

УДК 612.176:612.6:616-001.18

DOI: 10.37482/2687-1491-Z026

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАРДИОБИОУПРАВЛЕНИЯ У ПОДРОСТКОВ 15–16 лет ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР<sup>1</sup>**

О.С. Заборский\* ORCID: [0000-0002-7896-3267](https://orcid.org/0000-0002-7896-3267)

Л.В. Поскотинова\* ORCID: [0000-0002-7537-0837](https://orcid.org/0000-0002-7537-0837)

О.В. Кривоногова\* ORCID: [0000-0002-7267-8836](https://orcid.org/0000-0002-7267-8836)

\*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук (г. Архангельск)

Применение краткосрочного тренинга с биологической обратной связью (БОС) способствует эффективно-му восстановлению сердечно-сосудистой системы после физической нагрузки. **Цель исследования** – оценка реактивности сердечно-сосудистой системы подростков 15–16 лет при биоуправлении общей вариабельностью сердечного ритма (ВСР) после физической нагрузки скоростно-силового характера (троекратный прыжок в длину с места) на открытом воздухе (температура от –1 до –10 °С). **Материалы и методы.** Обследованы здоровые подростки: экспериментальная группа ( $n = 15$ ), проходившая БОС-тренинг (3 мин) на приборе «Варикард» (ООО «Рамена», Россия) с целью увеличения общей мощности ВСР, и группа контроля ( $n = 12$ ). Выделялись следующие этапы регистрации показателей ВСР и артериального давления: фон (исходные показатели); сразу после физической нагрузки; восстановительный период с выполнением БОС-тренинга (экспериментальная группа) или нахождение в состоянии покоя (группа контроля). **Результаты.** В восстановительный период после БОС-тренинга у лиц экспериментальной группы общая мощность ВСР была значимо выше в сравнении с группой контроля ( $p = 0,04$ ). У лиц экспериментальной группы с исходной частотой сердечных сокращений (ЧСС) менее 90 уд./мин на фоне ее повышения при БОС-тренинге индекс напряжения значимо не изменялся. У лиц с тахикардией (более 90 уд./мин) ЧСС и индекс напряжения сохранялись повышенными на всех этапах. **Заключение.** Краткосрочный БОС-тренинг (3 мин) после нагрузки скоростно-силового характера в условиях низкого температурного режима способствует увеличению общей мощности ВСР у подростков, а степень снижения симпатической реакции зависит от исходного уровня ЧСС. Относительное увеличение ЧСС при БОС-тренинге после нагрузки на холоде свидетельствует о необходимости проведения продолжительного сеанса биоуправления (более 3 мин) для достижения более выраженного эффекта вагусных влияний на ритм сердца.

**Ключевые слова:** подростки, скоростно-силовая нагрузка, вариабельность сердечного ритма, артериальное давление, биологическая обратная связь, холод.

<sup>1</sup>Работа выполнена согласно ФНИР ФГБУН ФИЦКИА РАН, № АААА-А19-119120990083-9.

**Ответственный за переписку:** Заборский Олег Сергеевич, адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249; e-mail: vodnic.number27@yandex.ru

**Для цитирования:** Заборский О.С., Поскотинова Л.В., Кривоногова О.В. Эффективность кардиобиоуправления у подростков 15–16 лет после физической нагрузки в условиях низких температур // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 4. С. 341–349. DOI: 10.37482/2687-1491-Z026

Среди многообразных экстремальных факторов, действующих на человека на Севере, холод рассматривается в качестве основного эколого-физиологического фактора [1]. Холод в Арктике вызывает существенное напряжение многих функциональных систем организма. Подростковый возраст является критическим периодом онтогенеза, т. к. завершается созревание органов и систем. При этом возникают функциональные нарушения здоровья, которые могут быть причиной многих хронических заболеваний [2]. Кроме того, на организм школьников воздействует интенсивная учебная нагрузка, а режимы двигательной активности могут быть различными – от дефицита активности до перетренированности [3]. Сердечно-сосудистая система (ССС) у подростков-северян одной из первых включается в адаптационные процессы, которые характеризуются многообразием вариантов возрастного становления, при этом восстановительный этап после нагрузки может быть пролонгированным с сохранением тахикардии [4].

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) зависит от условий жизни человека и рассматривается как мера физической и эмоциональной устойчивости, а также отражает признаки раннего переутомления у спортсменов, в результате чего возможно снижение их работоспособности [5]. При оценке ВСР у детей и подростков важно использовать пробы с физической нагрузкой, элементы которой наиболее востребованы при их физической активности. Тест в виде прыжка в длину с места представляет сложное, локомоторное, одновременно симметричное, ациклическое движение. Характерной особенностью прыжка является максимальное напряжение включающихся в работу мышц за короткий промежуток времени [6]. При этом требуется быстрая активизация симпатического отдела вегетативной нервной системы, преимущественно за счет усиления сверхнизкочастотной составляющей ВСР на фоне резкого повышения ударного объема сердца [7]. Для восстановления показателей ССС после нагрузки, как физической, так и

психоэмоциональной, целесообразно применять краткосрочный тренинг с биологической обратной связью (БОС-тренинг) [8–11].

Эффективность БОС-механизма зависит от соотношения ритма дыхания и сердца на разных частотах, а также от частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления, активности барорефлекса [12, 13]. Ряд исследований доказывают, что даже кратковременный БОС-тренинг с целью увеличения общей ВСР позволяет человеку запомнить оптимальное соотношение темпа и глубины дыхания [14].

Предыдущие наши исследования показали влияние краткосрочного БОС-тренинга на реактивность ССС у подростков после физической нагрузки, которая выполнялась в помещении, в условиях комнатной температуры [8]. Цель данной работы – определить, насколько данная методика будет способствовать восстановлению и повышению резервных возможностей ССС подростков после выполнения нагрузки скоростно-силового характера на открытом воздухе, в условиях низкого температурного режима. На основании полученных результатов в дальнейшем будет возможно предоставить рекомендации образовательным учреждениям по методологии восстановления функциональных резервов сердечной деятельности у школьников при физической нагрузке, выполняемой ими в условиях низких температур.

**Материалы и методы.** В исследовании, проведенном в январе–феврале 2020 года, принимали участие учащиеся 9-х классов школы № 20 г. Архангельска. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБУН ФИЦКИА РАН (протокол № 1 от 15 января 2019 года). Критерии включения в выборку: возраст 15–16 лет; мужской пол; группа здоровья 1 или 2 [15]; основная медицинская группа для занятий физической культурой; получение информированного согласия на участие в исследовании. Критерий исключения – острая инфекция любой локализации. Все участники были разделены на две группы: контрольную ( $n = 12$ ) и экспериментальную (группу БОС-тренинга,

$n = 15$ ), – которые были статистически идентичны по возрасту и антропометрическим параметрам (длине и массе тела,  $p > 0,05$ ).

Исследование содержало следующие этапы: фон (исходное состояние), пробный сеанс БОС-тренинга (показатели в данном исследовании не учитывались), этап сразу после нагрузки, восстановительный период с БОС-тренингом (экспериментальная группа) или нахождение в состоянии покоя (контрольная группа). Для успешного сеанса биоуправления от участников требовалось за счет правильного дыхания (глубокий вдох и более продолжительный выдох) контролировать значения общей мощности спектра ВСП (Total Power – ТР, мс<sup>2</sup>) на экране компьютера с целью повышения данного показателя.

Физическая нагрузка выполнялась участниками на открытом воздухе (температура от –1 до –10 °С) на территории школы в течение 6–8 мин: легкий бег – 1 мин; упражнения на растяжку мышц ног – 2 мин; прыжок с места в длину – трехкратно с интервалом в 1 мин между повторениями. Уровень развития скоростно-силовых качеств определяли согласно возрастным нормативам для мальчиков 9-го класса, обучающихся по программе средней общеобразовательной школы [16]. Длину прыжка измеряли с помощью рулетки, лучший результат из трех значений записывали в протокол. Участники были в зимней спортивной форме и нескользящей обуви.

Показатели ВСП (ТР, ЧСС) регистрировали при помощи прибора «Варикард» (ООО «Рамена», Россия) в течение 3 мин на каждом этапе. Индекс напряжения (ИН) рассчитывался автоматически программой прибора по формуле Р.М. Баевского:  $ИН = AMo/2 \cdot VP \cdot Mo$ , где  $AMo$  (%) – доля кардиоинтервалов, соответствующих значению моды (наиболее часто встречающееся значение) в общей выборке значений кардиоинтервалов;  $VP$  (мс) – вариационный размах как разность максимального и минимального значений кардиоинтервалов;  $Mo$  (мс) – мода значений кардиоинтервалов. Систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД) определяли осциллометрическим методом (A&D, Япония).

Анализ данных проводили с использованием пакета статистических программ STATISTICA, версия 10.0 (StatSoft Inc., США). Описание количественных показателей выполняли с указанием медианы и 25-го и 75-го перцентилей –  $Me$  ( $Q1$ ;  $Q3$ ). Сравнение количественных переменных независимых групп осуществляли с помощью  $U$ -критерия Манна–Уитни, зависимых групп – с помощью теста Фридмана (при трех связанных выборках) и критерия Вилкоксона (при попарных сравнениях с исходным значением). Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Показатели результативности прыжка в длину были в группах статистически идентичными: в группе контроля – 182 (152; 209) см, в группе БОС-тренинга – 193 (180; 226) см ( $p > 0,05$ ). Фоновые значения показателей ВСП в группах не различались ( $p > 0,05$ ; см. таблицу, с. 344).

Установлено, что после физической нагрузки показатель ТР снижался в обеих группах, однако на этапе восстановления в экспериментальной группе значение ТР имело тенденцию к повышению, а в группе контроля данный показатель продолжал снижаться. В восстановительный период после БОС-тренинга, который выполняла только экспериментальная группа, общая мощность ВСП была значимо выше, чем в группе контроля ( $p = 0,04$ ).

По показателям центральной гемодинамики (САД и ДАД) как в группах, так и между ними на всех этапах исследования достоверных различий не наблюдалось. Однако в группе контроля отмечена тенденция к увеличению ДАД в восстановительный период после нагрузки в сравнении с исходным значением. ИН после физической нагрузки у лиц контрольной и экспериментальной групп повысился, а в восстановительный период незначительно снизился, оставаясь значимо высоким по отношению к фоновому значению. В группе контроля ЧСС незначительно повышалась на всех этапах ( $p > 0,05$ ). В группе БОС-тренинга в восстановительный период повышение ЧСС было более выраженным ( $p = 0,012$ ). Тем не менее между

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ  
У ПОДРОСТКОВ 15–16 лет ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ХОЛОДЕ  
И В ПЕРИОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ, *Me (Q1; Q3)*  
CHANGES IN CARDIOVASCULAR INDICATORS  
OF 15–16-YEAR-OLD ADOLESCENTS AFTER EXERCISE IN THE COLD  
AND DURING THE RECOVERY PERIOD, *Me (Q1; Q3)*

Группа	Этап эксперимента			<i>p</i> *
	Фон	Сразу после нагрузки	Восстановительный (БОС-тренинг/покой)	
<i>TP, ×1000 мс<sup>2</sup></i>				
Экспериментальная	4,19 (3,35; 1,13)	1,14 (0,53; 2,44)	1,66 (1,28; 4,98)	0,005
Контрольная	3,53 (2,49; 5,94)	1,31 (0,39; 2,04)	0,89 (0,29; 2,64)	0,005
<i>p</i> #	0,17	0,78	0,04	
<i>ИН, усл. ед.</i>				
Экспериментальная	55 (41; 125)	288 (134; 1020)	243 (88; 603)	0,002
Контрольная	94 (45; 164)	290 (116; 820)	231 (125; 588)	0,002
<i>p</i> #	0,40	0,96	0,78	
<i>САД, мм рт. ст.</i>				
Экспериментальная	120 (114; 124)	145 (135; 160)	121 (118; 125)	0,001
Контрольная	112 (109; 118)	156 (128; 167)	119 (106; 124)	0,001
<i>p</i> #	0,07	0,76	0,35	
<i>ДАД, мм рт. ст.</i>				
Экспериментальная	74 (69; 81)	77 (70; 81)	76 (73; 80)	0,322
Контрольная	69 (64; 79)	74 (68; 79)	75 (72; 79)	0,234
<i>p</i> #	0,38	0,66	0,56	
<i>ЧСС, уд./мин</i>				
Экспериментальная	86 (78; 94)	94 (88; 106)	96 (91; 108)	0,012
Контрольная	81 (69; 98)	84 (80; 99)	88 (80; 97)	0,108
<i>p</i> #	0,64	0,80	0,18	

*Примечание.* Уровни значимости различий: *p*\* – между тремя зависимыми выборками в каждой группе (тест Фридмана); *p*# – между независимыми выборками (группами), тест Манна–Уитни.

группами по ЧСС достоверных различий на всех этапах исследования не выявлено.

Для изучения возможного влияния исходной тахикардии на успешность БОС-тренинга, в группе лиц, прошедших БОС-тренинг после нагрузки, была выделена подгруппа 1 (*n* = 10), у представителей которой фоновая ЧСС составляла менее 90 уд./мин (в среднем 75,0 (68,0; 80,0 уд./мин)). В подгруппу 2 (*n* = 5) входили лица,

у которых фоновая ЧСС была более 90 уд./мин (в среднем 97,0 (94,5; 101,5) уд./мин).

Динамика показателей артериального давления и общей мощности ВСР (TP) была схожей в подгруппах, однако изменения показателей ЧСС и ИН были различными. Установлено, что у лиц подгруппы 2 ЧСС сохранялась высокой на протяжении всех этапов исследования с тенденцией повышения (*p* > 0,05) как после на-

грузки (109,0 (106,0; 114,0) уд./мин), так и после БОС-тренинга (111,0 (108,0; 117,0) уд./мин). ИН у представителей подгруппы 2 возрос после физической нагрузки в среднем в 6-7 раз (с 166,0 (150,0; 187,0) до 1063,0 (1020,0; 1230,0) усл. ед.,  $p < 0,05$ ) и оставался повышенным после БОС-тренинга относительно фона в 4-5 раз (806,0 (608,0; 844,0) усл. ед.,  $p < 0,05$ ). У лиц подгруппы 1 выявлено повышение ЧСС после физической нагрузки (88,0 (85,0; 93,0) уд./мин,  $p > 0,05$ ) и статистически значимое ее увеличение после БОС-тренинга в восстановительный период (92,0 (88,0; 94,0) уд./мин,  $p < 0,01$ ). ИН у представителей данной подгруппы имел тенденцию к повышению после физической нагрузки (с 79,0 (45,0; 112,0) до 260,0 (51,0; 306,0) усл. ед.,  $p > 0,05$ ), а после выполнения БОС-тренинга снизился и был статистически равен фоновому значению (99,0 (78,0; 243,0) усл. ед.,  $p > 0,05$ ). Следует отметить, что у лиц группы контроля после физической нагрузки без БОС-тренинга ИН оставался более высоким относительно фонового значения ( $p < 0,05$ ).

**Обсуждение.** Воздействие на организм низких температур вызывает реакцию, направленную на сохранение температурного гомеостаза, которая сопровождается сезонной асимметрией, индивидуальной генетически детерминированной реакцией на холод, а также разными вариантами изменений системного кровообращения [17]. Исследование М.М. Салтыковой доказывает, что при кратковременном (до 10 мин) охлаждении при температуре до  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходит увеличение секреции норадреналина и повышение вагусных влияний на ритм сердца по данным ВСП [18]. У молодых мужчин, испытавших краткосрочное охлаждение в условиях холодной камеры ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), также наблюдали повышение парасимпатической активности и снижение ЧСС в условиях охлаждения, а краткосрочный БОС-тренинг по увеличению общей мощности ВСП способствовал пролонгированию подобного вагусного эффекта [19]. Однако эти данные были получены у лиц, находящихся в покое, без физической нагрузки в условиях воздействия холода и с признаками гипотермии.

Преыдушие наши исследования с применением аналогичной физической нагрузки скоростно-силового характера в помещении показали, что после БОС-тренинга происходит не только увеличение общей мощности спектра ВСП у подростков, но и снижение ИН на фоне отсутствия повышения ЧСС [8]. В настоящем исследовании, когда физическая нагрузка осуществлялась на холоде, метаболическая потребность в спонтанном дыхании оказалась более востребованной для адекватного поступления кислорода в сравнении с модулированным дыханием при БОС-тренинге, требующем также определенного усилия у нетренированного человека. Известно, что при воздействии низких температур даже у адаптированных к холоду жителей Севера может происходить ограничение дыхательных объемов, что компенсаторно вызывает гипервентиляцию и напряжение функций аппарата внешнего дыхания [20]. По-видимому, это обстоятельство может затруднять выработку нового алгоритма дыхания при БОС-тренинге после физической нагрузки на холоде, который, как правило, требует более редкого и глубокого дыхания. Кроме того, у подростков с исходно повышенным симпатическим тонусом и исходно высокой централизацией регуляции сердечного ритма могут быть парадоксальные реакции на нагрузки – как повышение симпатической активности, так и ее снижение [21]. Наличие исходной (фоновой) тахикардии у подростков 15–16 лет свидетельствует о возрастном несовершенстве вагусных механизмов, обуславливающим затруднение подбора оптимального паттерна дыхания и релаксации за столь короткий период (3 мин) биоуправления, что наиболее сильно проявляется после нагрузки в условиях холода.

Таким образом, результаты нашего исследования показали, что краткосрочное применение БОС-тренинга после нагрузки скоростно-силового характера в условиях холода способствует повышению общей ВСП у подростков, что оказывает положительное влияние на функциональные резервы сердечной деятельности. При этом степень снижения

симпатической реакции зависит от исходного уровня ЧСС. Для достижения положительного результата с целью усиления вагусных влияний на ритм сердца после нагрузки, требующей максимальной мобилизации симпатической активности в условиях воздействия холода, необходимо увеличить длительность

сеанса и количество сеансов биоуправления. Это в дальнейшем поможет подросткам выработать оптимальное соотношение темпа и глубины дыхания для оптимизации сердечной деятельности.

**Конфликт интересов.** Возможность конфликта интересов отсутствует.

### Список литературы

1. Гридин Л.А., Шишов А.А., Дворников М.В. Особенности адаптационных реакций человека в условиях Крайнего Севера // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 4(253). С. 4–6.
2. Гаврелюк С.В. Исследование функционального состояния вегетативной нервной системы у детей подросткового возраста // Молодой ученый. 2015. № 11-3(26). С. 78–80.
3. Баус М.С. Особенности физической культуры в условиях Севера // Север России: стратегии и перспективы развития: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. (Сургут, 27 мая 2016 г.). Сургут: Сургут. гос. ун-т, 2016. Т. 4. С. 195–197.
4. Ефимова Н.В., Мельникова И.В. Оценка кардиогемодинамических показателей у детей Крайнего Севера и Сибири // Экология человека. 2017. № 2. С. 10–16.
5. Jiménez Morgan S., Molina Mora J.A. Effect of Heart Rate Variability Biofeedback on Sport Performance, a Systematic Review // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2017. Vol. 42, № 3. P. 235–245.
6. Муртазина А.И., Воробьева И.В., Залышева О.В., Фалеева С.А., Фомина Е.В. Методические рекомендации к сдаче норматива ГТО: прыжок в длину с места и с разбега. Казань: Казан. федер. ун-т, 2017. 60 с.
7. Зинурова Н.Г., Быков Е.В., Коломиец О.И. Особенности регуляции инотропной функции при адаптации к физическим нагрузкам различной направленности // Науч.-спортив. вестн. Урала и Сибири. 2015. № 4. С. 7–13.
8. Поскотинова Л.В., Кривоногова О.В., Заборский О.С. Показатели сердечно-сосудистой системы у мальчиков в возрасте 14–15 лет при краткосрочном обучении с биологической обратной связью для контроля общей variability сердечного ритма после тренировки скоростно-силовых качеств: экспериментальное контролируемое исследование // Вопр. соврем. педиатрии. 2019. Т. 18, № 3. С. 167–174. DOI: 10.15690/vsp.v18i3.2033
9. Steffen P.R., Austin T., DeBarros A., Brown T. The Impact of Resonance Frequency Breathing on Measures of Heart Rate Variability, Blood Pressure, and Mood // Front. Public Health. 2017. Vol. 5. Art. № 222. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2017.00222/full> (дата обращения: 30.03.2020).
10. Yu B., Funk M., Hu J., Wang Q., Feijs L. Biofeedback for Everyday Stress Management: A Systematic Review // Front. ICT. 2018. Vol. 5. P. 23. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fict.2018.00023/full> (дата обращения: 30.03.2020).
11. Dillon A., Kelly M., Robertson I.H., Robertson D.A. Smartphone Applications Utilizing Biofeedback Can Aid Stress Reduction // Front. Psychol. 2016. Vol. 7. P. 832. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2016.00832/full> (дата обращения: 30.03.2020).
12. Lehrer P.M., Gevirtz R. Heart Rate Variability Biofeedback: How and Why Does It Work? // Front. Psychol. 2014. Vol. 5. P. 756. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2014.00756/full> (дата обращения: 30.03.2020).
13. Schoeller F., Bertrand P., Gerry L.J., Jain A., Horowitz A.H., Zenasni F. Combining Virtual Reality and Biofeedback to Foster Empathic Abilities in Humans // Front. Psychol. 2019. Vol. 9. P. 2741. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.02741/full> (дата обращения: 30.03.2020).

14. Poskotinova L.V., Demin D.B., Krivonogova E.V. Short-Term HRV Biofeedback: Perspectives in Environmental Physiology and Medicine // *Int. J. Biomed.* 2017. Vol. 1, № 7. P. 24–27.

15. О Порядке проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних: приказ М-ва здравоохранения РФ от 10 августа 2017 г. № 514н (с изм. и доп.). URL: <http://base.garant.ru/71748018> (дата обращения: 30.03.2020).

16. Лях В.И., Зданевич А.А. Комплексная программа физического воспитания учащихся. 1–11 классы. М.: Просвещение, 2012. 128 с.

17. Дерновой Б.Ф. Реакция сердца и системной гемодинамики на физическую нагрузку у человека при адаптации к холоду // *Экология человека.* 2017. № 2. С. 27–31. DOI: 10.33396/1728-0869-2017-2-27-31

18. Салтыкова М.М. Физиологические механизмы адаптации к холоду // *Авиакосм. и экол. медицина.* 2016. Т. 50, № 4. С. 5–13. DOI: 10.21687/0233-528X-2016-50-4-5-13

19. Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В., Кривоногова О.В., Овсянкина М.А. Роль сеансов кардиобиоуправления в формировании нейрофизиологических реакций на экспериментальное общее охлаждение организма человека // *Журн. мед.-биол. исследований.* 2019. Т. 7, № 3. С. 261–271. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.261

20. Шишкин Г.С., Устюжанинова Н.В. Дыхание в условиях низких температур // *Бюл. физиологии и патологии дыхания.* 2013. Вып. 50. С. 9–15.

21. Карпенко Ю.Д. Возрастные особенности variability сердечного ритма у школьников в зависимости от учебной нагрузки // *Вестн. Чуваш. гос. пед. ун-та им. И.Я. Яковлева.* 2010. № 4(68). С. 85–89.

## References

1. Gridin L.A., Shishov A.A., Dvornikov M.V. Osobennosti adaptatsionnykh reaktsiy cheloveka v usloviyakh Kraynego Severa [Features of Human Adaptation Responses in the Far North]. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya*, 2014, no. 4, pp. 4–6.

2. Gavrelyuk S.V. Issledovanie funktsional'nogo sostoyaniya vegetativnoy nervnoy sistemy u detey podrostkovogo vozrasta [Research into the Functional State of the Autonomic Nervous System in Adolescents]. *Molodiy vcheniy*, 2015, no. 11-3, pp. 78–80.

3. Baus M.S. Osobennosti fizicheskoy kul'tury v usloviyakh Severa [Features of Physical Culture in the North]. *Sever Rossii: strategii i perspektivy razvitiya* [Russian North: Strategies and Prospects for Development]. Surgut, 2016. Vol. 4, pp. 195–197.

4. Efimova N.V., Myl'nikova I.V. Cardiohemodynamic Assessment of Indicators in Children of the Far North and Siberia. *Ekologiya cheloveka (Hum. Ecol.)*, 2017, no. 2, pp. 10–16.

5. Jiménez Morgan S., Molina Mora J.A. Effect of Heart Rate Variability Biofeedback on Sport Performance, a Systematic Review. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, 2017, vol. 42, no. 3, pp. 235–245.

6. Murtazina A.I., Vorob'eva I.V., Zalyalieva O.V., Faleeva S.A., Fomina E.V. *Metodicheskie rekomendatsii k sdache normativa GTO: pryzhok v dlinu s mesta i s razbega* [Guidelines for Passing GTO Tests: Long Jump and Standing Long Jump]. Kazan, 2017. 60 p.

7. Zinurova N.G., Bykov E.V., Kolomiets O.I. Osobennosti regulyatsii inotropnoy funktsii pri adaptatsii k fizicheskim nagruzkam razlichnoy napravlenosti [Peculiarities of Regulation of Inotropic Function During Adaptation to Physical Loads of Different Orientation]. *Nauchno-sportivnyy vestnik Urala i Sibiri*, 2015, no. 4, pp. 7–13.

8. Poskotinova L.V., Krivonogova O.V., Zaborskiy O.S. Pokazateli serdechno-sosudistoy sistemy u mal'chikov v vozraste 14–15 let pri kratkosrochnom obuchenii s biologicheskoy obratnoy svyaz'yu dlya kontrolya obshchey variabel'nosti serdechnogo ritma posle trenirovki skorostno-silovykh kachestv: eksperimental'noe kontroliruемое issledovanie [Cardiovascular Indicators in 14–15-Year-Old Boys at Short-Term Biofeedback Training for Controlling General Heart Rate Variability After Speed-Strength Training: Experimental Controlled Study]. *Voprosy sovremennoy pediatrii*, 2019, vol. 18, no. 3, pp. 167–174. DOI: 10.15690/vsp.v18i3.2033

9. Steffen P.R., Austin T., DeBarros A., Brown T. The Impact of Resonance Frequency Breathing on Measures of Heart Rate Variability, Blood Pressure, and Mood. *Front. Public Health*, 2017, vol. 5. Art. no. 222. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2017.00222/full> (accessed: 30 March 2020).
10. Yu B., Funk M., Hu J., Wang Q., Feijs L. Biofeedback for Everyday Stress Management: A Systematic Review. *Front. ICT*, 2018, vol. 5. Art. no. 23. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fict.2018.00023/full> (accessed: 30 March 2020).
11. Dillon A., Kelly M., Robertson I.H., Robertson D.A. Smartphone Applications Utilizing Biofeedback Can Aid Stress Reduction. *Front. Psychol.*, 2016, vol. 7. Art. no. 832. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2016.00832/full> (accessed: 30 March 2020).
12. Lehrer P.M., Gevirtz R. Heart Rate Variability Biofeedback: How and Why Does It Work? *Front. Psychol.*, 2014, vol. 5. Art. no. 756. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2014.00756/full> (accessed: 30 March 2020).
13. Schoeller F., Bertrand P., Gerry L.J., Jain A., Horowitz A.H., Zenasni F. Combining Virtual Reality and Biofeedback to Foster Empathic Abilities in Humans. *Front. Psychol.*, 2019, vol. 9. Art. no. 2741. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.02741/full> (accessed: 30 March 2020).
14. Poskotinova L.V., Demin D.B., Krivonogova E.V. Short-Term HRV Biofeedback: Perspectives in Environmental Physiology and Medicine. *Int. J. Biomed.*, 2017, vol. 7, no. 1, pp. 24–27.
15. *On the Procedure for Conducting Preventive Medical Examinations of Minors: Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 514n Dated August 10, 2017 (with Amendments and Additions)*. Available at: <http://base.garant.ru/71748018> (accessed: 30 March 2020) (in Russ.).
16. Lyakh V.I., Zdanevich A.A. *Kompleksnaya programma fizicheskogo vospitaniya uchashchikhsya. 1–11 klassy* [A Comprehensive Programme of Physical Education for Schoolchildren. 1–11 Forms]. Moscow, 2012. 128 p.
17. Dernovoy B.F. The Reaction of the Heart and Systemic Hemodynamics in Physical Stress in Humans During Adaptation to Cold. *Ekologiya cheloveka (Hum. Ecol.)*, 2017, no. 2, pp. 27–31. DOI: 10.33396/1728-0869-2017-2-27-31
18. Saltykova M.M. Fiziologicheskie mekhanizmy adaptatsii k kholodu [Physiological Mechanisms of Adaptation to Cold]. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2016, vol. 50, no. 4, pp. 5–13. DOI: 10.21687/0233-528X-2016-50-4-5-13
19. Demin D.B., Poskotinova L.V., Krivonogova E.V., Krivonogova O.V., Ovsyankina M.A. The Role of Heart Rate Variability Biofeedback Sessions in the Neurophysiological Responses to Experimental Whole-Body Cold Air Exposure in Humans. *J. Med. Biol. Res.*, 2019, vol. 7, no. 3, pp. 261–271. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.261
20. Shishkin G.S., Ustyuzhaninova N.V. Dykhanie v usloviyakh nizkikh temperatur [Respiration at Low Temperatures Conditions]. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya*, 2013, no. 50, pp. 9–15.
21. Karpenko Yu.D. Vozrastnye osobennosti variabel'nosti serdechnogo ritma u shkol'nikov v zavisimosti ot uchebnoy nagruzki [Age-Related Features of Heart Rate Variability in Children Depending on the Level of Academic Workload]. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I.Ya. Yakovleva*, 2010, no. 4, pp. 85–89.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z026

**Oleg S. Zaborskiy\*** ORCID: [0000-0002-7896-3267](https://orcid.org/0000-0002-7896-3267)  
**Liliya V. Poskotinova\*** ORCID: [0000-0002-7537-0837](https://orcid.org/0000-0002-7537-0837)  
**Ol'ga V. Krivonogova\*** ORCID: [0000-0002-7267-8836](https://orcid.org/0000-0002-7267-8836)

\*N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research  
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
(Arkhangelsk, Russian Federation)



---

---

**EFFICIENCY OF HEART RATE VARIABILITY BIOFEEDBACK  
IN ADOLESCENTS AGED 15–16 YEARS AFTER PHYSICAL EXERCISE  
IN A COLD ENVIRONMENT**

Short-term biofeedback (BF) training provides effective restoration of the cardiovascular system (CVS) after physical exercise. **Purpose:** assessment of CVS reactivity in adolescents aged 15–16 years during a heart rate variability (HRV) BF session following a speed-strength exercise (thrice-repeated standing long jump) in the open air (from –1 to –10 °C). **Materials and methods.** Healthy adolescents were examined: an experimental group ( $n = 15$ ) subject to HRV BF training (3 min) using Varikard equipment (Ramena, Russia) in order to increase the total HRV power and a control group ( $n = 12$ ). The following stages of recording HRV and blood pressure indicators were singled out: background (initial indicators), period immediately after physical activity, and recovery period with HRV training (experimental group) or being at rest (control group). **Results.** During the recovery period after a HRV BF session, subjects from the experimental group showed significantly higher total HRV power compared with the control ( $p = 0.04$ ). In experimental group individuals with a heart rate of less than 90 bpm against the background of its increase during BF training, stress index did not change significantly. In subjects with tachycardia (above 90 bpm), heart rate and stress index remained elevated at all stages. **Conclusion.** Short-term BF training (3 min) after a speed-strength exercise in a cold environment increases the total HRV power in adolescents; the degree of reduction in sympathetic response depends on the initial heart rate level. The relative increase in heart rate during HRV BF training after physical exercise in a cold environment indicates the need for a longer BF session (over 3 min) in order to achieve a more pronounced influence of vagal effects on the heart rhythm.

**Keywords:** adolescents, speed-strength exercise, heart rate variability, blood pressure, biofeedback, cold.

Поступила 06.04.2020

Принята 27.09.2020

Received 6 April 2020

Accepted 27 September 2020

---

**Corresponding author:** Oleg Zaborskiy, address: prosp. Lomonosova 249, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation; e-mail: vodnic.number27@yandex.ru

**For citation:** Zaborskiy O.S., Poskotinova L.V., Krivonogova O.V. Efficiency of Heart Rate Variability Biofeedback in Adolescents Aged 15–16 Years After Physical Exercise in a Cold Environment. *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 341–349. DOI: 10.37482/2687-1491-Z026