

УДК 796.82 : 612.17
ББК 75.715.6 : 28.911.1

Реуцкая Е. А*, Крикуха Ю. Ю.

ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ БОРЦОВ С РАЗНЫМ ИСХОДНЫМ ВЕГЕТАТИВНЫМ ТОНУСОМ

Статья посвящена изучению variability ритма сердца у высококвалифицированных борцов греко-римского стиля с разными типами вегетативной регуляции. Рассматриваются особенности адаптационных реакций организма борцов на дозированную физическую нагрузку и физическая работоспособность в зависимости от типа регуляции. Показано, что преобладающий тип регуляции определяет индивидуальные особенности вегетативной реактивности и вегетативного обеспечения организма борцов на одинаковую тренировочную нагрузку. Борцы с умеренным преобладанием автономного контура регуляции отличаются наиболее совершенными регуляторными механизмами и наиболее устойчивы к воздействию физической нагрузки. Срочная адаптация сердечно-сосудистой системы борцов с выраженным преобладанием автономного контура регуляции происходит за счет подключения центральных структур в формировании ответной реакции организма на физическую нагрузку.

Ключевые слова: высококвалифицированные спортсмены, греко-римская борьба, сердечно-сосудистая система, variability ритма сердца, вегетативный тонус, физическая работоспособность.

Reuyskaya E. A. *, Krikukha Y. Y.

PHYSICAL WORKING CAPACITY OF WRESTLERS WITH DIFFERENT BASIC VEGETATIVE TONUS

The article presents a study of variability of highly qualified wrestlers with different types of vegetative regulations heart rhythms. The peculiarities of adaptive body reactions of wrestlers on dosed physical activity and physical working capacity depending on the regulation type are considered here. It is proved that the dominant regulation type defines individual peculiarities of vegetative reactivity and vegetative supply of wrestlers on identical training loads. Wrestlers with moderate predominance of autonomous regulation contour are characterised by the most accomplished regulatory mechanisms and show the greater stability to physical loads impact. Urgent adaptation of wrestlers' cardiovascular system with predominance of autonomous regulation contour can result if central structures contribute to body response formation on physical activity.

Keywords: highly qualified wrestlers, Greco-Roman wrestling, cardiovascular system, variability of heart rhythms, vegetative tonus, physical working capacity.

* E-mail: real73@mail.ru

Сердечно-сосудистая система с ее многоуровневой регуляцией представляет собой функциональную систему, конечным результатом деятельности которой является обеспечение заданного уровня функционирования целостного организма [4]. Именно поэтому ритм сокращений сердца является очень чувствительным индикатором изменения активности нервных и гуморальных механизмов регуляции.

Особенности функциональной организации вегетативной нервной системы рассмат-

риваются в качестве одной из конституциональных характеристик, формирующих тип реагирования организма на средовые воздействия. Именно особенности взаимоотношения между отделами вегетативной нервной системы определяют характер протекания адаптационных процессов в организме в ответ на внешнее воздействие [7]. Уровень и качество регуляции функции лучше всего проявляются в момент перехода организма из состояния покоя к физической нагрузке. Однако исследования, раскрывающие осо-

бенности адаптации к физической нагрузке в зависимости от активности регуляторных систем организма спортсмена, немногочисленны и противоречивы [5].

Греко-римская борьба относится к ситуационным видам спорта, где деятельность спортсмена зависит от действий соперника в единоборствах. Соревновательная деятельность борцов греко-римского стиля проходит в зонах максимальной и субмаксимальной интенсивности, предъявляя высокие требования к функциональному состоянию кардиореспираторной системы, обеспечивающей максимум аэробной и анаэробной производительности [2; 3]. В связи с этим актуальным является изучение вегетативного тонуса и физической работоспособности борцов греко-римского стиля.

Организация и методы исследования.

Исследование проводилось на базе Научно-исследовательского института деятельности в экстремальных условиях Сибирского государственного университета физической культуры и спорта. В эксперименте приняли участие 29 высококвалифицированных борцов греко-римского стиля (кандидаты в мастера спорта, мастера спорта). В общей сложности было произведено 53 измерения на разных этапах подготовительного периода. Средний возраст спортсменов составил $20 \pm 0,5$ лет, стаж спортивной деятельности $7 \pm 1,5$ года.

Для оценки процессов вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы использовали анализ вариабельности ритма сердца. В состоянии относительного покоя до и после выполнения дозированной физической нагрузки проводилась 5-минутная запись кардиоритмограммы с использованием аппаратно-программного комплекса «Нейрософт», позволяющего автоматически обрабатывать данные вариабельности ритма сердца на персональном компьютере. Для изучения вегетативной регуляции сердца использовали показатели спектрального (VLF, LF, HF), математического (M_0 , A_{M_0} , B_P) и статистического (SDNN, RMSSD, pNN50, CV) анализа вариабельности ритма сердца, а также рассчитываемые на их основе индексы, предложенные Р.М. Баевским (1984). Они нашли широкое применение для

оценки процессов регуляции и степени адаптации сердечно-сосудистой системы к агрессивным факторам: ИВР – индекс вегетативного равновесия ($ИВР = A_{M_0}/B_P$); ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции ($ПАПР = A_{M_0}/M_0$); ВПР – вегетативный показатель ритма ($ВПР = 1/M_0 \times B_P$); ИН – индекс напряжения регуляторных систем ($ИН = A_{M_0}/2 \times B_P \times M_0$).

Преобладающий тип вегетативной регуляции определялся по данным анализа вариабельности ритма сердца, согласно классификации, предложенной Н. И. Шлык (2009), учитывающей системный подход к рассмотрению сложнейшего механизма регуляции физиологических функций.

Для оценки физической работоспособности проводили пробу с дозированными физическими нагрузками на велоэргометре. Борцы выполняли ступенчато-возрастающую физическую нагрузку.

Первая ступень выполнялась в качестве разминочной (ЧСС – 120 – 130 уд/мин), вторая – в зоне большой мощности (ЧСС 165 – 170 уд/мин, PWC_{170}), третья – в субмаксимальном режиме (ЧСС – 180 и более уд/мин, $W_{суб}$), по методике Л. Г. Харитоновой (1991).

Продолжительность первой и второй ступени – 4 мин, интервал отдыха – 30 с. Продолжительность третьей ступени – 30 с., интервал отдыха перед третьей ступенью – 5 мин.

Таким образом, длительность работы и ее физиологическая стоимость стандартизовались по пульсу. Мощность работы испытуемый мог развивать такую, которая соответствует уровню его подготовки и функциональным возможностям.

Определялась мощность на второй и третьей ступенях нагрузки. Рассчитывали абсолютную и относительную мощность:

$$PWC_{170} = N_1 + (N_2 - N_1) \cdot \frac{(170 - f_1)}{(f_2 - f_1)} \text{ (кгм/мин)},$$

где N_1 – мощность первой нагрузки (кгм);

N_2 – мощность второй нагрузки (кгм);

f_1 – частота сокращений сердца в конце первой нагрузки (уд/мин);

f_2 – частота сокращений сердца в конце второй нагрузки (уд/мин).

$Абс. W_{суб} = N_{тах} \times 6$ (кгм / мин),

где $N_{тах}$ – максимально развиваемая мощность в субмаксимальном режиме (при ЧСС свыше 180 уд/мин).

Статистическая обработка результатов заключалась в сравнении данных по Т-критерию Вилкоксона.

Результаты исследования и их обсуждение. По данным variability ритма сердца в состоянии относительного покоя у борцов выявлены два из четырех типов вегетативной регуляции. Среди 29 испытуемых

Таблица 1 – Показатели временного анализа variability ритма сердца борцов с разным вегетативным тонусом ($M \pm m$)

Показатели	умеренное преобладание автономного контура регуляции	выраженное преобладание автономного контура регуляции	различия
RRNN, мс	976,91 ± 6,13	1114,10 ± 30,88	p < 0,05
SDNN, мс	56,63 ± ,82	118,30 ± 6,98	p < 0,005
RMSSD, мс	60,00 ± 5,01	142,20 ± 13,98	p < 0,005
CV, %	5,85 ± 0,28	10,72 ± 0,60	p < 0,005
pNN50, %	36,47 ± 4,04	67,75 ± 1,86	p < 0,05

Средняя длительность кардиоинтервалов (RRNN, мс) ниже (p < 0,05) в группе с умеренным преобладанием автономного контура регуляции.

Суммарный эффект влияния симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы на синоатриальный узел (по показателю SDNN, мс) выше у борцов с выраженным преобладанием автономного контура регуляции и свидетельствует о преобладании парасимпатической активности на сердечный ритм (p < 0,005).

Коэффициент вариации (CV, %), представляющий собой нормированную оценку

Таблица 2 – Показатели статистического анализа variability ритма сердца борцов с разным вегетативным тонусом ($M \pm m$)

Показатели	умеренное преобладание автономного контура регуляции	выраженное преобладание автономного контура регуляции	различия
Амо, %	24,9 ± 2,9	18,9 ± 1,2	p < 0,005
ВР, у.е.	0,3 ± 0,1	0,6 ± 0,1	p < 0,005
ИВР, у.е.	128,6 ± 10,1	37,9 ± 1,8	p < 0,005
ВПР, у.е.	3,6 ± 0,2	1,8 ± 0,1	p < 0,005
ПАПР, у.е.	38,9 ± 2,3	19,3 ± 0,7	p < 0,005
ИН, у.е.	68,7 ± 6,2	18,0 ± 1,0	p < 0,005

Как видно, существенная централизация сердечного ритма (по показателям Амо и ИН) отмечается в группе с умеренным преобладанием автономного контура регуляции

не оказалось спортсменов с I и II типами регуляции, для которых характерно преобладание симпатической и центральной регуляции сердечного ритма. Группа с III типом, отличающаяся умеренным преобладанием автономного контура регуляции, включала 60 % борцов, в группу с IV типом (выраженное преобладание автономного контура регуляции) вошли 40 % спортсменов.

Показатели временного анализа variability ритма сердца борцов с разным вегетативным тонусом представлены в таблице 1.

дисперсии ЧСС, также выше в группе с выраженным преобладанием автономного контура регуляции (p < 0,005).

Показатели степени преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим (показатели RMSSD и pNN50, соответственно) также выше в группе с выраженным преобладанием автономного контура регуляции.

Показатели статистического анализа variability ритма сердца борцов с разным вегетативным тонусом представлены в таблице 2.

(p < 0,005). Вариационный размах (ВР, у.е.), отражающий диапазон колебаний кардиоинтервалов и степень активности автономного контура регуляции сердечного ритма,

был статистически значимо ($p < 0,005$) выше у борцов с выраженным преобладанием автономного контура регуляции.

При рассмотрении результатов спектрального анализа установлено, что показатели общей мощности спектра (TP, $мс^2/Гц$) значительно ($p < 0,005$) выше у борцов с выраженным преобладанием автономного контура регуляции за счет преимущественного вклада высокочастотных колебаний (HF).

Благодаря использованию спектрального анализа можно оценивать реальный динамический баланс нейровегетативных влияний на сердце по соотношению амплитуд или площадей высокочастотного (HF) и низкочастотного (LF) пиков спектра ритма сердца [4; 7].

Таблица 3 – Показатели спектрального анализа борцов ($мс^2/Гц$) с разным вегетативным тонусом ($M \pm m$)

Показатели	умеренное преобладание автономного контура регуляции	выраженное преобладание автономного контура регуляции	различия
TP	3360 ± 320	13157 ± 1692	$p < 0,005$
HF	1464 ± 219	7375 ± 1484	$p < 0,005$
LF	880 ± 92	3243 ± 488	$p < 0,005$
VLF	1016 ± 230	2539 ± 491	$p < 0,005$

В настоящее время среди специалистов нет единого мнения по поводу происхождения очень медленной составляющей спектра (VLF). Однако известно [4], что VLF (очень низкочастотные колебания) имеют метаболическое происхождение и связаны с наработкой и использованием энергии за счет анаэробных путей ресинтеза аденозинтрифосфата. Мы предполагаем, что тоническая неравнозначность отделов вегетативной нервной системы может являться основой для создания конституционной классификации, а изучение вагосимпатического баланса имеет существенное значение для оценки реактивности и устойчивости организма при различных экстремальных воздействиях.

Кроме этого, в ходе проведенного исследования нами установлено, что показатели абсолютной и относительной работоспособности борцов с различным вегетативным тонусом существенно не различались ($p > 0,005$).

Известно, что высокоинтенсивные мышечные нагрузки могут вызывать достаточно выраженные стрессорные реакции организма на фоне значительной активации симпато-адреналовой системы [8]. Полу-

В настоящее время установлено [4; 7], что высокочастотные колебания (HF) сопряжены с дыханием и отражают преимущественное влияние парасимпатической системы на сердечный ритм спортсменов.

Структура спектра у борцов с выраженным преобладанием автономного контура регуляции имеет вид $HF > LF > VLF$, что является характерным для спортсменов данной типологической группы [7]. У борцов с умеренным преобладанием автономного контура регуляции структура спектра имеет несколько иной вид $HF > VLF > LF$ (таблица 3).

ченными нами данные позволили предположить, что борцы с разным исходным вегетативным тонусом будут обладать различными адаптационно-приспособительными возможностями при выполнении мышечной работы.

Так, анализ показателей variability ритма сердца, полученных после выполнения физической нагрузки, выявил значительные изменения в реакции сердечно-сосудистой системы. У борцов наблюдается активация симпатоадреналовой системы, усиление центрального контура регуляции, которые проявляются в стабилизации ритма, уменьшении разброса длительности кардиоинтервалов, увеличивается количество однотипных по продолжительности интервалов. Однако достоверные различия между борцами с разным типом вегетативной регуляции выявлены только по показателям VLF ($мс^2/Гц$) и коэффициенту $ИН2/ИН1$ ($p < 0,05$).

После выполнения физической нагрузки низкочастотные колебания (VLF) у борцов с умеренным преобладанием автономного контура регуляции составляли $387,2 \pm 61,4$ $мс^2/Гц$, а у борцов с выраженным преобла-

данием автономного контура регуляции – $726,8 \pm 162,2$ мс²/Гц ($p < 0,05$). Учитывая, что показатель VLF отражает степень активации церебральных подкорковых структур, ответственных за адаптацию [7], эти данные могут указывать на вовлечение надсегментарных структур управления сердечным ритмом у борцов с выраженным преобладанием автономного контура регуляции при формировании адаптивной реакции сердечно-сосудистой системы в процессе срочной адаптации к физической нагрузке.

Отметим, что статистически значимо ($p < 0,05$) у борцов различался коэффициент ИИ2/ИИ1, характеризующий реактивность симпатического отдела вегетативной нервной системы. Так, у борцов с умеренным преобладанием автономного контура регуляции он составил $16,8 \pm 2,2$ у.е., в то время как у борцов с выраженным преобладанием автономного контура регуляции его значение составило $52,8 \pm 10,1$ у.е.

По-видимому, рост активности адренергических механизмов в ответ на физическую нагрузку у борцов с выраженным преобладанием автономного контура регуляции вместе с вовлечением надсегментарных структур управления сердечным ритмом (более высокий показатель VLF, мс²/Гц) может указывать на недостаточность адаптационно-приспособительных механизмов и их неспособность обеспечить оптимальную реакцию организма на воздействие физической нагрузки. Подобная динамика показателей вариабельности ритма сердца может свидетельствовать об усилении процессов дизрегуляции в ответ на нарастающее утомление [7].

Таким образом, нами было установлено, что борцы с умеренным преобладанием автономного контура регуляции отличаются наиболее совершенными регуляторными механизмами вследствие более высокой адренергической активности регуляторных механизмов и наиболее устойчивы к воздействию физической нагрузки.

Выводы.

1. Преобладающий тип регуляции определяет индивидуальные особенности вегетативной реактивности и вегетативного

обеспечения организма борцов на одинаковую тренировочную нагрузку.

2. Борцам с умеренным преобладанием автономного контура регуляции в покое характерны оптимальное соотношение между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы, автономной и центральной регуляцией ритма сердца. В ответ на стандартную дозированную нагрузку у них отмечаются высокие функциональные и адаптивные возможности организма, оптимальная реактивность, устойчивость и специфичность вегетативного ответа.

3. Срочная адаптация сердечно-сосудистой системы борцов с выраженным преобладанием автономного контура регуляции происходит за счет подключения центральных структур в формировании ответной реакции организма на физическую нагрузку. Резкое возрастание индекса напряжения и усиление централизации ритма сердца после выполнения тренировочной нагрузки указывает на наличие выраженного дисбаланса между автономной и центральной регуляцией ритма сердца, что может негативно сказываться на функционировании синусового узла и привести к нарушению сердечного ритма.

Список литературы

1. Баевский, Р. М., Кириллов, О. И., Клецкин, С. З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М., 1984.
2. Замчий, Т. П., Корягина, Ю. В. Морфофункциональные аспекты адаптации к силовым видам спорта. – Омск, 2012.
3. Крикуха, Ю. Ю., Корягина, Ю. В. Комплексный контроль в греко-римской борьбе. – Омск, 2013.
4. Кудря, О. Н. Вегетативное обеспечение мышечной деятельности у спортсменов: монография. – Омск : СибГУФК, 2011.
5. Михалев, В. И., Реуцкая, Е. А., Корягина, Ю. В. Использование кислородной поддержки для повышения предельных возможностей и экономичности функционирования организма спортсменов. Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2012а. – № 10. – С. 16-23.

6. Михалев, В. И., Реуцкая, Е. А., Корягина, Ю. В. Влияние кислородно-воздушной смеси с содержанием кислорода 93 % на вариабельность сердечного ритма и систему внешнего дыхания спортсменов / В. И. Михалев, Е. А. Реуцкая, Ю. В. Корягина // Теория и практика физической культуры. – 2012б. – № 11. – С. 012-015.

7. Шлык, Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов : монография / Н. И. Шлык. – Ижевск: «Удмуртский университет», 2009.

8. Харитонова, Л. Г. Типы адаптации в спорте. свидетельство гос. регистрации № 2007611219. – Омск: ОГИФК, 1991.