

**ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ МОДИФИКАЦИЙ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ  
В АНАЛИЗЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСПИРАТОРНОЙ ТРЕНИРОВКИ**

Е.Н. МИНИНА, И.М. БЕЛОУСОВА

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,  
проспект Академика Вернадского, 4, г. Симферополь, Республика Крым, 295003, Россия*

**Аннотация.** В статье рассматривается высокая степень эффективности предложенного респираторного тренинга, выявленного при использовании различных подходов. В группах исследуемых студентов с различным типом вентиляции при однонаправленном коррекционном эффекте вовлекались различные механизмы, обеспечивающие саногенетическую направленность реабилитации и расширение адаптационных резервов. Смещение характеристик типа вентиляции в сторону нормокапнических реакций у исследуемых с исходным гипокапническим и гиперкапническим типом вентиляции сопровождалось увеличением уровня физической работоспособности и ростом резервов кардиореспираторной системы. При использовании различных подходов изучения результативности коррекции и тренировки функции внешнего дыхания было выявлено, что процесс оптимизации кардиореспираторного функционирования при использовании регулярных респираторных упражнений, на фоне изменения паттерна системной организации, формировалась и системная регуляторная реакция снижения энтропии временного ряда ритма сердечных сокращений.

**Ключевые слова:** студенты, тип вентиляции, респираторная тренировка, физическая работоспособность, адаптационные резервы.

**APPROACHES TO THE STUDY OF MODIFICATIONS OF THE CARDIO-RESPIRATORY SYSTEM  
IN THE ANALYSIS EFFICIENCY OF RESPIRATORY TRAINING**

E.N. MININA, I.M. BELOUSOVA

*Crimean Federal Vernadsky University,  
Akademik Vernadsky av., 4, Simferopol, Republic of Crimea, 295003, Russian*

**Abstract.** The article highlights the high degree of effectiveness of the proposed respiratory training, revealed using different approaches. Various mechanisms that ensure the sanogenetic orientation of rehabilitation and the expansion of adaptive reserves were involved in the groups of students with different types of ventilation with a unidirectional correctional effect. Displacement of characteristics of the type of ventilation towards normo-capnic reactions in the subjects with initial hypocapnic and hypercapnic type of ventilation was accompanied by an increase in the level of physical working capacity and an increase in the reserves of the cardio-respiratory system. The use of different approaches to studying the effectiveness of correction and training of the function of external respiration made it possible to reveal that the regulatory and systemic reaction of the decrease in the entropy of the time series of the heart rate was formed in the process of optimizing cardio-respiratory functioning with the use of regular respiratory exercises.

**Keywords:** students, ventilation type, respiratory training, physical performance, adaptation reserves.

Изучение адаптационных реакций у различных категорий населения, оценка уровня здоровья и работоспособности представляется важной медико-биологической проблемой [16, 31], особенно у контингента современной молодежи, характеризующейся недостаточной двигательной активностью. Как известно, снижение уровня двигательной активности сопровождается риском нарушения регуляторных механизмов и потери оптимума их реагирования [14, 20], что приводит к снижению приспособительных возможностей и функциональных резервов [24, 27, 29].

Как известно, уровень функционирования и функциональные резервы определяются ресурсами, которые имеют не только энергетическую, но и информационную составляющие [26]. Последняя определяется через совокупность отношений, связей или корреляций между элементами системы [34]. Приоритет нарушения связей между элементами программной системы над повреждением самих элементов отмечен в [37]. Эффективная адаптация обеспечивается благодаря возможности оптимальной перестройки систем регуляции: включению в функциональную систему новых дополнительных структур или замене одной формы реакции на другую. При этом напряжение механизмов адаптации есть результат не-

достатка резервов, в том числе и информационных, в переходные моменты функционирования и осуществления их управления [33].

Однако в общей теории патологии отсутствуют объективные подходы качественного сравнения гомеостаза организма. Оказывается, что во многих случаях при развитии патологии, в том числе на начальных функциональных стадиях, в рамках применения традиционных статистических методов не удаётся зафиксировать статистически значимые различия между выборками различных параметров организма, если он находится в разных гомеостатических состояниях [1, 2, 13, 15, 36]. Так, статистический учёт стандартного набора показателей на фоне существенного изменения гомеостаза, не всегда демонстрирует наличие лечебных эффектов [3, 17, 18, 32, 35]. Как было отмечено в [5], при оценке параметров гомеостаза для любой функциональной системы организма человека возможно выявить наличие эффекта «повторение без повторения» который открывает необходимость и перспективы изучения различных подходов анализа системных модификаций в процессе изменения адаптационного потенциала.

Очевидно, результаты изучения приспособительных возможностей и эффективности их коррекции с позиции изменения системных модификаций может явиться важным диагностическим критерием и маркером результативности реабилитации, а различные подходы изучения данных модификаций будут способствовать развитию инновационных технологических решений и методологии в медико-биологических исследованиях.

**Цель исследования** – анализ системных модификаций кардиореспираторной системы при изучении эффективности респираторной тренировки у юношей 18-20 лет с использованием различных подходов.

**Материалы и методы исследования.** В исследовании принимали участие 95 условно здоровых юношей мужского пола в возрасте 18-20 лет, разделённые на три подгруппы. Первую подгруппу в количестве 35 исследуемых составили юноши с гипокапническим типом вентиляции, а 30 юношей с гиперкапническим типом вошли во вторую подгруппу. В качестве контрольной группы выступили юноши с нормокапническим типом (30 человек). Тип вентиляции при ранжировании исследуемых определяли при помощи капнографического метода. Регистрация количественных показателей  $CO_2$  во время выдоха проводилась с помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01-«ЕЛАМЕД» [8].

**На первом этапе** определяли эффективность проведенного респираторного тренинга, который осуществлялся при помощи специального устройства, основанного на использовании дополнительного резистивного сопротивления и строился в соответствии с основными принципами тренировки дыхания [6]. Техническое решение позволяло регулировать дыхание, обеспечивая возможность использования в процессе тренировки активных коррекционных факторов, таких как изменение ритма и частоты дыхания, содержания кислорода и углекислого газа во вдыхаемом воздухе, уровня сопротивления дыхания на вдохе и на выдохе. Исследуемые в течение одного года занимались по разработанной программе респираторной коррекции. Продолжительность респираторного воздействия составляла от 5 до 20 минут. Нагрузка подбиралась индивидуально.

Исследования проводили в покое и в процессе нагрузочного тестирования до и после тренинга. Исследование функции системы внешнего дыхания проводили спиропневмотахометрическим методом с помощью прибора «СпироТестРС» с компьютерной обработкой регистрируемых показателей. При этом фиксировали следующие функциональные показатели: объём лёгочной вентиляции ( $V_E$ , л/мин), частоту дыхательных движений ( $F$ , цикл/мин). *Фракционное содержание кислорода и углекислого газа* в пробах выдыхаемого ( $F_{EO_2}$ ,  $F_{ECO_2}$ , об.%) воздуха определяли с использованием газоанализаторов ПГА-КМ и ПГ-ДУМ. В дальнейшем рассчитывали скорость потребления кислорода ( $VO_2$ , мл/мин), *скорость выделения углекислого газа* ( $VCO_2$ , мл/мин), *дыхательный коэффициент* ( $R$ , отн.ед.). Объёмные показатели приведены к условиям  $VTPS$ , а показатели газообмена к альвеолярным. Исследования проводились в условиях относительного покоя и при выполнении нагрузочного теста на велоэргометре.

Исследование физической работоспособности проводили на велоэргометре ВЭ-02 с помощью двухступенчатого теста. С целью дозирования величины воздействия использовали номограммы В.Л. Карпмана [19]. Далее *определяли физическую работоспособность, отнесённую к массе тела* ( $PWC_{170}$ , кгм/мин /кг). Для изучения аэробной продуктивности косвенно определяли величину *максимальной скорости потребления кислорода* (МПК, л/мин) и ее относительное значение (МПК/кг, мл/мин/кг).

Исследование системы кровообращения проводили реографическим методом, с помощью метода импедансной реографии при помощи прибора *Reo Com Standart* (г.Харьков). Фиксировали следующие показатели кардиогемодинамики: *частоту сердечных сокращений* (ЧСС, уд/мин), *ударный объём крови* ( $VO$ , мл), *минутный объём крови* (МОК, л/мин), *общее периферическое сопротивление сосудов* (ОПСС, дин $\times$ с $\times$ см $^{-5}$ ), *конечно-диастолическое давление левого желудочка* (КДДЛЖ, мм рт.ст.), *длительность сердечного цикла* (ДСЦ, с), *период напряжения* ( $T$ , с), *период изгнания* ( $E$ , с), *фазу асинхронного сокращения* (ФАСС, с), *фазу изометрического сокращения* (ФИС, с), *общую систолу* ( $S$ , с).

Регистрацию и анализ ЭКГ в фазовом пространстве проводили с помощью программно-технического комплекса ФАЗАГРАФ®, в котором реализована оригинальная информационная технология обработки электрокардиосигнала в фазовом пространстве с использованием идей когнитивной ком-

пьютерной графики и методов автоматического распознавания образов. Анализировали параметры эталонного кардиоцикла: симметрию зубца  $T$  ( $\beta_T$ , ед), среднеквадратическое отклонение  $\beta_T$  (СКО  $\beta_T$ , мс), продолжительность и амплитудные характеристики зубцов  $P$ ,  $Q$ ,  $R$ ,  $S$ ,  $T$  (мс).

**На втором этапе** анализировали корреляционные взаимосвязи между параметрами кардиореспираторной системы. Использовали метод сравнения (популяций групп людей, различных систем) по степени скоррелированности – корреляционная адаптометрия [13, 14, 15]. Согласно этому методу определяли количество достоверных корреляционных связей ( $N$ ) в общем числе рассмотренных коэффициентов корреляции системы кардиогемодинамики и степень выраженности этих связей. Степень связности параметров оценивалась с помощью веса корреляционного графа ( $G$ ), рассчитываемого как сумма весов его ребер (сумма соответствующих коэффициентов парной корреляции) по формуле  $G = \sum r/r$ ,  $r > 0,5$ , где  $r$  – коэффициент корреляции с учётом знака. Принимались во внимание только достоверные коэффициенты корреляции. Корреляции проводили между 20 параметрами кардиореспираторной системы, не являющимися индексами. Измерения проводили в одно время для каждой группы в количестве 10 раз [10, 25].

**На третьем этапе** с использованием методики измерения периферического капиллярного кровотока с помощью пальцевой фотоплетизмографии. (прибор «Пальцевой фотоплетизмограф» г. Харьков, в котором регистрации пульсовой волны с одного из пальцев кисти в положении испытуемого сидя) с программой обработки полученных результатов автоматически рассчитывался показатель нормированной энтропии ( $E_n$ , %) по формуле:

$$E_i = - \frac{\sum_{k=1}^N p_k \log p_k}{E_1} 100 \%$$

где  $i$  – индекс (номер измерения),  $i = 1, 2, 3, \dots, N$

$P_k$  – вероятность того, что значение мгновенной частоты попадает в  $k$ -й интервал разбиения ширины  $\Delta$  (использую интервалы  $\Delta = 50$  мс),

$$E_1 = - \sum_{k=1}^N p_k \log p_k$$

энтропия для первого (опорного) измерения.

Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили с помощью программного пакета *STATISTICA 6.0* (StatSoft, Inc., USA). Оценки расхождения распределений признаков проводились с помощью критерия согласия Колмогорова-Смирнова. Достоверность различий между одноименными показателями в независимых выборках оценивали с помощью непараметрического  $U$ -критерия *Mann-Whitney*. Для оценки достоверности различий между одноименными показателями при различных условиях (после нагрузки) использовали непараметрический  $T$ -критерий *Wilcoxon*. Для проведения корреляционного анализа применяли критерий ранговой корреляции Спирмена.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты первого этапа исследования характеризовали особенности изменения функционирования кардиореспираторной системы после респираторного тренинга в группах с различным типом вентиляции, которые сопровождалось смещением типа вентиляции в сторону нормокапнии (рис.1) и расширением адаптационных резервов в обеих группах.

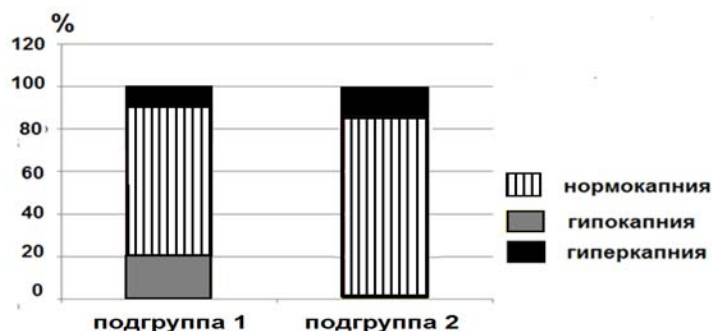


Рис.1. Изменения типа вентиляции после респираторного тренинга в подгруппе 1 (с исходным гипокапническим типом вентиляции) и подгруппе 2 (с исходным гиперкапническим типом вентиляции)

Как известно, показатель МПК является интегральным маркером функциональных резервов кардиореспираторной системы. У юношей различных групп после коррекции наблюдались изменения показателя МПК, что свидетельствовало об активизации физиологических и функциональных систем организма, вовлечением и повышением их резервных возможностей, своего рода тренированностью процессов их использования и пополнения. Любая функциональная система в результате целенаправленной

систематической тренировки повышают показатели своих функциональных возможностей и резервных мощностей, обеспечивая в итоге более высокую работоспособность организма за счет эффекта упражняемости и мобилизационной тренированности обменных процессов. У юношей различных групп после коррекции наблюдался выраженный в разной степени рост показателя МПК. Так, показатель МПК у студентов с гипоканическим типом вентиляции после коррекционных воздействий увеличился на 16,0%, ( $p \leq 0,01$ ), а у студентов с гиперкапническим типом – на 5,0%, ( $p \leq 0,01$ ) мл/мин/кг и достигли оптимального с точки зрения биоэнергетики уровня. Такая динамика интегрального показателя адаптационных резервов сопровождалась увеличением экономичности и эффективности функционирования кардиореспираторной системы в обеих группах (табл. 1 и 2, рис.1 и 2).

Таблица 1

**Показатели адаптационных резервов системы внешнего дыхания студентов с гипоканическим типом вентиляции при выполнении двухступенчатого теста до и после коррекции, (n=35), (M±m)**

Показатели	Условия	Условия			Достоверность		
		Покой	1 нагрузка (100 Вт)	2 нагрузка (200 Вт)	P 1-2	P 1-3	P 2-3
$V_E$ , л/мин	до	13,72±0,28	34,65±2,37	80,21±3,48	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	после	9,4±0,35	28,71±2,56	50,11±2,46	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	<i>p</i>	≤ 0,001	-	≤ 0,001	-	-	-
<i>F</i> , цикл/мин	до	14,0±0,3	22,0±1,9	34,6±1,8	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	после	10,1±0,3	18,03±1,28	28,17±2,13	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	<i>p</i>	≤ 0,001	-	≤ 0,05	-	-	-

Примечание:  $V_E$ , л/мин – объём лёгочной вентиляции; *F*, цикл/мин – частота дыхательных движений

При выполнении стандартной физической нагрузки мощностью 200 Ватт отмечено снижение прироста объёма лёгочной вентиляции более чем на 37,0%, ( $p < 0,01$ ), при этом показатели скорости потребления кислорода и выделения углекислого газа снизились соответственно на 16,0 и 29,0%, ( $p < 0,01$ ). Очевидно, одним из механизмов роста аэробного энергопотенциала следует признать усиление вследствие респираторной тренировки процессов утилизации кислорода и повышение напряжения  $CO_2$  в тканях, способствующее активизации окислительных процессов непосредственно в клетках. Вероятно, смещение вентиляционного порога в зону большей мощности выполняемой нагрузки (рис. 2) позволяло системе внешнего дыхания исследуемых функционировать с большей эффективностью.

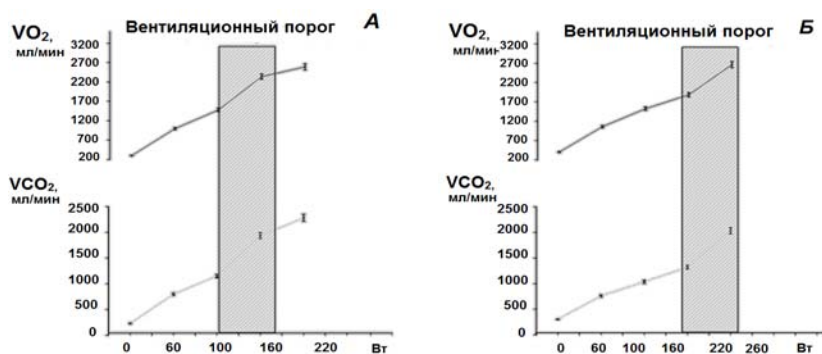


Рис. 2. Динамика изменения скорости потребления кислорода ( $VO_2$ , мл/мин) и выделения углекислого газа ( $VCO_2$ , мл/мин) при ступенчато-повышающейся нагрузке у студентов первой подгруппы до (А) и после (Б) эксперимента.

Одним из значимых коррекционных результатов у исследуемых группы с гипоканическим типом вентиляции можно отнести изменение кардиогемодинамического функционирования. Так показатель двойного произведения при выполнении обеих ступеней нагрузочного теста достоверно снизился, что так же сопровождалось снижением значения симметрии зубца *T* свыше 13% ( $p < 0,001$ ), при выполнении каждой из ступени нагрузочного тестирования. Вероятно снижение частотных характеристик и нагрузки на миокард и его метаболизм улучшили условия для электрогенеза, что можно рассматривать как экономизацию функции и расширение функциональных резервов миокарда (рис. 3).

Таким образом, смещение характеристик типа вентиляции в сторону нормакапнических реакций у исследуемых с исходным гипокапническим типом вентиляции сопровождалось увеличением физической работоспособности и ростом резервов кардиореспираторной системы.

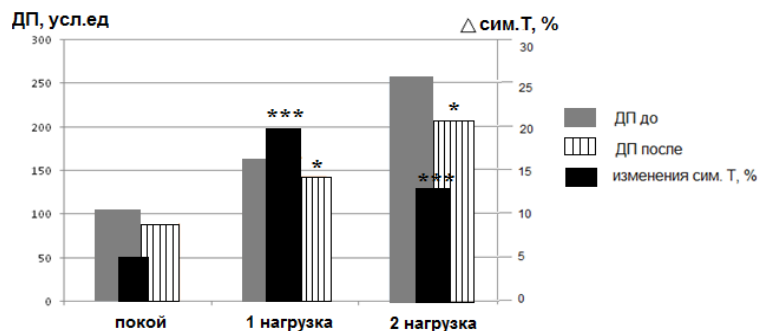


Рис. 3. Изменения показателя двойного произведения и градиент изменения показателя симметрии зубца *T* после респираторного тренинга в группе с гипокапническим типом вентиляции

В подгруппе 2 с исходным гиперкапническим типом вентиляции показатели адаптивной тренированности системы внешнего дыхания (табл. 2) характеризовали увеличение резервов её мощности и ростом значений вентиляционного порога в среднем на 30 Вт, достоверно сопровождалось уменьшением напряжения механизмов регуляции по показателю индекса напряжения (рис. 4 А) и смещением вагосимпатического баланса в сторону нормотонических реакций (рис. 4 Б).

Таблица 2

**Показатели адаптивной тренированности системы внешнего дыхания студентов с гиперкапническим при выполнении двухступенчатого теста до и после коррекции, (n=25), (M±m)**

Показатели	Условия	Нагрузка, Вт			Достоверность		
		Покой	1 нагрузка (100 Вт)	2 нагрузка (200 Вт)	<i>P</i> 1-2	<i>P</i> 1-3	<i>P</i> 2-3
$V_E$ , л/мин	до	9,25±0,29	40,06±2,47	79,13±3,50	<i>p</i> <0,001	<i>p</i> <0,001	<i>p</i> <0,001
	после	8,67±0,40	33,12±2,82	57,76±2,95	<i>p</i> <0,001	<i>p</i> <0,001	<i>p</i> <0,001
	<i>p</i>	>0,05	□0,05	□0,001	-	-	-
<i>F</i> , цикл/мин	до	12,5±0,3	23,1±1,8	31,1±1,9	<i>p</i> <0,001	<i>p</i> <0,001	<i>p</i> <0,01
	после	12,1±0,3	22,5±1,3	33,2±2,2	<i>p</i> <0,001	<i>p</i> <0,001	<i>p</i> <0,001
	<i>p</i>	>0,05	>0,05	>0,05	-	-	-

Примечание:  $V_E$ , л/мин – объём лёгочной вентиляции; *F*, цикл/мин – частота дыхательных движений

После завершения курса респираторной тренировки показатель объёма лёгочной вентиляции приблизился к 200 Вт, что свидетельствовало о более значительном росте потенциальных возможностей организма исследуемых подгруппы 2.

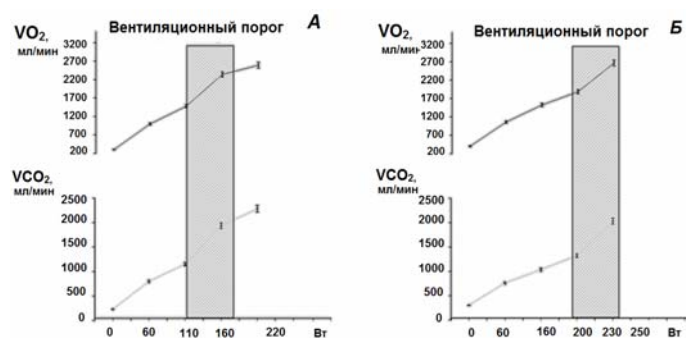


Рис. 4. Динамика изменения скорости потребления кислорода ( $VO_2$ , мл/мин) и выделения углекислого газа ( $VCO_2$ , мл/мин) при ступенчато-повышающейся нагрузке у студентов второй подгруппы (гиперкапния) до (А) и после эксперимента (Б)

Таким образом, рост адаптационных резервов кардиореспираторной системы в подгруппе 2 при исходном гиперкапническом типе вентиляции после курса респираторного тренинга формировался на фоне изменений вегетативной регуляции.

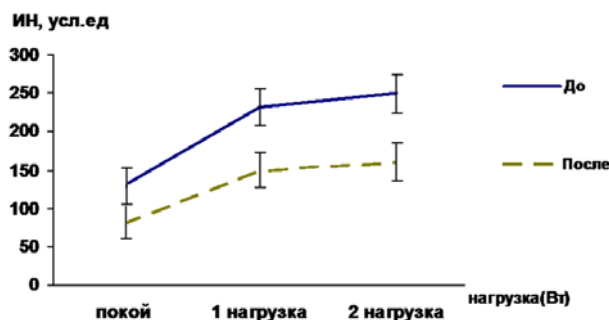


Рис. 5. Изменение индекса напряжения после респираторного тренинга в группе с гиперкапническим типом вентиляции

Подводя итог первого этапа исследования необходимо заключить, что при однонаправленном коррекционном эффекте респираторного тренинга, в группах исследуемых с различным типом вентиляции вовлекались различные механизмы, обеспечивающие саногенетическую направленность реабилитации и расширение адаптационных резервов.

На втором этапе исследования проводили анализ организации кардиореспираторной системы и рассматривали паттерн взаимосвязи показателей с определением корреляционного графа и количества связей в подгруппах исследуемых с различным типом вентиляции. Как видно из табл. 3 в группе контроля в структуре взаимосвязей кардиореспираторной системы в продолжение исследуемого периода изменений не выявлено. Напротив, в группе юношей с гипокапническим типом дыхания на 12 недели увеличение количества пар взаимосвязей в среднем на 80 % ( $p < 0,001$ ) сопровождалось ростом значения корреляционного графа на 50% ( $p < 0,001$ ).

По данным А.Н. Горбань и Е.Н. Смирновой при увеличении адаптационной нагрузки повышается уровень корреляций между физиологическими параметрами, а в результате успешной адаптации он снижается. Объяснение этого эффекта можно найти в том, что адаптация ведет от монофакториальности к полифакториальности, от управления небольшим числом факторов к равнозначности многих факторов.

Таблица 3

**Динамика параметров, характеризующих системную кардиореспираторную реакцию в процессе респираторной тренировки в группах студентов с разным типом вентиляционной функции, ( $M \pm m$ ),  $n=75$**

Группа	Показатели/условия					
	N, кол-во пар			G, усл.ед.		
	До коррекции	12 недель	24 недели	До коррекции	12 недель	24 недели
Гипокапния	12±1	22±2***	10±2	2,3±0,10***	3,5±0,10***	1,1±0,10***
Гиперкапния	9±2	13±2	4±2**	3,3±0,05	2,3±0,06***	0,7±0,03***
Нормокапния (контроль)	11±2	8±2	10±2	2±0,10	1,8±0,20	1,9±0,10
$p1-p2$	-	$p < 0,01$	$p < 0,05$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,01$
$p1-p3$	-	$p < 0,001$	-	$p < 0,05$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
$p2-p3$	-	-	$p < 0,05$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$

Примечание: достоверность между 1 и 12 неделями на уровне \*\*\* –  $p < 0,001$ ; достоверность между 12 и 24 неделями на уровне \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$  достоверность между 1 и 24 неделями на уровне \*\*\* –  $p < 0,001$

К окончанию эксперимента после 24 недель коррекции в данной группе значения  $G$  и количество связей уменьшились в два раза ( $p < 0,001$ ), относительно исходных данных. Полученные данные подтверждают экологоэволюционный закон [9] и полифакториальный эффект [28, 30], согласно которым при увеличении адаптационной нагрузки повышается уровень корреляций между физиологическими пара-

метрами, а в результате успешной адаптации он снижается. Необходимо отметить, что не только количество взаимосвязей, но и их направленность характеризует способность к приспособлению системы и отражает функционирование управляющих параметров при изменении внешних условий. При этом модификации взаимосвязей и их направленности расширяет или сужает адаптационный потенциал организма.

Таким образом, более эффективное и экономичное функционирование кардиореспираторной системы (табл. 1), обеспечившее рост уровня физической работоспособности у юношей с гипокапническим типом дыхания, было реализовано за счёт стадийной модификации организации взаимосвязей с увеличением количества положительных связей, ассоциируемых с перестройкой системы на первой стадии к 12 недели исследования и ростом отрицательных гомеостатических связей на второй стадии к окончанию коррекционных воздействий. У юношей с гиперкапническим типом дыхания стадийности в изменении структуры взаимосвязей выявлено не было. Однако поступательное снижение значения корреляционного графа на 30% ( $p<0,001$ ) к 12 недели и на 80% ( $p<0,001$ ) к 24 неделе отражало положительную динамику гомеостатической направленности и увеличение системной устойчивости.

Однако можно отметить разногласия у различных авторов при описании полученных результатов в исследованиях корреляционных взаимосвязей и использование этого линейного подхода анализа, что делает использование такого трудоёмкого подхода для оценки системного паттерна не всегда информативным. Так, с одной стороны с увеличением силы корреляций снижается возможность системы адекватно и оптимально реагировать на изменение внешних условий, а с другой стороны совершенствование интеграционных функций организма в качестве динамической структуры является важным резервом адаптации. По данным авторов [7] с возрастом и при заболеваниях интегративные свойства существенно снижаются, ограничивая приспособительные возможности организма. Возрастание корреляционных взаимосвязей отражает своеобразное «сонастраивание» функций для решения той задачи, которая стоит перед организмом. Так же известно, что в процессе развития число внутрисистемных связей увеличивается. По многочисленным данным с возрастом усиливаются положительные и ослабляются отрицательные обратные связи системы кровообращения и эндокринной системы, что в свою очередь приводит к увеличению чувствительности управляющих структур и носит приспособительный характер. В.И. Донцов и соавт. в отличие от Громько Е.П. и Маляренко Т.Н. исследовали организацию внутри- и межсистемных связей не в процессе развития организма человека, а при старении [11, 12, 22]. Очевидно, для более правильного понимания функционирования систем и внутри- и межсистемных взаимосвязей в биологических исследованиях, важно учитывать основную идею тектологии о том, что законы организации инвариантны для всех объектов, а система – это лишь субъективный способ моделирования организации. Необходимый уровень информационно-энергетических ресурсов в процессе системной модификации с целью оптимизации режимов регуляции предопределяет и необходимость в оценке этого адаптационного резерва.

Соизмеряя задачу с другими системными решениями, возможно использовать значение нормированной энтропии временного ряда сердечного ритма, ранее описанного [4, 21] и реализованного на 3 этапе исследования. На рис. 6 представлена динамика нормированной энтропии ( $En$ ) временного ряда сердечного ритма у юношей с разным типом дыхания на различных этапах исследования.

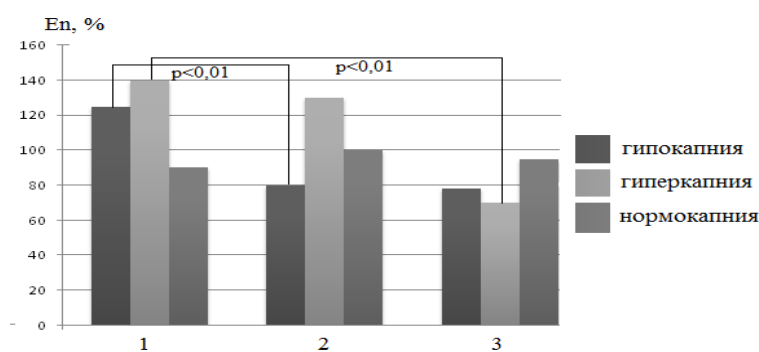


Рис. 6. Динамика изменения нормированной энтропии временного ряда сердечного ритма ( $En$ , %) в группах с различным типом дыхания на различных этапах респираторной тренировки. 1 – начало исследования; 2 – 12 неделя; 3 – 24 неделя

Было выявлено, что у исследуемых с более низким уровнем адаптационных резервов, составивших подгруппы 1 и 2 с гипо- и гиперкапническими типами дыхания, показатель  $En$  сердечного ритма достоверно превышает значения в подгруппе юношей с нормокапническим типом дыхания и большими адаптационными резервами. Можно предположить, что когда система «прикладывает» большие усилия для удержания гомеостатического состояния (стационарного) с высокой «ценой» адаптации,  $En$  увеличи-

вается, что может являться ранним прогностическим признаком дисфункций, критерием риска её возникновения в дальнейшем или эффективности проведенных коррекционных мероприятий.

Так же важно обратить внимание на выявленный феномен соответствия снижения значения показателя  $En$  сердечного ритма на фоне двух разнонаправленных процессов. Как было описано выше, с одной стороны – достоверного роста количества пар взаимосвязей и увеличения значения корреляционного графа, что наблюдалось в группе юношей с гипоканническим типом на 12 неделе коррекционных мероприятий. С другой – при снижении и количества связей и  $G$ , как в группе с гиперкапническим типом на 24 недели. Вероятно «размыкание» системы, достигаемое увеличением положительных обратных связей, позволяет изменить паттерн системной организации, модифицируя взаимосоотношения параметров и в конечном итоге, оптимизируя её функционирование. При условии больших ресурсов системные модификации сопряжены с ростом отрицательных обратных связей, гомеостазированием системы, что так же сопровождалось снижением значения показателя  $En$  сердечного ритма. И в первом и во втором варианте с позиции системного анализа на фоне увеличения «открытости» системы происходит её упорядочивание и соответственно рост степени свободы микросостояний системы, а значит и способности к приспособлению [37].

Таким образом, на третьем этапе было определено, что при использовании различных подходов изучения результативности тренировки функции внешнего дыхания процесс оптимизации кардиореспираторного функционирования сопровождался изменением паттерна системной организации и формированием системной регуляторной реакции снижения энтропии временного ряда ритма сердечных сокращений. Данная реакция может характеризовать функциональные модификации кардиореспираторной системы с учётом не только стационарных режимов функционирования, но и переходных процессов, участвующих как в обеспечении гомеостатических уровней так и формировании гомеокинеза. Данная проблема представляет научный и прикладной интерес, что составит предмет наших дальнейших исследований.

#### **Выводы:**

1. У юношей различных групп после коррекции наблюдался выраженный в разной степени рост показателя МПК: у исследуемых подгруппы 1 с гипоканническим типом вентиляции после коррекционных воздействий увеличился на 16,0%, ( $p < 0,01$ ), а у студентов с гиперкапническим типом – на 5,0%, ( $p < 0,01$ ) мл/мин/кг и достигли оптимального с точки зрения биоэнергетики уровня.

2. Смещение характеристик типа вентиляции в сторону нормокапнических реакций у исследуемых с исходным гипоканническим типом сопровождалось увеличением физической работоспособности и ростом резервов кардиореспираторной системы.

3. Рост адаптационных резервов кардиореспираторной системы в подгруппе 2 при исходном гиперкапническом типе вентиляции после курса респираторного тренинга формировался на фоне изменений вегетативной регуляции.

4. При однонаправленном коррекционном эффекте респираторного тренинга, в группах исследуемых с различным типом вентиляции вовлекались различные механизмы, обеспечивающие саногенетическую направленность реабилитации и расширения адаптационных резервов.

5. Более эффективное и экономичное функционирование кардиореспираторной системы, обеспечившее рост уровня физической работоспособности у юношей с гипоканническим типом дыхания было реализовано за счёт стадийной модификации организации взаимосвязей с увеличением количества положительных связей, ассоциируемых с перестройкой системы на первой стадии в середине исследования и ростом отрицательных гомеостатических связей на второй стадии к окончанию коррекционных воздействий.

6. У юношей с гиперкапническим типом дыхания стадийности в изменении структуры взаимосвязей выявлено не было. Однако поступательное снижение значения корреляционного графа на 30% ( $p < 0,001$ ) к 12 неделе и на 80% ( $p < 0,001$ ) к 24 недели отражало положительную динамику гомеостатической направленности и увеличение системной устойчивости.

7. У исследуемых с более низким уровнем адаптационных резервов, составивших подгруппы 1 и 2 с гипо- и гиперкапническими типами дыхания, показатель  $En$  сердечного ритма достоверно превышает значения в подгруппе юношей с нормокапническим типом дыхания и большими адаптационными резервами.

8. При использовании различных подходов изучения результативности тренировки функции внешнего дыхания было выявлено, что процесс оптимизации кардиореспираторного функционирования при использовании регулярных респираторных тренировок, на фоне изменения паттерна системной организации, формировалась и системная регуляторная реакция снижения энтропии временного ряда ритма сердечных сокращений.



**Литература**

1. Адайкин В.А., Добрынина И.Ю., Добрынин Ю.В., Еськов В.М., Лазарев В.В. Использование методов теории хаоса и синергетики в современной клинической кибернетике // Сибирский медицинский журнал. 2006. Т. 66, №8. С. 38–41.
2. Адайкин В.А. Еськов В.М., Добрынина И.Ю., Дроздович Е.А., Полухин В.В. Оценка хаотичной динамики параметров вектора состояния организма человека с нарушениями углеводного обмена // Вестник новых медицинских технологий. 2007. Т. 14, №3. С. 17–19.
3. Адайкин В.И., Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Новый метод идентификации хаотических и стохастических параметров экосреды // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13. № 2. С. 39–41.
4. Анищенко В.С. Степень хаотичности как критерий диагностики от 31.10.06 URL: [http://sinsam.kirsoft.com.ru/KSNews\\_331.htm](http://sinsam.kirsoft.com.ru/KSNews_331.htm) (дата обращения 1.10.2015).
5. Башкатова Ю.В., Живаева Н.В., Тен Р.Б., Алиев Н.Ш. Нейрокомпьютеринг в изучении параметров сердечно-сосудистой системы // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. №1 С. 32–38.
6. Белоусова И. М., Минина Е.Н., Буков Ю.А. Устройство для коррекции гипокапнического и гиперкапнического типов вентиляции легких. Декларативный патент на полезную модель № 155090. 2015. бюл. №26.
7. Булич Э.Г., Муравов И.В. Здоровье человека: биологическая основа жизнедеятельности и двигательная активность в её стимуляции. К.: Олимпийская литература, 2003. 424 с.
8. Бяловский Ю.Ю., Абросимов В.Н. Капнография в общей врачебной практике. Рязань.: Дело, 2007. 142 с.
9. Горбань А.Н. Динамика корреляций между физиологическими параметрами при адаптации и эколого-эволюционный принцип полифакториальности. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1987. С. 187–198.
10. Горбань А. Н. Определение точек максимальной интеграции подсистем, обеспечивающих физическую работоспособность, при нагрузочных тестах. Открытое образование. Красноярск: Экспресс-Офсет, 2006. С. 31–35.
11. Громыко Е.П. Особенности циркуляторно-респираторной системы детей и подростков. Анапа, 2002.
12. Донцов В.И. Фундаментальные механизмы. М.: Биоинформсервис, 2002. 464 с.
13. Дудин Н.С., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А. Новые подходы в теории устойчивости биосистем – альтернатива теории А.М. Ляпунова // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, №3. С. 336.
14. Еськов В.М., Филатова О.Е., Филатова Д.Ю. Гомеостаз и эволюция с позиций третьей парадигмы // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 3. С. 33–39.
15. Еськов В.М., Еськов В.В., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Метод системного синтеза на основе расчета межаттракторных расстояний в гипотезе равномерного и неравномерного распределения при изучении эффективности кинезитерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, №3. С. 106–110.
16. Еськов В.М., Хадарцев А. А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Литовченко О.Г. Проблема оценки эффективности лечения на основе кинематической характеристики вектора состояния организма // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 1. С. 143–152.
17. Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Карташова Н.М., Попов Ю.М., Хадарцев А.А. Понятие нормы и патологии с позиций компартментно-кластерного подхода // Вестник новых медицинских технологий. 2005. Т. 12, № 1. С. 12–14.
18. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Вохмина Ю.В. Хаотическая динамика кардиоинтервалов у трёх возрастных групп представителей коренного и пришлого населения Югры // Успехи геронтологии. 2016. Т. 29, № 1. С. 44–51.
19. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. М.: Физкультура и спорт. 1988. 208 с.
20. Кожемов А.А., Хадарцев А.А., Несмеянов А.А. Врачебно-педагогический контроль эффективности спортивной игры питебаскет в условиях уроков физической культуры // В сборнике: Россия: тенденции и перспективы развития материалы XV Международной научной конференции. 2015. С. 396-399.
21. Климонтович Ю.Л. Норма хаотичности. Самоорганизация и самовыздоровление. Диагностика медико-биологических объектов по S-теореме. от 01.03.05 URL: [http://sinsam.kirsoft.com.ru/KSNews\\_20.htm](http://sinsam.kirsoft.com.ru/KSNews_20.htm) (дата обращения 1.10.2015).
22. Маляренко Т.Н. Морфофункциональные корреляции как отражение процессов регулирования (на примере взаимосвязей сердечно-сосудистой системы и телосложения) // Физиология человека. 1983. № 5. С. 844–849.
23. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. М.: Владос, 1994. 336 с.

24. Малахов Г.П. Индивидуальная система укрепления здоровья. Новый взгляд на оздоровительные системы. СПб.: Генеша, 1999. 96 с.
25. Минина Е.Н. Новые методические подходы в исследовании эффективности управления адаптационными процессами. В сб.: научная интеграция. 2016. С. 281–292.
26. Минина Е.Н. Новый подход в изучении взаимосвязи функциональной подготовленности и электрогенеза у спортсменов с использованием эталонного кардиоцикла // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. № 1. Публикация 1-8. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4931.pdf> (дата обращения 30.09.2014).
27. Мотылянская Р.Е. Двигательная активность важное условие здорового образа жизни // Теория и практика физ. культуры. 1990. №1. С. 14–22.
28. Семевский Ф. Н., Семенов Ф.Н. Математическое моделирование экологическую Л.: Гидрометеиздат, 1982 . 280 с.
29. Сидоров Л.К., Савчук Н. А. Двигательная потребность и двигательная активность: Этапы и пути развития: монография. Красноярск, 2007. 344 с.
30. Смирнова Е. В. Метод корреляционной адаптометрии для оценки физической работоспособности человека в норме и патологии в экстремальных условиях // Проблемы информатизации города: Вторая научно-практ. конф. Красноярск, 1995. С.108–110.
31. Фудин Н.А., Хадарцев А.А., Чернышев С.В. Медико-биологические технологии в управлении тренировочным процессом и соревновательной деятельностью спортсменов высшей квалификации // Вестник спортивной науки. 2015. № 3. С. 34–37.
32. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Сидоркина Д.А., Нехайчик С.М. Идентификация параметров порядка в психофизиологии //Сложность. Разум. Постнеклассика. 2014. №2. С. 4–13.
33. Хадарцев А.А., Морозов В.Н., Хрупачев А.Г., Карасева Ю.В., Морозова В.И. Депрессия анти-стрессовых механизмов как основа развития патологического процесса // Фундаментальные исследования. 2012. № 4-2. С. 371–375.
34. Хадарцев А.А., Еськов В.М. Лечебно-оздоровительные технологии в ракурсе теории хаоса и самоорганизации систем (краткий обзор литературы // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. № 3. Публикация 8-3. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5255.pdf> (дата обращения 30.09.2015).
35. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Пять принципов функционирования сложных систем, систем третьего типа // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. № 1. Публикация 1-2. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf> (дата обращения 25.03.2015).
36. Хадарцев А.А., Брагинский М.Я., Вечканов И.Н., Глушук А.А., Еськов В.М., Еськов В.В., Меркулова Н.Н., Мишина Е.А., Пашнин А.С., Полухин В.В., Степанова Д.И., Филатова О.Е., Филатов М.А., Хадарцева К.А., Хисамова А.В., Шипилова Т.Н., Чантурия С.М. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть VIII. Общая теория систем в клинической кибернетике / Под ред. Еськова В.М., Хадарцева А.А. Самара: ООО «Офорт», 2009. 198 с.
37. Чурилов Л. П. О системном подходе в общей патологии: необходимость и принципы патоинформатики // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 11. 2009. Вып. 3. С. 5–23.
38. Shapovalov V.I., Kazakov N.V. On the Role of the Entrostat in the Theory of Self-Organization // Natural Science. 2014. № 6. P. 467–476.

### References

1. Adaykin VA, Dobrynina IY, Dobrynin YV, Es'kov VM, Lazarev VV. Ispol'zovanie metodov teorii khaosa i sinergetiki v sovremennoy klinicheskoy kibernetike [The use of methods of the theory of chaos and synergetics in modern clinical cybernetics]. Sibirskiy meditsinskiy zhurnal. 2006;66(8):38-41. Russian.
2. Adaykin VA Es'kov VM, Dobrynina IY, Drozdovich EA, Polukhin VV. Otsenka khaotichnoy dinamiki parametrov vektora sostoyaniya organizma cheloveka s narusheniyami uglevodnogo obmena [Estimation of chaotic dynamics of parameters of a vector of a condition of an organism of the person with infringements of a carbohydrate metabolism]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2007;14(3):17-9. Russian.
3. Adaykin VI, Braginskiy MY, Es'kov VM, Rusak SN, Khadartsev AA, Filatova OE. Novyy metod identifikatsii khaoticheskikh i stokhasticheskikh parametrov ekosredy [A new method for identifying chaotic and stochastic environmental parameters]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(2):39-41. Russian.
4. Anishchenko VS. Stepen' khaotichnosti kak kriteriy diagnostiki ot 31.10.06 [Degree of randomness as criteria for diagnosis]. Russian. URL: [http://sinsam.kirsoft.com.ru/KSNews\\_331.htm](http://sinsam.kirsoft.com.ru/KSNews_331.htm).
5. Bashkatova YV. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:32-8. Russian.

6. Belousova IM, Minina EN, Bukov YA. Ustroystvo dlya korrektsii gipokapnicheskogo i giperkapnicheskogo tipov ventilyatsii legkikh [Device for correction of hypocapnic and hypercapnic types of ventilation]. Deklarativnyy patent na poleznuyu model' № 155090 Russian Federation. 2015. byul. №26. Russian.
7. Bulich EG, Muravov IV. Zdorov'e cheloveka: biologicheskaya osnova zhiznedeyatel'nosti i dvigatel'naya aktivnost' v ee stimulyatsii [Human health: the biological basis of vital activity and motor activity in its stimulation]. K.: Olimpiyskaya literature; 2003. Russian.
8. Byalovskiy YY, Abrosimov VN. Kapnografiya v obshchevrachebnoy praktike [Capnography in General Practice]. Ryazan': Delo; 2007. Russian.
9. Gorban' AN. Dinamika korrelyatsiy mezhdru fiziologicheskimi parametrami pri adaptatsii i ekologo-evolyutsionnyy printsip polifaktorial'nosti [Dynamics of correlation between physiological parameters during adaptation and ecological-evolutionary principle of polyfactoriality]. Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1987. Russian.
10. Gorban' AN. Opredelenie toчек maksimal'noy integratsii podsystem, obespechivayushchikh fizicheskuyu rabotosposobnost', pri nagruzochnnykh testakh [Determining the points of maximum integration of subsystems that provide physical performance, with load tests]. Otkrytoe obrazovanie. Krasnoyarsk: Ekspress-Ofset; 2006. Russian.
11. Gromyko EP. Osobennosti tsirkulyatorno-respiratornoy sistemy detey i podrostkov [Features of the circulatory-respiratory system of children and adolescents]. Anapa; 2002. Russian.
12. Dontsov VI. Fundamental'nye mekhanizmy [Fundamental mechanisms]. Moscow: Bioinformservis; 2002. Russian.
13. Dudin NS, Khadartsev AA, Khadartseva KA. Novye podkhody v teorii ustoychivosti biosistem – al'ternativa teorii Lyapunova AM [New approaches in the theory of the stability of biosystems - an alternative to the theory of Lyapunov AM]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):336. Russian.
14. Es'kov VM, Filatova OE, Filatova DY. Gomeostaz i evolyutsiya s pozitsiy tret'ey paradigm [Homeostasis and evolution from the position of the third paradigm]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(3):33-9. Russian.
15. Es'kov VM, Es'kov VV, Khadartsev AA, Filatov MA, Filatova DYu. Metod sistemnogo sinteza na osnove rascheta mezhattraktornykh rasstoyaniy v gipoteze ravnomernogo i neravnomernogo raspredeleniya pri izuchenii effektivnosti kineziterapii [Method of system synthesis based on the calculation of intertractor distances in the hypothesis of uniform]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(3):106-10. Russian.
16. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA, Litovchenko OG. Problema otsenki effektivnosti lecheniya na osnove kinematicheskoy kharakteristiki vektora sostoyaniya organizma [The problem of assessing the effectiveness of treatment based on the kinematic characteristics of the body state vector]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(1):143-52. Russian.
17. Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Kartasheva NM, Popov YM, Khadartsev AA. Ponyatie normy i patologii s pozitsiy kompartmento-klasternogo podkhoda [The concept of norm and pathology from the standpoint of the compartment-cluster approach]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2005;12(1):12-4. Russian.
18. Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV, Vokhmina YV. Khaoticheskaya dinamika kardiointervalov u trekh vozrastnykh grupp predstaviteley korennoy i prishlogo naseleniya Yugry [Chaotic dynamics of cardiointervals in three age groups of representatives of the indigenous and newcomers of Yugra]. Uspekhi gerontologii. 2016;29(1):44-51. Russian.
19. Karpman VL. Testirovanie v sportivnoy meditsine [Testing in sports medicine]. Moscow: Fizkul'tura i sport; 1988. Russian.
20. Kozhemov AA, Khadartsev AA, Nesmeyanov AA. Vrachebno-pedagogicheskiy kontrol' effektivnosti sportivnoy igry piterbasket v usloviyakh urokov fizicheskoy kul'tury [Medical and pedagogical control of the effectiveness of the sports game of St. Petersburg in conditions of physical training lessons]. V sbornike: Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya materialy XV Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. 2015. Russian.
21. Klimontovich YL. Norma khaotichnosti. Samoorganizatsiya i samovyzdorovlenie. Diagnostika mediko-biologicheskikh ob'ektov po S-teoreme. ot 01.03.05 [Self-organization and self-healing]. Russian. Available from: [http://sinsam.kirsoft.com.ru/KSNews\\_20.htm](http://sinsam.kirsoft.com.ru/KSNews_20.htm).
22. Malyarenko TN Morfofunktsional'nye korrelyatsii kak otrazhenie protsessov regulirovaniya (na primere vzaimosvyazey serdechno-sosudistoy sistemy i teloslozheniya) [Morphofunctional correlations as a reflection of regulatory processes (on the example of the interrelationships of the cardiovascular system and physique)]. Fiziologiya cheloveka. 1983;5:844-9. Russian.
23. Abdeev RF. Filosofiya informatsionnoy tsivilizatsii [Philosophy of Information Civilization]. Moscow: Vldos; 1994. Russian.
24. Malakhov GP. Individual'naya sistema ukrepleniya zdorov'ya [Individual health promotion system]. Novyy vzglyad na ozdorovitel'nye sistemy. Sankt-Peterburg: Genesha; 1999. Russian.

25. Minina EN. Novye metodicheskie podkhody v issledovanii effektivnosti upravleniya adaptatsionnymi protsessami [New methodical approaches to research on the effectiveness of management of adaptation processes]. B sb.: nauchnaya integratsiya; 2016. Russian.
26. Minina EN. Novyy podkhod v izuchenii vzaimosvyazi funktsional'noy podgotovlennosti i elektrogeneza u sportsmenov s ispol'zovaniem etalonnogo kardiotsikla [A new approach in studying the relationship between functional preparedness and electrogenesis in athletes using a reference cardiocycle]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2014 [cited 2014 Sep 30];1 [about 7 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4931.pdf>.
27. Motylyanskaya RE. Dvigatel'naya aktivnost' vazhnoe uslovie zdorovogo obraza zhizni [Motor activity is an important condition for a healthy lifestyle]. Teoriya i praktika fiz. kultury. 1990;1:14-22. Russian.
28. Semevskiy FN, Semenov FN. Matematicheskoe modelirovanie ekologicheskikh [Mathematical modeling of ecological]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1982. Russian.
29. Sidorov LK, Savchuk NA. Dvigatel'naya potrebnost' i dvigatel'naya aktivnost' [Motor demand and motor activity]: Etapy i puti razvitiya: monografiya. Krasnoyarsk; 2007. Russian.
30. Smirnova EV. Metod korrelyatsionnoy adaptometrii dlya otsenki fizicheskoy rabotosposobnosti cheloveka v norme i patologii v ekstremal'nykh usloviyakh [The method of correlation adaptometry for assessing the physical performance of a human being in norm and pathology under extreme conditions]. Problemy informatizatsii goroda: Vtoraya nauchno-prakt. konf. Krasnoyarsk; 1995. Russian.
31. Fudin NA, Khadartsev AA, Chernyshev SV. Mediko-biologicheskie tekhnologii v upravlenii trenirovochnym protsessom i sorevnovatel'noy deyatelnost'yu sportsmenov vysshey kvalifikatsii [Medico-biological technologies in the management of the training process and the competitive activity of athletes of the highest qualification]. Vestnik sportivnoy nauki. 2015;3:34-7. Russian.
32. Filatov MA, Filatova DY, Sidorkina DA, Nekhaychik SM. Identifikatsiya parametrov poryadka v psikhofiziologii [Identification of order parameters in psychophysiology]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;2:4-13. Russian.
33. Khadartsev AA, Morozov VN, Khrupachev AG, Karaseva YV, Morozova VI. Depressiya antistressovykh mekhanizmov kak osnova razvitiya patologicheskogo protsessa [Depression of anti-stress mechanisms as the basis for the development of the pathological process]. Fundamental'nye issledovaniya. 2012;4-2:371-5. Russian.
34. Khadartsev AA, Es'kov VM. Lechebno-ozdorovitel'nye tekhnologii v rakurse teorii khaosa i samoorganizatsii sistem (kratkiy obzor literatury) [Health-improving technologies in the perspective of the theory of chaos and self-organization of systems (a brief review of the literature)]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2015 [cited 2015 Sep 30];3 [about 8 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5255.pdf>.
35. Khadartsev AA, Es'kov VM, Filatova OE, Khadartseva KA. Pyat' printsipov funktsionirovaniya slozhnykh sistem, sistem tret'ego tipa [Five principles of functioning of complex systems, systems of the third type]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2015 [cited 2015 Mar 25];1 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf>.
36. Khadartsev AA, Braginskiy MY, Vechkanov IN, Glushchuk AA, Es'kov VM, Es'kov VV, Merkulova NN, Mishina EA, Pashnin AS, Polukhin VV, Stepanova DI, Filatova OE, Filatov MA, Khadartseva KA, Khisamova AV, Shipilova TN, Chanturiya SM. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine [System analysis, management and processing of information in biology and medicine]. Chast' VIII. Obshchaya teoriya sistem v klinicheskoy kibernetike. Pod red. Es'kova VM, Khadartseva AA. Samara: OOO «Ofort»; 2009. Russian.
37. Churilov LP. O sistemnom podkhode v obshchey patologii: neobkhodimost' i printsipy patoinformatiki [About the system approach in the general pathology: the necessity and principles of pathinformatics]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. 2009;11(3):5-23. Russian.
38. Shapovalov VI, Kazakov NV. On the Role of the Entrostat in the Theory of Self-Organization. Natural Science. 2014;6:467-76. Russian.

---

**Библиографическая ссылка:**

Минина Е.Н., Белоусова И.М. Подходы к изучению модификаций кардиореспираторной системы в анализе эффективности респираторной тренировки // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №2. Публикация 7-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-2/7-2.pdf> (дата обращения: 18.04.2017). DOI: 10.12737/article\_5909a0589b1791.77908089.