

УДК 612.176:612.6:616-001.18

DOI: 10.37482/2687-1491-Z103

РЕАКЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА СКОРОСТНО-СИЛОВУЮ НАГРУЗКУ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДА У ЮНОШЕЙ НА ВОЗРАСТНЫХ ЭТАПАХ 14–15 И 15–16 ЛЕТ

*О.С. Заборский** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7896-3267>
*Л.В. Поскотинова** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7537-0837>

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

Целью исследования явилось определение реактивности сердечно-сосудистой системы после скоростно-силовой нагрузки в условиях холода с учетом применения краткосрочного БОС-тренинга, направленного на увеличение общей вариабельности сердечного ритма (ВСР), у подростков в возрасте 14–15 лет и на следующий год (в 15–16 лет). **Материалы и методы.** Обследованы здоровые подростки мужского пола дважды с интервалом в 1 год: в 8-м классе (возраст 14–15 лет) и в 9-м классе (возраст 15–16 лет). Регистрировали показатели артериального давления (АД), ВСР до, сразу после нагрузки (прыжок с места трехкратно на открытом холодном воздухе ($t = -1...-10$ °C)) и в восстановительный период. Участники экспериментальной группы в восстановительный период выполняли БОС-тренинг (3 мин) при помощи прибора «Варикард» (ООО «Рамена», Россия) с целью увеличения общей мощности ВСР; участники группы контроля находились в состоянии покоя. **Результаты.** У подростков 14–15 лет после физической нагрузки в условиях холода общая ВСР и симпатическая активность остались стабильными ($p > 0,05$), а в восстановительный период в группе БОС-тренинга происходило сильное снижение систолического АД и сохранение вагусной активности, в отличие от группы контроля. У подростков 15–16 лет после нагрузки был более выраженный подъем симпатической активности в сравнении с подростками 14–15 лет ($p < 0,05$); в группе БОС-тренинга снижение общей мощности ВСР было меньшим, чем в группе контроля, с сохранением вагусной активности. Таким образом, у подростков в возрасте 15–16 лет при скоростно-силовой нагрузке на холоде более выражены симпатическая активность, снижение общей ВСР, чем в возрасте 14–15 лет. В восстановительном периоде после нагрузки краткосрочный БОС-тренинг на увеличение общей мощности ВСР способствует сохранению вагусной активности у подростков обоих возрастных этапов.

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

Ответственный за переписку: Поскотинова Лилия Владимировна, адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249; e-mail: liliya200572@mail.ru

Для цитирования: Заборский О.С., Поскотинова Л.В. Реакция сердечно-сосудистой системы на скоростно-силовую нагрузку в условиях холода у юношей на возрастных этапах 14–15 и 15–16 лет // Журн. мед.-биол. исследований. 2022. Т. 10, № 2. С. 143–150. DOI: 10.37482/2687-1491-Z103

Реактивность сердечно-сосудистой системы при физических нагрузках отражает механизмы как устойчивости, так и «физиологической платы» за достижение спортивного результата человека. Физическая нагрузка с применением прыжковых упражнений требует затрат функциональных резервов сердечно-сосудистой системы в виде активизации симпатического отдела вегетативной нервной системы, увеличения ударного объема сердца [1, 2]. Воздействие низких температур окружающей среды повышает требования к организму для достижения наивысшего результата физической подготовки [3]. В старшем подростковом возрасте (14–16 лет) происходит активное формирование скоростно-силовых качеств и сердечно-сосудистой системы. В этот период, характеризующийся активным морфофункциональным становлением, наблюдаются временное снижение координационных способностей, повышенная возбудимость центральной нервной системы, а также наиболее высокий риск симпатикотонических реакций, которые обуславливают появление кардиоваскулярных расстройств и нестабильность результата физической подготовки [4–6]. Вследствие этого необходимо изучать возможности саморегуляции подростка для оптимального восстановления функций сердечно-сосудистой системы после физической нагрузки. Биоуправление параметрами variability сердечного ритма (ВСР) представляет собой метод коррекции нарушенных или неэффективно реализующихся функций организма, основанный на целенаправленной активации резервных возможностей сердечно-сосудистой системы [7–9]. При оценке вегетативной регуляции сердечного ритма у лиц, занимающихся спортом, актуально использовать короткие и ультракороткие записи кардиоритмограммы (от 1 до 5 мин) [10]. Поэтому требуется развивать концепцию краткосрочных сеансов тренинга биологической обратной связи (БОС) для эффективного восстановления сердечно-сосудистой системы после нагрузки. Особенно это важно для лиц

подросткового возраста, среди которых высока распространенность признаков вегетативных дисфункций [11].

Ранее были показаны возможности оптимизации сердечно-сосудистой системы с помощью краткосрочного сеанса биоуправления общей ВСР после нагрузки в помещении у подростков 14–15 лет [12], а также при нагрузке на открытом воздухе в зимний период (на холоде) у подростков 15–16 лет [13]. Однако представляется важным определить, насколько отличается реактивность показателей сердечно-сосудистой системы при нагрузке на холоде у подростков на разных возрастных этапах – в 14–15 и 15–16 лет. Также актуальным остается вопрос о возрастных особенностях проявления эффекта саморегуляции методом биоуправления общей ВСР после физической нагрузки на холоде.

Материалы и методы. В исследовании, проведенном в январе–феврале 2019 и 2020 годов, принимали участие учащиеся 8-х и 9-х классов школы № 20 г. Архангельска. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук» (протокол № 1 от 15 января 2019 года). Критерии включения в выборку: возраст 14–16 лет; мужской пол; группа здоровья 1 или 2 [14]; основная медицинская группа для занятий физической культурой; получение информированного согласия на участие в исследовании. Критерий исключения – острая инфекция любой локализации. В 2019 году обследовано 28 человек (группа контроля – $n = 11$; группа БОС-тренинга – $n = 17$), а в 2020 году повторно – 27 человек (группа контроля – $n = 12$; группа БОС-тренинга – $n = 15$). В 2020 году в группу контроля вошел 1 человек, давший согласие на участие в предыдущем году, но не имевший тогда возможности участия. Все группы были статистически идентичны по возрасту и антропометрическим параметрам (длине и массе тела, $p > 0,05$).

Исследование включало следующие этапы: исходное состояние (фон), пробный сеанс БОС-тренинга (показатели в данном исследовании не учитывались), этап сразу после нагрузки, восстановительный период с применением БОС-тренинга. 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 – TP, мс²) на экране компьютера с целью повышения данного показателя.

Физическая нагрузка состояла в выполнении подростками упражнений на открытом воздухе (при температуре 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 – втроекратно с интервалом в 1 мин между повторениями. Уровень развития скоростно-силовых качеств определяли согласно возрастным нормативам для мальчиков 8-го и 9-го классов, обучающихся по программе средней общеобразовательной школы [15]. Длину прыжка измеряли с помощью рулетки, лучший результат из трех значений записывали в протокол. Участники были в зимней спортивной форме и нескользящей обуви.

ВСП регистрировали при помощи прибора «Варикард» («Рамена», Россия) в течение 3 мин на каждом этапе. Оценивали следующие показатели ВСП: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин); индекс напряжения (ИН, усл. ед.), рассчитанный автоматически программой прибора по формуле Р.М. Баевского: $ИН = АМо/2 \cdot ВР \cdot Мо$, 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; квадратный корень из среднего значения квадратов разностей величин последовательных кардиоинтервалов (RMSSD, мс). Систолическое и диастолическое артериальное

давление (САД и ДАД, мм рт. ст.) 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, 25-го и 75-го перцентилей – $Me (Q_1; Q_3)$. 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. Результативность прыжка с места статистически не различалась между возрастными периодами, а также между группами контроля и БОС-тренинга ($p > 0,05$). Так, у юношей 14–15 лет в группе контроля длина прыжка составила 199 (188; 213) см, а в группе БОС-тренинга – 190 (173; 197) см. У подростков на следующем возрастном этапе (15–16 лет) в группе контроля длина прыжка была 182 (152; 209) см, а в группе БОС-тренинга – 193 (180; 226) см.

У юношей 14–15 лет динамика артериального давления в группах контроля и БОС-тренинга была схожей – от значимого повышения САД сразу после нагрузки до снижения его к исходным значениям в восстановительный период. Однако в группе БОС-тренинга снижение САД в восстановительный период было более выраженным, его значение было меньше, чем в группе контроля: 110,0 (108,0; 120,0) мм рт. ст. против 122,5 (120,0; 125,0) мм рт. ст. соответственно ($p < 0,05$). У подростков 15–16 лет изменения САД были аналогичными, а значимых различий динамики САД между группами не выявлено. Динамика ДАД у всех участников исследования была статистически незначимой.

После нагрузки на холоде общая мощность спектра ВСП (TP) у учащихся 8-го класса (14–15 лет) имела тенденцию к снижению как в группе контроля, так и в группе БОС-тренинга

(рис. 1), а у учеников 9-го класса (15–16 лет) – значительно уменьшалась ($p < 0,05$). В восстановительный период в группах контроля у подростков обоих возрастов происходило дальнейшее снижение ТР, причем в возрасте 15–16 лет – наиболее значимое в сравнении как с фоновым значением, так и с данными подростков 14–15 лет.

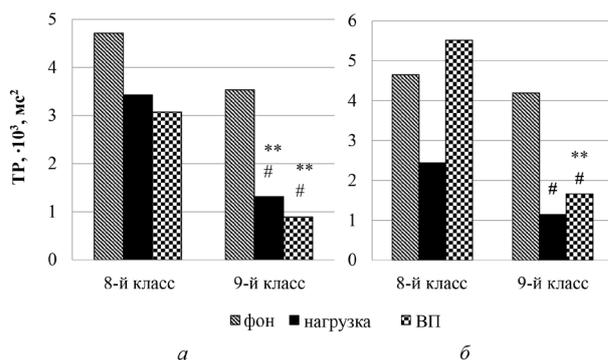


Рис. 1. Динамика медиан общей мощности спектра ВСР у юношей в 8-м (14–15 лет) и 9-м (15–16 лет) классах при скоростно-силовой нагрузке на холоде: а – группа контроля; б – группа БОС-тренинга (ВП – восстановительный период; установлены статистически значимые различия: # – между возрастными группами ($p < 0,05$, критерий Манна–Уитни); ** – в сравнении с фоном внутри каждой группы ($p < 0,01$, критерий Вилкоксона))

Fig. 1. Dynamics of total HRV power medians in male adolescents aged 14–15 and 15–16 years at speed-strength exercise in the cold: а – control group; б – biofeedback training group (statistically significant differences were established: # – between the age groups ($p < 0.05$, Mann–Whitney U test); ** – compared to background values within each group ($p < 0.01$, Wilcoxon signed-rank test))

Проведение БОС-тренинга после скоростно-силовой нагрузки привело к восстановлению сниженной общей мощности ВСР у учащихся 8-го класса (14–15 лет), а у учеников 9-го класса – лишь к ее стабилизации, но не восстановлению. Этому способствовало сохранение довольно высокой ЧСС и в восстановительный период после нагрузки у подростков 15–16 лет (рис. 2).

Симпатическая активность у подростков 14–15 лет оставалась стабильной в динамике от фона к восстановительному периоду (рис. 3). Это объясняется активизацией

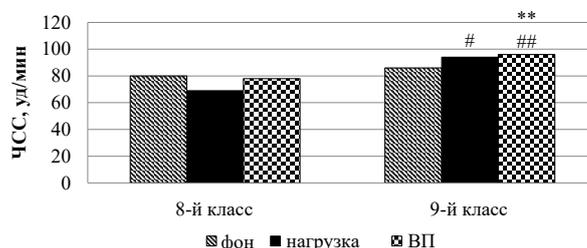


Рис. 2. Динамика медиан ЧСС у юношей групп БОС-тренинга в 8-м (14–15 лет) и 9-м (15–16 лет) классах при скоростно-силовой нагрузке на холоде (ВП – восстановительный период; установлены статистически значимые различия: #, ## – между возрастными группами ($p < 0,05$ и $p < 0,01$ соответственно, критерий Манна–Уитни); ** – в сравнении с фоном внутри каждой группы ($p < 0,01$, критерий Вилкоксона))

Fig. 2. Dynamics of heart rate medians in male adolescents from the biofeedback training groups aged 14–15 and 15–16 years at speed-strength exercise in the cold (statistically significant differences were established: #, ## – between the age groups ($p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively, Mann–Whitney U test); ** – compared to background values within each group ($p < 0.01$, Wilcoxon signed-rank test))

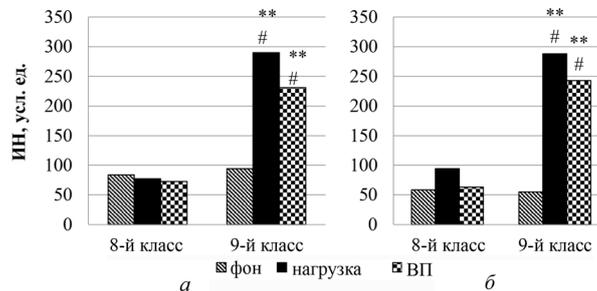


Рис. 3. Динамика медиан ИН у юношей в 8-м (14–15 лет) и 9-м (15–16 лет) классах при скоростно-силовой нагрузке на холоде: а – группа контроля; б – группа БОС-тренинга (ВП – восстановительный период; установлены статистически значимые различия: # – между возрастными группами ($p < 0,05$, критерий Манна–Уитни); ** – в сравнении с фоном внутри каждой группы ($p < 0,01$, критерий Вилкоксона))

Fig. 3. Dynamics of stress index medians in male adolescents aged 14–15 and 15–16 years at speed-strength exercise in the cold: а – control group; б – biofeedback training group (statistically significant differences were established: # – between the age groups ($p < 0.05$, Mann–Whitney U test); ** – compared to background values within each group ($p < 0.01$, Wilcoxon signed-rank test))

дыхательных, вагусных механизмов наряду с адренергическими при воздействии холода. У подростков 15–16 лет активизация симпатических механизмов была выраженной как после нагрузки, так и в восстановительный период, причем как в группе контроля, так и в группе БОС-тренинга.

(8-й класс) и 15–16 (9-й класс) лет была различной. Это связано с тем, что симпатическая активность на нагрузку в 15–16 лет преобладает в большей степени, чем в возрасте 14–15 лет. Полученные результаты объясняют несовершенство регуляции сердечной деятельности вегетативной нервной системой, недостаточное

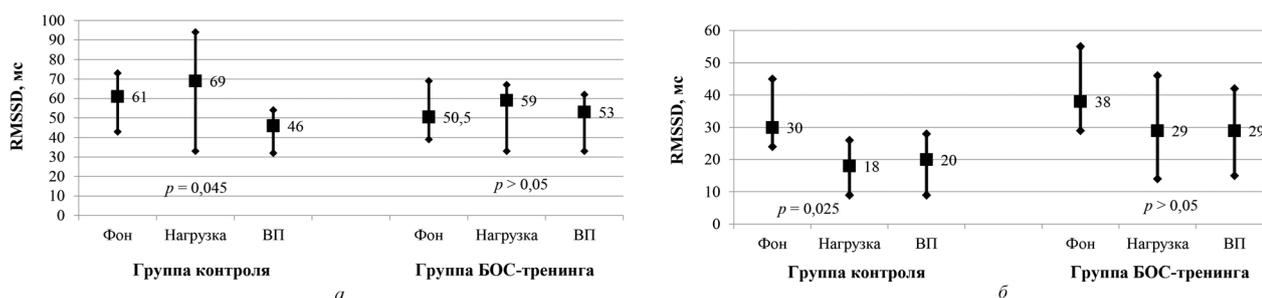


Рис. 4. Динамика вагусной активности у юношей при скоростно-силовой нагрузке на холоде: *a* – учащиеся 8-го класса (14–15 лет); *б* – учащиеся 9-го класса (15–16 лет) (ВП – восстановительный период; уровень значимости – по критерию Фридмана)

Fig. 4. Dynamics of vagal activity in male adolescents at speed-strength exercise in the cold: *a* – 14–15 year-old; *b* – 15–16 year-old (significance level according to Friedman test)

На рис. 4 представлена динамика показателя RMSSD, отражающего вагусные влияния на ритм сердца. У юношей 14–15 лет RMSSD несколько повышался после нагрузки, но после нее значимо снижался в восстановительный период в группе контроля, в то время при БОС-тренинге значимых изменений RMSSD не было. Полученные данные свидетельствуют о более активном включении дыхательных (вагусных) механизмов при раздражении холодовых рецепторов сразу после нагрузки, что сказалось на отсутствии явного доминирования адренергических воздействий на сердечный ритм у подростков этого возраста. У юношей 15–16 лет сразу после нагрузки происходило значимое снижение вагусной активности, которое сохранялось таковым и в восстановительный период в группе контроля. В группе БОС-тренинга такое снижение было лишь на уровне тенденции ($p > 0,05$). Таким образом, БОС-тренинг способствовал сдерживанию падения общей мощности ВСР и вагусной активности после холодового воздействия.

сопряжение функций симпатического и парасимпатического отделов вегетативной регуляции сердечного ритма в подростковый период, особенно в возрасте 15–16 лет. Возраст 15–16 лет не является также оптимальным для эффективного выполнения столь краткосрочного сеанса биоуправления (3 мин) с целью восстановления организма после нагрузки скоростно-силового характера, особенно в условиях низких температур. Объясняется это тем, что лица 15–16 лет находятся на этапе перехода от подросткового возраста к юношескому, когда происходят перестройки, влияющие на результат БОС-тренинга. В подростковый период также наблюдается высокая встречаемость лиц с исходной тахикардией как в 8-м, так и в 9-м классе, обусловленная недостаточной сформированностью вагусных механизмов, оказывающих отрицательный хронотропный эффект. Так, у учащихся 9-го класса из группы БОС-тренинга по показателю ЧСС наблюдается более яркое преобладание симпатического отдела вегетативной нервной системы в регуляции сердечной деятельности.

Обсуждение. В проведенном исследовании реактивность сердечно-сосудистой системы у подростков на возрастных этапах 14–15

Во время выполнения физической нагрузки на холоде повышаются требования к дыхатель-

ной системе (риск сужения бронхов на холоде), при этом ограничиваются вентиляционные возможности легких и газообмен, возрастает риск увеличения давления в малом круге кровообращения и сопротивления току крови как в правом желудочке, так и в правом предсердии. Это, в свою очередь, вызывает раздражение отдела, где расположен синусовый узел, и, как следствие, сохранение достаточно высокой ЧСС. В данных условиях повышается потребность в кислороде, увеличении частоты и глубины дыхания. БОС-тренинг предусматривает волевое изменение паттерна дыхания, что при столь краткосрочном тренинге (3 мин), по-видимому, не является достаточно физиологичным для

подростка. Тем не менее применение краткосрочного БОС-тренинга способствует поддержанию вагусных влияний на ритм сердца независимо от возрастного этапа. Однако в 15–16 лет для достижения эффекта биоуправления (снижения симпатической активности и повышения общей мощности ВСР) после физической нагрузки, выполненной в условиях холода, необходим более длительный по времени БОС-тренинг (более 3 мин).

Конфликт интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Благодарности. Авторы благодарят Кривоногову О.В. за помощь в регистрации первичных данных.

Список литературы

1. Чернозуб А.А. Вариабельность сердечного ритма у юношей в процессе занятий атлетизмом // Загальна патологія та патологічна фізіологія. 2013. Т. 8, № 2. С. 298–307.
2. Карпенко Ю.Д. Возрастные особенности вариабельности сердечного ритма у школьников в зависимости от учебной нагрузки // Вестн. Чуваш. гос. пед. ун-та им. И.Я. Яковлева. 2010. № 4(68). С. 79–84.
3. Березуцкий В.И. Спорт в условиях Севера // Север России: стратегии и перспективы развития: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. (Сургут, 27 мая 2016 г.): в 4 т. Сургут: ИЦ СурГУ, 2016. Т. IV. С. 201–205.
4. Мильникова И.В. Состояние вегетативной нервной системы подростков в зависимости от физической активности // Электрон. сб. науч. тр. «Здоровье и образование в XXI веке». 2011. Т. 13, № 7. С. 308–311. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-vegetativnoy-nervnoy-sistemy-podrostkov-v-zavisimosti-ot-fizicheskoy-aktivnosti> (дата обращения: 15.02.2022).
5. Мустафина Р.Г. Показатели вегетативной регуляции сердечной деятельности школьников 13 лет в условиях дифференцированного обучения // Современ. проблемы науки и образования. 2015. № 3. С. 579. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19311> (дата обращения: 10.12.2021).
6. Вахтанова Г.М., Назарова К.В. Оценка физической работоспособности по тесту PWC170 у подростков, занимающихся легкой атлетикой // Проблемы экологического образования в XXI веке: тр. II Междунар. науч. конф. (Владимир, 30 ноября 2018 г.). Владимир, 2018. С. 167–172.
7. Гаврелюк С.В. Исследование функционального состояния вегетативной нервной системы у детей подросткового возраста // Молодой ученый. 2015. № 11-3(26). С. 78–80.
8. Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С., Терлецкая Р.Н., Байбарина Е.Н., Чумакова О.В., Устинова Н.В., Антонова Е.В., Вишнева Е.А. Результаты профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних в Российской Федерации // Рос. педиатр. журн. 2016. Т. 19, № 5. С. 287–293.
9. De Jonckheere J., Ibarissene I., Flocteil M., Logier R. A Smartphone Based Cardiac Coherence Biofeedback System // Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2014. Vol. 14. P. 4791–4794. DOI: [10.1109/EMBC.2014.6944695](https://doi.org/10.1109/EMBC.2014.6944695)
10. González-Fimbres R.A., Hernández-Cruz G., Flatt A.A. Ultrashort versus Criterion Heart Rate Variability Among International-Level Girls' Field Hockey Players // Int. J. Sports Physiol. Perform. 2021. Vol. 16, № 7. P. 985–992. DOI: [10.1123/ijspp.2020-0362](https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0362)
11. Чутко Л.С., Корнишина Т.Л., Сурушкина С.Ю., Яковенко Е.А., Анисимова Т.И., Волов М.Б. Синдром вегетативной дисфункции у детей и подростков // Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2018. Т. 118, № 1. С. 43–49. DOI: [10.17116/jnevro20181181143-49](https://doi.org/10.17116/jnevro20181181143-49)
12. 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 // Вопр. соврем. педиатрии. 2019. Т. 18, № 3. С. 167–174. DOI: [10.15690/vsp.v18i3.2033](https://doi.org/10.15690/vsp.v18i3.2033)

13. Заборский О.С., Поскотнинова 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](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z026)
14. 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: 30.12.2021).
15. Лях В.И., Зданевич А.А. Комплексная программа физического воспитания учащихся. 1–11 классы. М.: Просвещение, 2012. 128 с.

References

1. Chernozub A.A. Variabel'nost' serdechnogo ritma u yunoshey v protsesse zanyatiy atletizmom [Heart Rate Variability in Young Men in the Process of Bodybuilding]. *Zagal'na patologiya ta patologichna fiziologiya*, 2013, vol. 8, no. 2, pp. 298–307.
2. 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. 79–84.
3. Berezutskiy V.I. Sport v usloviyakh Severa [Sport in the North]. *Sever Rossii: strategii i perspektivy razvitiya* [Russian North: Strategies and Prospects for Development]. Surgut, 2016. Vol. 4, pp. 201–205.
4. Myl'nikova I.V. Sostoyanie vegetativnoy nervnoy sistemy podrostkov v zavisimosti ot fizicheskoy aktivnosti [State of Autonomic Nervous System in Teenagers in Dependence on Physical Activity]. *Elektronnyy sbornik nauchnykh trudov "Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke"*, 2011, vol. 13, no. 7, pp. 308–311. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-vegetativnoy-nervnoy-sistemy-podrostkov-v-zavisimosti-ot-fizicheskoy-aktivnosti> (accessed: 15 February 2022).
5. Mustafina R.G. Pokazateli vegetativnoy regulyatsii serdechnoy deyatel'nosti shkol'nikov 13 let v usloviyakh differentsirovannogo obucheniya [Cardiac Autonomic Regulation Parameters in 13-Year-Old Schoolchildren in the Conditions of Differentiated Learning]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 3, p. 579. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19311> (accessed: 10 December 2021).
6. Vakhtanova G.M., Nazarova K.V. Otsenka fizicheskoy rabotosposobnosti po testu PWC170 u podrostkov, zanimayushchikhsya legkoy atletikoy [Assessment of Physical Performance According to the PWC170 Test in Adolescents Doing Athletics]. *Problemy ekologicheskogo obrazovaniya v XXI veke* [Problems of Environmental Education in the 21st Century]. Vladimir, 2018, pp. 167–172.
7. 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.
8. Baranov A.A., Namazova-Baranova L.S., Terletskaaya R.N., Baybarina E.N., Chumakova O.V., Ustinova N.V., Antonova E.V., Vishneva E.A. Results of Preventive Medical Examinations of Minors in the Russian Federation. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*, 2016, vol. 19, no. 5, pp. 287–293 (in Russ.).
9. De Jonckheere J., Ibarissene I., Flocteil M., Logier R. A Smartphone Based Cardiac Coherence Biofeedback System. *Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, 2014, vol. 14, pp. 4791–4794. DOI: [10.1109/EMBC.2014.6944695](https://doi.org/10.1109/EMBC.2014.6944695)
10. González-Fimbres R.A., Hernández-Cruz G., Flatt A.A. Ultrashort versus Criterion Heart Rate Variability Among International-Level Girls' Field Hockey Players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 2021, vol. 16, no. 7, pp. 985–992. DOI: [10.1123/ijsp.2020-0362](https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0362)
11. Chutko L.S., Kornishina T.L., Surushkina S.Yu., Yakovenko E.A., Anisimova T.I., Volov M.B. Sindrom vegetativnoy disfunktsii u detey i podrostkov [Syndrome of Autonomic Dysfunction in Children and Adolescents]. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*, 2018, vol. 118, no. 1, pp. 43–49. DOI: [10.17116/jnevro20181181143-49](https://doi.org/10.17116/jnevro20181181143-49)
12. Poskotinova L.V., Krivonogova O.V., Zaborskiy O.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 sovremennoy pediatrii*, 2019, vol. 18, no. 3, pp. 167–174 (in Russ.). DOI: [10.15690/vsp.v18i3.2033](https://doi.org/10.15690/vsp.v18i3.2033)
13. 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. *J. Med. Biol. Res.*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 341–349. DOI: [10.37482/2687-1491-Z026](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z026)

14. *On the Procedure for Conducting Preventive Medical Examinations of Minors: Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 514n Dated 10 August 2017 (as Amended and Supplemented)*. Available at: <http://base.garant.ru/71748018> (accessed: 30 December 2021) (in Russ.).

15. Lyakh V.I., Zdanevich A.A. *Kompleksnaya programma fizicheskogo vospitaniya uchashchikhsya. 1–11 klassy* [A Comprehensive Programme of Physical Education for Schoolchildren. Forms 1–11]. Moscow, 2012. 128 p.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z103

*Oleg S. Zaborskiy** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7896-3267>
*Liliya V. Poskotinova** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7537-0837>

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

RESPONSE OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM TO A SPEED-STRENGTH EXERCISE IN A COLD ENVIRONMENT IN MALE ADOLESCENTS AT THE AGE STAGES OF 14–15 AND 15–16 YEARS

The **purpose** of this study was to determine the reactivity of the cardiovascular system after a speed-strength exercise in cold conditions using short-term biofeedback (BF) training to increase total heart rate variability (HRV) in adolescents aged 14–15 years and the following year, when they turned 15–16. **Materials and methods.** Healthy male adolescents were examined twice with an interval of 1 year (14–15 years old and 15–16 years old). Blood pressure (BP) and HRV were recorded before and immediately after a thrice-repeated standing long jump in the open air ($t = -1 \dots -10$ °C) as well as during the recovery period. In the recovery period, the experimental group underwent BF training (3 min) using Varikard equipment (Ramena, Russia) to increase the total HRV power; the control group stayed at rest. **Results.** In adolescents aged 14–15 years after exercise in cold conditions total HRV and sympathetic activity remained stable ($p > 0.05$); during the recovery period, a pronounced decrease in systolic BP and preservation of vagal activity were detected in the BF group, in contrast to the control. Adolescents aged 15–16 after exercise had a more pronounced rise in sympathetic activity compared with those aged 14–15 years ($p < 0.05$); in the BF group, the decrease in total HRV power was less pronounced than in the control, with vagal activity preserved. Thus, in 15–16-year-old adolescents after a speed-strength exercise in the cold sympathetic activity and a decrease in total HRV were more pronounced than in those aged 14–15 years. During the recovery period, a short-term BF training (3 min) aimed to increase total HRV power contributes to preserving vagal activity in adolescents at both age stages.

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

Поступила 11.04.2022
Принята 16.05.2022
Received 11 April 2022
Accepted 16 May 2022

Corresponding author: Poskotinova Liliya, address: prosp. Lomonosova 249, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation; e-mail: liliya200572@mail.ru

For citation: Zaborskiy O.S., Poskotinova L.V. Response of the Cardiovascular System to a Speed-Strength Exercise in a Cold Environment in Male Adolescents at the Age Stages of 14–15 and 15–16 Years. *Journal of Medical and Biological Research*, 2022, vol. 10, no. 2, pp. 143–150. DOI: 10.37482/2687-1491-Z103