и улучшению качества жизни пациентов. Проведенное нами исследование показало, что добавление к стандартной терапии ОДСН тренировки ДМ ассоциируется с более выраженным уменьшением одышки, улучшением клинического статуса, увеличением сатурации крови кислородом и толерантности к физическим нагрузкам по сравнению со стандартной терапией. Полученные нами результаты подтверждаются данными других работ. В рандомизированных контролируемых исследованиях с участием пациентов с ХСН было продемонстрировано, что добавление дыхательной гимнастики к аэробным физическим упражнениям способствовало улучшению сердечно-сосудистой реакции на нагрузку и её переносимости [21-23]. В экспериментальных моделях сердечной недостаточности было показано, что тренировка дыхательных мышц улучшает показатели гемодинамики и уменьшает вегетативный дисбаланс [24].

Механизмы реализации положительных эффектов дыхательных упражнений разнообразны и лишь начинают изучаться. Прежде всего, они обусловлены возрастанием резерва ДМ. Особенностью полного глубокого дыхания является то, что на выдохе диафрагма подталкивается вверх мышцами живота, что увеличивает её эффективность как инспираторной мышцы [24]. За счет увеличения силы и выносливости дыхательных мышц, а также повышения эффективности газообмена, выполнение полного йоговского дыхания приводит к увеличению не только дыхательных объемов, но и сатурации артериальной крови кислородом. Вероятно, это лежит в основе увеличения толерантности к физической нагрузке и уменьшения чувства одышки, достигнутых в данном исследовании.

Другой механизм воздействия дыхательной гимнастики заключается в улучшении нейровегетативной регуляции сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Известно, что течение ХСН характеризуется снижением тонуса парасимпатического отдела автономной нервной системы и, соответственно, повышением активности симпатического ее звена. Гипоксия и гиперкапния, возникающие при СН, приводят к активации хеморецепторов каротидной зоны [25]. Сигналы от этих рецепторов поступают в дыхательный центр продолговатого мозга, вызывая активацию симпатoadренальной системы, направленную на поддержание адекватного уровня оксигенации крови. Повышение симпатического тонуса, в первую очередь, проявляется увеличением частоты дыхания, повышением системного артериального давления и ЧСС. Существуют данные об оптимизации баланса вегетативной нервной системы на фоне занятий тренировкой ДМ [26]. Воздействуя на барорецепторы легочной ткани, а также рецепторы растяжения, расположенные в гладкомышечном слое крупных воздухоносных путей, медленное глубокое йоговское дыхание активирует парасимпатическую нервную систему и снижает чувствительность хеморецепторов [27]. Этот механизм, вероятно, обуславливает снижение ЧСС и ЧДД, полученное нами в данной работе. Не исключено также и центральное влияние йоговского дыхания на дыхательный и сосудодвигательный центры продолговатого мозга. В основе данного феномена может лежать общая для некоторых дыхательных и кардиомоторных нейронов сеть [28].

Мы установили, что применение полного дыхания способствует более быстрому достижению эуволемии и снижению потребности в диуретиках. Уменьшение явлений застоя является одной из первостепенных целей лечения пациентов с ОДСН. Согласно современным руководствам, пациентам без выраженной артериальной гипотонии и признаков гипоперфузии сразу после госпитализации в стационар рекомендовано внутривенное введение петлевых диуретиков. При этом рекомендуется ежедневно оценивать признаки, связанные с перегрузкой жидкостью (одышка, застойные хрипы в легких, периферические отеки, масса тела, объем выделяемой мочи). Нами было выявлено, что у пациентов, выполнявших дыхательную гимнастику, масса тела снижалась быстрее, хотя объемы выделенной жидкости между группами не различались. По-видимому, выполнение полного йоговского дыхания способствовало, увеличению респираторных потерь жидкости, что и объясняло более быстрый регресс застойных явлений в легких у пациентов основной группы [29].

Одышка и снижение толерантности к физическим нагрузкам во многом ограничивают жизнедеятельность больных ХСН. Мы предположили, что выполнение полного дыхания, напротив, может способствовать её расширению. Для оценки качества жизни мы применяли Миннесотский опросник «Жизнь с сердечной недостаточностью», который предлагали заполнить пациентам при госпитализации и при выписке. За время госпитализации в обеих группах больных наблюдалось заметное улучшение качества жизни, однако степень его была более выражена у пациентов, практикующих полное дыхание по сравнению с больными с группой

стандартной терапии ($p < 0,01$). Положительное влияние дыхательных техник на качество жизни подтверждается во многих исследованиях [30] и связано, прежде всего, с улучшением переносимости физических нагрузок. Определенный вклад в этот процесс может вносить и улучшение психоэмоционального состояния пациентов, уменьшение тревоги и возобновление контроля над дыханием [26].

В большинстве исследований, посвященных тренировке ДМ, не анализировались жесткие конечные точки — выживаемость и частота кардиоваскулярных событий. Отличительной особенностью нашей работы стала анализ влияния полного дыхания на течение и госпитальный прогноз заболевания. Нами была проанализирована летальность и частота переводов в отделение интенсивной терапии. Применение полного дыхания не приводило к улучшению госпитальных исходов заболевания, тем не менее средние сроки госпитализации у выживших пациентов оказались значительно меньше в группе полного дыхания, чем в группе стандартной терапии. Нельзя исключить, что отсутствие статистических различий в выживаемости пациентов связано с небольшой выборкой больных. Для изучения этой гипотезы необходимо проведение дальнейших, более крупных исследований.

Выводы

Выполнение полного дыхания в дополнение к стандартной медикаментозной терапии пациентов с ОДСН приводит к более значимому уменьшению выраженности одышки, увеличению толерантности к физической нагрузке и улучшению насыщения крови кислородом. Тренировка ДМ способствует более быстрому регрессу застойных явлений в легких и снижению потребности в диуретиках. Применение полного дыхания ассоциируется с заметным улучшением качества жизни пациентов, с более быстрым достижением компенсации и уменьшением сроков пребывания в стационаре, однако не приводит к улучшению госпитальных исходов заболевания.

Полное йоговское дыхание является доступным и относительно простым в выполнении методом, не требующим дополнительных экономических затрат и специального оборудования. Важно подчеркнуть, что в нашем исследовании по мере практики дыхательной гимнастики приверженность к ее выполнению возрастала, а сами пациенты отмечали доступность и эффективность этого метода.

Несомненным ограничением данного исследования являлось отсутствие заслепления техники тренировки ДМ, что в определенной мере снижает валидность полученных результатов. Разделение пациентов на дополнительные подгруппы в зависимости от типа ХСН и её тяжести способствовало бы определению роли полного дыхания для отдельных когорт больных. Более крупные, хорошо спланированные исследования по оценке объективных детерминант ХСН и жестких конечных точек помогут прояснить роль дыхательных упражнений как важной нефармакологической терапии ХСН.

Вклад авторов:

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку работы, прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией

Ватутин Н.Т. (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4307-1522>): разработка концепции и дизайна, интерпретация полученных результатов, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение

Шевелёв А.Н. (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6192-2576>): разработка концепции и дизайна, интерпретация полученных результатов, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение

Склянная Е.В.: обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи, анализ и интерпретация данных

Линник И.Г. (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4431-6667>): обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи, анализ и интерпретация данных

Харченко А.В.: обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи, анализ и интерпретация данных

Author Contribution:

All the authors contributed significantly to the study and the article, read and approved the final version of the article before publication

Vatutin N.T. (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4307-1522>): development of the concept and design, interpretation of the results obtained, verification of critical intellectual content, final approval

Shevel'yok A.N. (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6192-2576>): development of the concept and design, interpretation of the results obtained, verification of critical intellectual content, final approval

Sklyannaya E.V.: review of publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript, analysis and interpretation of data

Linnik I.G. (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4431-6667>): review of publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript, analysis and interpretation of data

Kharchenko A.V.: review of publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript, analysis and interpretation of data

Список литературы/ References:

1. Chaudhry S-P., Stewart G.C. Advanced Heart Failure: Prevalence, Natural History, and Prognosis. *Heart Fail Clin.* 2016; 12(3): 323-333. doi:10.1016/j.hfc.2016.03.001
2. Lalande S., Cross T.J., Keller-Ross M.L. et al. Exercise Intolerance in Heart Failure: Central Role for the Pulmonary System. *Exercise and Sport Sciences Reviews.* 2020; 48(1): 11-19. doi:10.1249/JES.0000000000000208
3. Nakagawa N.K., Diz M.A., Kawauchi T.S. et al. Risk Factors for Inspiratory Muscle Weakness in Chronic Heart Failure. *Respir Care.* 2020; 65(4): 507-516. doi:10.4187/respcare.06766
4. Laoutaris I.D. The "aerobic/resistance/inspiratory muscle training hypothesis in heart failure." *Eur J Prev Cardiol.* 2018; 25(12): 1257-1262. doi:10.1177/2047487318776097
5. Argilés J.M., Busquets S., Stemmler B. et al. Cachexia and sarcopenia: mechanisms and potential targets for intervention. *Curr Opin Pharmacol.* 2015; 22: 100-106. doi:10.1016/j.coph.2015.04.003
6. Dos Santos M.R., Saitoh M., Ebner N. et al. Sarcopenia and Endothelial Function in Patients With Chronic Heart Failure: Results From the Studies Investigating Comorbidities Aggravating Heart Failure (SICA-HF). *J Am Med Dir Assoc.* 2017; 18(3): 240-245. doi:10.1016/j.jamda.2016.09.006

7. Okwose N.C., Avery L., O'Brien N. et al. Acceptability, Feasibility and Preliminary Evaluation of a Novel, Personalised, Home-Based Physical Activity Intervention for Chronic Heart Failure (Active-at-Home-HF): a Pilot Study. *Sports Medicine — Open*. 2019; 5(1): 45. doi:10.1186/s40798-019-0216-x
8. Cattadori G., Segurini C., Picozzi A. et al. Exercise and heart failure: an update. *ESC Heart Fail*. 2018; 5(2): 222-232. doi:10.1002/ehf2.12225
9. Oz Alkan H., Uysal H., Enç N. et al. Influence of Breathing Exercise Education Applied on Patients with Heart Failure on Dyspnoea and Quality of Sleep: A Randomized Controlled Study. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*. 2017; 6(9): 107-113
10. Belardinelli R., Georgiou D., Cianci G. et al. Randomized, controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure: effects on functional capacity, quality of life, and clinical outcome. *Circulation*. 1999; 99(9): 1173-1182. doi:10.1161/01.cir.99.9.1173
11. Арутюнов Г.П., Колесникова Е.А., Беграббекова Ю.Л. и др. Рекомендации по назначению физических тренировок пациентам с хронической сердечной недостаточностью. *Журнал Сердечная Недостаточность*. 2017; 18(1): 41-66. doi:10.18087/rhfj.2017.1.2339
Arutyunov G.P., Kolesnikova E.A., Begrambekova Yu.L. et al. Exercise training in chronic heart failure: practical guidance of the Russian Heart Failure Society. *Russian journal of heart failure*. 2017;18(1): 41-66. doi:10.18087/rhfj.2017.1.2339 [In Russian]
12. Троицкий М.С., Федоров С.Ю., Борисова О.Н. и др. Инновации в тренировке дыхательной мускулатуры (литературный обзор). *Вестник Новых Медицинских Технологий. Электронное Издание*. 2015; 2: 3-7. doi:10.12737/11911
Troitsky M.S., Fedorov S.Yu., Borisova O.N. et al. Innovations in the training of the respiratory muscles (Literature Review). *Russian journal of New Medical Technologies. Electronic edition*. 2015; 2: 3-7. [In Russian]
13. Udupa K., Madanmohan N., Bhavanani A.B. et al. Effect of pranayam training on cardiac function in normal young volunteers. *Indian J Physiol Pharmacol*. 2003; 47(1): 27-33.
14. Ponikowski P., Voors A.A., Anker S.D. et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail*. 2016; 18(8): 891-975. doi:10.1002/ehf.592
15. Saitoh M., Ishida J., Doehner W. et al. Sarcopenia, cachexia, and muscle performance in heart failure: Review update 2016. *Int J Cardiol*. 2017; 238: 5-11. doi:10.1016/j.ijcard.2017.03.155
16. Giallauria F., Piccioli L., Vitale G. et al. Exercise training in patients with chronic heart failure: A new challenge for Cardiac Rehabilitation Community. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2018; 88(3): 987. doi:10.4081/monaldi.2018.987
17. Ribeiro J.P., Chiappa G.R., Callegaro C.C. The contribution of inspiratory muscles function to exercise limitation in heart failure: pathophysiological mechanisms. *Rev Bras Fisioter*. 2012; 16(4): 261-267. doi:10.1590/s1413-35552012005000034
18. Boushel R. Muscle metaboreflex control of the circulation during exercise. *Acta Physiol (Oxf)*. 2010; 199(4): 367-383. doi:10.1111/j.1748-1716.2010.02133.x
19. Беграббекова Ю.Л., Каранадзе Н.А., Орлова Я.А. Нарушения системы дыхания при хронической сердечной недостаточности. *Кардиология*. 2019; 59(25): 15-24. doi:10.18087/cardio.2626
Begrambekova Yu.L., Karanadze N.A., Orlova Y.A. Alterations of the respiratory system in heart failure. *Kardiologia*. 2019; 59(25): 15-24. doi:10.18087/cardio.2626 [In Russian]
20. Meyer F.J., Borst M.M., Zugck C. et al. Respiratory muscle dysfunction in congestive heart failure: clinical correlation and prognostic significance. *Circulation*. 2001; 103(17): 2153-2158. doi:10.1161/01.cir.103.17.2153
21. Winkelmann E.R., Chiappa G.R., Camila O.C. Lima. et al. Addition of inspiratory muscle training to aerobic training improves cardiorespiratory responses to exercise in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness. *Am Heart J*. 2009; 158(5): 768.e1-7. doi:10.1016/j.ahj.2009.09.005
22. Stein R., Chiappa G.R., Güths H. et al. Inspiratory muscle training improves oxygen uptake efficiency slope in patients with chronic heart failure. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2009; 29(6): 392-395. doi:10.1097/HCR.0b013e3181b4cc41
23. Laoutaris I.D., Adamopoulos S., Manginas A. et al. Benefits of combined aerobic/resistance/inspiratory training in patients with chronic heart failure. A complete exercise model? A prospective randomised study. *Int J Cardiol*. 2013; 167(5): 1967-1972. doi:10.1016/j.ijcard.2012.05.019
24. Montemuzzo D., Fregonezi G.A., Pereira D.A. et al. Influence of inspiratory muscle weakness on inspiratory muscle training responses in chronic heart failure patients: a systematic review and meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014; 95(7): 1398-1407. doi:10.1016/j.apmr.2014.02.022
25. Passino C., Giannoni A., Milli M. et al. Recent knowledges on chemosensitivity to hypoxia and hypercapnia in cardiovascular disease. *Recenti Prog Med*. 2010; 101(7-8): 308-313.
26. Novaes M.M., Palhano-Fontes F., Onias H. et al. Effects of Yoga Respiratory Practice (Bhastrika pranayama) on Anxiety, Affect, and Brain Functional Connectivity and Activity: A Randomized Controlled Trial. *Front Psychiatry*. 2020; 11: 467. doi:10.3389/fpsy.2020.00467
27. Shinba T., Inoue T., Matsui T. et al. Changes in Heart Rate Variability after Yoga are Dependent on Heart Rate Variability at Baseline and during Yoga: A Study Showing Autonomic Normalization Effect in Yoga-Naïve and Experienced Subjects. *Int J Yoga*. 2020; 13(2): 160-167. doi:10.4103/ijoy.IJOY_39_19
28. Garcia A.J., Koschnitzky J.E., Dashevskiy T. et al. Cardiorespiratory Coupling in Health and Disease. *Auton Neurosci*. 2013; 175(0): 26-37. doi:10.1016/j.autneu.2013.02.006
29. Покровский В.М., Коротко Г.Ф. Физиология человека. 2003; 656 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.booksmed.com/fiziologiya/565-fiziologiya-cheloveka-pokrovskij-uchebnik.html>. (дата обращения: 12.06.2020).
Pokrovskiy V.M., Korotko G.F. Human physiology. 2003; 656 p. [Electronic resource]. URL: <https://www.booksmed.com/fiziologiya/565-fiziologiya-cheloveka-pokrovskij-uchebnik.html>. (Date of the application: 12.06.2020) [In Russian]
30. Smart N.A., Giallauria F., Dieberg G. Efficacy of inspiratory muscle training in chronic heart failure patients: a systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol*. 2013; 167(4): 1502-1507. doi:10.1016/j.ijcard.2012.04.029