

Т.М. Брук¹, Ф.Б. Литвин¹, П.А. Терехов¹, О.А. Толстой²

Особенности функционального состояния и специальной работоспособности высококвалифицированных спортсменов с учетом типа вегетативной регуляции сердечного ритма

¹Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Смоленск

²Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Представлены результаты исследования скоростных, скоростно-силовых способностей и специальной анаэробной выносливости у высококвалифицированных легкоатлетов-многоборцев (мужчин и женщин). Установлено, что показатели физической работоспособности зависят от типа вегетативной регуляции сердечного ритма. У многоборцев (мужчин и женщин) одного уровня мастерства с умеренным доминированием центральных механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма скоростно-силовые показатели достоверно выше. В частности, мужчины-многоборцы с умеренным доминированием центральной регуляции сердечного ритма (I тип) при работе в анаэробном режиме развивают более высокую скорость, которая на 4,1% статистически достоверно выше по сравнению со спортсменами с умеренным доминированием автономного механизма регуляции сердечного ритма (III тип). При этом время достижения частоты вращения педалей велоэргометра, равной 70% от максимальной величины, у них на 3% достоверно ($p < 0,05$) меньше. У женщин-многоборцев с I типом регуляции сердечного ритма показатели абсолютной, средней и относительной мощности достоверно ($p < 0,05$) выше на 1,6; 2,6 и 8,9%. При увеличении продолжительности анаэробной работы показатели специальной выносливости достоверно выше у многоборцев с умеренным доминированием автономного механизма регуляции. Так, у мужчин показатель общей мощности работы выше на 4,2%, а показатели максимальной, средней и относительной мощности на 2,4; 2,9 и 1,9% соответственно ($p < 0,05$). У женщин-многоборцев с III типом регуляции сердечного ритма эти же показатели достоверно выше на 3,2; 4,2; 4,1 и 3,6% соответственно ($p < 0,05$).

Ключевые слова: тип регуляции сердечного ритма, вариабельность сердечного ритма, физическая нагрузка, высококвалифицированные многоборцы, сила, скорость, выносливость, анаэробная работа.

Введение. Неуклонно возрастающий уровень спортивных достижений в соревновательной деятельности легкоатлетов-многоборцев, сопряженный с использованием функциональных резервов организма и выходом на границы адаптационного потенциала, требует постоянного контроля за состоянием организма как в соревновательной деятельности, так и в восстановительном периоде. Научно обоснованная методика подготовки спортсменов выступает важнейшим условием повышения уровня физической и функциональной подготовленности и непосредственно влияет на результаты их выступлений на соревнованиях различного масштаба [3, 6]. Набор дисциплин, входящих в летнее десятиборье у мужчин и семиборье у женщин, требует наличия максимальных скоростных (100 м), скоростно-силовых качеств (прыжок в длину с разбега; прыжок в высоту с разбега и с шестом; метание диска и копья; толкание ядра), специальной выносливости (бег 400 м; бег 110 м с барьерами; бег 1500 м). В этой связи требуется знание индивидуальных функциональных особенностей, обеспечивающих высокую работоспособность и успешность выступления на соревнованиях по отдельным видам спорта [4, 7]. Однако научно необоснованное построение тренировочного процесса в годичном ци-

кле подготовки без учета генетически обусловленных и фенотипически приобретенных индивидуальных морфофункциональных особенностей конкретных спортсменов не позволяет многим атлетам реализовать в соревновательной деятельности возможности организма, способствующие достижению максимального спортивного результата [1, 5, 9]. Актуальным является знание состояния регуляторных механизмов, в частности, вегетативной регуляции органов и систем организма, что позволяет получить методика оценки вегетативной регуляции сердечного ритма. Работами последних лет показано, что функциональные возможности спортсменов, адаптационный потенциал и уровень профессионального мастерства в значительной мере определяются типом вегетативной регуляции сердечного ритма. Ряд авторов [2, 8, 10] выделяют четыре типа вегетативной регуляции сердечного ритма: I и II типы регуляции с умеренным и выраженным (соответственно) доминированием центрального механизма регуляции и III, IV типы регуляции с доминированием автономного механизма регуляции. Потенциально высокими возможностями обладают спортсмены с умеренно автономным механизмом регуляции. Однако в зависимости от этапа годичного тренировочного цикла, вида спорта высокие функцио-

нальные возможности показывают спортсмены с I и IV типами регуляции сердечного ритма. В частности, на соревновательном этапе спортсмены с IV типом обладают суперадаптивными возможностями, как правило, в аэробных видах спорта. Спортсмены с I типом регуляции демонстрируют максимально высокие функциональные возможности в анаэробных видах спорта на предсоревновательном и соревновательном этапах годового цикла.

Цель исследования. Проанализировать анаэробные возможности у высококвалифицированных многоборцев (мужчин и женщин) на соревновательном этапе годового цикла в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма.

Материалы и методы. В исследовании участвовало 29 высококвалифицированных многоборцев (мастера спорта и мастера спорта международного класса), из них 18 мужчин и 11 женщин. Предварительно в ходе пилотного исследования определены типы вегетативной регуляции сердечного ритма с помощью аппарата «Варикард 2.51» общества с ограниченной ответственностью «Институт внедрения новых медицинских технологий Рамена» (г. Рязань) по методике Н.И. Шлык [10]. Среди обследованных многоборцев оказались представители с умеренным преобладанием центрального (I тип) и умеренным преобладанием автономного механизма регуляции (III тип) сердечного ритма. Для определения специальной работоспособности использовали модернизированную велоэргометрическую методику. Технологическое совершенствование методики заключалось во внесении изменений в конструкцию велоэргометра «ErgoMedic 894E Peak Bike» фирмы «Monark Exercise AB» (Швеция). Так, для повышения точности определения изучаемых показателей в колесе велоэргометра проделаны четыре дополнительных отверстия. Напротив них установлен

оптический датчик, сигнал с которого подается на аналоговый цифровой преобразователь (частота обработки сигнала 22050 Гц) и далее в персональный компьютер. Частота срабатывания датчика составляет 14,85 раза за один оборот педалей велоэргометра. Конструкция велоэргометра позволяла точно поддерживать величину механической нагрузки на протяжении всей работы и во всем диапазоне скоростей. Таким образом, с высокой точностью определялась частота вращения педалей и ее колебания, а также мощность выполняемой работы (ошибка измерения не превышала 0,1%). Предлагаемая методика включает проведение серии нагрузочных проб:

– 6-секундная проба (1 и 2 проба, нагрузка 2 и 7% от массы тела) – кратковременные анаэробные пробы, достаточные, чтобы в полной мере отразить вклад алактатного источника энергии и оценить скоростные и скоростно-силовые способности;

– 15-секундная проба (нагрузка 5% от массы тела) – промежуточный анаэробный тест, отражающий параметры анаэробной мощности.

Согласно анализу научно-методической литературы, данная велоэргометрическая методика отличается новизной и не использовалась для оценки специальной работоспособности легкоатлетов.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что учет типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма позволяет избежать системной ошибки и искажения самих результатов, когда показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР) у испытуемых с разными типами регуляции усредняются. Подтверждением служит наличие статистически достоверных различий по исследованным показателям у многоборцев с I и III типами регуляции сердечного ритма независимо от половой принадлежности (табл. 1). Показано, что при одинаковом уровне мастерства мужчины-многоборцы с I типом

Таблица 1

Показатели вариационной пульсометрии у легкоатлетов-многоборцев в зависимости от типа регуляции сердечного ритма

Показатель	Женщины		Мужчины	
	I тип	III тип	I тип	III тип
ЧСС, уд/мин	66,1±1,56	60,2±0,72**	65,6±1,94	54,6±1,6*
SDNN, мс	63,11±2,81	76,42±3,74**	52,1±2,15	73,1±3,18*
АМо, %	22,84±1,98	17,97±1,23**	41,1±1,6	22,6±0,86*
SI, у. е.	152,2±6,02	30,2±1,78**	140,3±4,71	31,3±1,56*
TP, мс ²	4302±229	5623±135**	3085±184	5001±109*
HF, мс	825±111	1302±139**	842±100	1670±105*
LF, мс	1830±146	1290±119**	1953±131	1353±135*
VLF, мс	456±81	1288±146**	192±25	1011±140*
LF/HF, у. е.	2,77±0,25	1,16±0,13**	2,95±0,39	1,42±0,16*

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений; SDNN – среднее квадратическое отклонение; АМо – количество кардиоинтервалов; SI – индекс напряжения (стресс-индекс); TP – суммарная мощность спектра во всех диапазонах; HF – спектральная мощность высокочастотных волн; LF – спектральная мощность низкочастотных волн; VLF – спектральная мощность очень низкочастотных волн; LF/HF – симпатико-парасимпатический баланс (индекс вагосимпатического взаимодействия); * – различия по показателям у мужчин-многоборцев; ** – у женщин-многоборцев, p<0,05.

регуляции сердечного ритма при работе в анаэробном режиме развивают более высокую скорость, которая на 4,1% достоверно ($p < 0,05$) выше по сравнению со спортсменами с III типом регуляции. При этом время достижения частоты вращений педалей велоэргометра, равной 70% от максимальной величины, у них на 3% достоверно ($p < 0,05$) меньше.

Полагаем, что высокий уровень работоспособности у многоборцев с I типом регуляции сердечного ритма обусловлен повышенной готовностью стресс-реализующей системы к противодействию физической нагрузке. В пользу данного предположения свидетельствует высокая активность симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС), что подтверждают статистически высокие показатели ВСП. В частности, у многоборцев с I типом регуляции сердечного ритма показатель АМо на 82% достоверно выше, LF – на 44%, LF/HF – на 108% ($p < 0,05$). В то же время VLF на 427% достоверно ниже, что свидетельствует о высокой напряженности регуляторных систем с формированием энергодефицитного состояния организма. Из этого следует, что SI у спортсменов с I типом регуляции сердечного ритма на 348% выше по сравнению с многоборцами с III типом регуляции ($p < 0,05$). У многоборцев с III типом регуляции сердечного ритма HF достоверно выше на 98%, SDNN повышается на 40%, TP увеличивается на 62%. Увеличение у них продолжительности работы в анаэробном режиме активизирует работу корково-подкорковых центров, о чем свидетельствует скачкообразный рост в 5,3 раза спектральной мощности VLF-колебаний.

Сходная динамика анаэробной работоспособности в зависимости от типа ВСП отмечена во второй 6-секундной пробе по определению скоростно-силовых способностей. У многоборцев с I типом регуляции сердечного ритма максимальная частота движений на 2,5% достоверно выше по сравнению с III типом. При выполнении второй 6-секундной пробы атлеты на 0,038 с быстрее достигают частоты вращения педалей велоэргометра, равной 70% от максимальной, развивая при этом на 2,5% больше абсолютную и на 4,5% относительную мощность работы ($p < 0,05$). Градиент прироста мощности во время первого вращения педалей велоэргометра оказался на 12,9% выше у испытуемых с III типом регуляции сердечного ритма ($p < 0,05$). Увеличение продолжительности работы в анаэробном режиме до 15 с вносит изменения в реализацию функциональных возможностей многоборцев с разными типами регуляции сердечного ритма. Так, показатели специальной выносливости у атлетов с III типом регуляции сердечного ритма становятся выше по сравнению с многоборцами с I типом регуляции. У легкоатлетов с III типом регуляции сердечного ритма показатель суммарного объема работы достоверно выше на 4,2% (табл. 2).

Достоверные различия между многоборцами с разными типами регуляции сердечного ритма установлены и по показателям абсолютной, средней и относительной мощности (2,4, 2,9 и 1,9% соответственно), $p < 0,05$. В результате у спортсменов с III типом регуляции сердечного ритма показатель выносливости достоверно ($p < 0,05$) повышается на 1,2%.

Таблица 2

Показатели анаэробной работоспособности у мужчин-многоборцев с разными типами вегетативной регуляции сердечного ритма, $M \pm m$

Показатель	Тип вегетативной регуляции сердечного ритма		p<
	I, n=8	III, n=10	
Первая 6-секундная проба			
F max, об/мин	206,60±1,35	198,39±1,7	0,05
t 70%, с	1,790±0,005	1,844±0,003	0,05
Вторая 6-секундная проба			
F max, об/мин	168,01±1,03	163,88±1,2	0,05
t 70%, с	1,958±0,025	1,996±0,03	0,05
N max, Вт	1002,3±5,45	977,95±5,6	0,05
Not, Вт/кг	13,04±0,04	12,48±0,06	0,05
J, Вт/с	386,75±3,12	342,48±3,9	0,05
15-секундная проба			
A, Дж	10590,44±20,15	10732,80±22,05	0,05
N max, Вт	808,62±3,5	827,7±3,65	0,05
N ср., Вт	726,79±5,43	748,22±5,57	0,05
Not, Вт/кг	8,59±0,02	8,75±0,04	0,05
KB	0,946±0,003	0,957±0,008	0,05

Примечание: F max – максимальная частота вращения педалей велоэргометра; t 70% – время достижения частоты вращения педалей велоэргометра, равное 70% от максимально возможной; N max – абсолютная мощность работы; Not – относительная мощность работы; N ср. – средняя мощность работы; KB – коэффициент выносливости.

Показатели анаэробной работоспособности у женщин-многоборцев с разными типами вегетативной регуляции сердечного ритма, $M \pm m$

Показатель	Тип вегетативной регуляции сердечного ритма		p<
	I, n=5	III, n=6	
Первая 6-секундная проба			
F max, об/мин	164,42±1,24	161,85±1,12	0,05
t 70%, с	1,918±0,005	1,968±0,003	0,05
Вторая 6-секундная проба			
F max, об/мин	137,10±1,02	133,95±1,60	0,05
t 70%, с	2,193±0,007	2,257±0,009	0,05
N max, Вт	653,87±4,12	631,22±5,40	0,05
Not, Вт/кг	10,52±0,02	10,21±0,03	0,05
J, Вт/с	342,77±5,45	314,62±6,43	0,05
15-секундная проба			
A, Дж	6590,95±24,50	6798,75±27,55	0,05
N max, Вт	514,97±5,45	536,84±7,54	0,05
N ср., Вт	438,57±4,50	456,63±4,64	0,05
Not, Вт/кг	7,15±0,04	7,41±0,03	0,05
KB	0,944±0,003	0,965±0,005	0,05

Рост анаэробной выносливости у спортсменов с III типом кардиорегуляции, по-видимому, связан с усилением активности парасимпатического отдела ВНС и активизацией высших корково-подкорковых центров.

Выявлено, что скоростные показатели у высококвалифицированных женщин-многоборцев с I типом регуляции сердечного ритма по сравнению с III типом статистически более высокие (табл. 3).

Женщины-многоборцы с I типом регуляции сердечного ритма показывают достоверно ($p < 0,05$) большую скорость вращения педалей велоэргометра, при сокращении времени достижения частоты вращений, равной 70% от максимального значения. Как и у мужчин, во второй 6-секундной пробе лучшие показатели демонстрируют женщины-многоборцы с I типом регуляции сердечного ритма. Напротив, при выполнении 15-секундной пробы общий объем работы, максимальная, средняя и относительная мощность достоверно выше у женщин-многоборцев с III типом вегетативной регуляции сердечного ритма. Показано, что при достоверно низких исследуемых показателях в каждой из трех проб у женщин-многоборцев, по сравнению с мужчинами, различия по показателям в зависимости от типов регуляции сердечного ритма примерно одинаковые и не достигают статистически значимого уровня. Следовательно, при одинаковом уровне мастерства, идентичных по направленности физических нагрузках и независимо от пола показатели скоростно-силовой работы и анаэробной выносливости в значительной мере зависят от типа вегетативной регуляции сердечного ритма.

Заключение. Несмотря на одинаковый уровень мастерства, у женщин и мужчин-многоборцев на-

блюдаются статистически достоверные различия между показателями скоростной, скоростно-силовой подготовленности и специальной анаэробной выносливости. У многоборцев с преобладанием центрального механизма регуляции успешное выполнение функционально-нагрузочных проб скоростной и скоростно-силовой направленности обеспечивается за счет усиления симпатического отдела ВНС, а в случае преобладания автономного механизма регуляции лучшие результаты в выполнении проб специальной анаэробной мощности показывают многоборцы с усилением парасимпатического отдела ВНС и корково-подкорковых центров.

Таким образом, при построении тренировочного процесса, а также в соревновательный период легкоатлетов-многоборцев необходимо учитывать особенности физиологических механизмов регуляции сердечного ритма.

Литература

1. Акмеев, А.С. Планирование и классификация интенсивности тренировочных нагрузок высококвалифицированных бегунов на средние и длинные дистанции / А.С. Акмеев // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2007. – № 3 (25). – С. 7–9.
2. Брук, Т.М. Особенности реакции организма футболистов на физическую нагрузку с учетом игрового амплуа / Т.М. Брук [и др.] // Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов: Мат. VI Всеросс. симп. – Ижевск: Удмуртский университет, 2016. – С. 84–88.
3. Вдовина, Н.Н. Педагогическая технология управления скоростно-силовой подготовкой барьеристок / Н.Н. Вдовина // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта – 2007. – № 6 (28). – С. 20–25.
4. Горелов, А.А. Развитие собственно-силовых способностей у курсантов вузов МО РФ в начальный период обучения /

- А.А. Горелов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2007. – № 10 (32). – С. 20–26.
5. Дашиноорбаев, В.Д. Оптимизация учебно-тренировочного процесса спортсменов-разрядников в легкоатлетическом многоборье / В.Д. Дашиноорбаев [и др.] // Вестн. Восточно-Сиб. гос. технол. ун-та. – 2010. – № 3. – С. 134–143.
6. Жищенко, А.Н. Методика оценки внешней нагрузки при скоростно-силовой подготовке на тренажерах / А.Н. Жищенко // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2008. – № 1 (35). – С. 38–44.
7. Зайко, Д.С. Специальная физическая подготовка прыгунов в высоту с учётом индивидуальных особенностей / Д.С. Зайко // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2007. – № 12 (34). – С. 51–56.
8. Литвин, Ф.Б. Сердечный ритм и система микроциркуляции у лыжников в предсоревновательном периоде спортивной подготовки / Ф.Б. Литвин [и др.] // Вестн. Удмуртского ун-та. Биология. Науки о Земле. – 2012. – Вып. 1. – С. 67–74.
9. Мельников, Д.С. Работоспособность спортсменов: ее критерии и способы коррекции / Д.С. Мельников // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2008. – № 3 (25). – С. 74–79.
10. Шлык, Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н.И. Шлык. – Ижевск: Удмуртский университет, 2009. – 255 с.

T.M. Brooke, F.B. Litvin, P.A. Terekhov, O.A. Tolstoy

Features of a functional state and special working capacity, highly skilled athletes, taking into account type of the vegetative regulation of a cordial rhythm

Abstract. The results of research of high-speed, speed-strength abilities and special anaerobic endurance in highly skilled male and female athletes are presented. It is established, that the indices of physical working capacity depend on the type of vegetative regulation of the heart rhythm. Athletes (male and women), who have the same level of skill with moderate dominance of central mechanisms vegetative regulation of a cordial rhythm, significantly higher speed-strength indicators. In particular, for men, with moderate dominance of central mechanisms vegetative regulation of a cordial rhythm (1 type), during the work in the anaerobic mode, gather higher speed, which on 4,1% is statistically higher in comparison with athletes with moderate domination of the autonomous mechanism of regulation of a cordial rhythm (3 type). At the same time, the time of achievement of frequency of rotation of pedals of a veloergometer, equal 70% of the maximum size, they on 3% ($p<0,05$) less. The women, with the 1 type of a regulation of a cordial rhythm, indicators of absolute, average and relative power ($p<0,05$) on 1,6; 2,6 and 8,9 higher. With an increase in the duration of anaerobic work, the indices of special endurance are statistically reliably higher in athletes with moderate dominance of the autonomous regulatory mechanism. For example, for men, the indicator of total work power on 4,2% higher, and indicators of maximum, average and relative power by 2,4; 2,9 and 1,9%, respectively ($p<0,05$). The women, with type III multiple scores, the rates were significantly higher by 3,2; 4,2; 4,1; 3,6%, respectively ($p<0,05$).

Key words: Type of a regulation of a cordial rhythm, heart rate variability, physical load, highly skilled all-rounders, strength, speed, endurance, anaerobic work.

Контактный телефон +7-915-658-47-64; e-mail brykmtcenter@rambler.ru