

МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ТХЭКВОНДИСТОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ МИКРОЦИКЛЕ

И.А. Мищенко, Е.В. Волынская, С.А. Коробова

Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», г. Липецк, Россия

Цель исследования: оценка функционального состояния высококвалифицированных тхэквондистов на тренировочном мероприятии в Японии для определения сроков адаптации спортсменов и их готовности к соревновательной деятельности в непривычных климатических условиях. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 14 высококвалифицированных тхэквондистов. Определение функционального состояния (ФС) спортсменов и его динамики проводилось методом анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). Анализировались показатели временного и спектрального анализа. Было предложено оценивать ФС тхэквондистов по совокупности общих резервов регуляции (ТР), резервов оперативного приспособления (сумма мощности LF и HF в покое), рациональности расходования резервов при функциональной пробе (мощность HF в ортопробе, прирост LF/HF в ортопробе относительно покоя, $K_{30/15}$) и напряжения вегетативной регуляции ($LF/HF_{фон} * LF/HF_{орт}$). **Результаты.** Выявлено, что исходное ФС спортсменов перед вылетом на тренировочное мероприятие в Японию характеризовалось высокими общими резервами регуляции с преобладанием колебаний в HF-диапазонах спектра, выраженной или умеренной парасимпатикотонией, отсутствием напряжения механизмов регуляции и адекватной реакцией на ортостаз. Неблагоприятные климатические условия Японии и длительный перелет значительно снижают ФС тхэквондистов, проявляющееся в резком повышении напряжения механизмов регуляции, выраженной симпатикотонией и парадоксальной реакцией на ортостаз. **Заключение.** Внесение коррективов в организацию и содержание тренировочного процесса под контролем изменения показателей вариабельности сердечного ритма позволило выявить особенности адаптации к непривычным условиям тренировочной деятельности и смоделировать подготовку тхэквондистов к предстоящим Олимпийским играм.

Ключевые слова: тхэквондисты, функциональное состояние, вариабельность сердечного ритма, адаптация, предсоревновательный микроцикл.

Введение. Анализ ВСР имеет особую востребованность в сфере спорта высших достижений. Его применение позволяет грамотно подойти к построению тренировочного и соревновательного процесса, поскольку дает возможность прогнозировать функциональные возможности спортсменов [1, 4]. В данных научно-методической литературы все чаще появляются исследования, в которых рассматривается возможность управления тренировочной и соревновательной деятельностью на основе показателей ВСР [5, 10].

В ряде исследований поднимается вопрос использования ВСР для прогнозирования резервных возможностей организма занимающихся физической культурой, физической работоспособности спортсменов и спортивно-

го отбора [2, 6]. Одним из наиболее интересных для тренерского состава вопросов является выявление эффективности различных восстановительных средств под контролем ВСР. Изучается влияние БОС-тренингов, биологически активных добавок, ведется оценка качества восстановительных процессов [3].

Показатели ВСР с успехом используются для оценки изменения функционального состояния спортсменов на разных этапах подготовки и его изменения под влиянием соревновательной деятельности [7].

Центральное место в работах, посвященных использованию метода ВСР в спорте, занимают исследования, касающиеся определения динамики функционального состояния спортсменов под влиянием тренировочных

воздействий. Представлены данные об успешном применении ВСР совместно с другими маркерами тренировочной нагрузки для определения состояния вегетативной нервной системы и тренировочной толерантности [8]. Данные, полученные А. Rabbani, М.К. Baseri, J. Reisi, F.M. Clemente и М. Kargarfard, продемонстрировали внутригрупповые изменения показателей ВСР и субъективно определяемых параметров самочувствия как одних из важных составляющих функционального состояния футболистов во время напряженного графика матчей [9].

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать, что ВСР успешно применяется в спорте для оценки и прогнозирования изменения функционального состояния спортсменов. Однако высокая чувствительность и специфичность метода ВСР определяет необходимость продолжения исследований по получению индивидуальной динамики показателей ВСР у высококвалифицированных спортсменов. Поэтому в рамках предсоревновательного микроцикла (серии Гран-при), моделирующего подготовку тхэквондистов к предстоящим Олимпийским играм в Токио, нами было организовано исследование по определению особенностей адаптации и динамики функционального состояния российских спортсменов в непривычных для них хронологических и климатических условиях Японии.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 14 высококвалифицированных тхэквондистов: 7 юношей и 7 девушек, члены сборной команды России по тхэквондо. Средний возраст спортсменов составил $23,5 \pm 4,7$ года. Из них шесть имели спортивное звание «Мастер спорта», остальные восемь – «Мастер спорта международного класса».

Оценка ФС спортсменов и его динамики проводилась методом variability сердечного ритма. Исследование проводилось перед вылетом на тренировочное мероприятие (ТМ) в г. Москва 02.09.19 г. и ежедневно в условиях ТМ в Японии (г. Анамидзу и г. Чиба) с 03.09.19 г. по 11.09.19 г.

Обследование тхэквондистов проводилось утром после пробуждения в течение 10 минут. В положении лежа осуществлялась 5-минутная запись электрокардиограммы, затем проводилась активная ортостатическая проба (АОП) и дальнейшая запись ЭКГ в течение 5 минут.

Анализ variability сердечного ритма осуществлялся на электрокардиографе «Поли-Спектр-8/EX» с программой «Поли-Спектр-Ритм» (г. Иваново, Россия). Анализировались показатели временного и спектрального анализа: SI, TP, HF, LF, VLF, ULF и коэффициент $K_{30/15}$. Дополнительно проводилась оценка ФС высококвалифицированных тхэквондистов на основе оценки общих резервов регуляции, резервов оперативного приспособления (адаптации), рациональности расходования резервов при функциональной пробе и напряжения вегетативной регуляции.

Общие резервы регуляции отражают общую потенциальную способность приспособляться к внешним воздействиям, тренировочным нагрузкам. Расчет оценки производился по величине общей мощности спектра в покое (TP). Резервы оперативного приспособления (адаптации) указывают на потенциальную способность приспособляться к внешним воздействиям, нагрузкам, используя резервы симпатической и парасимпатической нервной системы, обеспечивающие быструю и экономичную реакцию на тренировочное воздействие или новые условия среды. Расчет показателя – по сумме мощности LF и HF в покое. Рациональность расходования резервов при функциональной пробе позволяет оценить экономичность работы организма, способность дозированно расходовать резервы при нагрузках разной интенсивности: оценка «рациональное – нерациональное – истощение – подавление» – по динамике мощности HF, приросту LF/HF и $K_{30/15}$ при функциональной пробе по отношению к покою. Напряжение вегетативной регуляции показывает степень общей активации симпатической нервной системы. Оценка проводилась по произведению симпто-парасимпатического баланса в фоновой и ортопробе.

Оценка ФС выражалась в баллах по пятибалльной шкале:

1 балл и менее – ФС значительно снижено: резко уменьшена активность парасимпатического звена вегетативной нервной системы, значительно выражена централизация управления ритмом сердца, резко снижены резервы оперативного приспособления, неэкономичная работа организма спортсмена при функциональной пробе (подавление), высокое напряжение механизмов вегетативной регуляции;

1,1–2 балла – ФС снижено: наблюдается уменьшение активности парасимпатического звена вегетативной нервной системы, выражена централизация управления ритмом сердца, резервы оперативного приспособления ниже среднего, неэкономичная работа организма спортсмена при функциональной пробе (истощение), напряжение механизмов вегетативной регуляции выше среднего;

2,1–3 балла – ФС удовлетворительное: влияние парасимпатической нервной системы уравновешивается другими механизмами управления ритмом сердца, средние резервы оперативного приспособления, нерациональное расходование резервов при функциональной пробе, среднее напряжение механизмов вегетативной регуляции;

3,1–4 балла – ФС хорошее: умеренное преобладание парасимпатической нервной системы в управлении ритмом сердца, резервы оперативного приспособления выше среднего, экономичная работа организма спортсмена при функциональной пробе, рациональное расходование резервов при функциональной пробе, напряжение механизмов вегетативной регуляции ниже среднего;

4,1–5 баллов – ФС отличное: выраженное преобладание парасимпатической нервной системы в управлении ритмом сердца, резервы оперативного приспособления высокие, экономичная работа организма спортсмена при функциональной пробе, рациональное расходования резервов при функциональной пробе, напряжение механизмов вегетативной регуляции низкое.

Для полученных результатов были рассчитаны выборочные показатели средних значений (среднее арифметическое (M)) и мер рассеяния (стандартная ошибка (SE)).

Результаты. Перед вылетом на тренировочное мероприятие исходное функциональное состояние тхэквондистов характеризовалось высокими общими резервами регуляции (TP – $20917,71 \pm 3200,66$ мс² у юношей и $16738,74 \pm 1877,24$ мс² у девушек) (табл. 1, 2).

При этом отмечались высокие резервы оперативного приспособления (сумма мощности LF и HF в покое $19996,14 \pm 1516,46$ мс² у юношей и $16100,52 \pm 957,06$ мс² у девушек). Выполнение функциональной пробы сопровождалось адекватной реакцией и рациональным расходованием функциональных резервов (у юношей: мощность HF в ортопробе –

$2681,29 \pm 282,90$ мс², прирост LF/HF в ортопробе относительно покоя в 2,6 раза, K30/15 – $1,76 \pm 0,05$ усл. ед.; у девушек мощность HF в ортопробе – $2921,67 \pm 219,90$ мс², прирост LF/HF в ортопробе относительно покоя в 2,5 раза, K30/15 – $1,84 \pm 0,95$ усл. ед.) и отсутствием напряжения вегетативной регуляции ($LF/HF_{фон} * LF/HF_{орт} - 0,73 \pm 0,22$ усл. ед. у юношей и $0,57 \pm 0,12$ усл. ед. у девушек).

После прилета на тренировочное мероприятие динамика ФС спортсменов методом вариабельности сердечного ритма проводилась ежедневно.

Одновременно с этим активность центральных эрготропных и гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечного ритма (VLF) повышается в 1,5 раза. Вклад парасимпатического отдела ВНС в регуляцию функций снижается. Индекс вагосимпатического равновесия (LF/HF) составлял $0,96 \pm 0,22$ усл. ед. При выполнении ортопробы по-прежнему отмечается адекватная реакция. При этом необходимо отметить, что стресс-индекс (SI), отражающий степень напряжения регуляторных систем, у юношей остался в пределах нормативных значений. У тхэквондисток наблюдаются более выраженные изменения показателей ВСР после перелета в Японию.

Снижаются общие резервы регуляции (TP – $3530,79 \pm 364,31$ мс²) и резервы оперативного приспособления (сумма мощности LF и HF в покое ($1856,58 \pm 102,42$ мс²)). При этом активность центральных эрготропных и гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечного ритма (VLF) повышается в 2,6 раза. Индекс вагосимпатического равновесия (LF/HF) составлял $1,37 \pm 0,14$ усл. ед. Так же, как и у юношей, отмечается нерациональное расходование резервов при функциональной пробе (мощность HF в ортопробе – $78,43 \pm 9,14$ мс², прирост LF/HF в ортопробе относительно покоя в 9,3 раза, K 30/15 – $1,23 \pm 0,05$ усл. ед.) и появление напряжения вегетативной регуляции ($LF/HF_{фон} * LF/HF_{орт} - 14,63 \pm 1,93$ усл. ед.). При проведении ортопробы регистрируется сниженная реакция, что характеризует ухудшение функционального состояния организма, что, скорее всего, обусловлено вагусной недостаточностью. Данные изменения сопровождались повышением стресс-индекса (SI – $170,23$ усл. ед.), значения которого указывают на рост напряжения регуляторных систем.

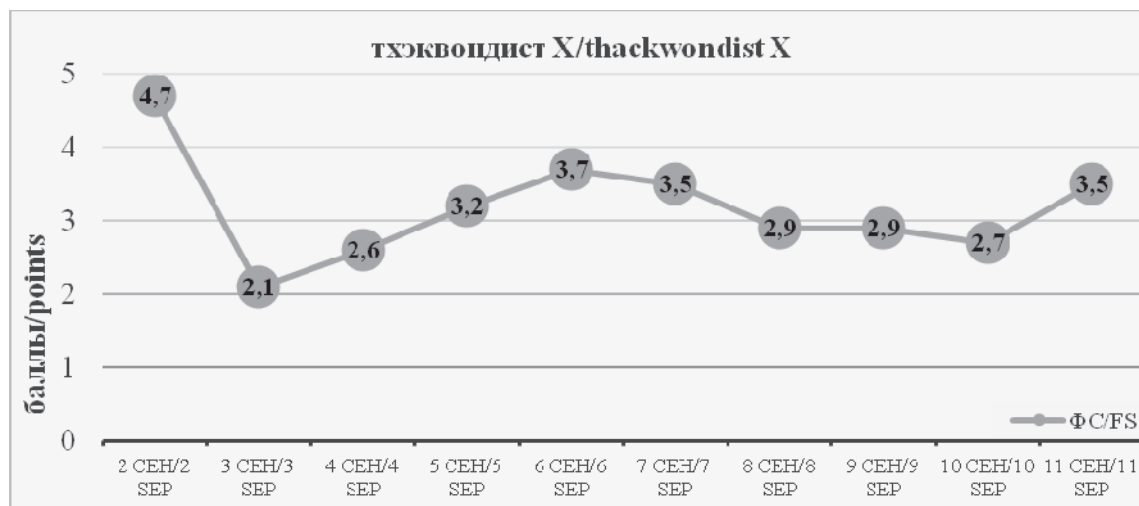
Таблица 1
Table 1Динамика показателей variability сердечного ритма спортсменов за период ТМ, М ± SE
Dynamics of heart rate variability in athletes during training sessions, M ± SE

Показатели / Indicator	2.09	03.09	04.09	05.09	06.09	07.09	08.09	09.09	10.09	11.09	
Фон Background	M	17,06	74,77	14,77	13,01	15,84	17,99	15,80	24,23	37,86	
	SE	2,10	31,39	2,16	1,93	4,03	8,33	2,71	6,93	23,73	
SI, усл. ед. АОП	M	53,57	153,30	79,54	91,47	86,44	87,90	91,72	120,91	73,46	
	SE	10,99	40,43	23,04	29,49	36,00	31,49	29,26	41,50	17,49	
Спектральный анализ, фоновая проба / Spectral analysis, background											
TP, мс ² / ms ²	M	20917,71	5506,43	7850,65	9792,28	8077,57	12032,86	11291,57	15931,29	17452,00	18347,85
	SE	3200,66	724,31	1899,44	2164,36	2171,18	1859,66	2185,46	2342,32	2402,54	2958,24
HF, мс ² / ms ²	M	13067,57	2065,43	3528,22	4937,00	3746,00	7168,86	6655,29	8208,29	9366,71	9916,14
	SE	2312,01	328,37	852,11	1256,12	1118,87	1180,81	1506,98	1430,31	1124,58	1815,14
LF, мс ² / ms ²	M	6928,57	1989,71	2953,43	2923,57	2575,71	2956,71	2539,14	5334,43	5702,43	5954,57
	SE	720,92	266,47	607,32	529,34	722,15	458,84	529,64	475,93	682,53	773,63
VLF, мс ² / ms ²	M	921,57	1451,29	1369,00	1931,71	1755,86	1907,29	2097,14	2188,57	2382,86	2477,14
	SE	167,73	129,47	440,01	378,90	330,16	220,01	148,84	436,08	595,43	369,47
LF/HF	M	0,53	0,96	0,84	0,59	0,69	0,41	0,32	0,37	0,61	0,60
	SE	0,07	0,22	0,21	0,24	0,29	0,10	0,15	0,19	0,17	0,20
Спектральный анализ, ортостатическая проба / Spectral analysis, orthostatic test											
TP, мс ² / ms ²	M	7164,14	2626,71	2602,85	2942,71	5342,00	7165,57	7183,57	7444,43	7808,58	7044,43
	SE	754,32	752,78	459,12	326,49	1022,38	819,88	605,33	729,53	787,28	324,16
HF, мс ² / ms ²	M	2681,29	147,43	165,57	1026,71	945,86	2162,00	2282,14	2960,43	3413,29	3308,43
	SE	282,90	29,14	34,19	97,08	279,07	160,38	106,91	350,00	221,56	111,44
LF, мс ² / ms ²	M	3678,29	1297,57	1702,57	1354,14	3489,00	3018,86	3460,29	3231,29	3756,00	3164,86
	SE	468,17	336,29	137,72	169,09	422,70	311,74	248,60	282,13	405,95	146,12
VLF, мс ² / ms ²	M	804,57	1181,71	734,71	561,86	907,14	1984,71	1441,14	1252,71	639,29	571,14
	SE	107,27	387,35	287,21	60,32	320,61	347,76	249,82	97,40	159,77	66,60
LF/HF	M	1,37	10,84	10,28	1,32	3,69	1,40	1,52	1,09	1,10	0,96
	SE	0,35	0,39	0,22	0,19	0,26	0,53	0,36	0,18	0,18	0,27
*LF/HF фон / background *LF/HF опр / orthostatic test	M	0,73	10,41	8,58	0,78	2,54	0,57	0,49	0,40	0,67	0,57
	SE	0,22	2,33	2,25	0,16	0,29	0,09	0,17	0,06	0,13	0,21
K _{30/15}	M	1,76	1,32	1,34	1,30	1,42	1,68	1,52	1,44	1,56	1,52
	SE	0,05	0,07	0,10	0,07	0,11	0,10	0,10	0,08	0,06	0,09
ОФС, баллов FS, points	M	4,31	2,49	2,64	2,94	2,80	3,27	3,07	3,13	2,89	3,19
	SE	0,12	0,28	0,13	0,27	0,27	0,32	0,21	0,17	0,19	0,24

Таблица 2
Table 2

Динамика показателей вариабельности сердечного ритма спортсменок за период ТМ, М ± SE
Dynamics of heart rate variability in female athletes during training sessions, M ± SE

Показатели / Indicator	2.09	03.09	04.09	05.09	06.09	07.09	08.09	09.09	10.09	11.09
Фон Background	M	24,31	170,23	156,29	101,32	86,22	65,73	53,93	63,42	124,23
	SE	2,10	37,21	29,17	10,97	7,14	10,39	11,74	11,52	36,93
СИ, усл. ед.	M	82,51	329,71	284,62	196,23	106,27	87,9	98,78	102,73	182,68
СИ, с. и.	SE	12,91	51,41	29,04	17,19	36,1	31,49	24,24	41,5	43,54
Спектральный анализ, фоновая проба / Spectral analysis, background										
TP, мс ² / ms ²	M	16738,74	3530,79	3035,05	10953,81	11756,81	12127,67	12173,76	12890,31	11288,85
	SE	1877,24	364,31	725,44	1434,21	1471,26	1265,66	1756,22	1673,56	1352,54
HF, мс ² / ms ²	M	10871,34	781,93	1034,33	6235,23	7191,75	7345,24	7398,78	7401,21	5016,62
	SE	1389,21	108,37	252,11	946,11	818,27	1029,78	1241,75	1217,86	816,58
LF, мс ² / ms ²	M	5229,18	1074,65	1379,27	3906,27	4309,33	4275,32	4153,64	4604,43	3689,37
	SE	524,92	96,46	227,46	619,14	813,29	617,89	613,56	339,17	418,59
VLF, мс ² / ms ²	M	638,22	1674,21	621,45	812,31	255,73	507,11	621,34	884,67	2582,86
	SE	109,73	187,32	240,01	99,20	73,70	120,78	102,84	336,08	395,38
LF/HF	M	0,48	1,37	1,33	0,63	0,60	0,58	0,56	0,62	0,74
	SE	0,06	0,14	0,18	0,14	0,09	0,13	0,10	0,19	0,11
Спектральный анализ, ортостатическая проба / Spectral analysis, orthostatic test										
TP, мс ² / ms ²	M	6897,85	1844,32	2687,29	4417,71	5060,19	5392,50	5768,82	5760,84	5008,46
	SE	598,37	354,63	258,14	418,23	789,38	619,21	725,21	659,11	721,32
HF, мс ² / ms ²	M	2921,67	78,43	146,72	1326,71	1563,86	1871,21	1971,33	1578,90	1213,17
	SE	219,90	9,14	24,09	47,28	165,23	160,38	94,12	224,60	183,22
LF, мс ² / ms ²	M	3437,29	834,72	1671,37	2529,14	2875,23	2913,12	3062,35	3229,23	2756,00
	SE	316,85	59,12	111,68	174,21	356,11	278,92	164,22	216,30	316,53
VLF, мс ² / ms ²	M	538,89	931,17	869,20	561,86	621,10	608,17	735,14	952,71	1039,29
	SE	97,82	179,54	156,21	53,14	320,61	47,76	79,82	92,10	112,51
LF/HF	M	1,18	10,64	11,39	1,91	1,84	1,56	1,55	2,05	2,27
	SE	0,21	0,27	0,17	0,26	0,12	0,33	0,21	0,15	0,12
LF/HF фон / background *LF/HF орт / orthostatic test	M	0,57	14,63	15,19	1,19	1,10	0,91	0,87	1,27	1,67
	SE	0,12	1,93	4,25	0,76	0,10	0,10	0,17	0,08	0,10
K _{30/15}	M	1,84	1,23	1,27	1,44	1,52	1,61	1,52	1,41	1,50
	SE	0,09	0,05	0,15	0,25	0,11	0,10	0,10	0,08	0,06
ОФС, баллов FS, points	M	4,72	2,07	2,95	3,28	3,36	3,42	3,48	3,24	2,73
	SE	0,09	0,28	0,11	0,31	0,18	0,17	0,22	0,15	0,17



Динамика функционального состояния по показателям ВСР у спортсмена X за период ТМ:
ФС – функциональное состояние тхэквондиста
Dynamics of functional state in terms of HRV indicators in athlete X during training sessions:
FS – functional state of a taekwondo athlete

Комплексная оценка показателей ВСР выявила различную по длительности фазу острой адаптации и сниженной работоспособности у тхэквондистов (адаптационные изменения функционального состояния к пояснo-климатическим условиям Японии). Физиологические особенности женского организма обеспечили окончание этой фазы у девушек к третьему дню пребывания на ТМ. У юношей фаза острой адаптации завершается только к пятому дню пребывания на ТМ. В последующие дни ТМ наблюдалась фаза неполного восстановления работоспособности и сопровождалась волнообразным изменением функционального состояния спортсменов в диапазоне от «удовлетворительного» до «хорошего» у юношей и в диапазоне «хорошего» у девушек. При этом общей тенденцией (по сравнению с днем прилета) стало постепенное повышение общих резервов, колебание умеренной парасимпатикотонии и выраженной в покое и чередование недостаточной и нормальной реактивности парасимпатического отдела ВНС при ортопробе. Исключение составляет 8-й день пребывания на ТМ (10.09.2019 г.), в который функциональное состояние у всех спортсменов снижается до «удовлетворительного» и обусловлено длительным переездом к месту соревнований в г. Чива. Следует подчеркнуть, что все тхэквондисты к началу соревнований не смогли восстановить исходный уровень функционального состояния.

Полученные данные позволяют утверждать, что оценка ФС по средним показателям ВСР позволяет сделать только общие выводы и делает невозможным разработку индивидуальных рекомендаций по внесению корректив в тренировочную нагрузку. В сфере спорта высших достижений общие рекомендации недопустимы, поскольку не позволяют достигать высокой результативности тренировочного процесса.

Учитывая вышеизложенное, параллельно с анализом показателей ВСР по средним величинам нами проводилась индивидуальная оценка ФС для каждого из 14 спортсменов. Пример графического изображения динамики функционального состояния за период ТМ одного из тхэквондистов представлен на рисунке.

Предложенная нами оценка функционального состояния спортсменов экспресс-методом анализа variability сердечного ритма, выраженная в баллах, и возможность построения графического изображения позволила облегчить понимание тренерами команды индивидуальных показателей каждого спортсмена и изменение функционального состояния за период ТМ, что дало возможность вносить срочные коррективы в план тренировочного мероприятия индивидуально для каждого спортсмена.

Заклучение. Проведенное исследование позволило определить особенности адаптации высококвалифицированных спортсменов

к временным и климатическим условиям Японии. Установлено, что адаптационные изменения функционального состояния происходят быстрее у тхэквондисток. Острая фаза адаптации к новым условиям завершается у них на третий день тренировочного мероприятия, в отличие от юношей, у которых данная фаза протекает на два дня дольше. Определено, что к началу соревнований, через 10 дней пребывания спортсменов в Японии, все тхэквондисты не смогли восстановить исходный уровень функционального состояния и работоспособности. Поэтому при планировании предсоревновательного микроцикла в ходе подготовки тхэквондистов к предстоящим Олимпийским играм в Токио рекомендуется увеличить его продолжительность минимум до 14 дней. Следует исключить длительный переезд от места проведения тренировочного мероприятия к месту соревнований, поскольку это приводит к снижению функционального состояния, работоспособности и срыву адаптации спортсменов. Также необходимо уделить особое внимание выбору мест для тренировок, оборудованных кондиционерами с подбором температур и движения воздуха, аналогичных условиям Российской Федерации. Более детально следует подойти к подбору рациона питания и потребления жидкости с целью ускорения процессов адаптации организма спортсменов к условиям жаркого и влажного климата.

Литература

1. Кудря, О.Н. Влияние физических нагрузок разной направленности на вариабельность ритма сердца у спортсменов / О.Н. Кудря // Бюл. сибирской медицины. – 2009. – Т. 8. – № 1. – С. 36–42. DOI: 10.20538/1682-0363-2009-1-36-42
2. Мельников, А.А. Ассоциации полиморфизмов *Alu I/D* гена ангиотензин превращающего фермента и *4b/a* гена синтазы оксида азота с вариабельностью сердечного ритма и центральной гемодинамикой у спортсменов-гребцов / А.А. Мельников, А.С. Бобылев, А.А. Кылосов // Физиология человека. – 2018. – Т. 44. – № 5. – С. 129–132. DOI: 10.1134/S0131164618050089
3. Поскотинова, Л.В. Показатели сердечно-сосудистой системы у мальчиков в возрасте 14–15 лет при краткосрочном обучении с биологической обратной связью для контроля общей вариабельности сердечного ритма после тренировки скоростно-силовых качеств: экспериментальное контролируемое исследование / Л.В. Поскотинова, О.В. Кривоногова, О.С. Заборский // Вопросы соврем. педиатрии. – 2019. – Т. 18. – № 3. – С. 167–174. DOI: 10.15690/vsp.v18i3.2033
4. Шлык, Н.И. Определение функциональной готовности бегунов-стайеров и средневикиков к ежедневным тренировочным нагрузкам в условиях среднегорья / Н.И. Шлык, А.Е. Алабужев, Ю.С. Николаев // Теория и практика физ. культуры. – 2018. – № 12. – С. 16.
5. Daily fatigue-recovery balance monitoring with heart rate variability in well-trained female cyclists on the Tour de France circuit / A. Barrero, F. Schnell, G. Carrault et al. / PLOS ONE. – 2019. – Vol. 14 (3): e0213472. DOI: 10.1371/journal.pone.0213472
6. Heart Rate Variability of College-level Athletes Exposed to Different Fatigue Protocols / J.T. Quezada, G. Hernandez, G. Sierra et al. // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2017. – Vol. 49. – P. 279–280. DOI: 10.1249/01.mss.0000517623.63895.b2
7. Heart rate variability, salivary cortisol and competitive state anxiety responses during pre-competition and pre-training moments / R.A. Souza, O.A.B. Beltran, D.M. Zapata et al. // Biology of Sport. – 2019. – Vol. 36 (1). – P. 39–46. DOI: 10.5114/biol sport.2018.78905
8. Heart-rate variability in elite synchronized swimmers / M. Solana-Tramunt, J. Morales, B. Buscà et al. // Sports Physiology and Performance. – 2019. – Vol. 14 (4). – P. 464–471. DOI: 10.1123/ijsp.2018-0538
9. Monitoring collegiate soccer players during a congested match schedule: Heart rate variability versus subjective wellness measures / A. Rabbani, M.K. Baseri, J. Reisi et al. // Physiology & Behavior. – 2018. – Vol. 194. – P. 527–531. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.07.001
10. Monitoring Training Load, Well-Being, Heart Rate Variability, and Competitive Performance of a Functional-Fitness Female Athlete: A Case Study / R.A. Tibana, N.M. Frade de Sousa, J. Prestes et al. // Sports. – 2019. – Vol. 7 (2). – P. 35. DOI: 10.3390/sports7020035

Мищенко Ирина Александровна, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой адаптивной физической культуры, физиологии и медико-биологических дисциплин, Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского. 398020, г. Липецк, ул. Ленина, д. 42. E-mail: mia-751@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6381-7523.

Волынская Елена Владимировна, кандидат педагогических наук, доцент, Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского. 398020, г. Липецк, ул. Ленина, д. 42. E-mail: vol.67@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0694-8324.

Коробова Софья Алексеевна, аспирант кафедры адаптивной физической культуры, физиологии и медико-биологических дисциплин, Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского. 398020, г. Липецк, ул. Ленина, д. 42. E-mail: korobovasofya@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9851-8913.

Поступила в редакцию 3 февраля 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210205

FUNCTIONAL STATE MONITORING IN TAEKWONDO ATHLETES BY MEANS OF HEART RATE VARIABILITY IN THE PRE-COMPETITION PERIOD

I.A. Mishchenko, mia-751@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6381-7523,

E.V. Volynskaya, vol.67@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0694-8324,

S.A. Korobova, korobovasofya@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9851-8913

Lipetsk State Pedagogical P. Semenov-Tyan-Shansky University, Lipetsk, Russian Federation

Aim. The paper aims to assess the functional state of highly skilled taekwondo athletes at a training event in Japan and, therefore, to determine the period of adaptation in athletes and their readiness for competitions in unusual climatic conditions. **Materials and methods.** The study involved 14 highly skilled taekwondo athletes. The assessment of functional state and its dynamics was carried out by means of heart rate variability data. The indicators of temporal and spectral analysis were used: SI, TP, HF, LF, VLF, ULF and 30:15. It was suggested to use the data on general regulation reserves (TP), operational adaptation reserves (LF + HF at rest), efficiency when performing the functional test (HF power in the orthostatic test, LF/HF growth in the orthostatic test compared to rest, 30:15) and the stress level of autonomic regulation ($LF/HF_{background} * LF/HF_{orthostatic}$). **Results.** It was revealed that the background functional state of athletes before flight to Japan was characterized by high general regulation reserves with the prevalence of HF spectrum activity, significant or moderate parasympathotonia, the absence of stress in regulation mechanisms and an adequate reaction to orthostasis. The unfavorable climatic conditions of Japan, as well as the long flight significantly worsen the functional state of taekwondo athletes, which result in the increased stress of regulation mechanisms, considerable sympatheticotonia and paradoxical response to orthostasis. **Conclusion.** Changing the training process in order to control heart rate variability indicators allowed to adapt successfully to unusual training conditions and to simulate training sessions for the upcoming Olympic Games.

Keywords: taekwondo athletes, functional state, heart rate variability, adaptation, pre-competition microcycle.

References

1. Kudrya O.N. [The Influence of the Different Direction Physical Tensions for Heart Rate Variability of the Sportsmen]. *Byulleten' sibirskoy meditsiny* [Bulletin of Siberian Medicine], 2009, vol. 8, no. 1, pp. 36–42. (in Russ.) DOI: 10.20538/1682-0363-2009-1-36-42

2. Mel'nikov A.A., Bobilev A.S., Kylosov A.A. [Associations of Alu I/D Polymorphisms of the Angiotensin Converting Enzyme Gene and 4b/a Polymorphisms of the Nitric Oxide Synthase Gene with Heart Rate Variability and Cardiovascular Hemodynamics in Rowing]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2018, vol. 44, no. 5, pp. 129–132. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0131164618050089
3. Poskotinova L.V., Krivonogova O.V., Zaborskiy O.S. [Indicators of a Cardiovascular System at 14–15 Years Old Boys at Short-term Biofeedback Training for Controlling of General Heart Rate Variability after Speed and Power Training: Experimental Controlled Study]. *Voprosy sovremennoy pediatrii* [Current Pediatrics], 2019, vol. 18, no. 3, pp. 167–174. (in Russ.) DOI: 10.15690/vsp.v18i3.2033
4. Shlyk N.I., Alabuzhev A.E., Nikolaev Ju.S. [Middle- / Long-Distance Runners' Functionality Test in Daily Middle Altitude Trainings]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2018, no. 12, p. 16. (in Russ.)
5. Barrero A., Schnell F., Carrault G. et al. Daily Fatigue-Recovery Balance Monitoring with Heart Rate Variability in Well-Trained Female Cyclists on the Tour de France Circuit. *PLOS ONE*, 2019, vol. 14 (3), e0213472. DOI: 10.1371/journal.pone.0213472
6. Quezada J.T., Hernandez G., Sierra G. et al. Heart Rate Variability of College-level Athletes Exposed to Different Fatigue Protocols. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2017, vol. 49 (5s), pp. 279–280. DOI: 10.1249/01.mss.0000517623.63895.b2
7. Souza R.A., Beltran O.A.B, Zapata D.M. et al. Heart Rate Variability, Salivary Cortisol and Competitive State Anxiety Responses During Pre-Competition and Pre-Training Moments. *Biology of Sport*, 2019, vol. 36 (1), pp. 39–46. DOI: 10.5114/biolsport.2018.78905
8. Solana-Tramunt M., Morales J., Buscà B. et al. Heart-Rate Variability in Elite Synchronized Swimmers. *Sports Physiology and Performance*, 2019, vol. 14 (4), pp. 464–471. DOI: 10.1123/ijsp.2018-0538
9. Rabbani A., Baseri MK., Reisi J. et al. Monitoring Collegiate Soccer Players During a Congested Match Schedule: Heart Rate Variability Versus Subjective Wellness Measures. *Physiology & Behavior*, 2018, vol. 194, pp. 527–531. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.07.001
10. Tibana R.A., Frade de Sousa N.M., Prestes J. et al. Monitoring Training Load, Well-Being, Heart Rate Variability, and Competitive Performance of a Functional-Fitness Female Athlete: A Case Study. *Sports*, 2019, vol. 7 (2), p. 35. DOI: 10.3390/sports7020035

Received 3 February 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Мищенко, И.А. Мониторинг функционального состояния тхэквондистов по показателям variability сердечного ритма в предсоревновательном микроцикле / И.А. Мищенко, Е.В. Волынская, С.А. Коробова // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 42–50. DOI: 10.14529/hsm210205

FOR CITATION

Mishchenko I.A., Volynskaya E.V., Korobova S.A. Functional State Monitoring in Taekwondo Athletes by Means of Heart Rate Variability in the Pre-Competition Period. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 2, pp. 42–50. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210205