

УДК 796.015.6

## ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕАКТИВНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ С РАЗНОЙ НАПРАВЛЕННОСТЬЮ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

<sup>1,2</sup>Марков К.К., <sup>3</sup>Иванова О.А., <sup>4</sup>Сивохов В.Л., <sup>3</sup>Сивохова Е.Л.

<sup>1</sup>Научно-исследовательский Иркутский государственный технический университет, Иркутск, e-mail: k\_markov@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск;

<sup>3</sup>Центр медико-биологических исследований НИ ИргТУ, Иркутск, e-mail: esivohova@mail.ru;

<sup>4</sup>Центр спортивной подготовки сборных команд, Иркутск

В статье представлены результаты экспериментальных исследований особенностей физиологических реакций спортсменов, тренирующихся в видах спорта с различной метаболической основой тренировочного процесса. Обследовано 69 спортсменов с разной направленностью тренировочных нагрузок. Цель работы – оценить исходную структуру и особенности вегетативной реактивности и вариабельности сердечного ритма в ответ на стандартизированную нагрузочную пробу PWC170 у спортсменов, тренирующихся преимущественно аэробные и скоростно-силовые качества. Установлено, что у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса исходные параметры вариабельности сердечного ритма сравнимы по многим параметрам, а достоверные различия появляются только после проведения нагрузочного тестирования. Выявлено два различных типа вегетативной реактивности: «экономичный», характерный для лиц, тренирующихся на выносливость, и «затратный», регистрируемый у спортсменов скоростно-силовых видов спорта.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, физическая нагрузка, вегетативная реактивность

## FEATURES OF VEGETATIVE REACTANCE AT SPORTSMEN WITH A DIFFERENT ORIENTATION OF TRAINING PROCESS

<sup>1,2</sup>Markov K.K., <sup>3</sup>Ivanova O.A., <sup>4</sup>Sivokhov V.L., <sup>3</sup>Sivokhova E.L.

<sup>1</sup>National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, e-mail: k\_markov@mail.ru;

<sup>2</sup>Siberian Federal University, Krasnoyarsk;

<sup>3</sup>Centre biomedical research, Irkutsk, e-mail: esivohova@mail.ru;

<sup>4</sup>Centre sports training teams, Irkutsk

In article we presented the experimental researches results of the sportsmen physiological reactions features training in sports with a various metabolic basis of training process. It has been surveyed 69 sportsmen with a different orientation of training loadings. The work purpose is to estimate initial structure and features of vegetative reactance and variability of heart rhythm in reply to standardized loading test PWC170 at the sportsmen training mainly aerobic and speed-power qualities. It is established that at sportsmen with a different orientation of training process initial parameters of heart rhythm variability are comparable on many parameters, and authentic distinctions appear only after carrying out of loading testing. It is revealed two various types of vegetative reactance: «economic», characteristic for the persons training on endurance and «expenses», registered at sportsmen of speed-power sports.

**Keywords:** variability of a heart rhythm, physical activity, vegetative reactance

В настоящее время в практике спортивной медицины все шире используется метод оценки вариабельности сердечного ритма (ВСР), который является простым, неинвазивным и информативным методом исследования воздействия вегетативной нервной системы на функцию сердечной деятельности [1; 7; 8]. С помощью ВСР можно оценить текущее функциональное состояние и адаптационные резервы организма спортсмена, на ранних этапах выявить состояния дезадаптации и перетренированности, а также более рационально построить тренировочный процесс [6]. По мнению многих авторов, ВСР является интегральным показателем функционального состояния сердечно-сосудистой системы и организма в целом [2; 3; 8]. Ухудшение

показателей ВСР предшествует существенным функциональным нарушениям и является наиболее ранним прогностическим признаком неблагоприятного состояния обследуемого [1; 8]. Этим можно объяснить повышенный интерес исследователей к использованию в спортивной медицине методов оценки ВСР после физических нагрузок, позволяющих определять степень адаптации и расходование резервов с целью оценки функционального состояния организма спортсменов и коррекции тренировочного процесса [7; 8].

Вегетативная нервная система (ВНС) представляет собой сложную многоуровневую структуру, являясь основным регулятором деятельности сердечно-сосудистой системы и метаболизма. Симпатический

отдел отвечает за мобилизацию функциональных резервов, а парасимпатический играет защитно-приспособительную роль при стрессорных воздействиях. Учитывая вышесказанное, данный метод представляет большой интерес, особенно когда речь идет о спорте высших достижений.

За последние несколько лет появилось немало исследований, направленных на изучение ответной реакции ВНС на различные функциональные пробы, в частности активную ортопробу, с физической нагрузкой (ФН) и др. [2; 5; 6]. Представляется, что это наиболее перспективное направление, которое позволяет оценить не только текущее функциональное состояние спортсмена, но и выявить возможные неадекватные реакции, а также охарактеризовать вегетативное обеспечение деятельности, а значит понять: насколько адаптационный потенциал организма адекватен предъявленной нагрузке. В литературе имеются немногочисленные данные об использовании нагрузки субмаксимальной мощности в качестве раздражающего фактора. Это представляет большой интерес ввиду универсальности и хорошо отработанной методики проведения теста PWC170 у спортсменов на различных этапах подготовки к соревнованиям.

#### Материалы и методы исследования

Физическая работоспособность в субмаксимальной зоне интенсивности нагрузки определялась тестом PWC<sub>170</sub>. Этот тест рекомендован Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) не только для спортсменов, но и для обычных людей, даже с заболеваниями сердечно-сосудистой системы [8]. Тестирование проводилось в зависимости от вида спорта либо на тредбане – Cadiosoft-T-2100 (США), либо на велоэргометре Tunturi E-260 (Финляндия) с синхронной записью ЭКГ. Анализ ВРС осуществлялся с помощью аппаратно-программного комплекса Omegawave (США). Анализировались: показатели работоспособности – PWC<sub>170</sub> и PWC<sub>170кг</sub> (кг/мин), индекс восстановления (ИВ) в усл. ед., скорость восстановления по пульсу, ударов в минуту [7]. Анализ ВРС проводился методом кардиоинтервалографии (HVR) в трех стандартных отведениях в положении «лежа», до и через 5 мин после нагрузки.

Оценивались основные показатели спектрального анализа ВРС:

- общая мощность (Total Power, TP) и ее составляющие в процентах;
- мощность высокочастотного компонента спектра (High Frequency, HF), характеризующая воздействие на синусовый узел парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и сопряженная с дыхательными волнами;
- мощность низкочастотного компонента спектра (Low Frequency, LF) – связана с активностью постганглионарных симпатических волокон и отражает модуляцию ритма сердца симпатического отдела вегетативной нервной системы [8].

Природа мощности низкочастотного компонента спектра (VLF) в настоящее время остается наименее

изученной. Согласно некоторым источникам [8] VLF характеризует влияние высших корковых вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр и может быть использован как надежный маркер степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными. Увеличение их значений является вегетативным коррелятором тревоги и наблюдается при психоэмоциональных нагрузках и стрессе [2; 3]. По нашим наблюдениям высокий уровень VLF регистрировался при повышенном артериальном давлении и гипертонической реакции на нагрузку.

Оценивается вклад указанных компонентов в общую мощность спектра (TP) в процентах, а также мощность LF и HF волн в нормализованных единицах и соотношение LF/HF. Снижение значения соотношения LF/HF расценивается как повышение функционального резерва у спортсменов [7; 8].

Из параметров кардиоинтервалографии (КИГ, HVR) использовался интегральный показатель – индекс напряжения Баевского (ИН, Si) [7; 8].

В эксперименте обследовано 69 спортсменов высокой квалификации на этапе предсоревновательной подготовки. Группу 1 составили 30 спортсменов, тренирующих преимущественно качество аэробной выносливости (легкая атлетика, велоспорт, плавание); группа 2 – из 39 человек с акцентом на скоростно-силовом компоненте (хоккей с мячом, бокс, теннис). Обе группы значимо не различались по возрасту и полу.

Всем спортсменам проводилось обследование ВРС по общепринятой методике в горизонтальном положении в течение 5 минут до ФН и после пробы PWC170, начиная с 7 по 12 минуты восстановительного периода. Для исследования ВРС использовалась система «Omega Wave» США. Оценивали следующие показатели: средняя ЧСС (уд/мин); SDNN (мс) – стандартное отклонение всех интервалов NN; ИН – индекс напряжения регуляторных систем Баевского [1]; TP (мс<sup>2</sup>) – общая мощность спектра в диапазоне от 0 до 0,4 Гц; VLF (мс<sup>2</sup>) – мощность в диапазоне очень низких частот от 0,003–0,04 Гц; LF (мс<sup>2</sup>) – мощность в диапазоне низких частот от 0,04 до 0,15 Гц; HF(мс<sup>2</sup>) – мощность в диапазоне высоких частот от 0,15–0,4 Гц.

Физическая нагрузка (ФН) дозировалась с помощью бегового тренажера с параллельной регистрацией ЭКГ в отведениях по Нэбу, для более точной оценки ЧСС на максимуме нагрузки и в течение последних 10 с каждой из трех минут восстановительного периода. Оценку периода восстановления проводили с помощью разработанного нами критерия – скорости восстановления  $K_b$  по следующей формуле:

$$K_b = \frac{(f_d - f_1) + \left[ \frac{f_d - f_2}{2} \right] + \left[ \frac{f_d - f_3}{3} \right]}{3},$$

где  $f_d$  – пульс, достигнутый в конце второй ступени нагрузки теста PWC170;  $f_{1,2,3}$  – пульс в конце 1, 2, 3 минут восстановительного периода.

Результаты обрабатывались с применением непараметрических методов математической статистики, с использованием программы статистической обработки данных «Statistica 6.0» (Statsoft, США). Для описания распределения признаков использовались медианы значений, верхние и нижние квартили, различия в изучаемых группах описывались с помощью критериев Манна – Уитни, Колмогорова – Смирнова, Вилкоксона. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принят  $p \leq 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

Исходная структура сердечного ритма по колебательному спектру в группах оказалась близка к нормативным величинам в популяции [5]. Параметры ВСП групп 1 и 2 до и после нагрузочной пробы PWC170 представлены в табл. 1. При анализе результатов исследований внутригрупповой динамики обращает на себя внимание меньший вклад VLF-компоненты спектра в обеих группах, в сравнении с нетренированными здоровыми людьми.

В исходном состоянии до ФН группы оказались сравнимы по исходному пульсу, величине SDNN и ИН Баевского, по общей мощности спектра и процентному соотношению его компонентов. При анализе абсолютных спектральных значений обнаружены следующие статистически значимые различия исходных параметров: в первой группе мощность спектра в области VLF и HF диапазонов выше, чем во второй.

Анализ показателей ВСП после пробы PWC170 у спортсменов, тренирующихся на выносливость, показал достоверное

снижение только величин VLF-диапазона ( $p < 0,05$ ), остальные компоненты спектра значимо не изменились. Постнагрузочные величины спортсменов скоростно-силовых видов спорта характеризовались достоверным снижением мощности во всех диапазонах частот колебательного спектра, что сопровождалось более высоким приростом ЧСС после ФН и разнонаправленной динамикой структурных компонентов спектра. Так, в этой группе отмечается достоверный прирост % LF и тенденция к увеличению вклада % VLF после ФН, а процентная доля HF-компоненты статистически значимо снижается, что можно трактовать как тип реагирования с большими нейрогуморальными и метаболическими затратами, а значит меньшим адаптационным резервом в отношении нагрузок субмаксимальной мощности.

Межгрупповой сравнительный анализ обеих групп (табл. 2) показал, что во второй группе спортсменов достоверно и значимо повышены ЧСС, ИН и % VLF после теста PWC170 при достоверном снижении величин SDNN и TP, а также спектральной мощности LF и HF диапазонов и процентного вклада HF.

**Таблица 1**

Анализ внутригрупповой динамики показателей variability сердечного ритма спортсменов групп 1 и 2 до и после физической нагрузки

n = 69	Тренировка аэробной выносливости – группа 1		p	Тренировка скоростно-силовых качеств – группа 2		p
	До ФН	После ФН		До ФН	После ФН	
Ср. Ps, уд./мин	64 (55–68)	69 (65–79)	p < 0,05	63 (56–73)	75 (70–85)	p < 0,05
SDNN, мс	67 (51–85)	59 (45–81)	p > 0,05	60 (45–68)	40 (28–56)	p < 0,05
ИН, у.е.	70 (37–112)	73 (36–185)	p > 0,05	90 (53–158)	210 (100–406)	p < 0,05
TP, мс <sup>2</sup>	1172 (792–2238)	1070 (409–2049)	p > 0,05	1001 (534–1478)	401 (236–971)	p < 0,05
VLF, мс <sup>2</sup>	145 (77–204)	80 (63–112)	p < 0,05	90 (65–132)	63 (42–90)	p < 0,05
% VLF	9,8 (7,5–12,2)	9,3 (5,5–18,7)	p > 0,05	11,3 (6–19)	14,2 (9,7–20)	p > 0,05
LF, мс <sup>2</sup>	515 (294–824)	448 (199–811)	p > 0,05	343 (213–673)	183 (101–542)	p < 0,05
% LF	42,7 (28–53,4)	44,3 (32,9–57,8)	p > 0,05	43,5 (32–51)	46,3 (38–57,3)	p < 0,05
HF, мс <sup>2</sup>	593 (291–1196)	428 (117–1135)	p > 0,05	353 (157–773)	138 (66–358)	p < 0,05
% HF	48,2 (32,4–59,6)	38,2 (28,6–60,9)	p > 0,05	44,7 (31–53,7)	32,4 (23–43,6)	p < 0,05

Примечание. Числовые данные в верхних строчках ячеек – медианы значений признака; в скобках – квартильный размах значений.

Таблица 2

Межгрупповое сравнение показателей ВСР спортсменов 1 и 2 групп до и после пробы PWC170

n = 69	До физической нагрузки		p	После физической нагрузки		p
	группа 1	группа 2		группа 1	группа 2	
Ср. Ps, уд./мин	64 (55–68)	63 (56–73)	p > 0,05	69 (65–79)	75 (70–85)	p < 0,05
SDNN, мс	67 (51–85)	60 (45–68)	p > 0,05	59 (45–81)	40 (28–56)	p < 0,05
ИН, у.е.	70 (37–112)	90 (53–158)	p > 0,05	73 (36–185)	210 (100–406)	p < 0,05
TP, мс <sup>2</sup>	1172 (792–2238)	1001 (534–1478)	p > 0,05	1070 (409–2049)	401 (236–971)	p < 0,05
VLF, мс <sup>2</sup>	145* (77–204)	90* (65–132)	p < 0,05	80 (63–112)	63 (42–90)	p > 0,05
% VLF	9,8 (7,5–12,2)	11,3 (6–19)	p > 0,05	9,3 (5,5–18,7)	14,2 (9,7–20)	p < 0,05
LF, мс <sup>2</sup>	515 (294–824)	343 (213–673)	p > 0,05	448 (199–811)	183 (101–542)	p < 0,05
% LF	42,7 (28–53,4)	43,5 (32–51)	p > 0,05	44,3 (32,9–57,8)	46,3 (38–57,3)	p > 0,05
HF, мс <sup>2</sup>	593* (291–1196)	353* (157–773)	p < 0,05	428 (117–1135)	138 (66–358)	p < 0,05
% HF	48,2 (32,4–59,6)	44,7 (31–53,7)	p > 0,05	38,2 (28,6–60,9)	32,4 (23–43,6)	p < 0,05
PWC170/кг				20,6	19,5	p > 0,05
Кв уд/мин				34	28	p < 0,05

Примечание. Числовые данные в верхних строчках ячеек – медианы значений признака; в скобках – квартильный размах значений.

Обращает на себя внимание также отсутствие достоверных различий между группами по количеству проделанной работы в зоне субмаксимальной мощности нагрузки, как в абсолютных, так и в относительных величинах. Но скорость восстановления ЧСС после ФН спортсменов группы 1 достоверно выше, чем в группе 2 (соответственно 34 и 28 уд./мин).

**Выводы**

Результаты исследования показали, что в исходном состоянии значимых различий по процентному соотношению компонентов спектра и физической работоспособности по результатам теста PWC170 между группами не найдено. Однако у спортсменов, тренирующихся на выносливость, абсолютные значения в области HF достоверно выше.

Заметные различия между двумя группами появляются после возмущающего воздействия нагрузки субмаксимальной мощности. Можно выделить «экономичный» тип реагирования, характерный для атлетов группы 1, с меньшим приростом ЧСС после ФН, практически не изменяющимися вели-

чинами ИН, общей мощности спектра и отдельных его компонентов, за исключением достоверного снижения величин VLF (т.е. уменьшение доли влияния центрального контура регуляции). Данный тип вегетативного ответа сопровождался большей скоростью восстановления ЧСС после ФН.

С точки зрения энергетики метаболических процессов для спортсменов скоростно-силовых видов спорта, где функциональная система должна мгновенно включаться в работу, тип реагирования на нагрузку субмаксимальной мощности можно охарактеризовать как более «затратный». В данной группе более выражен прирост ЧСС и ИН, достоверно более низкая скорость восстановления пульса после теста, отмечается снижение вегетативной реактивности во всех диапазонах частот, а структурный анализ продемонстрировал очевидный рост централизации управления с возрастающим вектором % VLF и убывающим вектором % HF после ФН. В данном случае цена физиологической деятельности атлетов группы 2 выше, чем у спортсменов, тренирующих аэробную выносливость.



У спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса аэробного или скоростно-силового характера существуют специфические особенности вегетативного обеспечения, указывающие на наличие характерных «вегетативных портретов» для определенных видов спорта. Учитывая эту особенность при управлении тренировочным процессом спортсменов и оценке тренировочных эффектов, следует акцентировать внимание не столько на исходных параметрах, сколько на характере вегетативного ответа, определяющего цену физиологической деятельности предъявляемой нагрузки.

#### Список литературы

1. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиологических систем: методические рекомендации. – М., 2002. – 53 с.
2. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 256 с.
3. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 219 с.
4. Берсенева Е.Ю. Спортивная специализация и особенности вегетативной регуляции сердечного ритма // Тезисы докладов IV Всероссийского симпозиума. Variabelnost serdechnogo ritma: teoreticheskie aspekty i prakticheskoe primenenie. – 2008. – С. 42.
5. Variabelnost serdechnogo ritma. Standarty izmerenija, fiziologicheskoj interpretacii i klinicheskogo ispolzovanija. Rabočaja gruppa Evropejskogo kardiologičeskogo obščestva i Severo-Amerikanskogo obščestva stimuljacii i jelektrofiziologii // Vestnik aritmologii. – 1999. – № 11. – С. 53–78.
6. Марков К.К., Сивохов В.Л., Иванова О.А., Семенов Д.А. Управление тренировочным процессом спортсменов в спорте высших достижений на основе анализа характеристик variability ритма сердца // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12. – С. 179–182.
7. Михайлов В.М. Variabelnost ritma serdca: opyt praktičeskogo primeneniya. – Иваново, ИГМА, 2002. – С. 228–248.
8. Сивохов В.Л., Сивохова Е.Л., Миролевич Д.В. Современное медико-биологическое обеспечение занимающихся физической культурой и спортом. Иркутск. Центр медико-биологических исследований ИрГТУ, 2010. – 164 с.
9. Шлык Н.И., Сапожникова Е.Н. Анализ variability сердечного ритма и дисперсионного картирования ЭКГ у участников параллельных исследований «Марс-500» с разными преобладающими типами вегетативной регуляции // Вестник Удмуртского университета. – 2012. – С. 109–113.

#### Referenses

1. Baevskij R.M. Analiz variabelnosti serdechnogo ritma pri ispolzovanii razlichnyh jelektrokardiologičeskikh sistem: metodicheskie rekomendacii. M., 2002. 53 p.
2. Baevskij P.M., Berseneva A.P. Ocenka adaptacionnyh vozmožnostej organizma i risk razvitija za-bolevanij. M.: Medicina, 1997. 256 p.
3. Baevskij R.M. Matematičeskij analiz izmenenij serdechnogo ritma pri stresse. M.: Nau-ka, 1984. 219 p.
4. Bersenev E.Ju. Sportivnaja specializacija i osobennosti vegetativnoj reguljacii serdechnogo ritma // Tezisy dokladov IV Vserossijskogo simpoziuma. Variabelnost serdechnogo ritma: teoreticheskie aspekty i praktičeskoe primenenie. 2008. pp. 42.
5. Variabelnost serdechnogo ritma. Standarty izmerenija, fiziologicheskoj interpretacii i klinicheskogo ispolzovanija. Rabočaja gruppa Evropejskogo kardiologičeskogo obščestva i Severo-Amerikanskogo obščestva stimuljacii i jelektrofiziologii // Vestnik aritmologii. 1999. no. 11. pp. 53–78.
6. Markov K.K., Sivohov V.L., Ivanova O.A., Semenov D.A. Upravlenie trenirovočnym processom sport-smenov v sporte vysshih dostizhenij na osnove analiza harakteristik variabelnosti ritma serdca // Fundamentalnye issledovanija, 2014. no. 12. pp. 179–182.
7. Mihajlov V.M. Variabelnost ritma serdca: opyt praktičeskogo primeneniya. Ivanovo, IGMA, 2002. pp. 228–248.
8. Sivohov V.L., Sivohova E.L., Mirolevich D.V. Sovremennoe mediko-biologičeskoe obespečenie za-nimajushhij-sja fizicheskoj kulturoj i sportom. Irkutsk. Centr mediko-biologičeskikh issledovanij IrGTU, 2010. 164 p.
9. Shlyk N.I., Sapozhnikova E.N. Analiz variabelnosti serdechnogo ritma i dispersionnogo kartirovanija JeKG u uchastnikov paralelnykh issledovanij «Mars-500» s raznymi preobladajušhimi tipami vegetativnoj reguljacii // Vestnik Udmurtskogo universiteta. 2012. pp. 109–113.

#### Рецензенты:

Сидоров Л.К., д.п.н., профессор, зав. кафедрой теоретических основ физической культуры, Красноярский государственный педагогический университет, г. Красноярск;

Пономарев В.В., д.п.н., профессор, зав. кафедрой физической культуры и валеологии, Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск.