

© Т.В. ИБРАГИМОВА, 2017

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2017

УДК 616.12-008.318:796.071.2

DOI: 10.15275/annaritmol.2017.2.4

## РЕСПИРАТОРНАЯ СИНУСОВАЯ АРИТМИЯ У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

*Тип статьи: оригинальная статья*

*Т.В. Ибрагимова*

ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, ул. Льва Толстого, 6-8, Санкт-Петербург, 197022, Российская Федерация

Ибрагимова Татьяна Владимировна, аспирант, E-mail: tvibr89@gmail.com

*Цель.* В связи с ужесточением антидопинговых требований все большее внимание привлекают немедикаментозные способы восстановления после физических нагрузок. Одним из таких методов является кардиореспираторный тренинг, в результате которого восстанавливается явление респираторной синусовой аритмии. Исследования зарубежных авторов подтверждают целесообразность использования методик биологической обратной связи по кардиоритму в качестве способа лечения различных заболеваний. Однако в спортивной медицине данная методика практически не используется. Кардиотренинг влияет на показатели variability сердечного ритма, мониторинг которых позволяет определить индивидуальные адаптационные возможности спортсмена или ранние признаки нарушения адаптации к физическим нагрузкам. Восстановление кардиореспираторной синхронизации представляет интерес как для тренеров, спортивных врачей и физиологов, так и для самих спортсменов. Овладев данной методикой, атлет может самостоятельно, в отсутствие обратной связи, проводить сеансы кардиотренинга с целью самоконтроля и регуляции своего физиологического состояния.

Целью данного исследования является оценка влияния кардиореспираторного тренинга на variability сердечного ритма у спортсменов циклических видов спорта.

*Материал и методы.* Обследованы 36 мужчин-спортсменов в возрасте  $24,1 \pm 3,4$  года, занимающихся циклическими видами спорта. Испытуемые были разделены на три равные группы — основную, плацебо и контрольную. У всех участников регистрировали ритмограмму после тренировочных нагрузок. В 1-й группе проводили сеансы кардиореспираторного тренинга. Курс состоял из 5 сеансов, каждый из которых включал 8–12 проб длительностью по 120 с. Участники 2-й группы смотрели мотивационные видеофильмы о спорте в течение 15 мин. В 3-й группе спортсмены не подвергались никаким воздействиям. По окончании исследования выполняли 5-минутную запись электрокардиограммы для анализа показателей variability сердечного ритма. Данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ).

*Результаты.* В 1-й группе обнаружены статистически значимые различия показателей variability сердечного ритма. На фоне применения кардиотренинга спортсменам удалось восстановить явление респираторной синусовой аритмии, что оказалось благоприятным признаком при адаптации к физическим нагрузкам. Также отмечено повышение общей variability сердечного ритма, в основном за счет активации парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

*Заключение.* Таким образом, использование биологической обратной связи, учитывающей динамику дыхательного цикла, способствует кардиореспираторной синхронизации и оптимизации показателей variability сердечного ритма.

*Ключевые слова:* респираторная синусовая аритмия; variability сердечного ритма; спортсмены; кардиореспираторный тренинг.

## RESPIRATORY SINUS ARRHYTHMIA IN ATHLETES OF CYCLIC SPORTS

*T.V. Ibragimova*

Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, ulitsa L'va Tolstogo, 6-8, Saint Petersburg, 197022, Russian Federation

Ibragimova Tat'yana Vladimirovna, MD, Postgraduate, E-mail: tvibr89@gmail.com

*Objective.* In connection with stronger anti-doping requirements the non-pharmacological methods of recovery after exercise are attracting attention. One of these methods is cardiorespiratory training, which recovers

*the phenomenon of respiratory sinus arrhythmia. Foreign studies confirm the feasibility of using heart rate biofeedback techniques as a method for treatment of various diseases. However, in sports medicine, this technique is almost never used. The cardiorespiratory training effects on indices of heart rate variability, monitoring of which allows to determine the individual adaptive capabilities of an athlete or the early signs of disadaptation to physical loads. Cardiorespiratory synchronization recovery is of interest to coaches, sports doctors, exercise physiologists, and athletes themselves. Having mastered this technique an athlete can perform cardiorespiratory training independently with the aim of self-control and the regulation of his physiological state.*

*The purpose of this study was to evaluate the influence of cardiorespiratory training on heart rate variability in athletes of cyclic sports.*

**Material and methods.** *Thirty six male athletes aged  $24.1 \pm 3.4$  years and engaged in cyclic sports were examined. The subjects were divided into three groups – primary, placebo and control. In all of them the tachograms after training loads were recorded. The 1st group received sessions of cardiorespiratory training. The course consisted of 5 sessions, each of which included 8–12 samples with a duration of 120 seconds. The 2nd group watched the motivational videos about sports for 15 minutes. The 3rd group received no intervention. At the end of the study 5-minute electrocardiogram was recorded for analysis of heart rate variability indicators. The data is presented as mean value and standard deviation ( $M \pm SD$ ).*

**Results.** *In the 1st group, statistically significant differences in the indices of heart rate variability were detected. The use of cardiorespiratory training allowed the athletes to restore the phenomenon of respiratory sinus arrhythmia, which was a favourable sign during adaptation to physical loads. Also there was an increase in total heart rate variability, mainly due to the activation of the parasympathetic division of the autonomic nervous system.*

**Conclusion.** *Thus, the use of biological feedback taking into account the dynamics of the respiratory cycle promotes cardiorespiratory synchronization and optimization of heart rate variability indicators.*

*Keywords: respiratory sinus arrhythmia; heart rate variability; athletes; cardiorespiratory training.*

## Введение

Комплексные физиологические обследования проводятся с целью диагностики функционального состояния спортсменов, своевременного выявления состояний перенапряжения и переутомления. На основании полученных данных о функциональном состоянии атлетов предлагаются рациональные режимы тренировок и фармакологическая поддержка.

Целью тренировочной деятельности является стимуляция физиологической адаптации, которая в итоге повышает физическую работоспособность [1]. Физическая нагрузка, не соответствующая адаптационным возможностям спортсмена, является причиной заболеваний, в том числе связанных с дисфункцией автономной нервной системы.

Для того чтобы физические тренировки были адекватны индивидуальному функциональному резерву, необходим оперативный контроль за состоянием регуляторных механизмов в процессе подготовки спортсменов. Такой контроль, основанный только на оценке частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД), недостаточен, поскольку эти показатели говорят о патологических сдвигах уже на стадии значительного снижения функционального резерва, истощения регуляторных механизмов. Изменение ЧСС и АД, а также электрокардиограммы сигнализируют об образовании значительного метаболического или пластического дефицита.

По данным R.S. Oliveira et al. (2013 г.), мониторинг показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) может помочь в определении индивидуальных возможностей адаптации к тренировкам и ранних признаков дизадаптации [2].

В основе различных патологических изменений в организме, связанных с неадекватным дозированием тренировочных нагрузок, лежит развитие утомления в процессе их выполнения. Усталость – субъективное ощущение человека, которое является первой стадией утомления, за ней следует вторая стадия – снижение работоспособности, обусловленное выключением из работы двигательных единиц в результате развития запредельного торможения в нервных центрах. Эти две стадии предшествуют третьей – выключению механизмов, обеспечивающих производство энергии для работы.

Анализ показателей вариабельности сердечного ритма позволяет получить срочную информацию о возможном срыве адаптации и внести соответствующие коррективы в подготовку спортсменов.

К немедикаментозным методам коррекции дисбаланса относятся методики биологического управления (biofeedback). Чаще всего используются биотехнические системы с колебательной обратной связью по сердечному ритму, так как сердечно-сосудистая система является одной из самых важных в обеспечении деятельности человека и его адаптации. Сердечная деятельность регулируется непроизвольно. Однако доказано влияние фаз дыхания на сердечный ритм, кото-

рое проявляется кардиореспираторной синхронизацией, или респираторной синусовой аритмией (РСА) [3].

Известно, что респираторная синусовая аритмия имеет важные регуляторные функции. РСА встречается у здоровых людей, возникает из-за изменения тонуса блуждающего нерва — при вдохе частота пульса растет, при выдохе снижается. С возрастом эта согласованность между ритмом сердца и ритмом дыхания необратимо утрачивается, косвенно свидетельствуя о нарушениях вегетативного баланса. Однако этот важный утраченный механизм может быть устойчиво восстановлен, если будет нормализована функция дыхания.

Респираторная синусовая аритмия контролирует скорость газообмена в альвеолах, так что ЧСС, как правило, выше, когда воздух в легких насыщен кислородом, а выдох происходит, когда концентрация углекислого газа в легких максимальна. РСА также может нести вегетативную функцию. Она полностью контролируется блуждающим нервом. Влияние вагуса на синоатриальный узел происходит преимущественно во время выдоха.

Также известно, что амплитуда вариабельности сердечного ритма связана с частотой дыхания, причем более высокие амплитуды достижимы при более медленном дыхании.

Под воздействием постоянных стрессов в виде тренировочных и соревновательных нагрузок спортсмены утрачивают естественный стереотип дыхания, то есть явления кардиореспираторной синхронизации у них не наблюдается. Неправильное дыхание приводит к нарушению вегетативного баланса, что не способствует сохранению здоровья.

Существуют доказательства более высокой спортивной работоспособности после тренировки по биологической обратной связи с ВСП. Например, M. Paul et al. продемонстрировали успешное использование методик биоуправления по кардиоритму с обратной связью в баскетболе для улучшения контроля над психофизиологическими процессами с достижением максимального результата [4].

Особый интерес данная методика представляет для танцоров. J.H. Grzelier et al. в своем исследовании показали, что использование биологической обратной связи по вариабельности сердечного ритма снижает уровень тревоги. Это снижение коррелирует с улучшением техники и артистизма у танцоров [5].

Цель настоящей работы состояла в оценке влияния кардиореспираторного тренинга (КРТ) на вариабельность сердечного ритма у спортсменов циклических видов спорта.

## Материал и методы

Обследованы 36 спортсменов-мужчин в возрасте от 20 до 30 лет, занимающихся циклическими видами спорта (спортивное ориентирование, академическая гребля) и имеющих квалификацию от кандидата в мастера спорта до мастера спорта международного класса. Все участники были признаны здоровыми по результатам углубленного медицинского осмотра. Исследование осуществлялось в подготовительный период тренировочного цикла. Исходно в течение 30 мин после тренировки всем спортсменам проводили исследование ВСП на аппарате «Полиспектр» (Иваново).

Оценивали следующие показатели вариабельности сердечного ритма:

- $R-R_{cp}$ , мс — средняя продолжительность интервалов  $R-R$ ;
- АМО, % — амплитуда моды (число кардиоинтервалов, соответствующих значению моды, в процентах к объему выборки), показывает степень активации симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС);
- SDNN, мс — среднее квадратичное отклонение всех интервалов  $R-R$ , характеризует общую вариабельность ритма сердца;
- pNN50, % — процент соседних пар интервалов  $R-R$ , отличающихся более чем на 50 мс, показатель степени преобладания парасимпатического звена над симпатическим;
- RMSSD, мс — квадратный корень из средней суммы квадратов разностей между соседними интервалами  $R-R$ , характеризует активность парасимпатической ВНС;
- CV, % — коэффициент вариации ряда последовательных кардиоинтервалов, показатель суммарного эффекта регуляции;
- ИН, у. е. — индекс напряжения регуляторных систем, характеризует активность симпатического отдела ВНС.

Далее методом случайных чисел спортсмены были разбиты на три равные группы. В 1-й (основной) группе ежедневно проводились сеансы кардиореспираторного тренинга. Курс состоял из 5 сеансов, каждый из которых включал 8–12 проб длительностью по 120 с. Таким образом, один сеанс длился около получаса. Первая (исходная) и последняя (контрольная) пробы

являлись неактивными, то есть испытуемый пребывал в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами. В промежуточных пробах спортсменов имел возможность за счет дыхания влиять на флуктуации своей кардиоритмограммы (КРГ), визуально отслеживая представленную периодическую кривую (зрительная обратная связь).

Целевая функция на отдельную пробу биоуправления формируется адаптивным программным модулем. Ее параметры для каждой следующей пробы задаются автоматически по результатам анализа предыдущей кардиоритмограммы. Экспертная часть адаптивного программного модуля не позволяет вывести параметры целевой функции за пределы индивидуальных физиологических возможностей тренирующихся, обеспечивая безопасность процедуры.

Сеансы кардиотренинга проводились в отдельном кабинете с умеренным освещением, без посторонних шумов. Перед сеансом помещение хорошо проветривалось. Спортсмен (носовые ходы его должны быть свободными, одежда не должна стеснять нормального дыхания и кровообращения) располагался в удобном функциональном кресле на расстоянии 1,0–1,5 м от экрана монитора. На передние, обработанные обезжиривающим средством, поверхности предплечий накладывали одноразовые электроды, с которых электрокардиограмма поступала в блок биотехнической системы «Кардиотренинг» (Санкт-Петербург).

Спортсмену отводили около 5 мин, чтобы привыкнуть к обстановке. Далее ему объясняли цели и задачи тренинга для того, чтобы он настроился на правильное выполнение задания, а также для поддержания мотивации. На экране монитора показывали кривую линию, которая являлась его собственной кардиоритмограммой. Акцентировали внимание на связи ее колебаний с периодичностью и глубиной дыхания испытуемого. Делали также акцент на максимальном расслаблении во время каждой пробы.

Исходную КРГ записывали во время первой неактивной пробы в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами. Ее параметры (постоянная составляющая, амплитуда, период) использовались для построения периодической кривой (целевой функции) следующей активной пробы [3, 6].

Критерием эффективности кардиореспираторного тренинга является формирование собственных гармоник в кардиоритме, которые

синхронизированы с дыханием, а также сохранение этих гармоник в последних неактивных пробах в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами.

Участники 2-й группы (плацебо) просматривали мотивационные видеоролики о спорте в течение 15 мин.

В 3-й группе (контрольной) спортсмены не подвергались никаким воздействиям.

По окончании исследования всем участникам еще раз проводили исследование показателей вариабельности сердечного ритма.

Для статистической обработки результатов использовали пакет программ Statistica 13.2 (StatSoft Inc., США). Данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ). Парное сравнение выборок проводили с применением параметрической статистики ( $t$ -критерий Стьюдента). В случае распределения в выборке, отличного от нормального (по критерию Шапиро–Уилка), применяли методы непараметрической статистики ( $T$ -критерий Вилкоксона, критерий Краскела–Уоллиса). Различия данных считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации. Протокол исследования был одобрен этическим комитетом ПСПбГМУ им. академика И.П. Павлова. До включения в исследование все участники предоставили письменное информированное согласие.

## Результаты

Данные анализа временных показателей ВСР представлены в таблице.

При оценке показателей вариабельности сердечного ритма исходно группы статистически значимо не различались между собой ( $p > 0,05$ ).

Анализ показателей ВСР в основной группе продемонстрировал, что статистически значимый прирост общей вариабельности (SDNN) в среднем составил 33,5 мс (или 69,5% от исходного,  $p = 0,001$ ). Достоверно снижались амплитуда моды (АМо) и индекс напряжения регуляторных систем (ИН) ( $p = 0,006$  и  $p = 0,007$  соответственно). Также достоверно повышались RMSSD и pNN50 ( $p = 0,041$  и  $p = 0,008$  соответственно).

При анализе показателей ВСР по 5-минутным записям ЭКГ у спортсменов группы плаце-

Показатели вариабельности сердечного ритма у спортсменов по группам

| Показатели ВСП  | 1-я группа  |            | 2-я группа  |            | 3-я группа  |              |
|-----------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|--------------|
|                 | Исходно     | Результат  | Исходно     | Результат  | Исходно     | Результат    |
| $R-R_{cp}$ , мс | 829,7±112,4 | 878,0±77,6 | 864,2±136,6 | 912,8±95,9 | 764,9±170,7 | 838,3±101,4* |
| AMo, %          | 43,2±10,4   | 29,6±8,5*  | 33,0±9,6    | 27,8±5,4   | 33,7±14,4   | 35,3±7,3     |
| SDNN, мс        | 48,2±20,9   | 81,7±25,1* | 65,8±18,7   | 75,3±17,8  | 75,8±33,0   | 57,1±11,6**  |
| RMSSD, мс       | 40,3±30,5   | 55,3±31,5* | 53,4±23,6   | 44,3±17,0  | 48,8±18,1   | 42,0±8,9     |
| pNN50, %        | 15,0±15,3   | 30,6±21,7* | 22,4±18,0   | 32,1±16,1  | 27,2±15,8   | 20,4±8,4     |
| CV, %           | 5,8±1,9     | 8,96±2,20* | 8,1±1,7     | 6,95±2,20  | 10,1±4,9    | 6,9±1,5**    |
| ИН, у. е.       | 143,2±98,8  | 49,1±26,7* | 73,3±55,4   | 49,6±16,7  | 93,6±107,3  | 80,7±29,6**  |

\* Значимость различий по сравнению с исходными данными ( $p < 0,05$ ).

\*\* Значимость различий по сравнению с 1-й группой ( $p < 0,05$ ).

бо на момент начала исследования и по его окончании достоверных различий не наблюдалось. При оценке показателей ВСП в контрольной группе было отмечено достоверное увеличение  $R-R_{cp}$ .

За время тренировок устойчивую респираторную синусовую аритмию из 12 спортсменов основной группы смогли выработать 3 человека. Этим испытуемым объединили в отдельную подгруппу 1 и сравнили по двум основным показателям (SDNN и ИН) с оставшимися участниками 1-й группы (подгруппой 2). Было выявлено, что прирост общей вариабельности сердечного ритма в подгруппе 1 составил 127,9% против 55,6% в подгруппе 2. Индекс напряжения регуляторных систем до кардиотренинга оказался выше почти на 50,0 у. е. в подгруппе 1, тогда как после кардиотренинга показатели были практически одинаковы (40,0 и 32,1 у. е. соответственно).

### Обсуждение

Оценка вегетативной регуляции и активности синусного узла дает значительную информацию о функциональном состоянии сердца, изменяющемся в процессе адаптации к физическим нагрузкам [7]. Настоящее исследование выявило, что у спортсменов после нагрузки наблюдается снижение ВСП по временным показателям. Однако у атлетов, получавших в восстановительный период сеансы кардиотренинга, произошло достоверное повышение общей вариабельности сердечного ритма (SDNN). При снижении таких показателей, как AMo и ИН, можно говорить об уменьшении влияния симпатической нервной системы у обследованных спортсменов. Повышение таких показателей, как RMSSD и pNN50, свидетельствует о повышении активности парасимпатического отде-

ла нервной системы у испытуемых основной группы. Данная картина динамики временных показателей ВСП согласуется с мнениями ряда исследователей [8].

В 3-й группе отмечено увеличение показателя  $R-R_{cp}$ . Считается, что наибольшие интервалы  $R-R$  наблюдаются у спортсменов с более высокой работоспособностью [9, 10].

В ответ на физическую нагрузку происходит усиление активности симпатического отдела ВНС (увеличивается ИН, AMo, снижается SDNN). В период восстановления после нагрузки показатели имеют обратную динамику.

Изменение паттерна дыхания при определенных условиях (в частности, при кардиореспираторном тренинге) способствует выявлению собственных частот и усилению периодичности колебаний кардиоритма. В результате тренинга дыхательные движения в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами приобретали равномерный характер, способствуя выработке утраченной кардиореспираторной синхронизации (респираторной синусовой аритмии) [11].

У спортсменов, выработавших респираторную синусовую аритмию, отмечалось более успешное восстановление после тренировочной нагрузки по показателям ВСП (SDNN и ИН). Повышенный индекс напряжения регуляторных систем у участников подгруппы 1 говорит об активации симпатического отдела вегетативной нервной системы на фоне кардиореспираторного тренинга. Это является благоприятным признаком адаптации организма к физическим нагрузкам. Причем после сеанса КРТ восстановление ИН происходит до нормальных значений.

Анализируя полученные данные, можно подтвердить мнение ряда ученых [2, 7, 8] о наличии

ваготонического типа регуляции и оптимального взаимодействия регуляторных механизмов у спортсменов.

Тренировка с применением функционального биоуправления ускоряет восстановление ритмов сердца и дыхания сразу после физической нагрузки. Нормализация вегетативного баланса, эффект восстановленной кардиореспираторной синхронизации сопровождаются снижением напряжения регуляторных систем, повышением функциональных резервов центральной нервной системы. Улучшение самочувствия и настроения происходит в том числе и за счет сознательного контроля над своими функциями, наглядным положительным результатом тренинга (за счет зрительной обратной связи). Положительные эмоции вызывают дополнительный интерес к КРТ, а достигнутые навыки и результат стимулируют использование приемов саморегуляции в домашних условиях (без зрительного контроля).

### Заключение

Применение кардиореспираторного тренинга у спортсменов является эффективным нефармакологическим способом коррекции вегетативного баланса. На фоне выработки утерянного паттерна дыхания (респираторной синусовой аритмии) отмечается повышение общей вариабельности сердечного ритма, что является благоприятным признаком адаптации организма к физическим нагрузкам. Таким образом, использование биологической обратной связи, учитывающей динамику дыхательного цикла, способствует кардиореспираторной синхронизации и оптимизации показателей вариабельности сердечного ритма.

### Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

### Библиографический список

- Stanley J., Peake J.M., Buchheit M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. *Sports Med.* 2013; 43 (12): 1259–77. DOI: 10.1007/s40279-013-0083-4
- Oliveira R.S., Leicht A.S., Bishop D., Barbero-Álvarez J.C., Nakamura F.Y. Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. *Int. J. Sports Med.* 2013; 34 (5): 424–30. DOI: 10.1055/s-0032-1323720
- Суворов Н.Б. Адаптивные системы знакопеременного биоуправления. В кн.: Юсупов Р.М., Полонников Р.И. (ред.) Телемедицина. Новые информационные технологии на пороге XXI века. СПб: 1998: 253–72.
- Paul M., Garg K., Sandhu J.S. Role of biofeedback in optimizing psychomotor performance in sports. *Asian J. Sports Med.* 2012; 3 (1): 29–40.
- Gruzelier J.H., Thompson T., Redding E., Brandt R., Steffert T. Application of alpha/theta neurofeedback and heart rate variability training to young contemporary dancers: state anxiety and creativity. *Int. J. Psychophysiol.* 2014; 93 (1): 105–11. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2013.05.004
- Суворов Н.Б., Фролова Н.В., Федоров А.А. Психофизиологические воздействия в коррекции состояния человека. *Медицинский академический журнал.* 2003; 4 (4): 3–13.
- Дидур М.Д., Евдокимова Т.А., Кутузова А.Э., Нестерова И.В. Показатели вариабельности сердечного ритма у спортсменов высокой квалификации. *Лечебная физкультура и спортивная медицина.* 2009; 5 (69): 24–8.
- Гаврилова Е.А. Особенности ритмограммы спортсмена. *Терапевт.* 2013; 9: 12–8.
- Михалюк Е.Л., Сиволап В.В. Особенности вариабельности сердечного ритма у футболистов высокого класса. *Научно-теоретический журнал Национального университета физического воспитания и спорта Украины.* 2006; 1: 46–9.
- Жемайтите Д.И. Вегетативная регуляция синусового ритма сердца у здоровых и больных. В кн.: Жемайтите Д., Телькснис Л. (ред.) Анализ сердечного ритма. Вильнюс: Мокслас; 1982: 22–32.
- Ярмош И.В., Болдуева С.А., Суворов Н.Б. Влияние кардиореспираторного тренинга на вариабельность сердечного ритма и психологическое состояние у пациентов с острым инфарктом миокарда. *Медицинский академический журнал.* 2011; 11 (3): 85–92.
- Stanley J., Peake J.M., Buchheit M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. *Sports Med.* 2013; 43 (12): 1259–77. DOI: 10.1007/s40279-013-0083-4
- Oliveira R.S., Leicht A.S., Bishop D., Barbero-Álvarez J.C., Nakamura F.Y. Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. *Int. J. Sports Med.* 2013; 34 (5): 424–30. DOI: 10.1055/s-0032-1323720
- Suvorov N.B. Adaptive systems of alternating biofeedback. In: Yusupov R.M., Polonnikov R.I. (Eds.) Telemedicine. New information technologies on the threshold of the 21st century. Saint Petersburg; 1998: 253–72 (in Russ.).
- Paul M., Garg K., Sandhu J.S. Role of biofeedback in optimizing psychomotor performance in sports. *Asian J. Sports Med.* 2012; 3 (1): 29–40.
- Gruzelier J.H., Thompson T., Redding E., Brandt R., Steffert T. Application of alpha/theta neurofeedback and heart rate variability training to young contemporary dancers: state anxiety and creativity. *Int. J. Psychophysiol.* 2014; 93 (1): 105–11. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2013.05.004
- Suvorov N.B., Frolova N.V., Fedorov A.A. Psychophysiological effects in the correction of the human condition. *Meditsinskiy Akademicheskij Zhurnal.* 2003; 4 (4): 3–13 (in Russ.).
- Didur M.D., Evdokimova T.A., Kutuzova A.E., Nesterova I.V. Indicators of heart rate variability in athletes of high qualification. *Lechebnaya Fizkul'tura i Sportivnaya Meditsina.* 2009; 5 (69): 24–8 (in Russ.).
- Gavrilova E.A. The peculiarities of rhythmogram of a sportsman. *Terapevt.* 2013; 9: 12–8 (in Russ.).
- Mikhalyuk E.L., Sivolap V.V. Features of heart rate variability in soccer players of high class. *Naukovo-Teoreticheskij Zhurnal Natsional'nogo Universitetu Fizichnogo Vihovannya i Sportu Ukraini.* 2006; 1: 46–9 (in Russ.).
- Zhemaytite D.I. Autonomic regulation of the sinus rhythm of the heart in healthy and sick. In: Zhemaytite D., Tel'ksnis L. (Eds.) Heart rate variability analysis. Vilnius: Mokslas; 1982: 22–32 (in Russ.).
- Yarmosh I.V., Boldueva S.A., Suvorov N.B. Influence of cardiorespiratory training on heart rate variability and psychological condition in patients with acute myocardial infarction. *Meditsinskiy Akademicheskij Zhurnal.* 2011; 11 (3): 85–92 (in Russ.).

Поступила 10.04.2017

Принята к печати 28.04.2017