

Индивидуальные фенотипы адаптации организма футболистов подросткового возраста при воздействии физической нагрузки субмаксимальной мощности

Бочарин Иван Владимирович¹, кандидат биологических наук

Романова Светлана Владимировна², кандидат биологических наук, доцент

Арнст Нина Викторовна³, кандидат педагогических наук, доцент

Тарасова Оксана Алексеевна⁴, кандидат педагогических наук

¹*Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород*

²*Иркутский государственный университет*

³*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск*

⁴*Алтайский государственный педагогический университет, Барнаул*

Аннотация

Цель исследования – изучение адаптационных возможностей организма юных футболистов 12–13 лет на основе анализа особенностей вегетативной реактивности в условиях субмаксимального стресс-теста.

Методы и организация исследования. В исследовании участвовали 17 профессионально тренирующихся юношей. Применяли следующие методы исследования: анализ научно-методической литературы, тестирование, математико-статистические методы обработки экспериментальных данных. Использовали субмаксимальный стресс-тест (челночный бег и отжимания), оценивали показатели вариабельности сердечного ритма до и после нагрузки.

Результаты исследования и выводы. Воздействие нагрузки выявило значительные межиндивидуальные различия в реактивности организма, что позволило выделить два фенотипа адаптационного ответа: с удовлетворительной и неудовлетворительной адаптацией. Полученные результаты отражают разный уровень тренированности и адаптационного потенциала спортсменов. Анализ вегетативной реактивности целесообразно применять для индивидуализации и коррекции тренировочных нагрузок с целью повышения их эффективности и профилактики срыва адаптации у футболистов подросткового возраста.

Ключевые слова: футбол, детский спорт, стресс-тест, функциональное состояние спортсмена, вариабельность сердечного ритма, тренированность, физическая нагрузка

Individual phenotypes of physiological adaptation in adolescent football players under submaximal physical load

Bocharin Ivan Vladimirovich¹, candidate of biological sciences

Romanova Svetlana Vladimirovna², candidate of biological sciences, associate professor

Arnst Nina Viktorovna³, candidate of pedagogical sciences, associate professor

Tarasova Oksana Alekseevna⁴, candidate of pedagogical sciences

¹*Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod*

²*Irkutsk State University*

³*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk*

⁴*Altai State Pedagogical University, Barnaul*

Abstract

The purpose of the study is to investigate the adaptive potential of 12–13-year-old young football players based on an analysis of autonomic reactivity patterns during a submaximal stress test.

Research methods and organization. The study involved 17 professionally training young men. The following research methods were used: analysis of scientific and methodological literature, testing, and mathematical-statistical methods for processing experimental data. A submaximal stress test (shuttle run and push-ups) was used, and heart rate variability indicators were assessed before and after the load.

Research results and conclusions. The load exposure revealed significant interindividual differences in physiological reactivity, enabling the identification of two adaptive phenotypes: one characterized by satisfactory adaptation and another by unsatisfactory adaptation. The findings reflect var-

ying levels of training status and adaptive capacity among the athletes. The analysis of autonomic reactivity is advisable to apply for the individualization and adjustment of training loads in order to increase their effectiveness and prevent adaptation breakdown in adolescent football players.

Keywords: football, children's sports, stress test, functional state of an athlete, heart rate variability, fitness, physical load

Введение. Проблема адаптации организма к физическим нагрузкам приобретает особую актуальность в подростковом возрасте, особенно среди юных спортсменов, регулярно занимающихся игровыми видами спорта [1, 2]. Данный этап онтогенеза характеризуется выраженной лабильностью физиологических систем, интенсивным формированием механизмов сердечно-сосудистой регуляции и становлением устойчивых адаптационных механизмов. Эти процессы обуславливают повышенную восприимчивость организма к тренировочным воздействиям и внешним стрессорам [3, 4]. В этой связи возрастает необходимость объективной оценки функционального состояния с целью раннего выявления признаков функционального перенапряжения, утомления и дезадаптации.

Одним из наиболее информативных методов оценки адаптационного потенциала является анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР), отражающий характер взаимодействия симпатического и парасимпатического звеньев вегетативной нервной системы [5]. Поскольку параметры сердечного ритма оперативно реагируют на изменения внутренней и внешней среды, мониторинг ВСР позволяет выявлять снижение адаптационных резервов и признаки перетренированности на ранних этапах [6]. В практике спортивной подготовки данный подход широко применяется для контроля реакции организма на физические нагрузки и последующей оптимизации тренировочного процесса. Результаты ряда исследований свидетельствуют о зависимости показателей ВСР от уровня спортивной подготовленности, указывая на более выраженную устойчивость регуляторных механизмов у тренированных спортсменов по сравнению с менее подготовленными [7-10].

Современные направления спортивной физиологии ориентированы на разработку персонализированных стратегий дозирования тренировочных нагрузок, направленных на снижение риска неблагоприятных последствий стрессового воздействия и переутомления [11-13]. В этом контексте диагностика ВСР рассматривается как ключевой инструмент регулярного мониторинга функционального состояния и обеспечения безопасности тренировочного процесса у юных спортсменов.

В связи с вышеизложенным, целью настоящего исследования является изучение адаптационных возможностей организма юных футболистов 12–13 лет на основе анализа особенностей вегетативной реактивности в условиях субмаксимального стресс-теста.

Методика и организация исследования. Исследование проведено на базе кафедр и подразделений физического воспитания Приволжского исследовательского медицинского университета (г. Нижний Новгород), Иркутского государственного университета (г. Иркутск), СибГУ им. М.Ф. Решетнева (г. Красноярск) и Алтайского государственного педагогического университета (г. Барнаул). В исследовании приняли участие 17 юных футболистов 12–13 лет, тренирующихся в учебных группах на базе спортивных школ. Все спортсмены имеют высокий уровень физической подготовленности, тренируются не менее пяти раз в неделю. Перед началом

исследования все участники прошли медицинское обследование, подтвердившее отсутствие противопоказаний. Кроме того, эксперимент проводился с соблюдением этических норм и требований защиты прав несовершеннолетних. Информированное письменное согласие было получено от родителей или законных представителей участников. Исследование одобрено локальным этическим комитетом и соответствует положениям Хельсинкской декларации (2008).

Протокол тестирования включал период адаптации в условиях покоя (10–15 минут) с последующей регистрацией исходных показателей. Далее испытуемые выполняли субмаксимальный нагрузочный тест на основе упражнений ВФСК ГТО, включающий челночный бег (3×10 м) с максимальной скоростью и сгибания-разгибания рук в упоре лежа до отказа. Интервал отдыха между упражнениями составлял 3–5 минут для ликвидации кислородного долга. Регистрация физиологических показателей осуществлялась с использованием программно-аппаратного комплекса «MedicalSoft» (MS FIT-01, Россия) в стандартных условиях. Анализ включал регистрацию не менее 256 кардиоциклов с последующим расчетом временных и спектральных показателей variability сердечного ритма: ЧСС, SDNN, RMSSD, MxDMn, LF, HF, VLF, TP, LF/HF и стресс-индекса Баевского.

Статистическую обработку данных выполняли с применением пакетов Statistica 10.0 и Microsoft Excel 2016. Нормальность распределения оценивали по критерию Шапиро–Уилка. В связи с ненормальным распределением данных использовали непараметрический критерий Вилкоксона. Для оценки индивидуальных адаптационных реакций рассчитывали дельты показателей и проводили кластерный анализ методом K-средних с евклидовым расстоянием и Z-преобразованием данных. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования. Проведенный анализ выявил выраженные и статистически значимые изменения показателей ВСП у подростков-спортсменов в ответ на выполнение стандартизированных субмаксимальных физических нагрузок. Сравнительный анализ данных, полученных в состоянии относительного физиологического покоя и непосредственно после нагрузочного теста, позволил не только констатировать сдвиги, но и охарактеризовать глубину и направленность адаптационных реакций организма, а также перестройку иерархических механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности в условиях целенаправленного стресс-тестирования (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели вегетативной регуляции юных футболистов в покое и после физической нагрузки (n=17), M±m

Показатель	В покое	После физической нагрузки
MxDMn, мс	223,6±43,8	168,5±48,9*
TP, мс ²	1653,0±488,9	784,7±117,1*
SI, усл. ед.	132,7±35,5	313,5±52,9*
SDNN, мс	51,6±10,5	36,8±11,0*
RMSSD, мс	57,4±13,5	47,4±17,9*
HF, %	31,0±5,4	27,0±8,0*
LF, %	31,7±7,0	46,4±14,9*
VLF, %	37,3±8,4	26,6±12,7*
ЧСС, уд/мин	83,7±9,5	131,8±14,3*
LF/HF, усл. ед.	1,1±0,4	1,9±0,7*

Примечание: * - $p < 0,05$ по отношению к показателям в состоянии покоя, тест Вилкоксона

Выполнение субмаксимальной физической нагрузки сопровождалось закономерной и выраженной активацией симпатико-адреналовой системы, что являлось ключевым фактором мобилизации кардиореспираторных резервов. Физиологическим следствием этой активации стало общее снижение парасимпатического тонуса и, как результат, значимое уменьшение общей variability сердечного ритма. Наиболее чувствительным интегральным маркером нагрузочного воздействия проявил себя стресс-индекс (SI) по Баевскому, абсолютное значение которого возросло в среднем на 136% по сравнению с фоновым уровнем. Подобная динамика однозначно указывает на доминирование централизованных симпатических влияний и выраженное напряжение регуляторных систем. Одновременно было зафиксировано существенное уменьшение вариационного размаха кардиоинтервалов ($MxDMn$) – на 24,6%, что отражает физиологическое ограничение диапазона ритмических колебаний сердечного ритма. Эта реакция интерпретируется как стремление сердечно-сосудистой системы к достижению гемодинамической стабильности и экономичности работы в условиях повышенного метаболического запроса. Существенное снижение общей мощности спектра ВСР на 52,5% является объективным свидетельством общего уменьшения суммарной активности всех автономных регуляторных контуров в период острого нагрузочного стресса, когда доминирует управление из высших нервных центров.

Непосредственная гемодинамическая реакция проявлялась в закономерном и ожидаемом приросте частоты сердечных сокращений на 55,3%, что обеспечивало адекватный рост минутного объема кровообращения. Статистически значимое снижение стандартного отклонения интервалов NN (SDNN) на 28,7% ($p < 0,05$) соответствует типичной реакции интегративного показателя общей variability на стресс-тестирование. Важно отметить, что даже в условиях выраженной симпатической активации у большинства испытуемых сохранялся минимальный остаточный вагусный (парасимпатический) тонус, который обеспечивал поддержание базового уровня variability и, возможно, способствовал более быстрому последующему восстановлению.

Данные спектрального анализа предоставили более детализированную картину перераспределения активности в различных звеньях автономной регуляции. Снижение высокочастотного компонента (HF) на 12,9% прямо отражало ослабление парасимпатических (вагусных) влияний на синусовый узел в период нагрузки. В противоположность этому, рост низкочастотного компонента (LF) на 46,4% традиционно ассоциируется с усилением как симпатических влияний, так и активности барорефлекторных контуров. Снижение очень низкочастотного компонента (VLF) на 28,7% может указывать на изменения в гуморально-метаболическом звене регуляции. Кульминацией этих разнонаправленных сдвигов стало резкое увеличение показателя вегетативного баланса LF/HF на 72,7% относительно фоновых значений, что является количественным подтверждением выраженного сдвига симпатовагального равновесия в сторону доминирования симпатического отдела нервной системы. Выявленный комплекс изменений полностью соответствует возрастным физиологическим особенностям подростков, для которых характерна высокая регуля-

торная лабильность и активная перестройка нейровегетативных взаимосвязей. Полученный паттерн реакции отражает адекватную, хотя и напряженную, реализацию имеющихся адаптационных резервов в ответ на стандартный стрессор.

Для перехода от оценки групповых усредненных тенденций к анализу индивидуальных особенностей был проведен расчет абсолютных сдвигов (дельта, Δ) ключевых показателей ВСР. Этот подход позволил количественно охарактеризовать индивидуальную вегетативную реактивность каждого спортсмена, устранив влияние исходного фонового уровня (табл. 2).

Таблица 2 – Индивидуальные вегетативные реакции на физическую нагрузку по динамике показателей variability сердечного ритма у юных футболистов (n=17)

№/ Показатель	ΔSI	ΔTP	$\Delta SDNN$	$\Delta LF/HF$	$\Delta RMSSD$	$\Delta MxDMn$	ΔHF	ΔLF	ΔVLF
1	213,0	-1247,0	-29,1	1,9	-46,3	-31,0	-17,8	16,9	-0,1
2	-214,0	2579,0	55,3	-0,98	76,4	128,0	34,5	14,2	-31,7
3	323,0	-1127,0	-34,3	1,7	-32,9	-92,0	-15,8	23,7	-12,0
4	111,0	-93,0	-0,8	1,0	-3,6	-18,0	-1,4	28,9	-32,4
5	328,0	-1249,0	-26,5	1,7	-14,0	-93,0	-5,0	24,6	-18,4
6	184,0	-632,0	-6,0	0,8	11,6	-81,0	4,8	21,8	-26,0
7	857,0	-1972,0	-63,6	0,6	-58,3	-235,0	-25,2	24,9	41,8
8	218,0	-2513,0	8,4	1,3	34,9	32,0	16,5	21,9	-16,9
9	237,0	-1447,0	-15,0	1,2	-12,2	-178,0	-4,1	33,2	-28,4
10	231,0	-1726,0	-25,3	1,5	-18,7	-93,0	-7,6	26,2	-18,1
11	103,0	-1871,0	-43,6	1,8	-45,0	-144,0	-19,1	11,2	11,7
12	416,0	-2617,0	-42,0	1,6	-37,5	-137,0	-15,2	10,9	3,7
13	34,0	-921,0	-17,3	1,4	-23,8	15,0	-10,3	12,8	-9,6
14	-261,0	817,0	15,5	-0,5	6,0	81,0	1,8	15,4	-24,8
15	429,0	-963,0	-17,2	1,3	-18,2	-95,0	-8,2	21,0	-12,9
16	23,0	-726,0	-1,3	0,4	-9,1	-17,0	-4,1	14,2	-16,9
17	-16,0	-1876,0	-2,6	1,2	15,5	-135,0	6,8	36,7	-4,5

Анализ индивидуальных дельт подтвердил выраженную неоднородность ответов. Наиболее контрастные изменения отмечались по стресс-индексу (ΔSI), который у большинства спортсменов возрастал более чем на 400 усл. ед. У всех испытуемых фиксировалось отрицательное ΔTP и $\Delta SDNN$, а у подавляющего большинства – отрицательное $\Delta RMSSD$, что свидетельствовало об общем снижении variability и парасимпатической активности. Соотношение $\Delta LF/HF$ было положительным почти у всех участников, подтверждая общую тенденцию к симпатическому сдвигу. Однако амплитуда этих изменений варьировала в широких пределах, указывая на существование качественно различных паттернов регуляторного ответа – от ожидаемой выраженной симпатической доминанты до сглаженных или даже атипичных реакций.

Для классификации адаптационных реакций применяли метод К-средних с числом кластеров $k=2$, что соответствовало гипотезе о существовании двух фенотипов регуляторного ответа – с удовлетворительной и недостаточной адаптацией к

нагрузочному стресс-тестированию. В результате выборка была разделена на два кластера: первый включал 7 спортсменов, второй – 10 испытуемых (табл. 3). Это соответствовало предполагаемому выделению групп с удовлетворительной и неудовлетворительной адаптацией к нагрузочному тестированию.

Таблица 3 – Средние значения дельт показателей variability сердечного ритма у юных футболистов по результатам кластерного анализа методом К-средних (n=17)

Показатель	1 кластер (n=7)	2 кластер (n=10)
ΔSI	323,7	50,8*
ΔTP	-673,6	547,5*
$\Delta SDNN$	-16,2	6,1*
$\Delta LF/HF$	0,89	-0,19*
$\Delta RMSSD$	-41,8	5,7*
$\Delta MxDMn$	-115,2	8,2*
ΔHF	-38,3	3,1*
ΔLF	-65,4	13,3*
ΔVLF	-54,9	5,1*

*Примечание: * - различия в показателях variability сердечного ритма между первым и вторым кластерами статистически значимо, $p < 0,05$*

Во втором кластере (n=10) были характерны умеренные и физиологически благоприятные сдвиги, где отмечался рост или незначительное снижение TP, SDNN и RMSSD, увеличение HF-компоненты на фоне снижения или незначительного роста LF/HF. Такой паттерн свидетельствует о сохранении высокого общего уровня variability, преобладании или быстром восстановлении парасимпатических влияний после нагрузки, что является маркером эффективных механизмов восстановления, экономичной работы сердца и высокого функционального резерва. Данный тип регуляторного ответа был интерпретирован как соответствующий удовлетворительному уровню адаптации.

В первом кластере (n=7) выявлена противоположная динамика, проявляющаяся в виде выраженного повышения индекса напряжения (SI) на фоне значительного снижения TP, SDNN, RMSSD и HF-компоненты. Эти изменения сопровождались резким ростом LF/HF и падением VLF. Подобный профиль реактивности указывает на чрезмерную активацию симпатического звена (симпатическую доминанту), выраженное функциональное напряжение регуляторных систем, недостаточность парасимпатического торможения и, как следствие, ограниченные адаптационные резервы и замедленное восстановление. Данный тип ответа характеризует неудовлетворительную адаптацию к предъявленной нагрузке.

Таким образом, результаты исследования объективно демонстрируют выраженную индивидуальную неоднородность вегетативных реакций у юных спортсменов даже в рамках однородной по возрасту и виду спорта выборки. Это прямо отражает существенные различия в текущем функциональном состоянии и адаптационном потенциале сердечно-сосудистой системы.

Кластерный анализ ВСП проявил себя как эффективный инструмент для дифференцированной оценки качества адаптации к физической нагрузке, позволяя перейти от усредненных данных к персонализированной оценке. Выделение двух контрастных кластеров обосновывает необходимость дифференцированного подхода в спортивной практике. Для спортсменов кластера 1 (напряженная адаптация)

требуется коррекция тренировочного процесса – возможно, увеличение объема восстановительных мероприятий, включение аэробных нагрузок для улучшения вегетативного баланса, более тщательный мониторинг состояния для профилактики перетренированности. Для спортсменов кластера 2 тренировочные нагрузки могут быть признаны адекватными.

Следовательно, применение комплексного анализа ВСР, включающего оценку как усредненных реакций, так и индивидуальной реактивности с последующей кластеризацией, представляет собой высокоинформативную методологию. Она может быть успешно интегрирована в систему текущего педагогического контроля для индивидуализации тренировочных нагрузок, оптимизации процессов восстановления и профилактики неблагоприятных функциональных состояний у юных спортсменов.

Выводы. Воздействие субмаксимальной физической нагрузки характеризуется ростом симпатической активности, снижением variability сердечного ритма и увеличением индекса напряжения, что соответствует физиологически ожидаемой адаптационной реакции на интенсивную физическую работу.

Анализ индивидуальных дельт показателей ВСР выявил значительную межиндивидуальную variability ответа организма, указывающую на различия в уровне тренированности и адаптационного потенциала.

Применение кластерного анализа позволило выделить два фенотипа реакции организма: с удовлетворительной адаптацией, характеризующейся сохранением парасимпатической активности и симпатовагального баланса, а также с неудовлетворительной адаптацией, проявляющейся в выраженной симпатической активности, снижением ВСР и ростом напряжения регуляторных систем.

Учет индивидуальных особенностей вегетативной регуляции и уровня адаптации на основе анализа ВСР целесообразен при планировании и коррекции тренировочного процесса с целью повышения его эффективности и профилактики срыва адаптации у спортсменов подросткового возраста.

Список источников

1. Балабохина Т. В., Абрамова Т. Ф. Индивидуально-типологические и возрастные особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у юных футболистов // Вестник спортивной науки. 2023. № 4. С. 37–43. EDN: ZFDWYI.
2. Особенности функционально-метаболической адаптации организма в условиях травматического стресса / Мартусевич А. К., Соловьева А. А., Мартусевич А. А., Перетягин П. В. // Медицинский альманах. 2012. № 5 (24). С. 175–178. EDN: PGZXMD.
3. Лунина Н. В. Особенности срочной адаптации системы кровообращения спортсменов с различным вегетативным статусом в процессе нейробиоуправления. DOI 10.51871/2588-0500_2021_05_04_19 // Современные вопросы биомедицины. 2021. Т. 5, № 4 (17). Порядок. № 19. EDN: NXUUPW.
4. Нуретдинов Р. Р., Ахметов А. М. Адаптация детей 9-12 лет к тренировочным нагрузкам различной направленности // Международный студенческий научный вестник. 2021. № 2. С. 91. EDN: SDXAMP.
5. Вагин Ю. Е., Классина С. Я., Фудин Н. А. Variability сердечного ритма при скоростно-силовой нагрузке спортсменов после гиповентиляционной тренировки. DOI 10.47529/2223-2524.2022.2.5 // Спортивная медицина: наука и практика. 2022. Т. 12, № 2. С. 67–72. EDN: XOBSUP.
6. Брук Т. М., Литвин Ф. Б. Variability сердечного ритма и вегетативная реактивность у шорт-трековиков 14-летнего возраста // Теория и практика физической культуры. 2025. № 7. С. 24–26. EDN: HACGZK.
7. Карпов А. А. Адаптация организма человека к физическим нагрузкам // Наука-2020. 2021. № 1 (46). С. 97–99. EDN: FCSLX.
8. Криволапчук И. А., Чернова М. Б., Мышьяков В. В. Функциональное состояние подростков 15-16 лет при когнитивных нагрузках разной интенсивности. DOI 10.31857/S0044467722020071 // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2022. Т. 72, № 2. С. 201–216. EDN: FLVVEY.
9. Матвеев Ю. А. Физиология мышечной деятельности и адаптация мышц к физическим нагрузкам // Биология в школе. 2020. № 4. С. 3–11. EDN: GSOGFN.

10. Прима О. С., Головин М. С., Суботьялов М. А. Вегетативная регуляция и реактивность сердечно-сосудистой системы хоккеистов-подростков в зависимости от игрового амплуа. DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-3-155-161 // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2024. Т. 10, № 3. С. 155–161. EDN: TNDIVS.

11. Адаптация сердечного ритма к физическим нагрузкам / Полянский М. С., Фираго А. М., Константинова А. К., Ершов М. А., Обухов Д. В., Крылов Д. В. // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2021. № 12 (202). С. 298–302. EDN: WJZYII.

12. Попова Т. И., Петрищева Е. А. Адаптация младших школьников к физическим нагрузкам // Наука и образование. 2020. Т. 3, № 2. С. 133. EDN: RUNBWS.

13. Срочная адаптация нервно-мышечного аппарата юных спринтеров к специальным нагрузкам беговой направленности / Скрыгин С. В., Юрченко А. Л., Ануров В. Л., Аверьясова Ю. О. // Теория и практика физической культуры. 2022. № 2. С. 26–28. EDN: KYMUUB.

Reference

1. Balabokhina T. V., Abramova T. F. (2023), "Individual-typological and age-related features of autonomic regulation of heart rate in young football players", *Bulletin of Sports Science*, No. 4, pp. 37–43.

2. Martusevich A. K., Solovyova A. A., Martusevich A. A., Peretyagin P. V. (2012), "Features of the functional and metabolic adaptation of the body under traumatic stress", *Medical almanac*, No. 5 (24), pp. 175–178.

3. Lunina N. V. (2021), "Features of urgent adaptation of the circulatory system of athletes with different vegetative status in the process of neurobiological management", *Modern issues of biomedicine*, V. 5, No. 4 (17), 19, DOI 10.51871/2588-0500_2021_05_04_19.

4. Nuretdinov R. R., Akhmetov A. M. (2021), "Adaptation of children aged 9-12 to training loads of various orientations", *International Student Scientific Bulletin*, No. 2, p. 91.

5. Vagin Yu. E., Klassina S. Ya., Fudin N. A. (2022), "Heart rate variability during speed and strength training of athletes after hypoventilation training", *Sports medicine: science and practice*, V. 12, No. 2, pp. 67–72, DOI 10.47529/2223-2524.2022.2.5.

6. Brook T. M., Litvin F. B. (2025), "Heart rate variability and autonomic reactivity in 14-year-old short-track athletes", *Theory and practice of physical culture*, No. 7, pp. 24–26.

7. Karpov A. A. (2021), "Adaptation of the human body to physical exertion", *Science-2020*, № 1 (46), pp. 97–99.

8. Krivolapchuk I. A., Chernova M. B., Myshyakov V. V. (2022), "The functional state of adolescents aged 15-16 years under cognitive loads of varying intensity", *Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*, V. 72, No. 2, pp. 201–216, DOI 10.31857/S0044467722020071.

9. Matveev Yu. A. (2020), "Physiology of muscular activity and adaptation of muscles to physical exertion", *Biology at school*, No. 4, pp. 3–11.

10. Prima O. S., Golovin M. S., Subotyalov M. A. (2024), "Vegetative regulation and reactivity of the cardiovascular system of adolescent hockey players depending on the playing role", *Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, V. 10, No 3, pp. 155–161, DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-3-155-161.

11. Polyanskov M. S., Firago A. M., Konstantinova A. K., Ershov M. A., Obukhov D. V., Krylov D. V. (2021), "Adaptation of the heart rhythm to physical exertion", *Scientific notes of the P.F. Lesgaft University*, No. 12 (202), pp. 298–302.

12. Popova T. I., Petrishcheva E. A. (2020), "Adaptation of younger schoolchildren to physical exertion", *Science and Education*, V. 3, No. 2, p. 133.

13. Skrygin S. V., Yurchenko A. L., Anurov V. L., Averyasova Yu. O. (2022), "Urgent adaptation of the neuromuscular apparatus of young sprinters to special running loads", *Theory and practice of physical culture*, No. 2, pp. 26–28.

Информация об авторах: Бочарин И.В., доцент кафедры физической культуры и спорта, ORCID: 0000-0002-4961-5351, SPIN-код 4586-6828.

Романова С.В., доцент кафедры физкультурно-спортивных и медико-биологических дисциплин, ORCID: 0000-0003-0962-7136, SPIN-код 6588-6980.

Арист Н.В., профессор кафедры физической культуры и здоровья, ORCID: 0000-0002-6720-0547, SPIN-код 5448-2737.

Тарасова О.А., доцент кафедры медицинских знаний, ORCID: 0000-0001-7204-5927, SPIN-код 7032-0763.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 07.02.2026.

Принята к публикации 05.03.2026.