

Л.В. Поскотинова, О.В. Кривоногова, О.С. Заборский

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, Российская Федерация

Показатели сердечно-сосудистой системы у мальчиков в возрасте 14–15 лет при краткосрочном обучении с биологической обратной связью для контроля общей вариабельности сердечного ритма после тренировки скоростно-силовых качеств: экспериментальное контролируемое исследование

167

Контактная информация:

Поскотинова Лилия Владимировна, доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоритмологии ФГБУН ФИЦКИА РАН

Адрес: 163000, Архангельск, пр-т Ломоносова, д. 249, тел.: +7 (8182) 65-29-88, e-mail: liliya200572@mail.ru

Статья поступила: 15.03.2019 г., принята к печати: 26.06.2019 г.

Обоснование. Восстановление параметров сердечно-сосудистой системы после физической нагрузки с применением силы взрывного характера необходимо для профилактики развития сердечно-сосудистой патологии. Эффективность краткосрочного тренинга с биологической обратной связью (БОС-тренинг) при таких нагрузках у подростков остается неизученной. **Цель исследования** — изучить влияние БОС-тренинга по параметру общей мощности спектра общей вариабельности сердечного ритма (ВРС) на восстановление сердечно-сосудистой системы при тренировке скоростно-силовых качеств у подростков. **Методы.** В исследование включали здоровых учеников (мальчики) 8-х классов (возраст 14–15 лет) общеобразовательной школы. Включение в экспериментальную и контрольную группы контролировалось исследователями. Регистрировали (исходно, после троекратного прыжка в длину с места толчком двумя ногами, после восстановления) общую мощность спектра ВРС (total power, TP), индекс напряжения (ИН), систолическое и диастолическое артериальное давление (АД), частоту сердечных сокращений (ЧСС). В восстановительный период участники экспериментальной группы выполняли БОС-тренинг с целью повышения показателя TP (3 мин); участники группы контроля находились в состоянии покоя. **Результаты.** Исходно участники экспериментальной ($n = 17$) и контрольной ($n = 10$) групп были сопоставимы по возрасту, росту, весу, значениям TP, ИН, АД и ЧСС. В восстановительный период после БОС-тренинга у мальчиков экспериментальной группы показатель TP был выше, чем у их сверстников в группе контроля: 3,22 (1,96; 6,13) против 1,36 (1,15; 1,84) $\times 1000 \text{ мс}^2$ ($p = 0,041$). Различий в значениях ИН, АД и ЧСС между группами в восстановительном периоде не обнаружено. **Заключение.** Применение краткосрочного БОС-тренинга по параметру общей мощности спектра ВРС у мальчиков в возрасте 14–15 лет после тренировки скоростно-силовых качеств способствует сохранению вагусных влияний на ритм сердца в восстановительный период.

Ключевые слова: подростки, скоростно-силовая тренировка, физическая нагрузка, вариабельность сердечного ритма, артериальное давление, биологическая обратная связь, обучение.

(Для цитирования: Поскотинова Л.В., Кривоногова О.В., Заборский О.С. Показатели сердечно-сосудистой системы у мальчиков 14–15 лет при краткосрочном обучении с биологической обратной связью для контроля общей вариабельности сердечного ритма после тренировки скоростно-силовых качеств: экспериментальное контролируемое исследование. *Вопросы современной педиатрии*. 2019; 18 (3): 167–174. doi: 10.15690/vsp.v18i3.2033)

ОБОСНОВАНИЕ

Занятия спортом в подростковом возрасте могут быть причиной возникновения симпатикотонических реакций, аритмогенных нарушений и иных вегетативных

дисфункций, с которыми связан высокий риск сердечно-сосудистых расстройств и внезапной сердечной смерти, особенно у юношей [1]. Происходит это в силу того, что тренировка скоростно-силовых качеств требует мак-

симальной мощности мышечных усилий в минимальный промежуток времени с применением силы взрывного характера [2, 3]. При этом быстрая активизация симпатического отдела вегетативной нервной системы необходима для достижения спортивного результата на фоне резкого повышения ударного объема сердца [4, 5].

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) является актуальной характеристикой вегетативной регуляции сердечной деятельности, а ее показатели считаются биомаркерами сохранности механизмов саморегуляции у человека в условиях нагрузки [6]. Управление параметрами ВСР с биологической обратной связью (БОС-тренинг) как способ контроля человеком собственных физиологических параметров с помощью технических средств представляет собой метод повышения вагусных резервов вегетативной регуляции сердечного ритма [7], в том числе при коротких сессиях БОС-тренинга и даже при однократном сеансе [8]. При этом происходит активизация барорефлекторной активности, которая обеспечивает оптимальное соотношение ритмов дыхания и сердечных сокращений [7], способствуя эффективному восстановлению функций рабочих органов после физической нагрузки [9]. Формирование нового алгоритма функционирования регуляторных систем при курсовом применении БОС-тренинга, как правило, требует 10–20 ежедневных сеансов по 10–15 мин и более [10, 11]. Такое активное вмешательство в работу автономной нервной системы оправдано при БОС-тренинге с целью коррекции симптомокомплекса у больных с нарушениями функции дыхания [12], морфофункциональными поражениями сердца, например при остром

инфаркте миокарда [11], а также у лиц с выраженными психоэмоциональными расстройствами [13]. У здоровых людей любое воздействие на механизмы вегетативной регуляции сердечного ритма должно быть ситуационно оправданным, в силу чего представляется важным развивать концепцию краткосрочных сеансов БОС-тренинга. Особенно это важно для лиц подросткового возраста, среди которых высока распространенность признаков вегетативных дисфункций [14].

Физиологические эффекты кратковременных БОС-тренингов (1–3 сеанса) касаются в основном частоты сердечных сокращений (ЧСС) и показателей электрокожной проводимости [15]. Описаны результаты применения БОС-тренингов у больных детей и подростков, а также у молодых спортсменов (16–20 лет), у которых вегетативная регуляция сердечной деятельности значительно отличается от нетренированных подростков при различной степени физической нагрузки и с разной кратностью проведения БОС-тренинга [16]. Нами ранее показаны физиологические эффекты краткосрочных сеансов БОС-тренинга с целью увеличения общей мощности ВСР у здоровых нетренированных подростков 14–17 лет в состоянии покоя, без предварительного воздействия физической нагрузки [8, 17]. Отмечено, что в возрасте 14–15 лет по сравнению с возрастной группой 16–17 лет в большей степени выражены симпатические реакции вследствие недостаточно сформированных механизмов вагусной регуляции сердечного ритма [18]. Также нами установлено, что в возрасте 14 лет нейрофизиологические эффекты БОС-тренинга по параметрам ВСР отличаются от таковых у подростков 16–17 лет [17]. Таким

Liliya V. Poskotinova, Olga V. Krivonogova, Oleg S. Zaborsky

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, RAS, Arkhangelsk, Russian Federation

Indicators of a Cardiovascular System at 14–15 Years Old Boys at Short-term Biofeedback Training for Controlling of General Heart Rate Variability After Speed and Power Training: Experimental Controlled Study

Background. Cardiovascular system recovery after physical activity with explosive exercises is essential for cardiovascular pathology prevention. The efficiency of short-term biofeedback training (BFB training) in such conditions in adolescents have not been studied earlier. **Objective.** Our aim was to study the effect of BFB training on cardiovascular rehabilitation after speed and power training in adolescents according to general heart rate variability (HRV) spectrum total power parameter. **Methods.** The research has included healthy eighth-grade students (14–15 years old boys) from regular school. Inclusion in experimental and control groups was regulated by researches. Such indicators as total power (TP) of HRV spectrum, tension index (TI), systolic and diastolic arterial blood pressure (ABP), heart rate (HR) were registered initially, after three standing long jumps with double take-off and after recovery. All members of experimental group performed BFB training in order to increase TP (3 min) during recovery period. Members of control group were resting. **Results.** Initially all members of experimental ($n = 17$) and control ($n = 10$) groups were compared on age, height, weight and TP, TI, ABP and HR indicators. The TP level in boys of experimental group was higher than in control group during recovery period after BFB training: 3.22 (1.96; 6.13) against 1.36 (1.15; 1.84) $\times 1000 \text{ ms}^2$ respectively ($p = 0.041$). There were no differences in TI, ABP and HR levels between two groups during recovery period. **Conclusion.** Implementation of short-term BFB training according to general HRV spectrum total power parameter in 14–15 years old boys after speed and power training perpetuates vagal impact on heart rate during recovery period.

Key words: adolescents, speed and power training, physical activity, heart rate variability, arterial blood pressure, biofeedback, education.

(For citation: Poskotinova Liliya V., Krivonogova Olga V., Zaborsky Oleg S. Indicators of a Cardiovascular System at 14–15 Years Old Boys at Short-term Biofeedback Training for Controlling of General Heart Rate Variability After Speed and Power Training: Experimental Controlled Study. *Voprosy sovremennoi pediatrii — Current Pediatrics*. 2019; 18 (3): 167–174. doi: 10.15690/vsp.v18i3.2033)

образом, остаются неизученными особенности реакции вегетативной нервной системы подростков 14–15 лет при краткосрочном сеансе БОС-тренинга по параметру ВСР после физической нагрузки с определенными характеристиками нервно-мышечного напряжения, а именно после тренировки скоростно-силовых качеств.

Цель исследования — изучить влияние БОС-тренинга по параметру общей мощности спектра общей variability сердечного ритма (ВСР) на восстановление сердечно-сосудистой системы при тренировке скоростно-силовых качеств у подростков.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено экспериментальное контролируемое (нерандомизированное) исследование.

Условия проведения

Исследование проведено на базе муниципального бюджетного образовательного учреждения «Средняя школа № 20» г. Архангельска в феврале 2019 г.

Критерии соответствия

Критерии включения:

- ученики 8-х классов общеобразовательной школы (полный возраст 14–15 лет);
- мужской пол;
- группа здоровья 1 или 2;
- основная медицинская группа для занятий физической культурой;
- подписанное информированное согласие родителя (законного представителя) и ученика на участие в исследовании и использование его результатов с научной целью.

Группы здоровья и группы для занятий физической культурой устанавливали на основании правил, регламентированных Приказом Министерства здравоохранения РФ от 10 августа 2017 г. № 514н [19], по данным медицинской документации (карта профилактического медицинского осмотра несовершеннолетнего).

Критерии не включения:

- признаки острой респираторной инфекции (ринорея, кашель);
- рост и индекс массы тела выше 97-й и ниже 3-й перцентилей по шкалам Height-for-age 5–19 years и BMI-for-age 5–19 years для лиц мужского пола соответствующего возраста (согласно критериям Всемирной организации здравоохранения [20]).

Критерии исключения:

- острая инфекция любой локализации (в том числе верифицированная в течение 2 сут после проведения тестирования).

Процедура формирования выборки исследования и групп сравнения

На школьном собрании ученикам 8-х классов и их родителям исследователем (Поскотинова Л.В.) было сообщено о программе исследования и его научно-практической значимости. Всем потенциальным участникам было предложено заполнить и подписать информированное добровольное согласие на участие в исследовании. После получения такого согласия изучалась медицинская документация учеников для оценки их соответствия критериям включения и не включения. Из числа подходящих для исследования учеников ($n = 30$) составляли

списки, которые передавали классным руководителям. Последние направляли учеников на исследование в соответствии со списком в произвольной очередности.

Формирование групп БОС-тренинга после физической нагрузки и контроля происходило путем поочередного включения исследователями (Поскотинова Л.В., Кривоногова О.В.) учеников, направленных для участия в исследовании классными руководителями. Каждому участнику была объяснена цель исследования, было получено устное подтверждение того, что цель ему понятна. Поочередное включение в группы соблюдалось до № 14 в группе БОС-тренинга и № 13 в группе контроля. Предыдущие наши исследования показали, что эффект БОС-тренинга зависит от психодинамических свойств личности, в связи с чем межиндивидуальный разброс показателей ВСР при выполнении БОС-тренинга может быть довольно выраженным [21, 22]. Напротив, состояние покоя, в котором находятся участники группы контроля, предполагает менее выраженный разброс данных ВСР. Предполагая, что увеличение объема выборки для БОС-тренинга снизит влияние на результаты исследования межиндивидуального разброса показателей ВСР, было решено последних 3 участников включить в экспериментальную группу.

Процедура БОС-тренинга

С целью обеспечения равных условий психоэмоционального состояния участников перед выполнением физической нагрузки проводили обучающий БОС-тренинг с лицами как экспериментальной, так и контрольной групп. Обучение было индивидуальным. При этом участникам рекомендовали настроить дыхание (спокойное, с акцентом на более глубоком выдохе) и сохранять эмоциональный покой и мышечную релаксацию в течение выполнения сеанса БОС-тренинга. Сеанс обучения с биологической обратной связью проводили с помощью комплекса «Варикард» (Рамена, Россия) [23]. Положительное подкрепление обратной связи участники проводили путем визуального контроля на мониторе компьютера графика и численного показателя общей мощности спектра ВСР (total power, TP), который обновлялся каждые 4 сек. Участников предварительно информировали, что при успешном выполнении сеанса значения показателя должны повышаться. На этапе обучающего сеанса БОС-тренинга исследователи рекомендовали участникам корректировать частоту или глубину дыхания с целью достижения наилучшего результата. После физической нагрузки исследователи в процесс обучения с биологической обратной связью не вмешивались.

Физическая нагрузка производилась под контролем исследователя Заборского О.С. в школьном спортивном зале и включала выполнение прыжка в длину с места толчком двумя ногами, повторенного троекратно [3]. Участников исследования предварительно инструктировали о необходимости выполнения прыжка с приложением максимальных усилий для достижения максимально возможной длины прыжка. Длину прыжка регистрировали как условие выполнения теста; длина прыжка должна была составить от 170 до 215 см, что соответствовало возрастным нормативам для мальчиков 8-го класса, обучающихся по программе средней общеобразовательной школы [24]. Все участники выполнили условие по длине прыжка с первой попытки.

Целевые показатели исследования

Основной показатель исследования

Изучали динамику (исходно, сразу после физической нагрузки и в восстановительный период) показателя

общей мощности спектра ВСР (ТР, мс^2), характеризующего при коротких записях ВСР (до 5 мин) степень выраженности вагусных влияний на ритм сердца [25, 26].

Дополнительные показатели исследования

Определяли индекс напряжения (ИН, усл. ед.), значения ЧСС (уд./мин), систолического и диастолического артериального давления (САД/ДАД, мм рт. ст.).

Методы измерения показателей исследования

Регистрация показателей сердечно-сосудистой системы (выполнено Поскотиновой Л.В. и Кривоноговой О.В.) производилась при комнатной температуре ($\sim +20^\circ\text{C}$) в положении сидя в помещении, примыкающем к спортивному залу. Показатели ВСР (ТР и ИН) определяли с помощью аппаратно-программного комплекса «Варикард» (Рамена, Россия), АД и ЧСС — осциллометрическим методом на аппарате A&D (A&D, Япония) без оценки воспроизводимости результатов измерений. Регистрировали электрокардиограмму с использованием I стандартного отведения с конечностей.

Регистрацию ВСР для вычисления ТР и ИН проводили исходно, сразу после физической нагрузки и в восстановительном периоде сессиями по 3 мин с регистрацией САД, ДАД и ЧСС в конце 3-й мин. Восстановительный период в экспериментальной группе включал БОС-тренинг (3 мин), в группе контроля участники находились в состоянии покоя сидя. ИН автоматически рассчитывался программой «Варикард» по формуле:

$$\text{ИН} = \text{Амо}/2 \times \text{ВР} \times \text{Мо},$$

где Амо (%) — доля кардиоинтервалов, соответствующих значению моды (наиболее часто встречающееся значение) в общей выборке значений кардиоинтервалов, ВР (мс) — вариационный размах как разность максимального и минимального значений кардиоинтервалов, Мо (мс) — мода значений кардиоинтервалов. Учитывая, краткосрочность регистрации ВСР и частые случаи смещения доминирующей частоты ВСР в диапазон низких частот, обусловленного выраженным урежением дыхания (менее 9 дыхательных циклов в минуту) [26, 27] при БОС-тренинге, анализ изменений спектральных показателей ВСР не проводили.

Таким образом, этапы исследования включали предъявление инструкции по БОС-тренингу, запись показателей ВСР, САД, ДАД и ЧСС в фоне (3 мин), выполнение обучающего сеанса БОС-тренинга (3 мин), результаты которого в исследовании не учитывались, выполнение физической нагрузки, регистрацию показателей ВСР, САД, ДАД и ЧСС (3 мин) сразу после нагрузки. После этого в восстановительный период (с 4-й по 6-ю мин после нагрузки) регистрировали ВСР, САД, ДАД и ЧСС у лиц эксперименталь-

ной группы во время сеанса БОС-тренинга, а у лиц группы контроля — в состоянии покоя.

Этическая экспертиза

Проведение исследования одобрено Этическим комитетом Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова (протокол № 1 от 15 января 2019).

Статистический анализ

Размер выборки предварительно не рассчитывался.

Анализ данных проведен с использованием пакета статистических программ STATISTICA, версия 10.0 (StatSoft Inc., США). Описание количественных показателей выполнено с указанием медианы (25-й; 75-й перцентили). Сравнение количественных переменных независимых групп проведено с помощью U-критерия Манна–Уитни, зависимых групп — с помощью теста Фридмана (при трех связанных выборках) и критерия Вилкоксона (при попарных сравнениях). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Участники исследования

В школе на момент проведения исследования в 8-классах обучалось 34 ученика мужского пола, из них подходили под критерии исследования 32 человека (2 человека не включены по причине несоответствия требуемым группам здоровья); согласились участвовать в исследовании и были включены 30 человек (2 человека не включены по причине отказа от участия в исследовании); завершили обследование 27 человек (данные 3 человек были исключены ввиду развития у детей острых респираторных заболеваний). В экспериментальную группу были включены 17 человек, в группу контроля — 10. Сравнимые группы были сопоставимы по возрасту — 14 (14; 15) и 14 (14; 15) лет ($p = 0,659$), росту — 165 (157; 167) и 161 (154; 168,5) см ($p = 0,815$) и индексу массы тела — 17,8 (16,5; 19,8) и 17,4 (16,4; 18,6) $\text{кг}/\text{м}^2$ ($p = 0,756$). Все ученики относились ко 2-й диспансерной группе наблюдения.

Основные результаты исследования

Показатели общей мощности спектра ВСР ТР у лиц экспериментальной группы и группы контроля не различались как исходно, так и после физической нагрузки (табл. 1). В восстановительный период после выполнения БОС-тренинга у лиц экспериментальной группы показатель ТР был выше, чем у лиц группы контроля. Анализ динамики показателя ТР внутри каждой группы показал, что после физической нагрузки снижение общей мощности спектра ВСР произошло в обеих группах

Таблица 1. Изменение общей мощности спектра ВСР (ТР, $\times 1000 \text{ мс}^2$) у подростков 14–15 лет экспериментальной и контрольной групп после физической нагрузки и БОС-тренинга

Table 1. Changes in total power of HRV spectrum (TR, $\times 1000 \text{ ms}^2$) in 14–15 years old adolescents from experimental and control groups after physical activity and BFB training

Группа	Исходно	После нагрузки	Восстановительный период (БОС-тренинг)	p^*
Экспериментальная	3,60 (1,72; 4,54)	1,27 (0,64; 2,47)	3,22 (1,96; 6,13)	0,005
Контрольная	3,70 (3,30; 5,48)	1,60 (0,91; 2,18)	1,36 (1,15; 1,84)	0,022
p^{**}	0,100	0,090	0,041	-

Примечание. * — статистическую значимость различий между зависимыми выборками оценивали с использованием теста Фридмана,

** — различия между независимыми выборками определяли с применением критерия Манна–Уитни.

Note. * — statistical significance of differences between dependent groups were estimated with use of Friedman's test, ** — distinction between independent groups were estimated with use of Mann–Whitney test.

($p = 0,014/0,043$). Однако в восстановительном периоде повышение общей мощности спектра ВСР ($p = 0,009$) отмечено только при проведении БОС-тренинга. В группе контроля в этом периоде (состояние покоя) показатель ТР продолжал снижаться ($p = 0,043$).

Дополнительные результаты исследования

Фоновые показатели сердечно-сосудистой системы экспериментальной группы и группы контроля статистически не различались (табл. 2). После физической нагрузки произошло повышение САД как в экспериментальной ($p = 0,001$), так и в контрольной ($p = 0,017$) группе. В восстановительном периоде уровень САД в сравниваемых группах соразмерно снижался ($p < 0,001/0,011$). ИН после физической нагрузки имел тенденцию к повышению как в экспериментальной группе, так и в группе контроля ($0,051/0,079$). В восстановительный период при БОС-тренинге ИН снижался ($p = 0,016$), а в группе контроля повышался по сравнению с периодом после физической нагрузки ($p = 0,897$) более выражено в сравнении с фоновым значением ($p = 0,043$). Статистически значимых различий в динамике показателей ДАД и ЧСС не обнаружено.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Установлено более выраженное увеличение общей мощности спектра ВСР после физической нагрузки у подростков в возрасте 14–15 лет, выполнивших краткосрочный БОС-тренинг, в сравнении со сверстниками, находившимися после нагрузки в состоянии покоя. В восстановительный период после нагрузки и проведения сеанса БОС-тренинга у лиц экспериментальной группы

на фоне увеличения ТР произошло значимое снижение индекса напряжения, в то время как у лиц группы контроля индекс напряжения повысился на фоне снижения общей мощности спектра ВСР.

Ограничения исследования

Направленность изменений показателей ВСР как при однократном, так и курсовом БОС-тренинге была аналогична заявленным представленным результатам (а именно повышение ТР и снижение ИН) и наблюдалась нами на протяжении более 10 лет при обследовании около 800 человек, в том числе более 500 школьников 14–17 лет [28]. Однако данные эффекты были зафиксированы у лиц в состоянии покоя, без фактора выполнения физической нагрузки. В последующем для экстраполяции результатов данного исследования на генеральную совокупность планируется расширить выборку с участием школьников 8-х классов других школ с расчетом необходимого числа лиц для репрезентативной выборки.

Валидность примененного метода БОС-тренинга можно подтвердить тем, что доказан эффект данного метода по сравнению с группой контроля (без БОС-тренинга) при проведении курса из 10 сеансов БОС-тренинга как у подростков [29], так и у взрослых лиц [30]. При этом в течение курса эффект был воспроизводим, а в конце 10-го сеанса тренинга у подростков сохранялось не только повышение общей мощности спектра ВСР, но и наблюдались характерные изменения биоэлектрической активности головного мозга в отличие от группы контроля [29]. Кроме того, увеличение показателя ТР с помощью БОС-тренинга при курсовом применении способствует оптимизации психоэмоционального состояния [30].

Таблица 2. Показатели сердечно-сосудистой системы у подростков 14–15 лет экспериментальной и контрольной групп после физической нагрузки и БОС-тренинга

Table 2. Indicators of a cardiovascular system at 14–15 years old adolescents of experimental and control groups after physical activity and BFB training

Группа	Исходно	После нагрузки	Восстановительный период (БОС-тренинг)	p^*
ИН, усл. ед.				
Экспериментальная	119 (48; 181)	242 (137; 644)	115 (72; 201)	0,049
Контрольная	62 (51; 105)	166 (125; 365)	208 (172; 251)	0,074
p^{**}	0,433	0,458	0,106	
САД, мм рт. ст.				
Экспериментальная	122 (120; 129)	144 (128; 151)	122 (113; 127)	0,001
Контрольная	123 (118; 129)	149 (133; 156)	122 (116; 132)	0,005
p^{**}	0,123	0,443	0,538	
ДАД, мм рт. ст.				
Экспериментальная	74 (69; 80)	82 (79; 84)	81 (77; 82)	0,055
Контрольная	73 (69; 77)	81 (70; 83,5)	77 (70; 80)	0,606
p^{**}	0,426	0,518	0,096	
ЧСС, уд/мин				
Экспериментальная	80 (67; 87)	81, (70; 96)	85 (76; 101)	0,255
Контрольная	70 (64; 75)	79,0 (53; 95)	83 (68; 91)	0,687
p^{**}	0,567	0,424	0,515	

Примечание. * — статистическую значимость различий между зависимыми выборками оценивали с использованием теста Фридмана, ** — различия между независимыми выборками определяли с применением критерия Манна–Уитни. ИН — индекс напряжения;

САД/ДАД — систолическое/диастолическое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений.

Note. * — statistical significance of differences between dependent groups were estimated with use of Friedman's test, ** — distinction between independent groups were estimated with use of Mann–Whitney test. ИН — tension index; САД/ДАД — systolic and diastolic arterial blood pressure; ЧСС — heart rate.

На полученные результаты мог повлиять фактор результативности выполнения прыжка при физической нагрузке (длина прыжка). Для преодоления большего расстояния при прыжке (высокая результативность), возможно, требуется большее напряжение симпатической активности, чем при прыжке на меньшее расстояние (средняя результативность). Рассмотрение данного фактора не входило в задачи представленного исследования и нуждается в отдельном изучении.

Интерпретация результатов исследования

Результаты показали, что увеличение показателя общей мощности спектра ВСР с помощью БОС-тренинга сразу после физической нагрузки скоростно-силового характера способствует снижению симпатической активности у лиц экспериментальной группы. Данный эффект БОС-тренинга при краткосрочном его проведении по использованной методике аналогичен таковому при курсовом БОС-тренинге [29], в том числе с управляемым параметром по ИН [31]. Сохранение симпатической активности и даже некоторое нарастание ее в восстановительный период после выполнения нагрузки у лиц группы контроля свидетельствует об активизации центральных механизмов сердечно-сосудистой регуляции, что нередко выявляется у молодых людей мужского пола. Так, по данным литературы, у юношей 18–19 лет после нагрузки на велоэргометре на пределе физических возможностей на 6-й мин восстановительного периода происходит снижение общей спектральной мощности ВСР и усиление сверхнизкочастотной активности ВСР [32]. По данным настоящего исследования, даже испытание кратковременной нагрузки скоростно-силового характера вызывает аналогичные вышеуказанным изменения вариабельности сердечного ритма у мальчиков-подростков в виде отсроченного повышения индекса напряжения регуляторных систем и снижения общей мощности спектра ВСР (значимо ниже, чем у лиц, проводивших БОС-тренинг) на том же временном этапе восстановительного периода (к концу 6-й мин после нагрузки).

Результаты исследования продемонстрировали, что проведение даже кратковременного сеанса БОС-тренинга в восстановительный этап (с 4-й по 6-ю мин) после физической нагрузки в виде тренировки скоростно-силовых качеств оказалось более эффективным в плане возврата вегетативных показателей к исходным значениям в сравнении с пребыванием в состоянии покоя. Подростковый период является важным этапом в становлении баланса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной регуляции сердечного ритма. Нарастание мощности вагусных влияний на ритм сердца происходит на возрастном этапе завершения полового созревания — в 16–17 лет, в то время как в 14–15 лет наблюдается относительный дефицит функции вагусных механизмов [18]. Кроме того, в период 14–15 лет недостаточно сформированы фронто-таламические, лимбические и лобно-базальные регуляторные системы головного мозга, ответственные за эффективность произвольной регуляции деятельности. Такое неоптимальное состояние лобно-базальных структур снижает эффективность управляющих функций, таких как подавление ошибочных действий и удержание внимания [33]. Следовательно, имеются затруднения, обусловленные спецификой данного возраста, при сознательном управлении своими физиологическими параметрами в процессе саморегуляции. Это может отразиться также и на отсроченности механизмов восстановления вегетативной регуляции сердечного ритма после выполнения физических нагрузок. Поэтому восстановительному этапу после физической нагрузки уделяется большое внимание,

когда рекомендовано использовать различные дыхательные методики для более выраженной активизации вагусных механизмов и контроля хронотропной функции сердца у подростков [34]. Так, для обучающихся в школах, особенно для детей с признаками вегетативных дисфункций, важно выполнение силовых упражнений в сочетании с дыхательными упражнениями, что способствует нормализации у них вегетативного тонуса [35]. Использование дыхания через дополнительное мертвое пространство у молодых спортсменов способствует оптимизации биохимических показателей, более быстрому восстановлению регуляторных систем [36]. Также предлагается совмещать методику велоэргометрии в сочетании с прерывными удлиняющимися задержками дыхания, что моделирует временное состояние гипоксии [37]. Такой методологический подход способствует определению функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у спортсменов, занимающихся различными видами спорта.

Признана эффективность БОС-тренинга с целью увеличения общей вариабельности ВСР у спортсменов, занимающихся различными видами спорта, при котором улучшаются не только сердечно-сосудистые, но и психофизиологические показатели [9]. Однако у спортсменов ввиду их профессиональной деятельности хорошо сформированы кортико-висцеральные нейрональные связи, позволяющие им сравнительно быстро осваивать техники саморегуляции, даже без помощи технических средств. Поэтому экстраполяция результатов эффективности БОС-тренинга даже у молодых спортсменов аналогичного возраста на лиц, не занимающихся регулярными интенсивными физическими нагрузками, представляется не всегда корректной [38]. Необходимо дальнейшее совершенствование технологий применения краткосрочных сеансов БОС-тренинга для контроля общей ВСР в сжатые временные сроки, так как время нагрузки в школьной программе по различным предметам строго регламентировано и не всегда есть возможность реализовать длительные курсы БОС-тренинга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У подростков в возрасте 14–15 лет краткосрочный сеанс БОС-тренинга для контроля общей вариабельности сердечного ритма после физической нагрузки в виде тренировки скоростно-силовых качеств способствует более выраженному снижению активности симпатического отдела вегетативной регуляции сердечного ритма в восстановительный период после нагрузки в сравнении с группой контроля. Результаты настоящего исследования показали, что обучение даже кратковременному сеансу БОС-тренинга с целью увеличения общей ВСР позволяет подростку запомнить индивидуальный алгоритм психоэмоциональной настройки и оптимального соотношения темпа и глубины дыхания, чтобы применять данный алгоритм в дальнейшей своей программе обучения для оптимизации сердечной деятельности.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена по программе фундаментальных НИР ФГБУН ФИЦКИА РАН, номер государственной регистрации 115050610141 (<https://rosrid.ru/nioktr/3tpeW00KDdB815JH8w2cLb00>).

FINANCING SOURCE

The research has performed under fundamental research scientific works program of FCIARctic of Russian Academy of Sciences, state registration number 115050610141 (<https://rosrid.ru/nioktr/3tpeW00KDdB815JH8w2cLb00>).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

CONFLICT OF INTERESTS

Not declared.

ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ

Выражаем признательность директору МБОУ СШ № 20 г. Архангельска Ю.С. Лозиняк, преподавателям МБОУ

СШ № 20 А.В. Сметаниной, А.В. Ворошилову за организационную помощь в проведении исследований.

ORCID

Л.В. Поскотинова

<https://orcid.org/0000-0002-7537-0837>

О.В. Кривоногова

<https://orcid.org/0000-0002-7267-8836>

О.С. Заборский

<https://orcid.org/0000-0002-9066-1333>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров Л.М. Спорт и внезапная смерть у детей // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. — 2017. — Т. 62. — № 1. — С. 40–46. [Makarov LM. Sport and sudden death in children. *Russian bulletin of perinatology and pediatrics*. 2017;62(1):40–46. (In Russ).] doi: 10.21508/1027-4065-2017-62-1-40-46.
2. Захарьева Н.Н. Индивидуально-типологические особенности адаптации юных спортсменов к физическим нагрузкам в скоростно-силовых видах легкой атлетики // *Теория и практика физической культуры*. — 2010. — № 2. — С. 25–28. [Zakhar'yeva NN. Individual'no-tipologicheskiye osobennosti adaptatsii yunych sport-smenov k fizicheskim nagruzkam v skorostno-silovyykh vidakh atletiki. *Teor Prak Fiz Kult*. 2010;(2):25–28. (In Russ).]
3. Муртазина А.И., Воробьева И.В., Залялиева О.В. и др. *Методические рекомендации к сдаче норматива ГТО: прыжок в длину с места и с разбега*. — Казань: Казанский федеральный ун-т, 2017. — 60 с. [Murtazina AI, Vorob'yeva IV, Zalyaliyeva OV, et al. *Metodicheskiye rekomendatsii k sdache normativa GTO: pryzhok v dlinu s mesta i s razbega*. Kazan': Kazanskiy federal'nyy un-t; 2017. 60 p. (In Russ).] Доступно по: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/117131/F_METODICHKA_ALSU.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Ссылка активна на 13.03.2019.
4. Зинурова Н.Г., Быков Е.В., Коломиец О.И. Особенности регуляции инотропной функции при адаптации к физическим нагрузкам различной направленности // *Научно-спортивный вестник Урала и Сибири*. — 2015. — № 4. — С. 7–13. [Zinurova NG, Bykov YeV, Kolomiyets OI. Peculiarities of regulation of inotropic function during adaptation to physical loads of different orientation. *Nauchno-sportivnyy vestnik Urala i Sibiri*. 2015;(4):7–13. (In Russ).]
5. Ибрагимов И.Ф., Фомина Е.Ф., Хабибуллин А.Б. Изменение насосной функции сердца в восстановительном периоде после выполнения Гарвардского степ-теста у мальчиков экспериментальной группы (регулярно занимающихся греко-римской борьбой) и у мальчиков контрольной группы (не занимающихся спортом) // *Успехи современной науки*. — 2017. — № 7. — С. 184–188. [Ibragimov IF, Fomina YeF, Khabibullin AB. Izmeneniye nasosnoy funktsii serdtsa v vosstanovitel'nom periode posle vypolneniya Garvardskogo step-testa u mal'chikov eksperimental'noy gruppy (regulyarno zanimayushchikhsya greko-rimskoy bor'boy) i u mal'chikov kontrol'noy gruppy (ne zanimayushchikhsya sportom). *Uspekhi sovremennoy nauki*. 2017;(7):184–188. (In Russ).]
6. Holzman JB, Bridgett DJ. Heart rate variability indices as biomarkers of top-down self-regulatory mechanisms: a meta-analytic review. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;74(Pt A):233–255. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.12.032.
7. Lehrer PM, Gevirtz R. Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? *Front Psychol*. 2014;5:756. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00756.
8. Demin DB, Poskotinova LV. Changes in the spectral characteristics of the electroencephalogram during biocontrol of heart rate variability parameters in healthy subjects. *Neurosci Behavior Physiol*. 2018;48(8):913–916. doi: 10.1007/s11055-018-0649-6.
9. Jimenez MS, Molina Mora JA. Effect of heart rate variability biofeedback on sport performance, a systematic review. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2017;42(3):235–245. doi: 10.1007/s10484-017-9364-2.
10. Койчубеков Б.К., Сорокина М.А., Шайхин А.М., Коршуков И.В. Оценка эффективности биоуправления по параметрам сердечного ритма // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. — 2013. — № 3. — С. 21–24. [Koychubekov BK, Sorokina MA, Shaykhin AM, Korshukov IV. Biofeedback by parameters of heart rate efficiency evaluation. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2013;(3):21–24. (In Russ).]
11. 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. — Т. 11. — № 3. — С. 85–92. [Yarmosh IV, Bolduyeva SA, Suvorov NB. 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).]
12. Taghizadeh N, Eslaminejad A, Raoufy MR. Protective effect of heart rate variability biofeedback on stress-induced lung function impairment in asthma. *Respirator Physiolog Neurobiol*. 2019;262:49–56. doi: 10.1016/j.resp.2019.01.011.
13. Lin IM, Fan SY, Yen CF, et al. Heart rate variability biofeedback increased autonomic activation and improved symptoms of depression and insomnia among patients with major depression disorder. *Clin Psychopharmacol Neurosci*. 2019;17(2):222–232. doi: 10.9758/cpn.2019.17.2.222.
14. Чутко Л.С., Корнишина Т.Л., Сурушкина С.Ю., и др. Синдром вегетативных дисфункций у детей и подростков // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. — 2018. — Т. 118. — № 1. — С. 43–49. [Chutko LS, Kornishina TL, Surushkina SYu, et al. Syndrome of autonomic dysfunction in children and adolescents. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2018;118(1):43–49. (In Russ)] doi: 10.17116/jnevro20181181143-49.
15. Poskotinova LV, Demin DB, Krivonogova EV. Short-term HRV biofeedback: perspectives in environmental physiology and medicine. *Int J Biomed*. 2017;7(1):24–27. doi: 10.21103/Article7(1)_RA3.
16. Deschodt-Arsac V, Lalanne R, Spiluttini B, et al. Effects of heart rate variability biofeedback training in athletes exposed to stress of university examinations. *Plos One*. 2018;13(7):e0201388. doi: 10.1371/journal.pone.0201388.
17. Поскотинова Л.В., Демин Д.Б., Кривоногова Е.В. Возрастные особенности изменений биоэлектрической активности головного мозга при биоуправлении параметрами ритма сердца у подростков Приполярье региона // *Фундаментальные исследования*. — 2012. — № 5–1. — С. 180–184. [Poskotinova LV, Demin DB, Krivonogova YeV. Age features of a brain bioelectric activity during HRV biofeedback session in adolescents of Subpolar region. *Fundamental'nyye issledovaniya*. 2012;(5–1):180–184. (In Russ).]
18. Демин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В. Возрастные особенности функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у подростков различных арктических территорий // *Экология человека*. — 2015. — № 7. — С. 27–32. [Demin DB, Poskotinova LV, Krivonogova EV. Age features of cardiovascular system functional parameters in adolescents living in different arctic areas. *Human Ecology*. 2015;(7):27–32. (In Russ).]
19. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 10 августа 2017 г. № 514н «О Порядке проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних» [Электронный ресурс]. [Order № 514n Ministry Of Health Russia «O Poryadke provedeniya profilakticheskikh meditsinskikh osmotrov nesovershennoletnikh», date 2017 August 10. (In Russ) Доступно по: <http://base.garant.ru/71748018>. Ссылка активна на 13.03.2019.

20. The WHO child growth standards [Electronic source]. 2007. [cited 2019 March 13] Available from: <https://www.who.int/childgrowth/standards/en>.
21. Кривоногова Е.В., Поскотинова Л.В., Демин Д.Б. Индивидуально-типологические варианты реактивности ЭЭГ-колебаний при биоуправлении параметрами ритма сердца у подростков и молодых лиц на Севере // *Журнал высшей нервной деятельности*. — 2015. — Т. 65. — № 2. — С. 203–211. [Krivonogova YeV, Poskotinova LV, Demin DB. Individual types reactivity of EEG oscillations in effective heart rhythm biofeedback parameters in adolescents and young people in the North. *Zh Vyssh Nerv Deiat Pavlov*. 2015;65(2):203–211. (In Russ.)] doi: 10.7868/S0044467715020069.
22. Патент РФ на изобретение RU № 2477619. Кривоногова Е.В., Поскотинова Л.В. Способ прогнозирования эффективности биоуправления параметрами сердца с учетом психодинамических свойств личности. [Patent RUS № 2477619. Method for prediction of biological control effectiveness of heart rate parameters with taking into account psychodynamic personalities. (In Russ.)] Доступно по: <http://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=bfa9f22148bc1c3c56c87b65ca4ddf35>. Ссылка активна на 19.06.2019.
23. Патент РФ на изобретение RU № 2317771. Поскотинова Л.В., Семенов Ю.Н. Способ коррекции вегетативных дисбалансов с помощью комплекса для обработки кардиоинтервалограмм и анализа вариабельности сердечного ритма «Варикард 2.51», работающего под управлением компьютерной программы ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), с использованием биологической обратной связи. [Patent RUS № 2317771. Poskotinova LV, Semenov YuN. Method for correcting vegetative misbalance states with Varicard complex for processing cardiointervalograms and analyzing cardiac rhythm variability, operating under computer software program with biofeedback. (In Russ.)] Доступно по: <https://patentimages.storage.googleapis.com/2a/b4/c7/68fcfa35c6e1/RU2317771C2.pdf>. Ссылка активна на 13.03.2019.
24. Лях В.И., Зданевич А.А. Комплексная программа физического воспитания учащихся. 1–11 классы. — М.: Просвещение, 2012. — 128 с. [Lyakh VI, Zdanovich AA. *Kompleksnaya programma fizicheskogo vospitaniya uchashchikhsya*. 1–11 klassy. M.: Prosveshcheniye; 2012. 128 p. (In Russ.)]
25. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1) // *Вестник аритмологии*. — 2002. — № 24. — С. 65–87. [Bayevsky RM, Ivanov GG, Chyreykin LV, et al. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem (chast' 1). *Vestnik aritmologii*. 2002;(24):65–87. (In Russ.)]
26. Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front Public Health*. 2017;5:258. doi: 10.3389/fpubh.2017.00258.
27. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца (новый взгляд на старую парадигму). — Иваново: ООО «Нейрософт», 2017. — 516 с. [Mikhaylov VM. *Variabel'nost' ritma serdtsa (novyy vzglyad na staruyu paradigmu)*. Ivanovo: ООО «Neurosoft»; 2017. 516 p. (In Russ.)]
28. Поскотинова Л.В. Вегетативная регуляция ритма сердца и эндокринный статус молодежи в условиях европейского Севера России. — Екатеринбург: УрО РАН, 2010. — С. 150–167. [Poskotinova LV. *Vegetativnaya regulyatsiya ritma serdtsa i endokrinnyy status molodezhi v usloviyakh yevropeyskogo Severa Rossii*. Yekaterinburg: UrO RAN; 2010. pp. 150–167. (In Russ.)]
29. Demin D, Poskotinova L, Grjibovsky AM, Varakina Z. Neurophysiological effects of heart rate variability biofeedback training in adolescents: a Russian study. *Int J Epidemiol*. 2015;44 (4 Suppl. 1):216. doi: 10.1093/ije/dyv096.365.
30. Поскотинова Л.В., Овсянкина М.А., Кривоногова Е.В., Мельникова А.В. Соотношение психологических и вегетативных показателей в процессе курса биоуправления параметрами вариабельности сердечного ритма у педагогов // *Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке»*. — 2015. — Т. 17. — № 9. — С. 1–4. [Poskotinova LV, Ovsyankina MA, Krivonogova YeV, Mel'nikova AV. Sootnosheniye
- psikhologicheskikh i vegetativnykh pokazateley v protsesse kursa bioupravleniya parametrami variabel'nosti serdechnogo ritma u pedagogov. *Elektronnyy nauchno-obrazovatel'nyy vestnik «Zdorov'ye i obrazovaniye v XXI veke»*. 2015;17(9):1–4. (In Russ.)]
31. Демин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В. Контроль ЭЭГ-реакций в течение сеансов адаптивного биоуправления вегетативными параметрами у школьников // *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. — 2011. — Т. 90. — № 2. — С. 135–138. [Demin DB, Poskotinova LV, Krivonogova YeV. The control of electroencephalography characteristics at schoolchildren during biofeedback by vegetative parameters. *Pediatrics. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*. 2011;90(2):135–138. (In Russ.)]
32. Классина С.Я., Фудин Н.А. Состояние центральной и вегетативной нервной системы человека в восстановительный период после отказа от интенсивной физической нагрузки // *Вестник новых медицинских технологий*. — 2015. — Т. 22. — № 3. — С. 122–126. [Klassina SYa, Fudin NA. The condition of central and autonomic nervous systems in the recovery period after the refusal of intensive physical load. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2015;22(3):122–126. (In Russ.)] doi: 10.12737/13313.
33. Мачинская Р.И., Захарова М.Н., Корнев А.А., Ломакин Д.И. Влияние функционального состояния регуляторных систем мозга на эффективность произвольного контроля когнитивных функций и поведения у подростков 14–15 лет. / Когнитивные исследования на современном этапе: Мат. Всероссийской конференции с международным участием по когнитивной науке. — Архангельск, 2018. — С. 193–196. [Machinskaya RI, Zakharova MN, Kornev AA, Lomakin DI. *Vliyaniye funktsional'nogo sostoyaniya regulyatornykh sistem mozga na effektivnost' proizvol'nogo kontrolya kognitivnykh funktsiy i povedeniya u podrostkov 14–15 let*. Kognitivnyye issledovaniya na sovremennom etape: Mat. Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem po kognitivnoy nauke. Arkhangel'sk; 2018. pp. 193–196. (In Russ.)]
34. Рахимов М.И. Особенности хронотропной реакции детей и подростков на физическую нагрузку // *Фундаментальные исследования*. — 2015. — № 2–16. — С. 3536–3538. [Rakhimov MI. The peculiarities of chronotropic heart reaction among children and adolescents after doing physical activity. *Fundamental'nyye issledovaniya*. 2015;(2–16):3536–3538. (In Russ.)]
35. Титов С.В. Применение комплекса силовых упражнений для повышения физического и функционального состояния учащихся с вегетососудистой дистонией по гипотоническому типу // *Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта*. — 2013. — № 6. — С. 154–159. [Titov SV. Application of the complex of power exercises for improving the physical and functional state of the students with vascular dystonia of the hypotonic type. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 2013;(6):154–159. (In Russ.)] doi: 10.5930/issn.1994-4683.2013.06.100.p154-159.
36. Барабанкина Е.Ю. Влияние гипоксических и гиперкапнических воздействий на восстановительные процессы у бегунов на средние дистанции // *Современные проблемы науки и образования*. — 2013. — № 1. — С. 251. [Barabankina YeYu. Influence hypoxemic and the giperkapnicheskikh of impacts on recovery processes at runners on average distances. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2013;1:251. (In Russ.)]
37. Вагин Ю.Е., Зеленкова И.Е., Фудин Н.А. Функциональные изменения у спортсменов при увеличивающихся прерывных задержках дыхания в ходе физической нагрузки // *Наука и спорт: современные тенденции*. — 2018. — Т. 20. — № 3. — С. 6–11. [Vagin YuYe, Zelenkova IYe, Fudin NA. Functional alterations in athletes with increased interrupted breath-holdings during physical efforts. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii*. 2018;20(3):6–11. (In Russ.)]
38. Макаров Л.М., Федина Н.Н., Комолятова В.Н., и др. Нормативные параметры артериального давления у юных элитных атлетов при пробе с дозированной физической нагрузкой // *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. — 2015. — Т. 94. — № 2. — С. 102–105. [Makarov LM, Fedina NN, Komolyatova VN, et al. Regulatory parameters of blood pressure in young elite athletes during the test at exercise stress davleniya u yunyh Regulatory parameters of blood pressure in young elite athletes during the test at exercise stress. *Pediatrics. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*. 2015;94(2):102–105. (In Russ.)]