

Особенности регуляции сердечной деятельности теннисистов с поражением опорно-двигательного аппарата в условиях соревновательного стресса

В.В. Кальсина, А.Н. Налобина

ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Министерство спорта РФ, г. Омск, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: выявление особенностей регуляции сердечной деятельности спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата, занимающихся настольным теннисом в условиях соревновательного стресса. **Материалы и методы:** анализ вариабельности сердечного ритма. Объект исследования – 44 спортсмена с поражением опорно-двигательного аппарата, занимающиеся настольным теннисом. Средний возраст спортсменов – 28,1±2,3 лет. Спортивная квалификация участников: от III спортивного разряда до мастера спорта. **Результаты:** вегетативная регуляция сердечной деятельности у теннисистов с поражением опорно-двигательного аппарата высокой квалификации в условиях соревнований характеризуется активизацией центрального контура регуляции и связана с более высоким уровнем тренированности сердечно-сосудистой системы. У спортсменов низкой квалификации выявлена не адекватная реакция сердечно-сосудистой системы на соревновательную нагрузку, проявляющаяся в усилении автономного контура регуляции перед соревнованиями. **Выводы:** выявленные признаки переутомления и недовосстановления у теннисистов с поражением опорно-двигательного аппарата низкого уровня спортивной квалификации свидетельствуют о необходимости применения специальных технологий восстановления для данной категории спортсменов в тренировочном процессе.

Ключевые слова: адаптивный спорт, настольный теннис, спортсмены-инвалиды, паралимпийцы, регуляция сердечной деятельности, соревновательный период

Для цитирования: Кальсина В.В., Налобина А.Н. Особенности регуляции сердечной деятельности теннисистов с поражением опорно-двигательного аппарата в условиях соревновательного стресса // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 34-41. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.34.

Characteristics of cardiac regulation of tennis players with physical impairments in competition

Victoria V. Kalsina, Anna N. Nalobina

Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, Russia

ABSTRACT

Objective: to define the characteristics of the regulation of the cardiac activity of table tennis athletes with physical impairments in conditions of competitive stress. **Materials and methods:** the analysis of heart rate variability. Study included 44 table tennis athletes with physical impairments, mean age 28,1±2,3 years. Sports qualification of participants: from the III sports category up to the master of sports. **Results:** vegetative regulation of cardiac activity was characterized by activation of the central contour of regulation. It was associated with a higher level of fitness of the cardiovascular system. Athletes of low qualification had inadequate reaction of the cardiovascular system on the competitive stress. It involved the strengthening of the autonomous regulation loop before the competition. **Conclusions:** the revealed signs of overfatigue and under-recovery in tennis players of low level of sports qualification testified to the necessity of using recovery means for this category of athletes in the training process.

Key words: adaptive sports, table tennis, athletes with disabilities, paralympians, regulation of cardiac activity, contest season

For citation: Kalsina VV, Nalobina AN. Characteristics of cardiac regulation of tennis players with physical impairments in competition. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):34-41. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.34.

1.1 Введение

Реабилитация лиц с поражением опорно-двигательного аппарата (ПОДА), остается сложной проблемой. Современные специалисты предлагают относить инвалидов, в том числе и с ПОДА, в особую социально-демографическую группу, отмечая, что последствия патологических изменений в организме, вызванные болезнью

или травмой, разрушают целостность функционирования и способствуют развитию антисоциальных установок [1].

Адаптивный спорт позволяет достаточно эффективно решать проблему реабилитации лиц с ПОДА, причем реабилитации как двигательной, так и социальной. Занятия спортом помогают паралимпийцам исключать из

своего поведения деструктивные формы реагирования, являются сдерживающим фактором на пути дезадаптивного поведения, а стремление к достижениям представляет собой важный фактор социальной адаптации данной категории лиц [2].

Мотивация лиц с ПОДА к скорейшему возвращению в социум вызывает повышенное стремление к выполнению чрезмерного объема физических нагрузок. В таких условиях особое значение придается не только проблеме спортивной подготовки лиц с ПОДА, но и выбору средств восстановления паралимпийцев уже на этапе начальной подготовки

Подготовка спортсменов высокого класса в адаптивном спорте представляет собой сложный и многогранный процесс, успешная реализация которого возможна лишь на основе глубоких знаний особенностей адаптации лиц с ПОДА к режиму повышенной двигательной активности. Оценка эффективности тренировочного процесса и функционального состояния спортсмена-инвалида связана с тем, что признаки изменений в организме, связанные с основным заболеванием тесно переплетаются с признаками адаптации организма к физическим нагрузкам [3]. В процессе длительных занятий спортом лиц с ПОДА, изменяются адаптационные реакции организма, формируется новый адаптационный статус, в основе которого лежит взаимодействие механизмов срочной и долговременной адаптации. Использование такого подхода позволяет оказывать воздействие на функциональные возможности организма спортсменов, задействуя различные адаптационные механизмы.

Спортивно-функциональная классификация, применяемая в адаптивном спорте, предусматривает распределение спортсменов на классы, исходя из особенностей конкретного вида адаптивного спорта, специфики его соревновательной деятельности, но с учетом предшествующего медицинского освидетельствования [4].

Под воздействием регулярных физических нагрузок наиболее значимые изменения происходят в системе кровообращения. Сердечный ритм и гемодинамические показатели сердечно-сосудистой системы, а также показатели их вариабельности отражают многие аспекты состояния организма и его способности реагировать на изменяющиеся условия среды обитания [3]. Шлык Н.И. выявлены типологические особенности вариабельности сердечного ритма, подтверждающие индивидуальность функциональных и адаптационных возможностей организма, и реализующиеся включением различных регуляторных систем [5].

В процессе спортивной подготовки лиц с ПОДА необходимо учитывать особенности функционирования организма спортсменов, обусловленные заболеванием или травмой. Phillips AA с соавт. [6] отмечают нестабильность регуляции сердечного ритма и артериального давления у спортсменов паралимпийцев, перенесших травматическое повреждение спинного мозга. В работах

West CR с соавт. [7, 8] отмечается нарушение функций вегетативного контроля, дисфункции сердечно-сосудистой системы и снижение выносливости у спортсменов паралимпийцев, перенесших травмы спинного мозга. Одной из компенсаторных реакций спортсменов ампутантов в ответ на физическую нагрузку циклического характера является изменение характера вегетативной регуляции аппарата кровообращения [9]. У данной категории спортсменов отмечаются значительные изменения в организме, касающиеся характера кровообращения, уровня потребления кислорода тканями, изменение компонентного состава тела [10, 11].

Изучение вариабельности сердечного ритма позволяет получить значимую информацию, дающую возможность оценить функциональные резервы спортсмена, его адаптивные возможности и прогнозировать его успешность [12]. Сердечная деятельность успешного спортсмена олимпийца характеризуется способностью к выраженной экономизации функций организма, находящегося в покое, при наличии физической нагрузки максимальной их мобилизацией, а также полноценным восстановлением после прекращения нагрузки [13]. Результаты деятельности спортсмена во многом зависят от «динамичности и эффективности процессов экономизации-мобилизации-восстановления организма», то есть способности к изменчивости функций организма [14]. Специалисты отмечают необходимость применения тестов контроля автономных функций в клинической и спортивной классификации спортсменов со спинальными травмами [7, 8]. В работах многих авторов отмечаются особенности сердечно-сосудистой системы у спортсменов паралимпийцев, обусловленные заболеванием или перенесенной травмой [8, 15], при этом отмечается необходимость построения тренировочной нагрузки спортсменов с учетом показателей регуляции сердечной деятельности и возможностей дыхательной системы [16, 17].

В большинстве доступных материалов, представлена информация преимущественно об особенностях регуляции вне соревновательной нагрузки. Вопросы, посвященные характеру срочных приспособительных реакций у теннисистов с ПОДА в условиях соревновательного стресса, характеристика динамики реактивности сердечной деятельности мало освещены в доступной литературе.

Целью исследования является выявление особенностей регуляции сердечной деятельности спортсменов с ПОДА специализации настольный теннис в условиях соревновательного стресса.

Задачи исследования:

1. Оценить характер регуляции деятельности организма в условиях соревнований у спортсменов с ПОДА, специализирующихся в настольном теннисе, в зависимости от стажа занятий спортом и уровня спортивной квалификации.

2. Выявить маркеры не эффективной адаптации деятельности теннисистов с ПОДА, как основы формиро-

вания технологий восстановления в условиях соревнований.

1.2 Материалы и методы

Для экспресс-оценки состояния вегетативных функций и выявления типа адаптации организма выполнялась ЭКГ с математическим анализом ритма сердца по Р.М. Баевскому с помощью программно-аппаратного комплекса для индивидуального контроля функциональных возможностей человека ПОЛИСПЕКТР (ООО «Нейрософт», г. Иваново). Для изучения вегетативной регуляции ритма сердца использовались показатели спектрального (VLF%, LF%, HF%), статистического (Хср., Max, Min, SDNN, CV) анализа и показатели вариационной пульсометрии и ритмографии (Мо, АМо, ВР, ВПР, ИН, ИВР, ПАПР). Всем спортсменам дважды проводилась оценка состояния вегетативных функций: перед проведением соревнований и сразу после окончания игр.

Исследование проводилось в условиях соревновательного стресса в период проведения Открытых региональных соревнований Кубок Губернатора Кемеровской области Открытого чемпионата Кемеровской области по настольному теннису среди инвалидов с ПОДА. Исследование проводилось в соответствии с этическими стандартами, соответствующими Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека». Всем спортсменам была предоставлена полная и достоверная информация о проводимом обследовании. Критерием включения в группу являлось добровольное информированное согласие спортсменов на проведение исследования, а также наличие допуска от врача к участию в соревнованиях.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2003 и Statistica V.6. Проверку на нормальность распределения проводили с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Для оценки достоверности различий несвязанных выборок исполь-

зовали t-критерий Стьюдента (для параметров с нормальным распределением) и U – критерий Манна-Уитни (для параметров, которые не подчиняются закону нормального распределения). Для сопоставления исследуемых параметров до и после соревнований использовался парный критерий Вилкоксона. Результаты представлены в виде $X \pm m$, где X – среднее значение, m – стандартная ошибка среднего. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Объект исследования составили 44 спортсмена, занимающиеся адаптивным спортом, специализации настольный теннис ПОДА. В соответствии с представительством спортсменов, участвующих в данных соревнованиях, структура обследуемых по характеру поражения опорно-двигательного аппарата представлена следующим образом: большую часть составили спортсмены, перенесшие травматическое повреждение позвоночника с поражением спинного мозга. Следующую по численности группу спортсменов составили лица, имеющие дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника; самое малочисленное представительство отмечалось среди спортсменов, имеющих ампутации конечностей (табл. 1).

Средний возраст спортсменов составил $28,1 \pm 2,3$ лет. Гендерная структура выборки выглядит следующим образом: женщины составляют 18,2 % от общего числа обследованных, а мужчины – 81,8%. Спортивная квалификация участников представлена от третьего спортивного разряда до мастера спорта

Все спортсмены были разделены на группы по уровню спортивного мастерства. В первую группу были отнесены спортсмены, имеющие спортивную квалификацию от уровня первого разряда, кандидата в мастера спорта и мастера спорта, стаж занятий настольным теннисом в данной группе составил $4,3 \pm 0,3$ лет. Спортсмены этой группы являются победителями и призерами чемпионатов России, этапов Кубка Мира по настольному теннису ПОДА. Кроме того, спортсмены этой группы входят в

Таблица 1

Распределение спортсменов по характеру поражения опорно-двигательного аппарата и спортивно-функциональным классам

Table 1

Distribution of athletes in accordance with damage of the musculoskeletal system and sports-functional classes

Спортивная квалификация/ Sports qualification	Характер поражения опорно-двигательного аппарата/Type of damage of the musculoskeletal system			
	Травмы позвоночника с поражением спинного мозга/ Spinal cord injury (n=22)	Другие поражения опорно-двигательного аппарата/ Other impairments (n=10)	ДЦП/ ICP (n=8)	Ампутации конечностей/ Limb deficiency (n=4)
III	6	6	-	4
II	4	-	2	-
I	2	-	2	-
КМС/CMS	4	4	4	-
МС/MS	6	-	-	-

состав паралимпийской сборной Российской Федерации по настольному теннису ПОДА. Объем физической нагрузки в данной группе оценивался по результатам опроса тренеров. В соответствии с требованиями стандарта, нагрузка носила характер регулярных ежедневных тренировок, в целом составляла от 15 до 20 часов в неделю.

Во вторую группу были отнесены спортсмены, имеющие спортивную квалификацию на уровне второго и третьего разрядов, стаж занятий настольным теннисом ПОДА $3,2 \pm 0,5$ лет, тренировочная нагрузка этих спортсменов была не регулярной и составляла от 6 до 12 часов в неделю.

1.3 Результаты и их обсуждение

Специалисты в области физиологии спорта сходятся в мнении о том, что процесс адаптации организма человека к изменяющимся факторам окружающей среды, в том числе и к мышечным нагрузкам, находится в тесной взаимосвязи с саморегулированием многокомпонентных функциональных систем [3, 5, 12]. Особая роль в этом процессе отводится вегетативной нервной системе. Известно, что систематическое влияние физической нагрузки в виде регулярных тренировок ускоряет становление вагусных влияний. В научной литературе широко представлена роль вегетативной нервной системы как решающей в жизнедеятельности организма, участвующей в процессах срочной и долговременной адаптации к физическим нагрузкам.

По данным ряда авторов [5, 12, 19] с ростом тренированности спортсмена происходит усиление парасимпатических и авторегулирующих влияний на сердечный ритм. Оптимальное регулирование любой системы происходит с минимальным участием высших уровней управления [21]. Оценка реактивности автономной нервной системы у спортсменов с ПОДА является осо-

бенно важной для рационального построения тренировочного процесса и разработки программ восстановления спортсменов после соревновательных нагрузок.

В ходе анализа показателей вариационной пульсометрии нами было выявлено, что более высокие показатели амплитуды моды и индекса напряжения по сравнению со второй группой до старта отмечаются в первой группе спортсменов и указывают на преобладание активности симпатической части вегетативной нервной системы и о мобилизации органов системы кровообращения. В группе спортсменов, имеющих более низкую спортивную квалификацию, отмечаются более низкие значения амплитуды моды и индекса напряжения, указывающие на недостаточную активность симпатического отдела вегетативной нервной системы и относительно слабую централизацию управления сердечным ритмом в предстартовом состоянии.

До и после старта отмечаются выраженные изменения соотношения активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, которые проявляются в виде изменений индекса напряжения и индекса вегетативного равновесия (табл. 2).

Во второй группе отмечаются более выраженные изменения этих показателей по сравнению с предстартовым состоянием в сторону преобладания симпатического отдела вегетативной нервной системы.

У спортсменов второй группы до старта отмечается выраженное преобладание вагусной регуляции, которое сохраняется после окончания соревнований. У спортсменов первой группы до старта отмечается преобладание симпатической регуляции, сменяющееся после соревнований на противоположный тип регуляции.

Состояние вегетативного баланса, направленного в сторону преобладания активности парасимпатической нервной системы у спортсменов второй группы

Таблица 2

Показатели вариационной пульсометрии в группах по уровню спортивного мастерства, $M \pm m$

Table 2

The parameters of variation pulsometry in groups according to the level of sportsmanship, $M \pm m$

Группы/ Groups	Показатели/Indices						
	Mo, мс/ Mode, msec	АМо, %/Mode amplitude	ВІР, у.е./ IER, SU	ВР, мс/ Range, msec	ІН у.е./ SI, SU	ІВР, у.е./ VBI, SU	ПАІР, у.е./ IARP, SU
До старта/Before start							
1	825,0 ± 14,9*	54,8 ± 6,4	9,6 ± 2,1	193,6 ± 10,3[^]	323,4 ± 25,5 [^]	283,6 ± 22,7	86,2 ± 14,0
2	725,0 ± 33,1	31,6 ± 1,6 [^]	5,2 ± 1,3	342,8 ± 32,2	114,0 ± 9,0*	121,1 ± 9,3*	59,2 ± 7,8
После старта/After start							
1	615,0 ± 20,8*	47,9 ± 2,6	8,7 ± 0,9	215,6 ± 16,3[^]	242,8 ± 7,3	288,3 ± 10,4	74,7 ± 3,2
2	645,8 ± 24,2	46,3 ± 4,3	7,4 ± 1,5	373,4 ± 27,5	277,9 ± 15,9*	293,0 ± 16,5*	73,2 ± 7,9

[^] межгрупповые различия/among-groups differences

* внутригрупповые различия/intragroup differences

P < 0,05, P < 0,001

и активности симпатической нервной системы у спортсменов первой группы отмечается и по величине ВПР. Полученные результаты подтверждаются показателем адекватности процессов регуляции, который отражает соответствие между активностью симпатического отдела вегетативной нервной системы и ведущим уровнем функционирования синусового узла.

Статистический анализ variability сердечного ритма позволил выявить выраженные различия между группами спортсменов разного уровня спортивного мастерства в предстартовом состоянии. В первой группе отмечается преобладание тонуса симпатической нервной системы, характеризующееся более высокими показателями ЧСС, X_{cp} , более низкой величиной вариационного размаха и максимального интервала R-R, по сравнению со спортсменами второй группы, имеющими более низкий уровень спортивного мастерства, менее интенсивные физические нагрузки, а также менее богатый опыт выступления на соревнованиях.

По окончании соревнований величина ЧСС в группе высококвалифицированных спортсменов меняется незначительно, тогда как у лиц более низкой спортивной квалификации отмечается статистически значимое увеличение ЧСС и смена преобладающей части вегетативной нервной системы на симпатическую (табл. 3). Это свидетельствует о неадекватной нагрузке и мобилизации сердечно-сосудистой системы.

После старта выявлено меньше различий между группами спортсменов по данным статистического анализа. Выраженные отличия наблюдаются по величине вариационного размаха кардиоинтервалов, преобладающего во второй группе. После старта уменьшаются показатели X среднего и максимальной величины кардиоинтервалов во второй группе (табл. 3). Уровень SDNN также свидетельствует о преобладании парасимпатической регуляции во второй группе и симпатической – в

первой до старта. После старта уровень SDNN становится практически одинаковым в обеих группах.

Согласно исследованиям ряда авторов [5, 12], у спортсменов, тренирующих выносливость, выявлено снижение амплитуды дыхательных волн на фоне замедления ритма по мере приближения спортсменов к пику спортивной формы, что, по мнению автора, является проявлением согласованности, гармоничности ритмических процессов.

В нашем исследовании до старта показатели спектрального анализа variability сердечного ритма, измеренные у теннисистов с ПОДА, указывают на преобладание медленных волн I порядка и центрального контура регуляции в первой группе $LF > HF > VLF$, дыхательных волн и автономного контура регуляции во второй группе $HF > LF > VLF$. После окончания соревнований структура волнового спектра меняется. В первой группе, по-прежнему, преобладают медленные волны LF, но при этом увеличивается доля дыхательных волн и уменьшается VLF, происходит перераспределение спектра.

Структура спектра во второй группе после окончания соревнований также изменяется, приближаясь к спектру первой группы $LF > HF > VLF$. При этом во второй группе появляются сверхмедленные волны ULF, указывающие на развитие чрезмерной мобилизации резервов организма и включении высшего контура регуляции в процесс восстановления спортсменов, что свидетельствует о развитии процессов переутомления (табл. 4).

В тех случаях, когда низшие уровни не справляются со своими функциями необходимо включение центральной координации деятельности отдельных систем организма, которое происходит за счет напряжения механизмов регуляции. При усилении процессов централизации регуляции увеличивается и «цена» адаптации [21].

У теннисистов с ПОДА высокой квалификации нами было выявлено преобладание симпатической регуляции

Таблица 3

Показатели статистического анализа variability сердечного ритма, $M \pm m$

Table 3

The parameters of statistical analysis of heart rate variability, $M \pm m$

Группы/Groups	Показатели/Indices				
	ЧСС/HR	X_{cp} , мс/msec	Min, мс/msec	Max, мс/msec	SDNN, мс/msec
До старта/Before start					
1	96,2 ± 4,7	934,4 ± 13,4*	532,6 ± 15,8	809,2 ± 31,3	37,1 ± 1,8 ^
2	73,8 ± 1,2^	777,9 ± 24,7*	587,0 ± 26,6	1012,9 ± 31,7^	114,5 ± 31,7
После старта/After start					
1	98,0 ± 2,8	616,7 ± 17,2	573,4 ± 25,0	748,1 ± 19,2	63,5 ± 14,9
2	92,3 ± 3,0	655,8 ± 21,1	547,3 ± 22,3	822,1 ± 26,2 *	61,4 ± 8,7

^ – межгрупповые различия/among-groups differences

* – внутригрупповые различия/intragroup differences

$P < 0,05$, $P < 0,001$

Таблица 4

**Показатели спектрального анализа вариабельности
сердечного ритма, М ± m**

Table 4

**The parameters of spectral analysis of heart rate variability,
M ± m**

Группы/ Groups	Показатели/Indices			
	HF%	LF%	VLF%	ULF%
До старта/Before start				
1	32,6 ± 2,7 [^]	38,9 ± 1,5	28,5 ± 2,9	-
2	43,3 ± 1,1	36,4 ± 1,2	20,3 ± 3,4	-
После старта/After start				
1	41,0 ± 2,1*	44,6 ± 2,2*	14,4 ± 1,6*	-
2	36,6 ± 2,3*	44,3 ± 2,0	18,3 ± 1,9*	0,8 ± 0,2 *

[^] – межгрупповые различия/among-groups differences

* – внутригрупповые различия/intragroup differences

P < 0,05

накануне соревнований LF/HF в первой группе составил 1,19, во второй группе 0,84, что свидетельствует о преобладании парасимпатических влияний. После окончания соревнований в первой группе соотношение LF/HF практически не изменилось 1,21, а во второй группе выявлено преобладание симпатических влияний 1,08.

Высокий спортивный результат может быть достигнут только при оптимальном функционировании организма в экстремальных условиях соревновательной деятельности, и в этом случае необходима выраженная централизация управления организмом [18]. В ходе соревновательного периода может происходить переход от выраженного преобладания автономного контура

регуляции к центральному. По данным ряда авторов у элитных волейболисток к решающему матчу отмечается достоверное снижение автономного (HF) и рост центрального (VLF) контура регуляции [19].

Индекс функционального состояния отражает напряженность регуляторных механизмов, высокие значения индекса отмечаются при низком, а низкие – при высоком напряжении механизмов регуляции. В нашем исследовании индекс функционального состояния спортсменов второй группы значительно превышает этот показатель по сравнению с первой группой, и это соотношение практически сохраняется и после окончания соревнований.

Психофизиологическая цена деятельности в первой группе спортсменов достаточно высока как до старта, так и после окончания стрессовых соревновательных воздействий. Во второй группе отмечается увеличение психофизиологической цены деятельности почти в 3 раза (табл. 5).

Таким образом, можно говорить о том, что изначально организм более подготовленных спортсменов с ПОДА, имеющих более высокий уровень спортивного мастерства затрачивал больше усилий на подготовку к стартам.

Несмотря на выраженное преобладание симпатического контура регуляции в предстартовом состоянии у высококвалифицированных спортсменов с ПОДА, по окончании соревнований достаточно быстро реализуются процессы восстановления и происходит смена ведущего контура регуляции на автономный. Соответственно психофизиологическая «цена» восстановления у спортсменов высокой квалификации значительно ниже, чем у спортсменов, имеющих низкий уровень квалификации, в которой появляются признаки выраженного переутомления после соревнований. Во второй группе включаются неэффективные механизмы адаптации к нагрузкам.

По мнению Гавриловой Е.А., система с относительно автономными связями отличается большей пластично-

Таблица 5

Показатели ритмограммы в группах по уровню спортивной квалификации, М ± m

Table 5

The parameters of the rhythmogram in groups according to the level of sports qualification, M ± m

Группы/ Groups	Показатели/Indices		
	Психофизиологическая цена, у.е./ Psychophysiological price, SU	Триангуляционный индекс/ Triangulation index	Индекс функционального состояния/ Functional state index
До старта/Before start			
1	2043,7 ± 302,6 [^]	9,4 ± 2,0	1,8 ± 0,5
2	845,8 ± 62,5	10,3 ± 0,9	10,0 ± 2,4 [^]
После старта/After start			
1	2275,3 ± 193,2	7,9 ± 0,3	1,6 ± 0,1
2	2863,5 ± 256,2 *	9,9 ± 1,1	8,1 ± 2,4 [^]

[^] – межгрупповые различия/among-groups differences

* – внутригрупповые различия/intragroup differences

P < 0,05

стью, что облегчает её приспособление к изменяющимся условиям среды, включая физические нагрузки. Снижение контроля центральных систем способствует достижению функционального оптимума, процессы адаптации в таких системах протекают более эффективно [12].

Таким образом, высокий уровень спортивных достижений в адаптивном спорте выдвигает повышенные требования к процессу восстановления спортсменов с ПОДА. Особое внимание следует уделять нормированию нагрузок и построению процесса восстановления спортсменов в соревновательном периоде. Активизация центрального контура регуляции у спортсменов теннисистов с ПОДА высокой квалификации в условиях соревнований по сравнению со спортсменами с ПОДА более низкой спортивной квалификации связана с более высоким уровнем тренированности сердечно-сосудистой системы. У теннисистов с ПОДА низкой квалификации выявлена неадекватная реакция сердечно-сосудистой системы на соревновательную нагрузку, проявляющаяся в усилении автономного контура регуляции перед соревнованиями.

1.4 Выводы

1. Спортсмены низкого уровня квалификации после соревнований имели признаки перенапряжения

Список литературы

1. **Евсеев С.П., Абалян А.Г.** Спорт как фактор самореализации и повышения качества жизни лиц с ограниченными возможностями здоровья // Вестник спортивной науки. 2016. №2. С. 49-52.
2. **Маликова Т.В., Пирогов Д.Г.** Оценка качества жизни людей с ограниченными возможностями // Педиатр. 2016. Т.7, №1. С. 156-62.
3. **Кудря О.Н.** Вегетативное обеспечение сердечной деятельности у спортсменов с разным антропометрическим профилем // Бюллетень сибирской медицины. 2016. Т.15, №3. С. 63-9. DOI: 10.20538/1682-0363-2016-3-63-69.
4. **Tweedy SM, Vanlandewijck YC.** International Paralympic Committee position stand-background and scientific principles of classification in Paralympic sport // Br. J. Sports Med. 2011. №45. P. 259-69. DOI: 10.1136/bjism.2009.065060.
5. **Шлык Н.И.** Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. 255 с.
6. **Phillips AA, Krassioukov AV.** Autonomic Alterations After SCI: Implications for Exercise Performance // The Physiology of Exercise in Spinal Cord Injury. 2016. P. 243-68. DOI: 10.1007/978-1-4939-6664-6_13.
7. **West CR, Wong SC, Krassioukov AV.** Autonomic cardiovascular control in Paralympic athletes with spinal cord injury // Med. Sci. Sports Exerc. 2014. Vol.46, №1. P. 60-8. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31829e46f3.
8. **West CR, Krassioukov AV.** Autonomic cardiovascular control and sports classification in Paralympic athletes with spinal cord injury // Disabil. Rehabil. 2017. Vol.39, №2. P. 127-34. DOI: 10.3109/09638288.2015.1118161.
9. **Гаврилова Е.А., Чурганов О.А., Шелков О.М.** Анализ регуляции сердечно-сосудистой системы у лыжников с ампутацией конечностей // Адаптивная физическая культура. 2012. №3. С. 38-40.
10. **Özkan A, Kayihan G, Köklü Y, Ergun N, Koz M, Ersöz G, Dellal A.** The relationship between body composition, anaerobic

регуляторных механизмов: повышенную активность симпатического отдела вегетативной нервной системы, снижение общей мощности спектра, увеличение психофизиологической стоимости деятельности. Адаптация сердечно-сосудистой системы к соревновательной нагрузке у этих спортсменов связана с активизацией надсегментарных отделов вегетативной нервной системы и включением неэффективного пути адаптации. Активизация симпато-адреналовой системы после окончания соревнований является свидетельством недостаточной активности срочного восстановления.

2. Выявленные признаки переутомления и недо-восстановления у теннисистов с поражением опорно-двигательного аппарата низкого уровня спортивной квалификации свидетельствуют о необходимости применения специальных технологий восстановления для данной категории спортсменов в тренировочном процессе. Особенности переносимости тренировочных и соревновательных нагрузок теннисистами с ПОДА, обусловленные течением основного заболевания, позволяют поставить вопрос о необходимости разработки новых технологий восстановления спортсменов с ПОДА после соревновательных нагрузок, а также адаптации уже существующих.

References

1. **Evseev SP, Abalyan AG.** Sport as a factor of self-actualization and quality of life in persons with disabilities. Sports science bulletin. . 2016;(2):49-52. Russian.
2. **Malikova TV, Pirogov DG.** Assessment of life quality in disables individuals. Pediatrician. 2016;7(1):156-62. DOI: 10.17816/PED71156-162. Russian.
3. **Kudrya ON.** Vegetative support of cardiac activity in athletes with different anthropometric profile. Bulletin of Siberian Medicine. 2016;15(3):63-9. DOI: 10.20538/1682-0363-2016-3-63-69. Russian.
4. **Tweedy SM, Vanlandewijck YC.** International Paralympic Committee position stand-background and scientific principles of classification in Paralympic sport. Br. J. Sports Med. 2011;(45): 259-69. DOI: 10.1136/bjism.2009.065060.
5. **Shlyk NI.** The heat rate and regulation type of children, teenagers and sportsmen. Izhevsk, Udmurt University, 2009. 255 p. Russian.
6. **Phillips AA, Krassioukov AV.** Autonomic Alterations After SCI: Implications for Exercise Performance. The Physiology of Exercise in Spinal Cord Injury. 2016:243-68. DOI: 10.1007/978-1-4939-6664-6_13.
7. **West CR, Wong SC, Krassioukov AV.** Autonomic cardiovascular control in Paralympic athletes with spinal cord injury. Med. Sci. Sports Exerc. 2014;46(1):60-8. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31829e46f3.
8. **West CR, Krassioukov AV.** Autonomic cardiovascular control and sports classification in Paralympic athletes with spinal cord injury. Disabil. Rehabil. 2017;39(2):127-34. DOI: 10.3109/09638288.2015.1118161.
9. **Gavrilova EA, Churganov OA, Shelkov OM.** Analysis of the regulation of the cardiovascular system in skiers with amputation of limbs. Adaptive physical education. 2012;(3):38-40. Russian.
10. **Özkan A, Kayihan G, Köklü Y, Ergun N, Koz M, Ersöz G, Dellal A.** The relationship between body composition, anaerobic

performance and sprint ability of amputee soccer players // J Hum Kinet. 2012. №35. P. 141-6. DOI: 10.2478/v10078-012-0088-3.

11. **Bragaru M, Dekker R, Geertzen J, Dijkstra U.** Amputees and Sports. A Systematic Review // Sports. Med. 2011. Vol.41, №9. P. 721-40.

12. **Гаврилова Е.А.** Использование variability ритма сердца в оценке успешности спортивной деятельности // Практическая медицина. 2015. №3. С. 52-7.

13. **Гаврилова Е.А.** Спортивное сердце. Стрессогенная кардиомиопатия. М.: Советский спорт, 2007. 200 с.

14. **Гаврилова Е.А.** Ритмокардиография в спорте. СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2014. 164 с.

15. **Kim JH, Trilk JL, Smith R, Asif I, Maddux PT, Ko YA. et al.** Cardiac Structure and function in Elite Para-cyclists with Spinal Cord Injury // Med.Sci. Sports Exerc. 2016. Vol.48, №8. P. 1431-7. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000921.

16. **Goosey-Tolfrey VL, Paulson TA, Tolfrey K, Eston RG.** Prediction of peak oxygen uptake from differentiated ratings of perceived exertion during wheelchair propulsion in trained wheelchair sportspersons // Eur. J. Appl. Physiol. 2014. Vol.114, №6. P. 1251-8. DOI: 10.1007/s00421-014-2850-9.

17. **Granados C, Los Arcos A, Yanci Javier.** Objective and subjective methods for quantifying training load in wheelchair basketball small-sided games // Journal of Sports Sciences. 2017. Vol.35, №8. P. 749-55. DOI: ORG/10.1080/02640414.2016.1186815.

18. **Бутова О.А., Масалов С.В., Воробьева Ю.С.** Оценка механизмов регуляции кардиоритма девушек-акробатов высокого класса спортивного мастерства // Здоровье и образование в XXI веке. 2012. Т.1, №14. С. 212-3. DOI: 10.26787/nydha-2226-7425.

19. **Виколов А.Д., Немиров А.Д., Ларионова Е.Л., Шевченко А.Ю.** Variability сердечного ритма у лиц с повышенным режимом двигательной активности и спортсменов // Физиология человека. 2005. Т.6, №31. С. 54-9. DOI: 10.1007/s10747-005-0112-2.

20. **Кудря О.Н.** Метод математического анализа сердечного ритма в оценке адаптированности организма спортсменов к соревновательным нагрузкам «Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение» // Тезисы докладов IV Всероссийского Симпозиума. Ижевск, 2008. С. 156-9.

21. **Шлык Н.И., Гаврилова Е.А.** Variability ритма сердца в экспресс-оценке функционального состояния спортсмена // Прикладная спортивная наука. 2015. №2. С. 115-25.

performance and sprint ability of amputee soccer players. J Hum Kinet. 2012;(35):141-6. DOI: 10.2478/v10078-012-0088-3.

11. **Bragaru M, Dekker R, Geertzen J, Dijkstra U.** Amputees and Sports. A Systematic Review. Sports. Med. 2011;41(9):721-40.

12. **Gavrilova EA.** Using heart rate variability in the assessment of the success the activities in the sport. Applied medicine. 2015;(3):52-7. Russian.

13. **Gavrilova EA.** Athletic heart. Stressogenic cardiomyopathy. Moscow, Soviet Sport, 2007. Russian.

14. **Gavrilova EA.** Ritmokardiografiya v sporte. Saint-Petersburg, Izd-vo SZGMU im. I.I. Mechnikova, 2014. 164 p. Russian.

15. **Kim JH, Trilk JL, Smith R, Asif I, Maddux PT, Ko YA. et al.** Cardiac Structure and function in Elite Para-cyclists with Spinal Cord Injury. Med.Sci. Sports Exerc. 2016;48(8):1431-7. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000921.

16. **Goosey-Tolfrey VL, Paulson TA, Tolfrey K, Eston RG.** Prediction of peak oxygen uptake from differentiated ratings of perceived exertion during wheelchair propulsion in trained wheelchair sportspersons. Eur. J. Appl. Physiol. 2014;114(6):1251-8. DOI: 10.1007/s00421-014-2850-9.

17. **Granados C, Los Arcos A, Yanci Javier.** Objective and subjective methods for quantifying training load in wheelchair basketball small-sided games. Journal of Sports Sciences 2017;35(8):749-55. DOI: ORG/10.1080/02640414.2016.1186815.

18. **Butova OA, Masalov SV, Vorobeve YuS.** Evaluation mechanisms regulating heart girls-acrobats high class sports skill. Health and education millennium. 2012;1(14):212-3. Russian.

19. **Vikulov AD, Nemirov AD, Larionova EL, Shevchenko AYU.** Heart rare variability in subjects with increased motor activity and athletes. Human Physiology. 2005;6(31):666-71. Russian. DOI: 10.1007/s10747-005-0112-2

20. **Kudrya ON.** The method of mathematical analysis of heart rate in assessing the fitness of athletes to competitive loads. Heart Rate Variability: Theoretical background and practical application. (Proceedings of the 4-th Symposium with International Participation), Izhevsk, 2008. P. 156-9. Russian.

21. **Shlyk NI, Gavrilova EA.** Heart rate variability in the express-evaluation of the functional state of athlete. Applied Sports Science. 2015;(2):115-25. Russian.

Сведения об авторах:

Кальсина Виктория Владиславовна, доцент кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, руководитель межкафедральной научно-исследовательской лаборатории медико-биологического обеспечения спорта высших достижений ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет физической культуры и спорта Минспорта России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-4816-2370 (+7 (904) 320-23-35, victoria_vk@mail.ru)

Налобина Анна Николаевна, заведующая кафедрой теории и методики адаптивной физической культуры ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет физической культуры и спорта Минспорта России, д.б.н., проф. ORCID ID: 0000-0001-6574-1609

Information about the authors:

Victoria V. Kalsina, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Adaptive Physical Culture, Head of Interdepartmental Research Laboratory of Biomedical Support of High Performance Sport of the Siberian State University of Physical Education and Sport. ORCID ID: 0000-0002-4816-2370 (+7 (904) 320-23-35, victoria_vk@mail.ru)

Anna N. Nalobina, Dc.S. (Biology), Prof., Head of the Department of Theory and Methodology of Adaptive Physical Training of the Siberian State University of Physical Education and Sport. ORCID ID: 0000-0001-6574-1609

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 19.07.2018

Принята к публикации: 10.08.2018

Received: 19 July 2018

Accepted: 10 August 2018