

ИЗМЕНЕНИЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА В ОТВЕТ НА МЫШЕЧНУЮ НАГРУЗКУ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ СТЕРОИДНЫХ ГОРМОНОВ У ЮНОШЕЙ С РАЗЛИЧНОЙ СПЕЦИФИКОЙ ТРЕНИРОВАННОСТИ

П.Н. Самикулин¹, А.В. Грязных¹, Р.В. Кучин², Н.Д. Нененко²

¹Курганский государственный университет, г. Курган, Россия,

²Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

Цель исследования: изучение особенностей и взаимосвязей вегетативного и гормонального обеспечения восстановления после мышечной деятельности у спортсменов различных специализаций и юношей, не занимающихся спортом. **Организация и методы.** В исследованиях приняли участие 47 добровольцев мужского пола в возрасте 17–24 лет, в том числе 34 – спортсмены высокой квалификации, 13 – условно здоровые юноши, не занимающиеся спортом. Исходя из спортивной специализации, обследуемые разделены на три группы: спортсмены, развивающие скоростно-силовые качества, спортсмены, развивающие качество выносливости, группа контроля. В качестве модели острого мышечного напряжения предлагалась 30-минутная велоэргометрическая нагрузка из расчета 2 Вт на килограмм массы тела для групп спортсменов, 1,3–2 Вт для нетренированных юношей. Запись кардиоинтервалов и содержание гормонов определяли в условиях фона сразу после нагрузки и спустя час процесса восстановления. **Результаты.** По результатам анализа временных и частотных характеристик ВРС получены сходные результаты, демонстрирующие достоверные различия между группами на всех периодах наблюдений. Возврат к донагрузочным показателям ВРС внутри групп отмечен спустя 60 мин восстановления. Обнаружена обратная взаимосвязь между ВРС и концентрацией кортизола и тестостерона в плазме крови, проявляющаяся в результате выполнения мышечной нагрузки и в процессе восстановления после нее. **Заключение.** ВРС находится в прямой зависимости от степени тренированности и адаптации организма к нагрузкам аэробной направленности: увеличение в прогрессии контроль – скоростно-силовые – выносливость. Наиболее яркая связь отмечена между ВРС и кортизолом. Связь с тестостероном может быть опосредована прямой корреляцией гормонов относительно друг друга.

Ключевые слова: *вариабельность ритма сердца, кортизол, тестостерон, физическая нагрузка, восстановление, спортсмены.*

Введение. В настоящее время в клинике и спорте широкое распространение получил метод анализа вариабельности ритма сердца (ВРС) – современный, общепринятый индикатор функционального состояния различных звеньев регуляторного механизма, который начал развиваться в космической медицине и в настоящее время применяется во всем мире [2, 3, 15]. Данный метод подходит для исследования и оценки преобладающих типов вегетативной регуляции, диагностики донозологических и патологических состояний, переносимости физических и умственных нагрузок, оценки резервов адаптации и других целей [7, 15]. Он основан на измерении временных промежутков между R-R-интервалами электрокардиограммы, построении динамических рядов кардиоинтервалов и последующем анализе полученных числовых рядов различными

математическими методами, что позволяет получить обширные сведения о состоянии регуляторных систем и адаптационных реакций целостного организма [3, 12, 15, 16].

Альтернативным методом оценки функциональных резервов, диагностики состояния утомления и перетренированности является изучение концентраций и соотношения гормонов анаболического и катаболического рядов, в частности – кортизола и тестостерона. Эндогенные гормоны имеют большое значение для физиологических реакций и приспособлений во время физической работы и влияют на фазу восстановления после физической нагрузки путем модуляции анаболических и катаболических процессов [10, 18]. Увеличение концентрации кортизола является ответной реакцией организма на физические, физиологические и психологические нагрузки [6].

Оно необходимо для обеспечения энергией, поддержания жидкостного гомеостаза, увеличения сердечного выброса и артериального давления, развития адекватного избыточному воспалению иммунного ответа. Однако длительное повышение уровня кортикостероидов, наблюдаемое при перетренированности спортсменов, приводит к дисбалансу нейроэндокринной системы, ведущему к развитию патологических состояний [1]. Половые гормоны, несмотря на свою специфическую миссию в репродуктивных процессах, в общебиологическом аспекте чрезвычайно значимы при обеспечении процессов пролиферации и анаболизма. Тестостерон оказывает анаболические эффекты на мышечную ткань, способствует созреванию костной ткани, участвует в регуляции синтеза липопротеидов, эндорфинов, инсулина [6].

Известно, что управление ресурсами организма в процессе адаптации к систематической мышечной деятельности осуществляется через центральные и автономные нервные, эндокринные механизмы, которые выполняют интегративную роль по обеспечению процессов адаптации человека [5, 9, 11, 14]. Влияние гормонов на R-R-интервалы может осуществляться через рецепторы синусового узла, через изменение метаболизма миокарда в целом или воздействие через центральную нервную систему [7].

Тем не менее, по результатам обзора литературы, несмотря на широкое распространение обоих подходов к оценке функционального статуса спортсменов, не найдено исследований, затрагивающих изучение влияния кортизола и тестостерона на вариабельность ритма сердца в условиях воздействия мышечной нагрузки и восстановления после нее. В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение особенностей и взаимосвязей вегетативного и гормонального обеспечения восстановления после мышечной деятельности у спортсменов различных специализаций и юношей, не занимающихся спортом.

Организация и методы исследования. Всего в исследованиях приняли участие 47 добровольцев мужского пола в возрасте 17–24 лет, в том числе 34 – спортсмены различных специализаций и уровня квалификации, 13 – представители контрольной группы. По состоянию здоровья все они относились к основной медицинской группе.

Исходя из спортивной специализации, квалификации и стажа занятий, обследуемые были распределены по трем группам. Первую группу составили спортсмены, развивающие скоростно-силовые качества, тренирующиеся преимущественно в анаэробном энергетическом режиме (единоборцы: бокс, греко-римская борьба, борьба, самбо, тхэквондо). Вторая группа – спортсмены, развивающие качество выносливости, тренирующиеся преимущественно в аэробном энергетическом режиме (лыжники, биатлонисты, легкоатлеты-стайеры). Третья группа, являющаяся контрольной, представлена относительно здоровыми мужчинами, уровень повседневной двигательной активности которых определялся занятиями физической культурой в объеме вузовской программы. В первую и вторую группу входили только высококвалифицированные спортсмены (1 разряд, кандидат в мастера спорта, мастер спорта), объем тренировочных нагрузок которых составлял 1,5–2 часа в день не менее 5 раз в неделю. День исследования приходился на подготовительный период тренировочного цикла.

В общей сложности проведено 69 обследований. На первом этапе в состоянии покоя сразу после мышечной нагрузки и спустя час восстановления исследовалась ВРС. В данном этапе приняли участие 41 обследуемый (18 в группе скоростно-силовых качеств, 11 – в группе выносливости, 12 – в контрольной группе).

На втором этапе к исследованию ВРС добавлено изучение динамики гормонов кортизола и тестостерона в плазме крови. Здесь приняли участие 28 обследуемых, в том числе по 10 человек в группах скоростно-силовых качеств и выносливости, 8 – в контрольной группе.

Запись кардиоинтервалов проводилась в положении сидя в течение 5 минут с использованием аппаратно-программного комплекса «Варикард 2.51». Забор крови производился из локтевой вены. Полученная кровь центрифугировалась для отделения сыворотки и определения в ней концентраций гормонов методами иммуноферментного анализа с использованием наборов ИФА-БЕСТ.

В качестве модели острого мышечного напряжения на обоих этапах исследования предлагалась 30-минутная велоэргометрическая нагрузка. Мощность нагрузки для каждого обследуемого подсчитывалась из расчета

2 Вт на килограмм массы тела для групп спортсменов и 1,3–2 Вт для представителей группы контроля ввиду их нетренированности. Частота педалирования – 60 об / мин.

Все исследования проводились в утреннее время натощак, при обязательном письменном согласии обследуемых и с учетом биоэтических норм. За двое суток до проведения исследования спортсмены освобождались от тренировок.

Статистический анализ и взаимосвязь параметров проводили методами параметрической (t-критерий Стьюдента, коэффициент корреляции Пирсона) и непараметрической (U-критерий Манна–Уитни, критерий знаков, коэффициент корреляции Спирмена) статистики в зависимости от нормальности распределения данных. Статистически значимыми различия и корреляции считали на уровне $p < 0,05$.

Результаты исследования и обсуждение. Частота сердечных сокращений (ЧСС), эквивалентная средней длительности R-R-интервалов, является результатом всех регуляторных влияний на сердце и систему кровообращения в целом. Данный показатель является наиболее доступным и информативным

методом оценки реакции организма на физическую нагрузку. Широко известно, что по мере увеличения адаптации к физическим нагрузкам, в результате усиления тонуса блуждающего нерва, ЧСС уменьшается – явление спортивной брадикардии. Спортивную брадикардию рассматривают как проявление экономизации деятельности кислородтранспортной системы, улучшения функционального состояния спортсмена. Однако нельзя говорить о линейной зависимости между брадикардией и тренированностью. Снижение ЧСС спортсмена ниже значения, отражающего выраженную брадикардию, уже может свидетельствовать о нарушении процессов адаптации и снижении функционального состояния, а также появлении предпатологии и патологии [7].

На всех исследуемых периодах (в условиях фона, в процессе выполнения мышечной нагрузки, сразу после нагрузки и часа восстановления) между всеми группами обследуемых отмечено достоверное ($p < 0,05$) различие в частоте сердечных сокращений (рис. 1). Увеличение ЧСС наблюдается в прогрессии выносливость – скоростно-силовые – контроль. Доагрузочные показатели пульса (отсутствие достоверных различий выборки

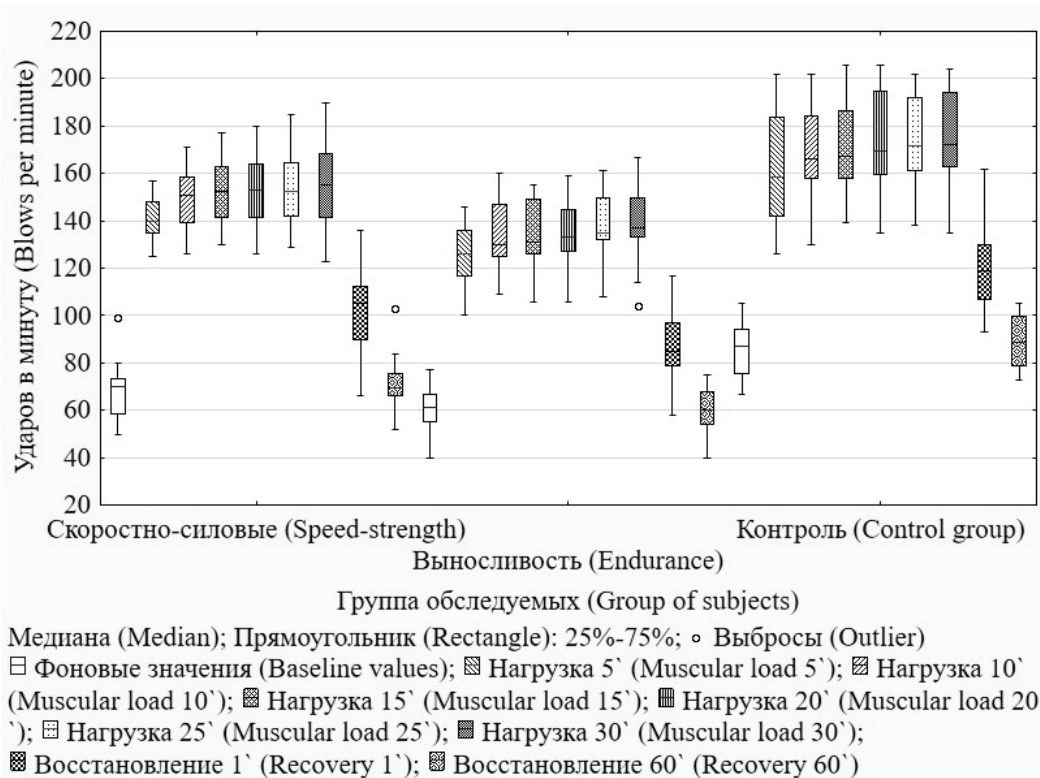


Рис. 1. Динамика изменения частоты сердечных сокращений в результате выполнения субмаксимальной мышечной нагрузки и в процессе восстановления у обследуемых

Fig. 1. Dynamics of heart rate variability after submaximal load and during recovery from exercises

относительно фона) регистрировали во всех группах обследуемых к 60-й минуте восстановительного периода.

RMSSD – квадратный корень из средних квадратов разностей между смежными N-N-интервалами (мс). Используется для оценки высокочастотных компонентов variability. Его рост отражает усиление активности парасимпатического звена регуляции при адаптации к условиям спортивной деятельности. Является одним из самых информативных показателей для оценки функционального состояния спортсмена ввиду того, что отражает как variability, так и автономизацию ритма, обладает хорошими статистическими свойствами и коррелирует с наибольшим числом других характеристик ВРС [7].

Анализ волновой структуры сердечного ритма в различных диапазонах спектра variability носит название спектрального и несет очень ценную информацию для практики спорта. TP – сумма мощности всех волн или общий спектр мощности (мс²). Как и RMSSD, этот показатель увеличивается с ростом спортивной квалификации и тренированности, является отражением устойчивости здорового организма к физическим нагрузкам и стрессовым факторам [11].

По нашим данным, спортсмены характеризуются большими значениями RMSSD (рис. 2) и TP (рис. 3) нежели у своих нетренированных сверстников. По этим показателям в условиях фона различия достоверны ($p < 0,001$) между каждой из групп спортсменов и контрольной группой. Однако между группами спортсменов достоверной разницы нет. Физическая нагрузка вызывает значительное уменьшение как парасимпатических (проследимое значительным снижением RMSSD), так и симпатических, гуморально-метаболических и других (по результатам уменьшения TP) влияний на работу сердца. Причем данное снижение менее выражено у спортсменов, тренирующих качество выносливости ($p < 0,001$ относительно двух других групп). Различий по данным параметрам между группой скоростно-силовых качеств и контролем сразу после нагрузки не отмечено. Спустя час восстановительного периода происходит возврат к донагрузочным показателям RMSSD и TP у всех групп с повторением фоновой достоверности различий.

Высокочастотные колебания сердечного ритма (HF) отражают модулирующее влияние

парасимпатического отдела нервной системы на активность синусового узла. Они представляют интерес для оценки адаптационного резерва, высоко коррелируют с тренировочной готовностью и спортивным результатом. Колебания, выявляемые в низкочастотном диапазоне (LF) спектра ВРС, характеризуют свойства центрального звена вегетативной регуляции, отражающие преимущественно влияния симпатико-адреналовой системы. По LF можно судить о способности быстрого включения в деятельность. Эту компоненту сердечного ритма можно также охарактеризовать как стрессреализующую, которая имеет большое значение в мобилизации спортивно важных качеств. Однако опережающий ее рост в спектре может свидетельствовать о напряжении адаптационных механизмов или перетренированности [7].

Считается, что отношение LF/HF отражает установившийся баланс между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы [4, 17]. При преобладании симпатического звена регуляции организм работает в условиях внутреннего стрессорного напряжения. Длительное и непрерывное функционирование организма спортсмена в условиях стресса через какое-то время может привести к формированию органических нарушений, вначале обратимых, а затем малообратимых [4, 13].

Вклад высокочастотной компоненты (HF) спектра влияний в группах спортсменов превышал аналогичный показатель в контрольной группе в условиях фона ($p < 0,01$ для группы скоростно-силовых качеств, $p = 0,065$ для группы выносливости). Данный факт говорит о большем вкладе парасимпатического звена регуляции на сердечный ритм у тренированных лиц. В результате выполнения физической нагрузки в группах спортсменов отмечено увеличение коэффициента LF/HF ($p < 0,05$), что свидетельствует о росте вклада низкочастотной, симпатической компоненты, с возвратом к фоновым показателям к 60-й минуте процесса реституции (рис. 4). Примечательно, что для группы контроля данного увеличения не обнаружено: фоновые значения коэффициента LF/HF не отличаются от соответствующих значений в результате выполнения упражнения. Из данного наблюдения можно сделать два возможных вывода: первый – неадаптированный к физическим нагрузкам организм не способен в должной мере ответить

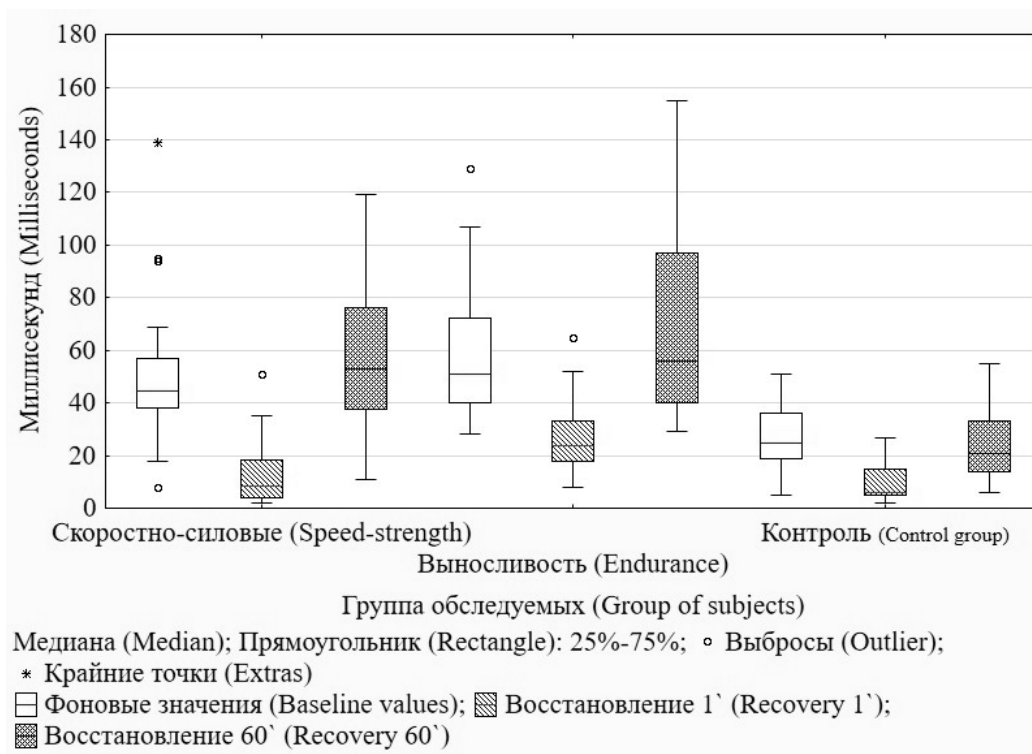


Рис. 2. Динамика RMSSD у юношей с различной спецификой повседневной двигательной активности в процессе восстановления после нагрузки
Fig. 2. RMSSD dynamics in young males with different characteristics of everyday activity during recovery from exercises

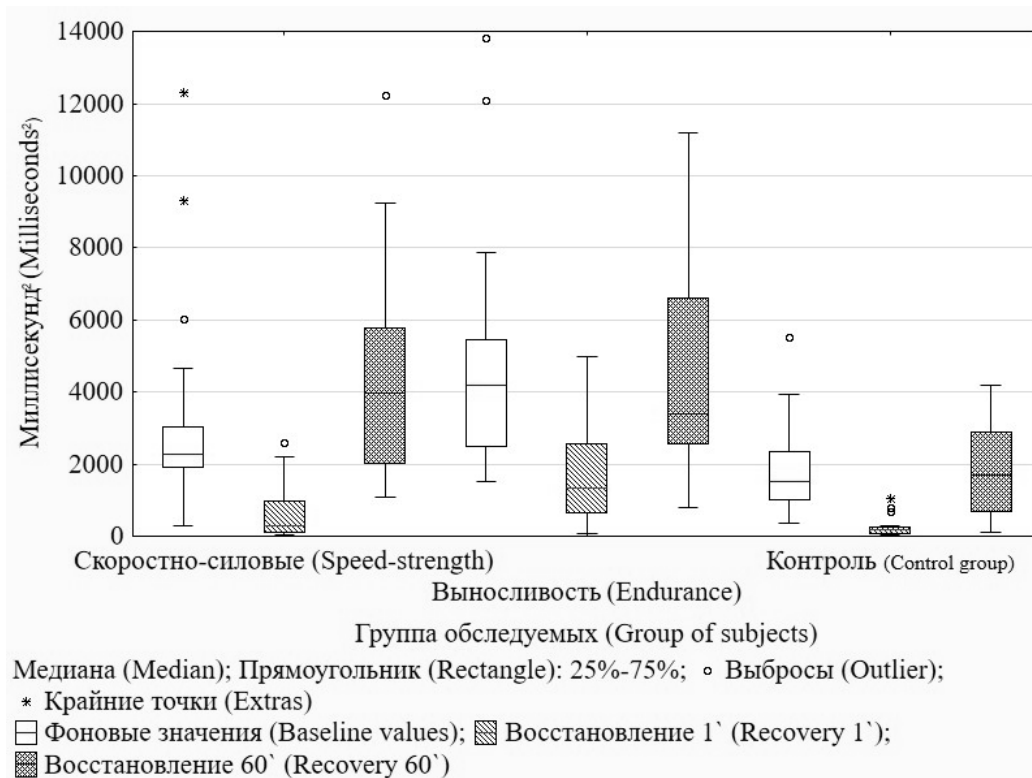


Рис. 3. Суммарная мощность спектра влияний на сердечный ритм (TP) у юношей с различной спецификой тренированности после мышечной нагрузки
Fig. 3. Total power of effects on the heart rate (HR) of young males with different training specialization after muscular load

на физиологический стресс мобилизацией функциональных резервов; второй – значительное снижение общей мощности спектра TP (см. рис. 3) ведет к снижению его высокочастотной (HF) и низкочастотной (LF) компонент до уровня погрешности измерения оборудования, что приводит к неинформативности коэффициента LF/HF в результате выполнения мышечной нагрузки у данной группы обследуемых лиц.

Мх-Мп – вариационный размах – отражает максимальную амплитуду колебаний значений кардиоинтервалов (регуляторных влияний). Представляет собой разницу между максимальным и минимальным R-R-интервалом. Характеризует в основном влияние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и в определенной степени отражает ВРС. Касательно нормы этой величины для спортсменов у исследователей нет единодушия: в своих работах авторы приводят разные данные о средних значениях вариационного размаха. Однако прослеживается тенденция ее увеличения с ростом спортивного мастерства [7].

Индекс Мх-Мп закономерно увеличивается с ростом адаптированности обследуемого

к длительным аэробным физическим нагрузкам (рис. 5). Достоверность различий между группами выносливости и контролем на всех исследованных этапах составляет $p < 0,0001$. Между группой скоростно-силовых качеств и контролем различия менее яркие и обнаруживаются лишь в условиях фона и спустя час восстановления ($p < 0,01$). Между группами спортсменов значимым является различие только по окончании выполнения упражнения ($p < 0,01$).

По параметрам гистограммы R-R-интервалов и вариационного размаха Мх-Мп вычисляются комплексные показатели, предложенные Р.М. Баевским и соавторами. Индекс напряжения регуляторных систем (ИНРС) отражает степень централизации управления сердечным ритмом. Является наиболее известным и часто применяемым комплексным показателем ВРС не только в нашей стране, но и в зарубежных работах под аббревиатурой SI (стресс-индекс). Чем меньше величина ИНРС, тем больше активность парасимпатического отдела и автономного контура. Чем она выше, тем больше активность симпатического отдела и степень централизации управления сердечным ритмом. При оптимальном

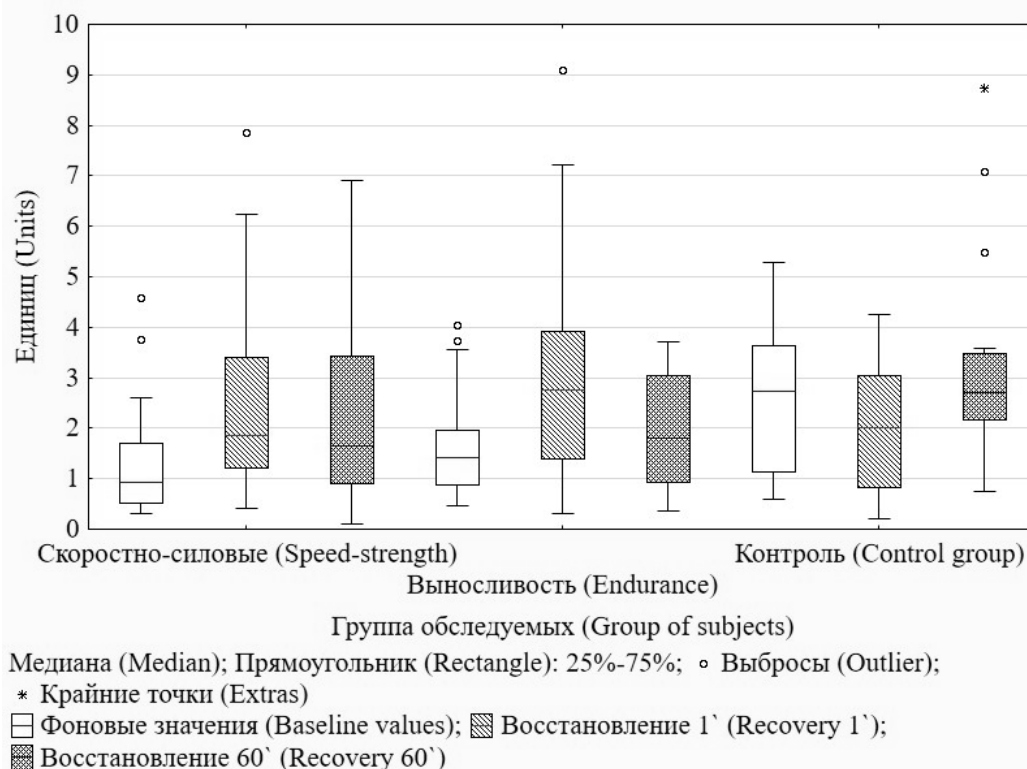


Рис. 4. Соотношение симпатических и парасимпатических влияний на сердечный ритм (LF/HF) в процессе восстановления после нагрузки у обследуемых
Fig. 4. Ratio of sympathetic and parasympathetic effects on heart rate (LF/HF) during recovery from exercises

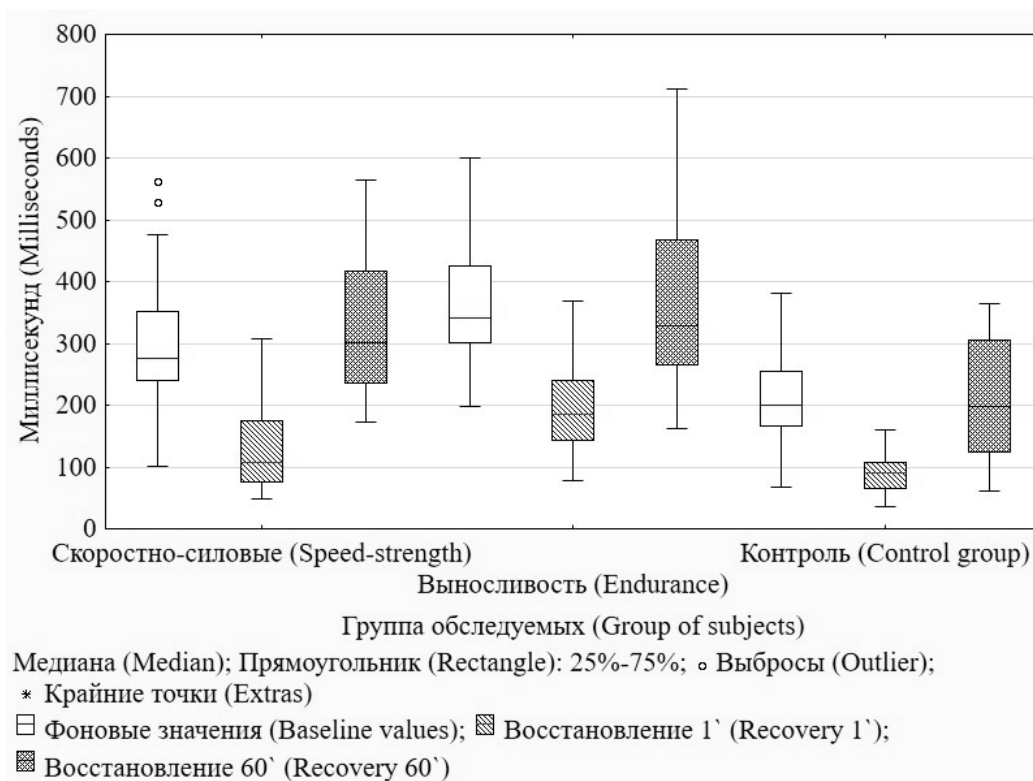


Рис. 5. Разница между максимальным и минимальным R-R-интервалом (Mx-Mn) в динамике восстановления у обследуемых
Fig. 5. Difference between the maximal and minimal R-R interval (Mx-Mn) in the dynamics of recovery

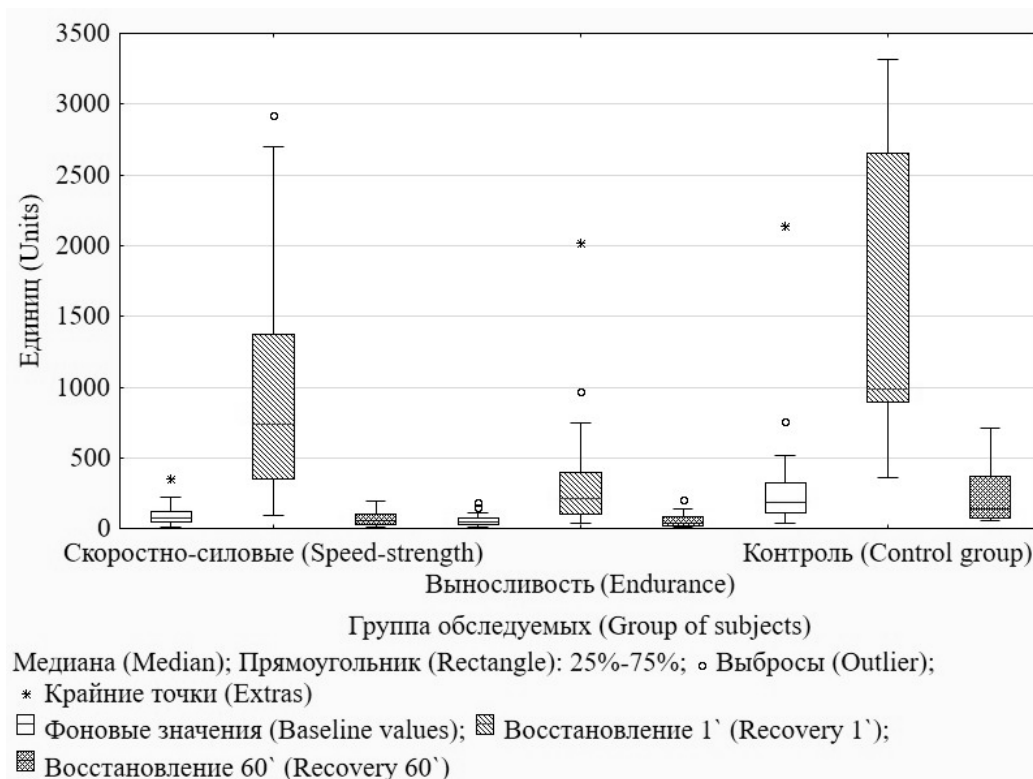


Рис. 6. Изменения индекса напряжения регуляторных систем (ИНРС, индекс Баевского) в процессе восстановления после нагрузки у спортсменов и неспортсменов
Fig. 6. Changes of stress index (SI, Baevsky index) in athletes and young males not involved in sports during recovery from exercises

Значимость корреляции на уровне $p < 0,05$ между показателями
вариабельности ритма сердца и концентрацией стероидных гормонов в плазме крови
Correlation significance at a level of $p < 0.05$ between the parameters of heart rate variability
and steroid hormones concentration in blood plasma

Показатель Indicator	Для всех обследуемых For all participants	Для группы скоростно- силовых качеств Speed-strength qualities group	Для группы выносливости Endurance group	Для контрольной группы Control group
Фоновые значения / Baseline values				
Кортизол Cortisol	–	–	LF/HF $r = -0,798597$	–
Тестостерон Testosterone	ИНПС (SI) $r = 0,379200$	ИНПС (SI) $r = 0,855063$	–	–
Мышечная нагрузка / Muscular load				
Кортизол Cortisol	RMSSD $r = -0,485624$	–	RMSSD $r = -0,882983$	–
	SDNN $r = -0,480487$		SDNN $r = -0,846573$	
	TP $r = -0,463906$		TP $r = -0,805935$	
	RR _{средн} RR _{mean} $r = -0,417099$		RR _{средн} RR _{mean} $r = -0,724797$	
	ИНПС (SI) $r = 0,431798$		ИНПС (SI) $r = 0,882201$	
	Мх-Мп $r = -0,487261$		Мх-Мп $r = -0,818015$	
Тестостерон Testosterone	–	ИНПС (SI) $r = 0,695457$	–	–
Восстановление 60 мин / 60-minute recovery				
Кортизол Cortisol	RMSSD $r = -0,497131$	RR _{средн} RR _{mean} $r = -0,725137$	RMSSD $r = -0,864805$	ИНПС (SI) $r = 0,982291$
	SDNN $r = -0,497069$		SDNN $r = -0,656283$	
	TP $r = -0,443224$		TP $r = -0,691796$	
	RR _{средн} RR _{mean} $r = -0,394113$	ИНПС (SI) $r = 0,666181$	RR _{средн} RR _{mean} $r = -0,702437$	
	ИНПС (SI) $r = 0,563094$		Мх-Мп $r = -0,661695$	
	Мх-Мп $r = -0,521181$			
Тестостерон Testosterone	TP $r = -0,396252$	ИНПС (SI) $r = 0,665045$	–	–
		RR _{средн} RR _{mean} $r = -0,659005$		

регулировании управление происходит с минимальным участием высших уровней. При неоптимальном – необходима активация все более высоких его уровней и напряжение систем регуляции. При этом отмечается и более высокая «цена» адаптации к условиям спортивной деятельности, которая может выступать как одна из важных характеристик физической тренированности. ИНРС растет также при перетренированности. Чем выше уровень квалификации спортсмена, тем меньше ИНРС [7, 12].

Одни из самых ярких различий как во внутригрупповом, так и в межгрупповом аспекте наблюдали по результатам анализа данных ИНРС (рис. 6). Минимальный ИНРС на всех этапах наблюдения отмечен у обследуемых группы выносливости, несколько больший в группе скоростно-силовых качеств, максимальный – в контрольной группе. Достоверность различий между группами скоростно-силовых качеств и выносливости: фон – $p < 0,05$, после нагрузки – $p < 0,001$, 60 мин восстановления – $p = 0,15$; между группами скоростно-силовых качеств и контролем: фон – $p < 0,001$, после нагрузки – $p < 0,05$, 60 мин восстановления – $p < 0,001$; между группами выносливости и контролем $p < 0,0001$ на всех этапах наблюдения. Как и все прочие изученные характеристики ВРС, возврат ИНРС к донагрузочным показателям во всех группах обследуемых происходил спустя час процесса реституции.

Проследивая взаимосвязи между концентрацией стероидных гормонов в плазме крови и ВРС, отмечена важность применения нагрузочного тестирования. В частности, в условиях фона корреляция неоднозначна и проявляется по небольшому числу показателей (табл. 1). Однако, как в результате выполнения мышечной нагрузки, так и спустя 60 мин восстановительного периода, практически по всем параметрам ВРС, которые высоко коррелируют друг с другом, прослеживается достоверная взаимосвязь ($p < 0,05$). Причем наиболее значительно ее проявление у спортсменов, тренирующих качество выносливости, что может являться следствием увеличения чувствительности вегетативной нервной системы к концентрации гормонов по мере роста адаптированности организма к аэробным нагрузкам.

Кроме того, и для полной совокупности обследуемых лиц значимость корреляции не уменьшается, однако несколько теряет в силе. Это можно объяснить многообразием механизмов, явлений и процессов, влияющих на работу сердца, которые сглаживают воздействие гормонов, а также увеличением случаев проявления флуктуаций.

Согласно анализу взаимосвязи между концентрациями исследуемых гормонов (табл. 2), концентрации тестостерона и кортизола в плазме крови находятся в прямой зависимости, поэтому их корреляции с показателями ВРС в некой мере повторяют и дополняют друг друга.

Таблица 2
Table 2

Значимость корреляции на уровне $p < 0,05$
между концентрациями кортизола и тестостерона в плазме крови
Correlation significance at a level of $p < 0.05$ between concentrations
of cortisol and testosterone in blood plasma

Показатель Parameter	Для всех обследуемых For all participants	Для группы скоростно- силовых качеств Speed-strength qualities group	Для группы выносливости Endurance group	Для контрольной группы Control group
Фоновые значения / Baseline values				
Кортизол Cortisol	Тестостерон Testosterone $r = 0,490382$	–	–	–
Мышечная нагрузка / Muscular load				
Кортизол Cortisol	Тестостерон Testosterone $r = 0,598676$	Тестостерон Testosterone $r = 0,793335$	–	–
Восстановление 60 мин / 60-minute recovery				
Кортизол Cortisol	Тестостерон Testosterone $r = 0,397097$	–	–	–

Примечательно, что обследуемые с максимальным уровнем кортизола сразу после нагрузки и спустя час восстановления имели минимальную вариабельность ритма (по данным RMSSD, TP, RR_{средн}, Mx-Mn) и наоборот. Таким образом, не стоит исключать возможности преимущественного вклада кортизола в изменения ВРС, а корреляция с тестостероном может быть искусственной, опосредованной изменением глюкокортикоида.

Заключение. Адаптация к мышечной деятельности представляет собой системный ответ организма, направленный на достижение состояния высокой тренированности и минимизации физиологической цены за это [8].

По результатам наших исследований можно заключить, что деятельность сердечно-сосудистой системы у высококвалифицированных спортсменов отличается высокой экономизацией функций. Это проявляется явлениями спортивной брадикардии, синусовой аритмии, выявляемыми методом анализа ВРС. Для данной категории лиц характерен очень высокий вклад парасимпатического звена регуляции в работу сердца (высокие значения RMSSD, Mx-Mn, TP, в том числе ее HF-компонента и т. д.) и автономизация его работы от центральных регуляторных структур.

Направленность изменений параметров вегетативной нервной регуляции сердечного ритма у юношей с разной спецификой повседневной двигательной активности при выполнении субмаксимальной мышечной нагрузки оказалась одинаковой: смещение вегетативного баланса в сторону усиления центральных и симпатических влияний на сердечный ритм. Но по мере увеличения степени тренированности и адаптированности к длительным аэробным физическим нагрузкам изменения временных и спектральных показателей ВРС становились все меньше. Наименее выраженная реакция ВРС на физическую нагрузку отмечена у высококвалифицированных спортсменов, развивающих качество выносливости. Промежуточные результаты – у спортсменов, тренирующихся скоростно-силовыми качествами. Наибольшие сдвиги в работе сердечно-сосудистой системы наблюдали у юношей, не занимающихся спортом. В течение часа восстановительного периода наблюдали возврат характеристик ВРС к исходным показателям.

Обнаружена достоверная связь между уровнем гормонов и ВРС в результате выполнения мышечной нагрузки и в процессе вос-

становления после нее, которая проявляется наиболее ярко для спортсменов, тренирующихся качеством выносливости. Наибольшее число закономерностей прослеживается относительно уровня кортизола.

Исследование проведено при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «УМНИК».

Литература

1. Афанасьева, И.А. Зависимость фагоцитарной активности лейкоцитов от уровня кортизола у спортсменов при интенсивных физических нагрузках / И.А. Афанасьева // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2011. – № 8 (78). – С. 19–23.
2. Баевский, Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. – М.: Медицина, 1979. – 295 с.
3. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенёва. – М.: Медицина, 1997. – 235 с.
4. Бань, А.С. Вегетативный показатель для оценки вариабельности ритма сердца спортсменов / А.С. Бань, Г.М. Загородный // Мед. журнал. – 2010. – № 4 (34). – С. 127–130.
5. Вейн, А.М. Вегетативные расстройства / А.М. Вейн. – М.: Наука, 2003. – 480 с.
6. Винничук, Ю.Д. Предикторы и маркеры функционального состояния спортсменов при тренировках в среднегорье / Ю.Д. Винничук, Л.М. Гунина // Здоровье для всех. – 2014. – № 2. – С. 3–9.
7. Гаврилова, Е.А. Спорт, стресс, вариабельность: моногр. / Е.А. Гаврилова. – М.: Спорт, 2015. – 168 с.
8. Гречишкина, С.С. Особенности функционального состояния кардиореспираторной системы и нейрофизиологического статуса у спортсменов-легкоатлетов / С.С. Гречишкина, Т.Г. Петрова, А.А. Намитокова // Вестник Томского гос. пед. ун-та. – 2011. – № 5. – С. 49–54.
9. Ермакова, И.В. Изменение вегетативной регуляции сердечного ритма и уровня кортизола при умственной нагрузке у младших подростков / И.В. Ермакова, О.Н. Адамовская, Н.Б. Сельверова // Новые исследования. – 2015. – № 4 (45). – С. 105–116.
10. Исаев, А.П. Полифункциональная мобильность и вариабельность организма спортсменов олимпийского резерва в системе мно-

голетней подготовки: моногр. / А.П. Исаев, В.В. Эрлих. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. – 503 с.

11. Коломиец, О.И. *Вариабельность ритма сердца при адаптации к физическим нагрузкам различной направленности* / О.И. Коломиец, Е.В. Быков // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. – 2014. – № 12 (118). – С. 98–103.

12. Михайлов, В.М. *Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода* / В.М. Михайлов. – Иваново, 2000. – 200 с.

13. Оржоникидзе, З.Г. *Физиология футбола* / З.Г. Оржоникидзе, В.И. Павлов. – М.: Человек. – 2008. – 240 с.

14. Флейшман, А.Н. *Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике* / А.Н. Флейшман. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 194 с.

15. Шлык, Н.И. *Нормативы показателей variability сердечного ритма у исследуемых 16–21 года с разными преобладающими типами вегетативной регуляции* / Н.И. Шлык, Э.И. Зуфарова // *Вестник Удмуртского ун-та. Серия «Биология. Науки о земле»*. – 2013. – № 6-4. – С. 96–105.

16. Яблучанский, Н.И. *Вариабельность сердечного ритма. В помощь практическому врачу* / Н.И. Яблучанский, А.В. Мартыненко. – Харьков: КНУ, 2010. – 131 с.

17. *Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use* // *Circulation*. – 1996. – Vol. 93. – P. 1043–1065.

18. Urhausen, A. *Blood Hormones as Markers of Training Stress and Overtraining* / A. Urhausen, H. Gabriel, W. Kindermann // *Sports Medicine*. – 1995. – Vol. 20, № 4. – P. 251–276.

Самикулин Павел Николаевич, аспирант кафедры анатомии и физиологии человека, Курганский государственный университет. 640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25. E-mail: psamikulin@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7681-8891.

Грязных Андрей Витальевич, доктор биологических наук, доцент кафедры анатомии и физиологии человека, Курганский государственный университет. 640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25. E-mail: anvit-2004@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0727-9529.

Кучин Роман Викторович, кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физического воспитания, Югорский государственный университет. 628012, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16. E-mail: kuchin_r@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5478-4846.

Нененко Наталья Дмитриевна, кандидат биологических наук, заведующая кафедрой теории и методики физического воспитания, Югорский государственный университет. 628012, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16. E-mail: nenenkon@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4535-3435.

Поступила в редакцию 7 декабря 2017 г.

CHANGES IN HEART RATE VARIABILITY IN RESPONSE TO MUSCULAR LOAD AND THEIR CORRELATION WITH THE CONCENTRATION OF STEROID HORMONES IN YOUNG MALES WITH DIFFERENT TRAINING SPECIFICS

*P.N. Samikulin*¹, *psamikulin@mail.ru*, ORCID: 0000-0002-7681-8891,
*A.V. Gryaznikh*¹, *anvit-2004@mail.ru*, ORCID: 0000-0003-0727-9529,
*R.V. Kuchin*², *kuchin_r@mail.ru*, ORCID: 0000-0002-5478-4846,
*N.D. Nenenko*², *nenenkon@mail.ru*, ORCID: 0000-0003-4535-3435

¹Kurgan State University, Kurgan, Russian Federation,

²Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russian Federation

Aim. The aim of this article is to study the peculiarities and correlations of vegetative and hormonal mechanisms of restoration after muscle activity in the athletes of different specializations and young males not involved in sports. **Materials and methods.** The research involved 47 male volunteers aged 17–24 years, including 34 athletes of high qualification and 13 relatively healthy men not involved in sports. The participants were divided into three groups according to their sport specialization: athletes improving speed-strength qualities, athletes involved in endurance sports, and the control group. As a model of acute muscle strain, we proposed 30-minute ergometer tests based on 2 W load per one kilogram of the body weight for a group of athletes and 1.3–2 W for untrained young males. We recorded RR intervals and hormone content under normal conditions, after load and an hour after the recovery. **Results.** Analyzing the temporal and frequency characteristics of HRV, we obtained similar results, demonstrating significant differences between the groups for each period of observation. We registered return to pre-exercise values of HRV within groups after 60-minute recovery. We established an inverse correlation between HRV and the concentration of cortisol and testosterone in blood plasma as a result of muscular load and subsequent recovery. **Conclusion.** HRV depends directly on the training level and body adaptation to aerobic loads: there is an increase in the progression “control – speed-strength – endurance”. The most obvious correlation was observed between HRV and cortisol. The correlation of HRV and testosterone may be mediated by the direct correlation of hormones relative to each other.

Keywords: heart rate variability, cortisol, testosterone, physical load, recovery, athletes.

References

1. Afanas'eva I.A. [Dependence of Phagocytic Activity of Leukocytes on the Level of Cortisol in Athletes with Intensive Physical Exertion]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University Named after P.F. Lesgaft], 2011, no. 8 (78), pp. 19–23. (in Russ.)
2. Baevskiy R.M. *Prognozirovanie sostoyaniy na grani normy i patologii* [Prediction of Conditions on the Verge of Norm and Pathology]. Moscow, Medicine Publ., 1979. 295 p.
3. Baevskiy R.M., Berseneva A.P. *Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostey organizma i risk razvitiya zabolevaniy* [Assessment of the Adaptive Capabilities of the Body and the Risk of Developing Diseases]. Moscow, Medicine Publ., 1997. 235 p.
4. Ban' A.S., Zagorodnyy G.M. [Vegetative Index for Assessing the Variability of the Rhythm of the Heart of Athletes]. *Meditsinskiy zhurnal* [The Medical Journal], 2010, no. 4 (34), pp. 127–130. (in Russ.)
5. Veyn A.M. *Vegetativnye rasstroystva* [Vegetative Disorders]. Moscow, Science Publ., 2003. 480 p.
6. Vinnichuk Yu.D., Gunina L.M. [Predictors and Markers of the Functional Condition of Athletes During Training in the Middle Mountains]. *Zdorov'e dlya vsekh* [Health for All], 2014, no. 2, pp. 3–9. (in Russ.)
7. Gavrilova E.A. *Sport, stress, variabel'nost': monografiya* [Sport, Stress, Variability. Monograph]. Moscow, Sport Publ., 2015. 168 p.

8. Grechishkina S.S., Petrova T.G., Namitokova A.A. [Features of the Functional State of the Cardiorespiratory System and Neurophysiological Status in Athletes Athletes]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk State Pedagogical University], 2011, no. 5, pp. 49–54. (in Russ.)
9. Ermakova I.V., Adamovskaya O.N., Sel'verova N.B. [Changes in Vegetative Regulation of Heart Rhythm and Cortisol Level During Mental Stress in Younger Adolescents]. *Novye issledovaniya* [New Research], 2015, no. 4 (45), pp. 105–116. (in Russ.)
10. Isaev A.P., Erlikh V.V. *Polifunktional'naya mobil'nost' i variabel'nost' organizma sportsmenov olimpiyskogo rezerva v sisteme mnogoletney podgotovki: monografiya* [Multifunctional Mobility and Variability of the Organism of Athletes of the Olympic Reserve in the System of Long-Term Preparation. Monograph]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2010. 503 p.
11. Kolomiets O.I., Bykov E.V. [Variability of the Rhythm of the Heart when Adapting to Physical Loads of Different Directions]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgaft], 2014, no. 12 (118), pp. 98–103. (in Russ.)
12. Mikhaylov V.M. *Variabel'nost' ritma serdtsa. Opyt prakticheskogo primeneniya metoda* [The Variability of the Rhythm of the Heart. Experience of Practical Application of the Method]. Ivanovo, 2000. 200 p.
13. Orzhonikidze Z.G., Pavlov V.I. *Fiziologiya futbola* [Sociology of Football]. Moscow, Human Publ., 2008. 240 p.
14. Fleyshman A.N. *Variabel'nost' ritma serdtsa i medlennye kolebaniya gemodinamiki: nelineynye fenomeny v klinicheskoy praktike* [Heart Rate Variability and Slow Fluctuations of Hemodynamics. Nonlinear Phenomena in Clinical Practice]. Novosibirsk, SO RAN Publ., 2009. 194 p.
15. Shlyk N.I., Zufarova E.I. [The Standards of Heart Rate Variability Indices in the Subjects Aged 16–21 with Different Predominant Types of Vegetative Regulation]. *Vestnik udmurtskogo universiteta. Seriya biologiya. Nauki o zemle* [Bulletin of the Udmurt University. Series of Biology. Earth Sciences], 2013, no. 6–4, pp. 96–105. (in Russ.)
16. Yabluchanskiy N.I., Martynenko A.V. *Variabel'nost' serdechnogo ritma. V pomoshch' prakticheskomu vrachu* [Heart Rate Variability. To Help a Practical Doctor]. Khar'kov, 2010. 131 p.
17. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation*, 1996, vol. 93, pp. 1043–1065. DOI: 10.1161/01.CIR.93.5.1043
18. Urhausen A., Gabriel H., Kindermann W. Blood Hormones as Markers of Training Stress and Overtraining. *Sports Medicine*, 1995, vol. 20, no. 4, pp. 251–276. DOI: 10.2165/00007256-199520040-00004

Received 7 December 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Изменения вариабельности ритма сердца в ответ на мышечную нагрузку и их взаимосвязь с концентрацией стероидных гормонов у юношей с различной спецификой тренированности / П.Н. Самикулин, А.В. Грязных, Р.В. Кучин, Н.Д. Нененко // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 33–45. DOI: 10.14529/hsm180103

FOR CITATION

Samikulin P.N., Gryaznikh A.V., Kuchin R.V., Nenenko N.D. Changes in Heart Rate Variability in Response to Muscular Load and Their Correlation with the Concentration of Steroid Hormones in Young Males with Different Training Specifics. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 33–45. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm180103