

РАННЯЯ ПРЕВЕНТИВНАЯ РЕСПИРАТОРНАЯ ПОДДЕРЖКА В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ СО СНИЖЕННОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ В АМБУЛАТОРНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ

С. Ю. ФЕДОРОВ, В. С. СОБОЛЕНКОВА, С. С. ФЕДОРОВ, Б. А. НИКАНОРОВ

Тульский государственный университет, медицинский институт, Тула

Гиподинамия — актуальная проблема современной медицины и общества, характеризующаяся рядом серьезных системных нарушений и уносящая ежегодно свыше 5 млн человеческих жизней. Очевидным является своевременное повышение физической активности, однако, существует опасность развития тканевого гиперметаболического синдрома, связанного с неконтролируемым потреблением энергетических факторов мышечной системой и возможным повреждением жизненно важных органов. В связи с этим обоснована и предложена система кардиореспираторных тренировок, предшествующих физической активизации, посредством пиковых перепадов давления в респираторном тракте, осуществляемых посредством разработанного портативного устройства индивидуального использования с дозируемым уровнем резистивности, позволяющего снизить риск развития тканевого гиперметаболического синдрома и повысить в перспективе возможности физической реабилитации.

Ключевые слова: гиподинамия, системные нарушения, тканевой гиперметаболический синдром, математическое моделирование, режимы респираторных тренировок.

Актуальность

Некоторые исследователи утверждают, что в наше время физическая нагрузка уменьшилась в 50–100 раз — по сравнению с предыдущими столетиями, хотя природа человека по сути не изменилась. Доля мышечных усилий во всей вырабатываемой на Земле энергии за последние 100 лет снизилась с 94% до 1%. В прошлом энерготраты, например, крестьянина и мастера, составляли 5000–6000 ккал в сутки, сегодня они, как правило, не превышают 2500 ккал, что явно ниже оптимального уровня. При этом считается, что средний современный человек «недобирает» дополнительного уровня энерготрат около 300 ккал в сутки.

В настоящее время недостаточная мышечная активность стала распространенной у людей многих профессий. Снижается двигательная активность не только людей среднего и пожилого возраста, но и детей и подростков, которые значительную часть времени проводят сидя за партой или возле компьютера. Гипокинезия (гиподинамия) сегодня представляется экологическим и социальным фактором — неизбежным спутником научно-технического прогресса, который сопровождается значительным снижением доли физического труда

в материальном производстве. Различают 3 основных вида гипокинезии: 1) профессиональная; 2) в индивидуальном плане — гипокинезия как стилем жизни; 3) третий вид гипокинезии (назовем ее вынужденной) — это давно и хорошо известный лечебный прием (постельный режим), применяемый для лечения или облегчения при многих тяжелых заболеваниях. Более 5,3 млн жизней в год уносят последствия гиподинамии. Через 7–8 суток неподвижного лежания [1,2,3] у людей наблюдаются **функциональные расстройства**: появляются апатия, забывчивость, невозможность сосредоточиться на серьезных занятиях, расстраивается сон, резко падает мышечная сила, нарушается координация не только в сложных, но и в простых движениях; ухудшается сократимость скелетных мышц, изменяются физико-химические свойства мышечных белков; системное снижение кальция, в том числе в костной ткани.

Системные изменения при гиподинамии: снижение максимального потребления кислорода (МПК), падение индекса РНК/ДНК, гормональная дисфункция, иммунодефицит, атрофия мышечной системы, функциональная и структурная перестройка ЦНС.

Повреждения ЦНС заключаются в ригидности адаптивных реакций вегетативной нервной системы при функциональной и структурной патологии головного мозга, связанной с нарушением кровообращения.

Потеря миофибриллами тонуса, их сократительной способности [19,14] системно отражается и на работе мышц, обеспечивающих вентиляцию (рис 1,2).

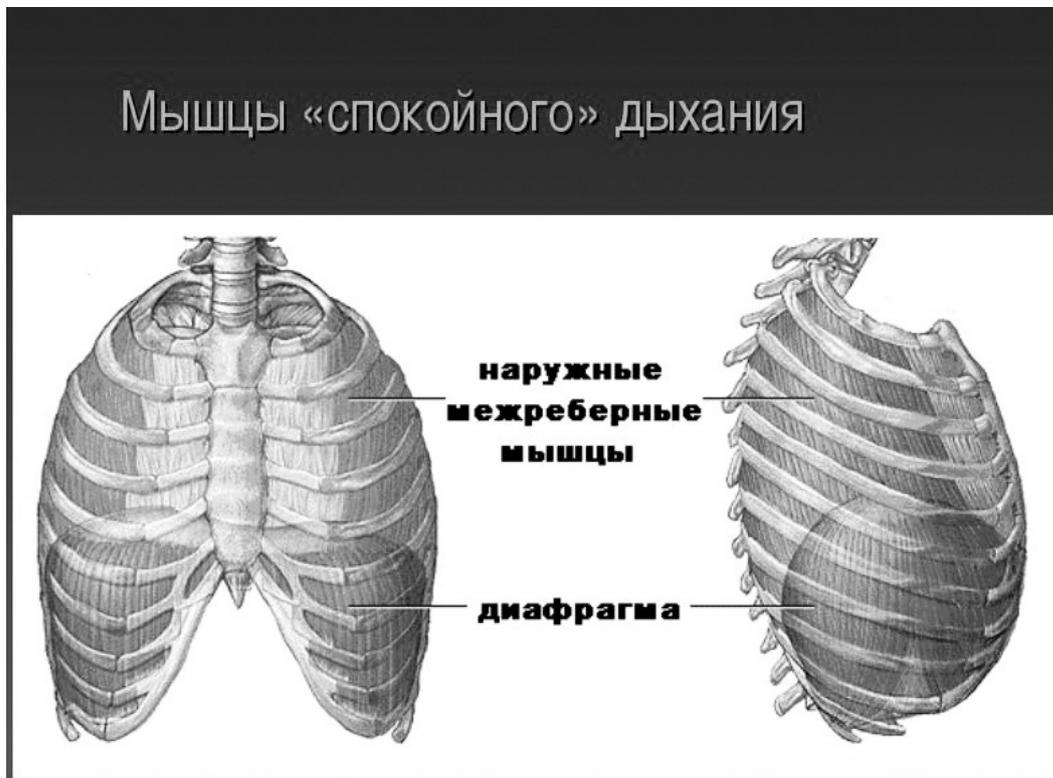


Рис. 1. Мышцы спокойного дыхания

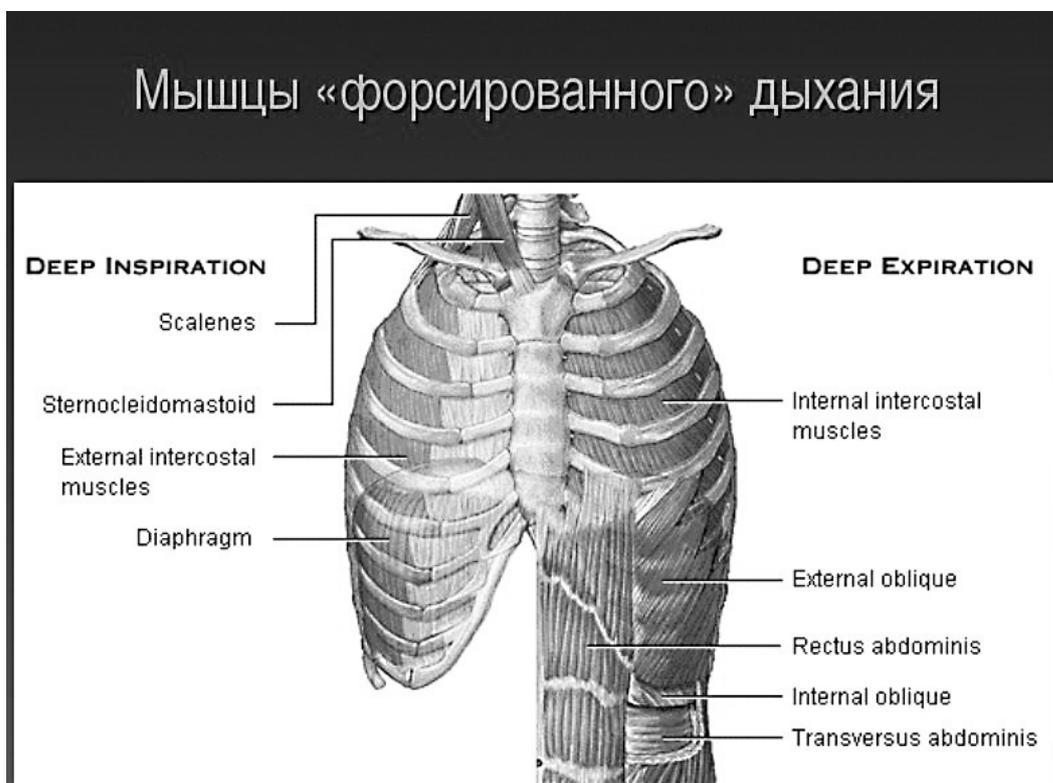


Рис. 2. Мышцы форсированного дыхания

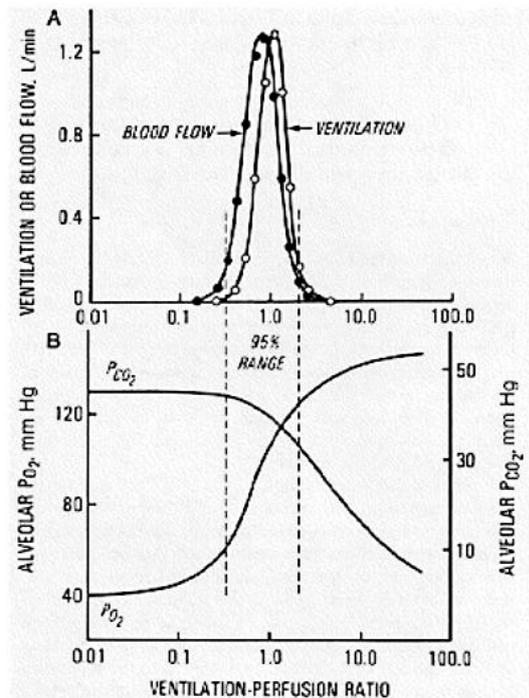
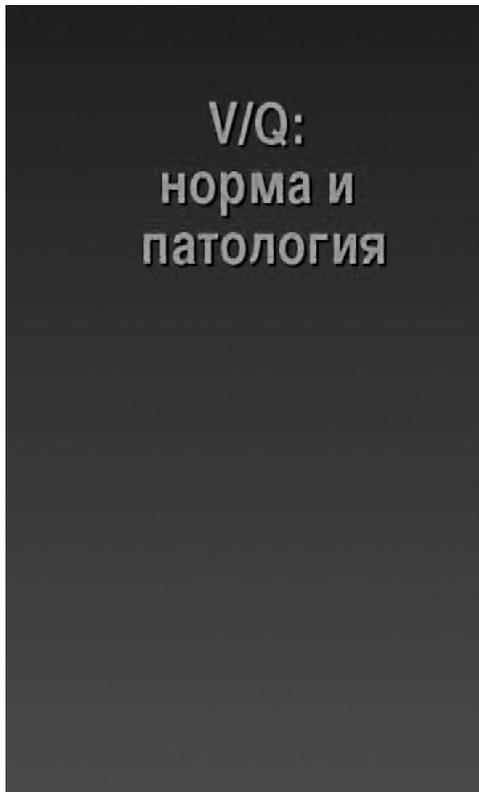


Рис. 3. График вентиляционно-перфузионных нарушений

Снижение вентиляции приводит к снижению перфузии, вентиляционно-перфузионного коэффициента [18,8] и прогрессированию тканевой гипоксии (рис. 3).

Начало реабилитации при росте физических нагрузок может привести к гиперметаболической тканевой гипоксии, возникающей вследствие неадекватности доставки кислорода тканям организма при резко возросшем потреблении его последними [6,4].

Это происходит при значительном усилении функций различных тканей, особенно мышечной, повышении их потребностей в кислороде и неспособности организма адекватно увеличить к ним приток крови, богатой кислородом [9,12].

Методами, снижающими неизбежность развития синдрома тканевой гиперметаболической гипоксии могут считаться низкопоточная кислородотерапия посредством кислородного концентратора (на дому) или применение [1, 6] CPAP-терапии (рис. 4).

Снижение тонуса дыхательной мускулатуры мышц носоглотки приводит к синдрому апноэ и гипопноэ сна, существенно усугубляющего гипоксию и прогрессированию системных [10] расстройств (рис. 5).

Таким образом, становится очевидным применение у больных с двигательными изменениями возможно ранней активизации и проведения ЛФК [2]. Проведение CPAP-терапии в массовом варианте

требует соответствующей аппаратуры и привлечения специалистов [1,8], к тому же не всегда удается адаптировать пациента к маске неинвазивной вентиляции. В соответствии вышеозначенному, возникает необходимость ранней респираторной реабилитации пациентов с длительными двигательными расстройствами и гиподинамией [4].

Целью исследования явилась разработка портативного индивидуального устройства с регулируемым режимом воздействия на респираторную систему [5,12].

В соответствии с целью **задачами** исследования являлись:

1). Исследование видов имеющихся дыхательных тренажеров (дроссельный, барботажный, пикового сопротивления).

2). Создание математической модели взаимодействия «Тренажер-респираторный тракт» с целью выбора оптимальной модели.

Результатами модулирования кривой «объем-поток» посредством вышеперечисленных дыхательных устройств явились (рис. 6) кривые давления в дыхательных путях при испытании разного типа тренажеров дыхательной мускулатуры: где: 1 — нормальное дыхание, 2 — дыхание через тренажер дроссельного типа, 3 — дыхание через тренажер с водяным затвором, 4 — дыхание через тренажер с пиковым сопротивлением в начале вдоха и выдоха



Рис. 4. Фото пациента, применяющего кислородный концентратор на дому

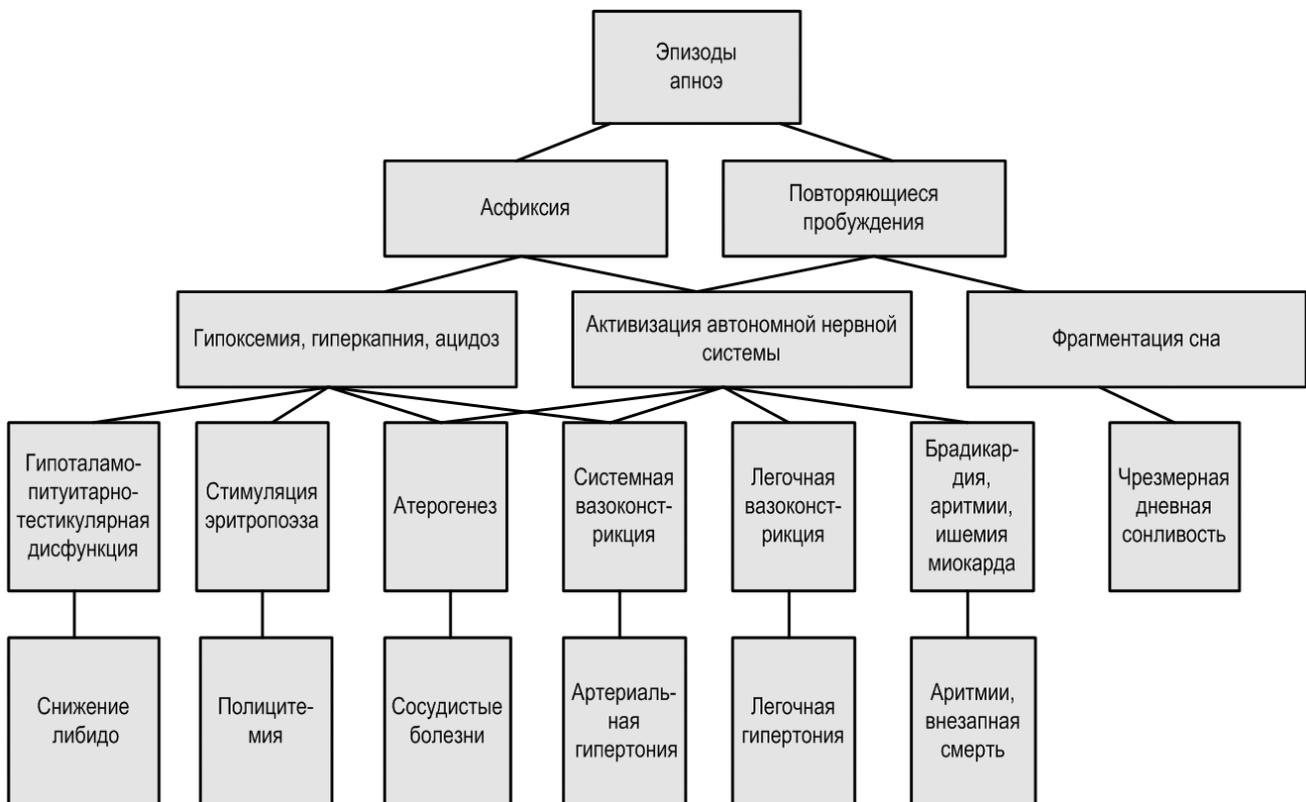


Рис. 5. Физиологические следствия эпизодов апноэ (А. Г. Чучалин с соавт.)

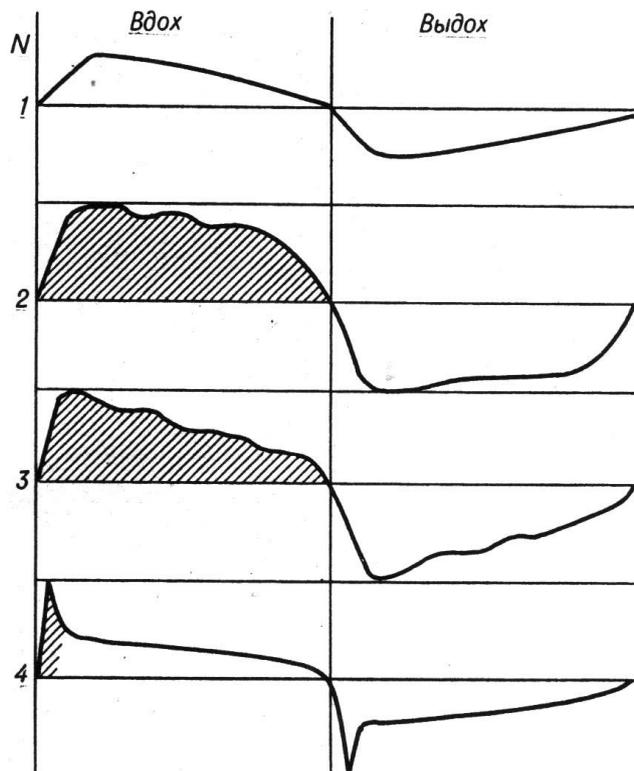


Рис. 6. Кривые давления в дыхательных путях при испытании разного типа тренажеров

Как видно из результатов исследования, тренажеры дроссельного (2) и барботажного (3) типа наблюдается постоянная дополнительная нагрузка на дыхательную мускулатуру в условиях уже существующей инфляции, поэтому для дальнейших исследований выбран тип с пиковым сопротивлением в начале вдоха и выдоха (4).

На рис. 7 показаны результаты математического моделирования системы «тренажер-респираторный тракт» тренажеров дроссельного и барботажного типа, рис. 8 отражает результаты моделирования тренажера с пиковым сопротивлением [7, 14].

По результатам сравнительного анализа можно сделать выводы: пиковые нагрузки не нарушают акта дыхания, позволяют осуществлять регулярное изменение дыхательных объемов с увеличением скорости их нарастания или снижения, осуществление нелинейности (прерывистости) работы дыхания [15, 16], стимулируют синхронизацию дыхательного центра (рис. 9).

Следствием проведенного анализа и исследований явилась разработка портативного тренирующего устройства (рис. 10) и модели портативного индивидуального тренажера (рис. 11).

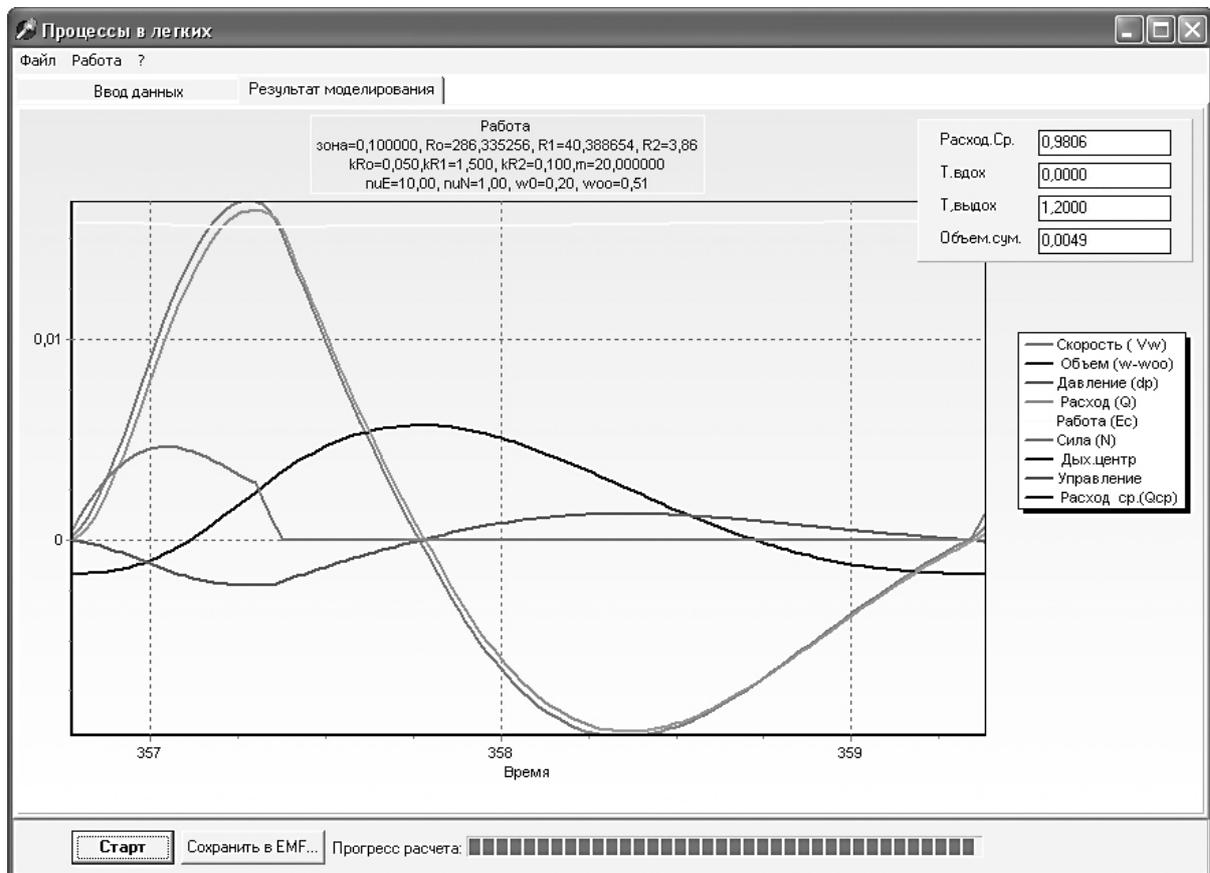


Рис. 7. Результаты математического моделирования системы «тренажер-респираторный тракт» тренажеров дроссельного и барботажного типа

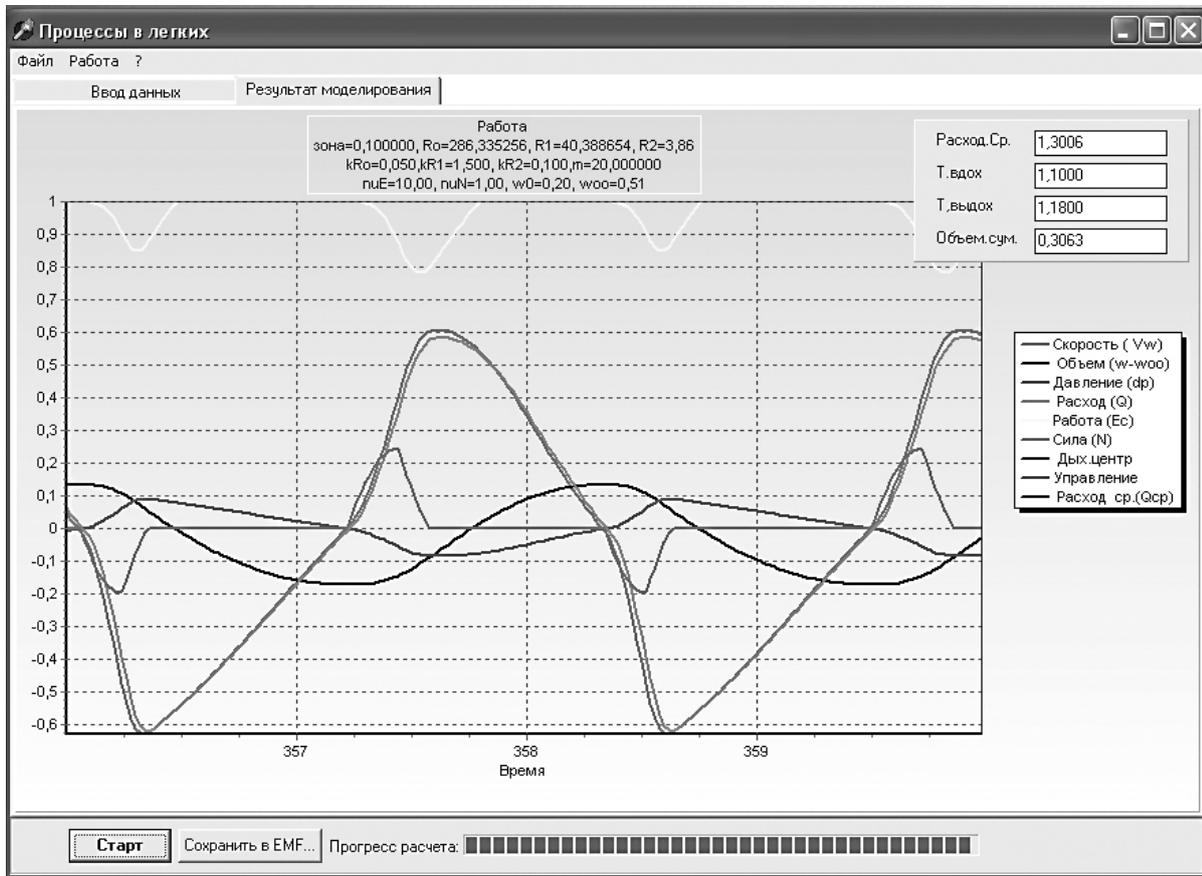


Рис. 8. Результаты математического моделирования тренажера с пиковым сопротивлением



Рис. 9. Дыхательные центры

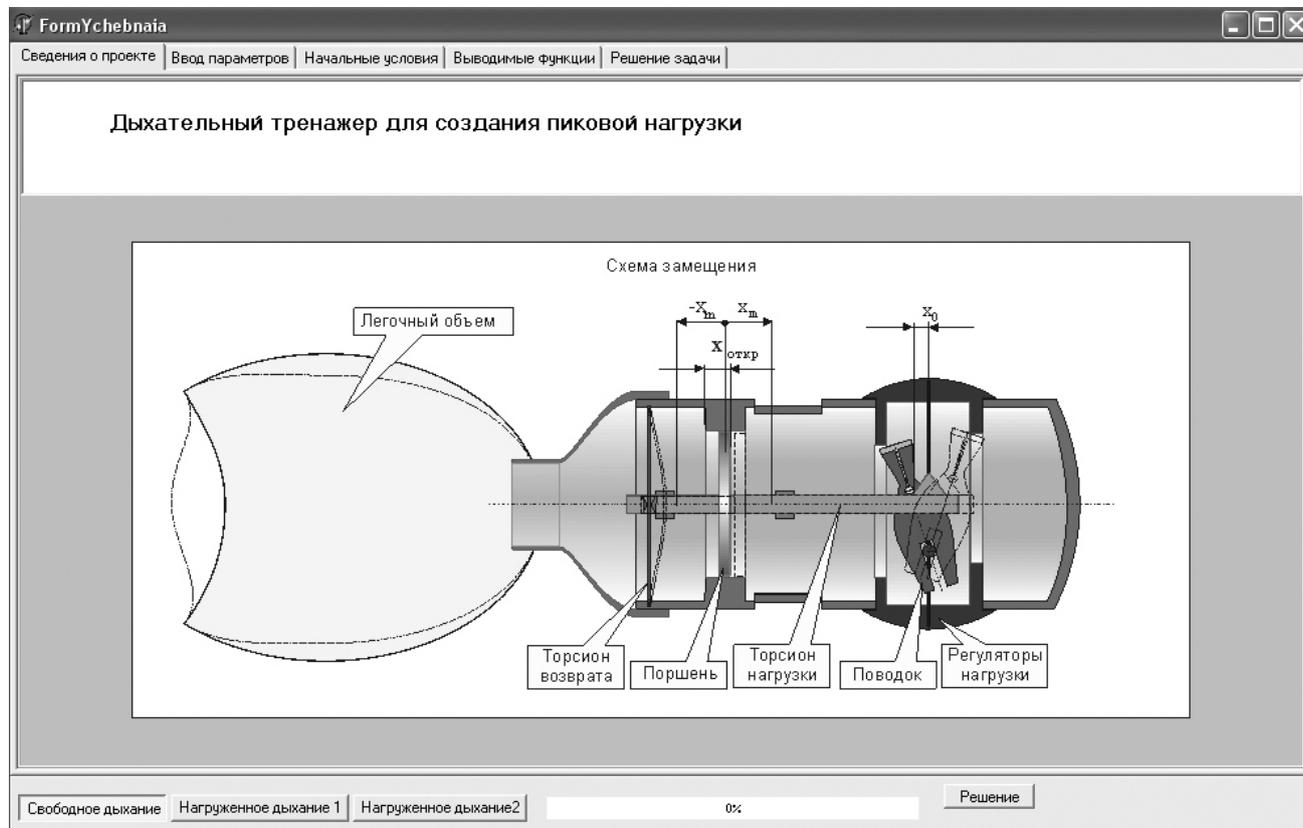


Рис. 10. Портативное тренирующее устройство



Рис. 11. Модель портативного индивидуального тренажера

Таким образом, подытожив вышеописанное, можно сделать следующие **выводы**:

1. Обоснована необходимость респираторной поддержки в комплексной реабилитации больных с двигательными и гиподинамическими нарушениями.

2. Определены механизмы снижения и предупреждения тканевой гипоксии в результате тренирующих воздействий на систему вентиляции.

3. Проведен выбор методик воздействия на систему дыхания и условий их реализации.

4. Проведено математическое моделирование процессов, происходящих в системе «респираторный тракт-резистивный модуль».

5. На основании предварительных исследований разработана оптимальная модель для тренирующих воздействий на кардиореспираторную систему.

6. Намечена концепция применения сочтанных методик при разработке электромеханического резистивного модуля для комплексной реабилитации.

ЛИТЕРАТУРА:

- Ахмадеев Р. Р. Неинвазивная вентиляция лёгких в профилактике и лечении послеоперационных респираторных нарушений / Р. Р. Ахмадеев, А. Ж. Баялиева, А. В. Пашеев и др. // *Общая реаниматология* — 2010. — № 2. — С. 75–80.
- Беграмбекова Ю.Л., Каранадзе Н. А., Мареев В. Ю., Колесникова Е. А., Орлова Я. А.. — Комплексные тренировки дыхательной и скелетной мускулатуры у пациентов с хронической сердечной недостаточностью III–V функционального класса и низкой и промежуточной фракцией выброса левого желудочка. Дизайн и обоснование. — *Сибирский медицинский журнал*. — <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-2-123-130>.
- Буравкова Л. Б. Особенности метаболизма у человека при выполнении физической нагрузки после 7-суточной «сухой» иммерсии / Л. Б. Буравкова, И. М. Ларина, И. А. Попова // *Физиология человека*. — 2003. — Т. 29. — № 5. — С. 82–89
- Волков Н. И. Кислородный запрос и энергетическая стоимость напряженной мышечной деятельности у человека / Н. И. Волков, И. А. Савельев // *Физиология человека*. — 2002. — Т. 28. № 4. — С. 80–93.
- Дышко Б. А. Индивидуальные средства для тренировки дыхательной системы / Б. А. Дышко // *Медицина и спорт*. — 2006. — № 5. — С. 36–37. Кассиль В. Л. Искусственная и вспомогательная вентиляция лёгких / В. Л. Кассиль, М. А. Выжигина, Г. С. Лескин М.: Медицина, 2004. — 479 с.
- Еликов, А. В. — Метаболическая адаптация к двигательной активности различной интенсивности и гиподинамии. — 2015. — Дисс. на соиск. д. м. н.
- Ивахно Н. В. — Использование сглаживающих сплайнов при обработке сигналов биотехнической системы «тренажер дыхательной мускулатуры — пациент». — *Известия ТулГУ. Технические науки*. 2013. Вып. 11.
- Кассиль В. Л. Искусственная и вспомогательная вентиляция лёгких / В. Л. Кассиль, М. А. Выжигина, Г. С. Лескин М.: Медицина, 2004. — 479 с.
- Колчинская А. З. Кислород. Физическое состояние, работоспособность / А. З. Колчинская. — Киев: Наукова думка, 1991. — 205 с
- Лебединский К. М. Основы респираторной поддержки: краткое руководство для врачей / К. М. Лебединский, В. А. Мазурок, А. В. Нефёдов. — СПб.: Человек, 2009. — 208 с.
- Медведев Д. В. Повышение функциональной подготовленности спортсменов посредством интервальных резистивно-респираторных нагрузок: методические рекомендации / Д. В. Медведев. — Волгоград: ВГАФК, 2005. — 20 с.
- Сегизбаева М. О., Александрова Н. П. — влияние тренировки с использованием дыхательного тренажера elevation training mask 2.0 на функциональный резерв респираторной мускулатуры. — *Физиология человека*, 2018, том 44, № 6, с. 59–66.
- Сентябrev, Н. Н. Особенности влияния дыхательного тренажера "самоздрав" на состояние церебральной гемодинамики / Н. Н. Сентябrev, А. Г. Камчатников, Е. П. Горбанева // Агаджанянские чтения = Aghajanian's reading: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Москва, 26–27 января 2018 г. — Москва: РУДН, 2018. — С. 227–228
- Троицкий М. С., Федоров С. Ю., Борисова О. Н., Коржук Н. Л. — Инновации в тренировке дыхательной мускулатуры (литературный обзор). — *Вестник новых медицинских технологий*.
- Федоров С. Ю., Федоров С. С. — Тренажер дыхательной мускулатуры. — В сборнике: *Медицинские приборы и технологии международный сборник научных статей*. Сер. "Медицинские приборы и технологии: международный сборник научных статей" под общ. ред. А. З. Гусейнова, Н. Л. Коржука, А. В. Прохорцова. Санкт-Петербург: Тула, 2019. С. 206–209.
- Федоров С. Ю., Федоров С. С., Дворянкина М. А. — Исследование влияния пиковых перепадов давления в дыхательных путях на функцию дыхания. — В сборнике: *Международная научно-практическая конференция "Медицинские приборы и технологии — 2018"* 2019. С. 124–127.
- Уэст Дж.; пер. с англ.-М.; Мир.-1988.-225 с.
- Шик Л. Л. Руководство по клинической физиологии дыхания / Л. Л. Шик, Н. Н. Канаев —Л.: Медицина, 1980. — 312 с
- Harms A. C. Effect of skeletal muscle demand on cardiovascular function / A. C. Harms // *Med. Sci. Sports Exerc.* — 2000. — 32 (1). — P. 94–99. Электронное издание. 2015. № 2. С. 35.

EARLY PREVENTIVE RESPIRATORY SUPPORT IN THE COMPLEX TREATMENT OF PATIENTS WITH REDUCED MOTOR ACTIVITY ON AN OUTPATIENT AND INPATIENT BASIS

S. Yu. FEDOROV, V. S. SOBOLENKOVA, S. S. FEDOROV, B. A. NIKANOROV

Physical inactivity is an urgent problem of modern medicine and society, characterized by a number of serious systemic disorders and claiming more than 5 million human lives every year. A timely increase in physical activity is obvious, however, there is a risk of developing tissue hypermetabolic syndrome associated with uncontrolled consumption of energy factors by the muscular system and possible damage to vital organs. In this regard, justified and proposed a system cardiorespiratory training, previous physical activation, by means of peak pressure in respiratory tract, through a portable device designed for individual use with a metered level of resistivity to reduce the risk of tissue hypermetabolism syndrome and increase in the future, the possibility of physical rehabilitation.

Keywords: *Hypodynamia, systemic disorders, tissue hypermetabolic syndrome, mathematical modeling, respiratory training regimens.*