

УДК 796.856.2

Контроль эффективности соревновательной деятельности тхэквондистов высокой квалификации с использованием физиологических маркеров

Мельников Дмитрий Сергеевич, кандидат биологических наук, доцент
Селиверстова Валентина Викторовна, кандидат биологических наук, доцент
Щедрина Юлия Александровна, доктор биологических наук, доцент
Павленко Антон Валерьевич, кандидат педагогических наук, доцент

Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья им. П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург

Аннотация. В статье представлено исследование по изучению функционального состояния регуляторных систем организма высококвалифицированных тхэквондистов с целью определения оптимального уровня нагрузок для конкретного спортсмена и прогноза успешности его соревновательной деятельности. Выявлена обратная квадратичная зависимость между количеством и качеством выступлений и влиянием быстрых-дыхательных волн на ритм сердца, определена прямая зависимость возраста и напряжения систем регуляции.

Ключевые слова: тхэквондо, вариабельность сердечного ритма, функциональное состояние спортсмена, физиология спорта.

Monitoring the effectiveness of competitive activities of highly qualified taekwondo athletes using physiological markers

Melnikov Dmitry Sergeevich, candidate of biological sciences, associate professor
Seliverstova Valentina Viktorovna, candidate of biological sciences, associate professor
Shchedrina Yuliya Alexandrovna, doctor of biological sciences, associate professor
Pavlenko Anton, candidate of pedagogical sciences, associate professor

Psagft National State University of Physical Culture, Sports and Health, St. Petersburg

Abstract. The article presents a study on the functional state of the regulatory systems of highly skilled taekwondo athletes in order to determine the optimal level of loads for a specific athlete and predict the success of their competitive performance. An inverse quadratic relationship between the quantity and quality of performances and the influence of rapid respiratory waves on heart rhythm has been identified, and a direct relationship between age and regulatory system tension has been determined.

Keywords: taekwondo, heart rate variability, athlete's functional state, sports physiology.

ВВЕДЕНИЕ. Соревновательная деятельность тхэквондистов высокой квалификации связана с энергозатратами, обусловленными рядом факторов, среди которых:

- высокая концентрация (плотность) технико-тактических действий за временной отрезок в условиях поединков;
- повышение требований к скоростно-силовым характеристикам технико-тактических действий в поединках;
- минимальное время простоев и бесконтактных перемещений в процессе поединка, регламентируемое последними изменениями правил соревнований;
- постоянная нагрузка на сенсорные системы и анализ поступающей информации в моменты взаимодействия с соперником.

Отмеченные факторы влияют на специфику и объем энергетических затрат организма, определяют модель функциональной подготовленности, а, следовательно, и направленность тренировочного процесса высококвалифицированных тхэквондистов в том или ином цикле. Необходимо отметить, что в региональных сборных командах по тхэквондо тренировочный процесс, ориентированный на достижение необходимого уровня интегральной подготовленности спортсменов к ос-

новным соревнованиям, в большинстве случаев строится без учета текущего функционального состояния систем регуляции их организма. Соответственно, понимание тренерским составом текущего функционального состояния регуляционных систем организма позволит, с одной стороны, определить оптимальный уровень нагрузок для конкретного спортсмена, с другой – прогнозировать успешность его соревновательной деятельности [1, 2]. Отмеченное выше и определяет актуальность настоящего исследования.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ. В исследовании приняли участие 36 спортсменов-тхэквондистов в возрасте 14–24 лет – МСМК, МС, КМС. Спортсмены в течение соревновательного периода участвовали в таких соревнованиях, как: Первенство России среди юниоров, Всероссийские соревнования, Кубок России, Кубок Президента СТР, чемпионат г. Санкт-Петербурга и др. В общей сложности каждый атлет участвовал в 4–5 соревнованиях за период с 09.01.2023 года по 12.09.23. – примерно 1–2 соревнования каждые 2 месяца. Эффективность соревновательной деятельности каждого атлета определялась в баллах по сумме занятых мест: 1 балл – пятое место, 2 балла – четвертое место, 3 балла – третье место, 4 балла – второе место, 5 баллов – первое место. Функциональное состояние систем регуляции исследовали по данным статистических и спектральных характеристик variability сердечного ритма (BCP) с использованием аппаратно-программного комплекса «Варикард 2.52» в течение 5 минут в положении сидя. Преобладающий тип вегетативной регуляции определялся по данным анализа BCP, согласно предложенной классификации Н.И. Шлык [3]. Статистический анализ данных проводился с использованием компьютерной программы «JASP», разработанной командой JASP (2020), версия 0.18.3.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Функциональное состояние систем регуляции спортсменов в целом соответствует умеренному преобладанию автономного контура регуляции. Высокий уровень мобилизующего потенциала и симпатических влияний. Высокочастотные волны отражают активность систем, восстанавливающих энергетический потенциал и соответствуют высокому уровню.

Показатели BCP: SDNN в среднем $58,00 \pm 23,40$ мс, что соответствует балансу симпатических и парасимпатических влияний. Вариационный размах (MxDMn) отражает степень вариативности значений кардиоинтервалов: $265,36 \pm 112,21$ – в среднем, соответствует умеренному преобладанию автономного контура регуляции – III-тип регуляции, согласно классификации Шлык Н.И. Стресс индекс – индекс напряжения (ИН) $107,25 \pm 93,41$ у.е. - условная норма (табл. 1). Показатель активности регуляторных систем (ПАРС) $3,89 \pm 1,35$ – соответствует переходному состоянию регуляторных систем: физиологической нормы и донологического – повышения напряжения систем [3].

Таблица 1 – Показатели BCP, n=36

	SDNN	MxDMn	Amo	ИН Stress Index	ПАРС PARS
M	58.000	265.361	36.639	107.250	3.889
m	3.901	18.702	2.303	15.568	0.225
S	23.403	112.210	13.820	93.408	1.348

Результаты спектрального анализа. Суммарная мощность периодических компонентов сердечного ритма (TP) характеризует адаптационные возможности организма и активацию системы регуляции. TP позволяет судить о степени активации звеньев регуляторного механизма, [4]. В среднем, TP ($5978,64 \pm 4813,67 \text{ мс}^2$) соответствует состоянию избыточного реагирования – состоянию гиперэргии, которое требует восстановления расхода энергии (табл. 2).

Таблица 2 – Спектральные показатели ВСР, n=36

	TP	VLF	LF	HF	LF/HF
M	5978.639	1484.917	1861.444	2632.306	0.919
m	802.277	284.674	234.348	479.317	0.085
S	4813.665	1708.042	1406.087	2875.903	0.509

VLF - $1484,92 \pm 1708,04 \text{ мс}^2$ - высокий уровень гормональной модуляции регуляторных механизмов, что соответствует существенно выраженному преобладанию автономного контура регуляции (IV-тип регуляции). VLF характеризует влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр и может использоваться как надежный маркер степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, включая гипофизарно-гипоталамический и корковый уровни [4]. LF - $1861,44 \pm 1708,04 \text{ мс}^2$ - высокий уровень мобилизующего потенциала и симпатических влияний. HF - диапазон отражает активность рефлекторных систем регуляции, восстанавливающих энергетический потенциал органов и систем - $2632,31 \pm 2875,9 \text{ мс}^2$, что соответствует высокому уровню восстановительного потенциала. HF составляет $55,39 \pm 13,28\%$ от общего компонента спектра (TP) – преобладание парасимпатических влияний, что подтверждает отношение LF/HF – $0,92 \pm 0,5$.

Регрессионный анализ позволяет установить зависимость между изучаемыми величинами. Определена достоверная ($P < 0,05$) устойчивая регрессия. Установлена зависимость между эффективностью соревновательной деятельности и показателями ВСР. Прямая линейная взаимосвязь с SDNN – увеличение стандартного отклонения RR-интервалов указывает на увеличение парасимпатических влияний на ритм сердца и усиление автономной регуляции при повышении результативности. Обратная зависимость с показателем вариационного размаха - MxDMп, отражающего степень вариативности кардиоинтервалов, увеличение которого указывает на преобладание автономного контура регуляции при снижении эффективности. Обратная квадратичная зависимость показателя HF – высокочастотной составляющей спектральных характеристик ВСР, указывает на то, что эффективность соревновательной деятельности обратно пропорциональна квадрату высокочастотных волн, связанных с парасимпатическими влияниями. Таким образом, с увеличением результативности при частом выступлении снижается активность парасимпатического отдела и восстановительный потенциал спортсмена. Обратная зависимость с показателем активности регуляторных систем – ПАРС может указывать на донозологические, преморбидные состояния и срыв адаптации при частом и результативном выступлении. Прямая взаимосвязь с АМо – амплитуда моды – указывает на напряжение регуляторных механизмов: при увеличении результативности соревновательной деятельности растет степень напряжения.

Таким образом, результаты регрессионного анализа можно представить в виде уравнения прямой регрессии:

$$\text{Эффектив.} = -19,75 + 0,69SDNN - 0,07MxDMn - 8,56HF^2 - 2,44ПАРС + 0,44АМо$$

Коэффициенты показателей уравнения регрессии показывают силу и характер влияния независимых переменных на эффективность соревновательной деятельности и характеризуют степень значимости отдельных переменных (табл. 3). Наибольшие величины коэффициентов значения парасимпатического влияния (HF) и показателя активности регуляторных систем — ПАРС. То есть результативность спортсмена связана с восстановительным потенциалом систем регуляции.

Таблица 3 – Результаты регрессионного анализа – зависимость эффективности соревновательной деятельности от показателей ВСР у спортсменов-тхэквондистов, n = 36

Регрессоры regressor	Коэффициент coefficient	St. Error	t	p
SDNN	0,6869	0,2099	3,27	0,003
MxDMn	-0,0675	0,0285	-2,37	0,025
HF ²	-8,56e-08	3,21e-08	-2,67	0,012
ПАРС PARS	-2,4391	0,9382	-2,60	0,014
АМо	0,4387	0,1561	2,81	0,009

Следует отметить, что была выявлена зависимость значений ВСР и возраста атлетов: с увеличением возраста растет степень напряжения систем (зависимость со значением АМо), а также преобладает автономный контур регуляции – прямая зависимость с MxDMn (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты регрессионного анализа – зависимость возраста от показателей ВСР у спортсменов-тхэквондистов, n = 36

Регрессоры regressor	Коэффициент coefficient	St. Error	t	p
MxDMn	0,0189	0,0055	3,47	0,008
АМо	0,0995	0,0443	2,24	0,009

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Таким образом, исследование функционального состояния регуляторных систем показало умеренное напряжение и преобладание автономного контура регуляции. Активность систем соответствует переходному состоянию физиологической нормы и донозологического, а высокий уровень гормональной модуляции – состоянию избыточного реагирования и высокому уровню мобилизующего потенциала.

Данные регрессионного анализа показали, что при результативном и частом выступлении тхэквондистов в большей степени снижается влияние быстрых дыхательных волн на ритм сердца, что приводит к уменьшению восстановительного потенциала, риску возникновения донозологических, преморбидных состояний и перетренированности, что, в свою очередь, может вызвать срыв адаптации. С возрастом увеличивается напряжение систем. Данный результат свидетельствует о важности восстановительных мероприятий в тренировочном процессе тхэквондистов и учёте возрастных особенностей. В целом, полученные данные позволяют ре-

комендовать тренерскому составу использовать показатели variability сердечного ритма в качестве одного из маркеров контроля и коррекции тренировочного процесса в циклах подготовки высококвалифицированных тхэквондистов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мухачева О. Ф., Павленко А. В., Туманов М. В. Индекс результативности спортсмена как комплексный предиктор готовности к соревновательной деятельности // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2017. № 12 (154). С. 189–194.

2. Bridge C. A. [et al.]. Physical and physiological profiles of taekwondo athletes // Sports Medicine. 2014. V. 44. С. 713–733.

3. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2009. 259 с.

4. Методы и приборы космической кардиологии на борту Международной космической станции. Москва : ТЕХНОСПHERE, 2016. 368 с.

REFERENCES

1. Mukhacheva O. F., Pavlenko A. V., Tumanov M. V. (2017), "Index of performance of athlete as a complex predictor of readiness to competitive activity", *Scientific notes of the University named after. P.F. Lesgaft*, N 12 (154), pp. 189–194.

2. Bridge C. A. [et al.] (2014), "Physical and physiological profiles of taekwondo athletes", *Sports Medicine*, V. 44, pp. 713–733.

3. Shlyk N. I. (2009), "Heart rate and type of regulation in children, teenagers and athletes", Izhevsk, Izd-vo "Udmurt University", 259 p.

4. (2016), "Methods and instruments of space cardiology on board the International Space Station", Moscow, TECHNOSPHERE, 368 p.

Информация об авторах:

Д.С. Мельников, заведующий кафедрой физиологии, d.s.mel@mail.ru orcid: 0000-0001-7287-2201

В.В. Селиверстова, доцент кафедры физиологии, valense@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-7820-608X>

Ю.А. Щедрин, профессор кафедры физиологии, p_j_a@mail.ru ORCID: 0000-0001-5267-1314

А.В. Павленко, заведующий кафедрой теории и методики тхэквондо и спортивно-боевых единоборств, box74-pavlenko@yandex.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 25.04.2024.

Принята к публикации 24.05.2024.