

не только в целом увеличивает энергообеспечение организма, дает спортсменам возможность длительно работать в режиме аэробного пути обеспечения нагрузки, но и повышает способность организма к восстановлению энергии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Душанин, С. А. Система многофакторной экспресс-диагностики функциональной подготовленности спортсменов при текущем и оперативном врачебно-педагогическом контроле / С. А. Душанин. — М.: ФиС, 1986. — 24 с.
2. Система комплексного компьютерного исследования физического состояния спортсменов «Омега-С»: документация пользователя. — СПб.: Научно-производственная фирма «Динамика», 2006. — 64 с.

УДК 612. 172. 2 – 07 : 797. 122. 2

### ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА У ГРЕБЦОВ-БАЙДАРЧИКОВ НА ЭТАПАХ ГОДИЧНОГО ЦИКЛА ПОДГОТОВКИ

Штаненко Н. И., Галицкий Г. Н., Будько Л. А.

Учреждение образования  
«Гомельский государственный медицинский университет»,  
Учреждение здравоохранения  
«Гомельский областной диспансер спортивной медицины»  
г. Гомель, Республика Беларусь

#### Введение

Достижение высоких спортивных результатов тесно связано не только с совершенствованием двигательных навыков, ростом мышечной массы и эффективным энерго-метаболическим обеспечением, но не в меньшей степени и с ростом адаптационных возможностей организма, определяемых «ценой» его адаптации к физическим нагрузкам.

В основе достижения спортивного мастерства и его роста лежат адаптационные процессы, происходящие в организме спортсмена, которые во многом связаны с системным ответом организма и функциональными возможностями *кардио-респираторной системы, механизмами энергообеспечения и их регуляции* [2, 3, 4].

Важную роль в регуляции *кардио-респираторной системы*, и ее приспособлении к текущим потребностям организма, играет вегетативная нервная система. Вместе с тем вегетативный гомеостаз зависит от состояния более высоких уровней регуляции и отражает результаты адаптивного поведения всего организма. К ранним признакам ухудшения адаптации к нагрузкам относятся нарушения вегетативной регуляции, влекущие за собой снижение работоспособности. Известно, что когда автономные механизмы, перестают оптимально осуществлять регуляцию, происходит их «централизация», которая сопровождается напряжением механизмов регуляции. Для оценки состояния симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, подкоркового сердечно-сосудистого центра, а также высших вегетативных центров в спортивной медицине получил широкое применение анализ вариабельности сердечного ритма. Таким образом, система кровообращения рассматривается как чувствительный индикатор адаптационных реакций целостного организма, а вариабельность сердечного ритма хорошо отражает степень напряжения регуляторных систем [1, 3].

У каждого спортсмена состояние спортивной формы предполагает индивидуальный оптимальный уровень и сбалансированность регулирующих систем, обеспечивающих гемодинамические, метаболические и энергетические реакции в ответ на направленность тренировочного процесса [5].

Результат тренировок в подготовительном и высокие показатели в соревновательном периодах в равной степени определяются не только величиной физических нагрузок, но и эффективностью процессов восстановления организма спортсмена. При условии эффективного восстановления повышается адаптация, а, следовательно, и устойчивость организма спортсменов к тренировочной деятельности. Вследствие функциональных и структурных

перестроек, осуществляющихся в процессе восстановления, функциональные резервы организма расширяются и наступает *суперкомпенсация*. Поэтому, в период подготовки спортсмена необходимо контролировать не только процесс адаптации к физической нагрузке, но эффективность его восстановления. В случае не полного восстановления, при увеличении или повторении нагрузки будут нарушаться процессы адаптации, что может привести к переутомлению организма и снижению тренированности. Проблема диагностики функционального состояния организма и эффективности восстановительного процесса после повторных физических нагрузок, является одной из приоритетных при прогнозировании конечного спортивного результата.

### **Цель**

Изучить индивидуальные особенности восстановительного процесса и механизмы его вегетативного обеспечения у гребцов-байдарочников на этапах годичного цикла подготовки в зависимости от направленности соревновательной деятельности.

### **Материал и методы исследования**

Обследование проведено на базе научно-практического центра спортивной медицины учреждения здравоохранения «Гомельский областной диспансер спортивной медицины». НИР была выполнена в рамках государственной нефинансируемой программы НИОК(Т)Р по теме: «Изучение механизмов адаптации спортсменов к тренировочным нагрузкам с применением многофакторной экспресс-диагностики» зарегистрированной в ГУ «БелИСА» № государственной регистрации: 20161607 от 18.05.2016.

В исследовании принимали участие 8 спортсменок, входящих в состав национальной сборной по гребле на байдарках и каноэ, мастера спорта международного класса. Средний возраст  $22 \pm 0,35$  года. Исследования проводились в конце этапа специальной подготовки в течение двух зимних и предсоревновательного периодов.

Динамика механизмов регуляции сердечной деятельности оценивалась методом кардиоинтервалоритмографии, в подготовительном (1-е; 2-е исследование) и предсоревновательном (3-е исследование) периодах на протяжении двухлетней подготовки (2014–2015 гг.). Показатели первого подготовительного периода служили контролем. Для оценки вариабельности ритма сердца (ВРС) и скорости протекания восстановительных процессов *в начале недельных микроциклов, после дня отдыха в утренние часы*, в положении сидя, регистрировалась ЭКГ с помощью ПАК «Омега-С» (НИЛ «Динамика», г. Санкт-Петербург). При анализе ритма сердца использовали короткие (5-минутные) записи в соответствии с международным стандартом. Анализировались временные (статистические) показатели анализа ВРС.

Для определения метаболического типа мышечной деятельности спортсменов, при выполнении интенсивной нагрузки в различных зонах энергообеспечения, определяли ЧСС на пике физической нагрузки и исследовали содержание лактата в капиллярной крови, а также эргометрические показатели АПК «Д-Тест». При изучении индивидуальных особенностей ВРС мы учитывали особенности *метаболического типа и направленность соревновательной деятельности трех гребцов-байдарочников*.

Статистическая обработка результатов выполнялась с помощью программного обеспечения «Statistica», 7.0. Гипотеза о нормальном распределении величин проверена с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Полученные результаты представлены в виде средних арифметических величин (M) и стандартного отклонения (SD), а при сравнении 2-х независимых групп использовался критерий Стьюдента (t-test). Результаты анализа считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В результате длительных и целенаправленных тренировок у спортсмена формируется новый уровень адаптационных возможностей. Эффективность спортивной подготовки и успешность спортсмена определяются способностью к выраженной экономизации функций организма в покое, максимальной мобилизацией физиологических резервов при нагрузке и полноценным восстановлением после нее.

Все спортсменки в зависимости от направленности метаболизма углеводного обмена были поделены на три типа: — *аэробный* — «стаерский» (лактат до 4,0 мМоль/л), *аэробно-*

анаэробный — «смешанный» (лактат от 4,1 до 8,0 мМоль/л) и анаэробный — «спринтерский» (лактат в крови свыше 8,0 мМоль/л).

Можно предположить, что у спортсменов имеющих различные типы метаболизма в зависимости от направленности тренировочной и соревновательной деятельности имеются и специфические особенности вегетативного обеспечения процессов восстановления.

При изучении индивидуальных особенностей ВРС в восстановительном периоде, мы учитывали особенности *метаболического типа и направленность соревновательной деятельности* трех гребцов-байдарочников, результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Сравнительный анализ временных показателей ВРС в двухгодичном тренировочном цикле гребцов-байдарочников в зависимости от индивидуального метаболического типа мышечной деятельности спортсменов

Показатели M ± SD (n = 16)	Метаболические типы								
	аэробный — «стайер» (лактат — 3,2 ± 1,7 ммоль, ЧСС — 171 ± 4 уд/мин)			«смешанный» (лактат — 6,4 ± 1,8 ммоль, ЧСС — 180,5 ± 5 уд/мин)			анаэробный — «спринтер» (лактат — 8,0 ± 4,3 ммоль, ЧСС — 190 ± 7 уд/мин)		
	1-е	2-е	3-е	1-е	2-е	3-е	1-е	2-е	3-е
Временной метод анализа (статистические анализ)									
SDNN, мс	49 ± 4,0	50 ± 4,1	<b>61 ± 5,1</b>	58 ± 4,9	53 ± 3,9	<b>48 ± 4,2</b>	41 ± 3,6	52 ± 4,7	<b>63 ± 5,6</b>
RMSSD, мс	48 ± 3,6	55 ± 4,7	<b>55 ± 4,8</b>	47 ± 3,6	40 ± 3,2	<b>26 ± 1,7</b>	46 ± 3,5	39 ± 3,0	<b>44 ± 3,1</b>
pNN50 %	25 ± 1,9	43 ± 4,2	<b>55 ± 4,9</b>	29 ± 2,1	22 ± 1,9	<b>10 ± 1,2</b>	43 ± 4,1	27 ± 2,4	<b>23 ± 1,7</b>
CV %	5,2 ± 0,7	4,8 ± 0,6	<b>6,1 ± 0,9</b>	5,5 ± 0,7	6,0 ± 0,9	<b>5,5 ± 0,7</b>	6,8 ± 1,0	6,7 ± 0,9	<b>7,3 ± 1,2</b>
Анализ гистограммы									
Амо %	31 ± 2,7	30 ± 2,6	<b>24 ± 1,9</b>	26 ± 2,0	30 ± 2,4	<b>43 ± 3,5</b>	24 ± 1,6	23 ± 1,5	<b>31 ± 2,7</b>
ИВР	129 ± 16,4	105 ± 15,9	<b>84 ± 11,4</b>	99 ± 14,3	159 ± 17,9	<b>246 ± 22,2</b>	68 ± 10,2	129 ± 17,3	<b>90 ± 14,2</b>
ПАПР	36 ± 8,9	29 ± 7,5	<b>23 ± 5,7</b>	33 ± 9,6	45 ± 10,2	<b>64 ± 9,3</b>	26 ± 7,1	40 ± 10,0	<b>29 ± 7,5</b>
ИН	73 ± 6,9	120 ± 12,0	<b>44 ± 4,0</b>	62 ± 5,6	109 ± 11,7	<b>182 ± 20,1</b>	54 ± 4,8	85 ± 7,3	<b>66 ± 5,8</b>
ВП	9,4 ± 0,8	10,9 ± 0,9	<b>12,5 ± 1,3</b>	9,8 ± 0,8	8,9 ± 0,7	<b>6,5 ± 0,5</b>	10,8 ± 0,9	7,2 ± 0,6	<b>10,4 ± 0,9</b>

Согласно литературным данным, у здорового спортсмена, без признаков перенапряжения, в состоянии относительного покоя, рост тренированности и успешная адаптация к условиям спортивной деятельности сопровождается не только ростом временных показателей SDNN, RMSSD, pNN50% и CV, отражающих влияние парасимпатической системы, но и одновременным снижением показателей — Амо%, ИВР, ПАПР, ИН, обусловленных влиянием симпатического отдела. Смещение равновесия ВНС в сторону влияния парасимпатического обеспечивает оптимальное снабжение организма спортсмена кислородом в покое и **восстановление после нагрузок**, характеризует функциональный резерв организма для выполнения интенсивной физической нагрузки [2, 5].

Сравнивая индивидуальные временные показатели ВРС у исследуемых нами спортсменов в состоянии покоя, можно заключить, что они имели разную направленность. Так показатель SDNN — это один из основных показателей вариабельности ритма сердца, характеризующий состояние механизмов регуляции и восстановления функциональных резервов организма, он указывает на суммарный эффект влияния на синусовый узел как симпатического, так и парасимпатического отделов ВНС. Чем он выше, тем выше *адаптационный и спортивный резерв*.

На протяжении двухгодичных циклов тренировок отмечается достоверное увеличение ( $p < 0,001$ ) этого показателя у спортсменов имеющих как аэробный (с 49 ± 4,0 до 61 ± 5,1 мс), так и анаэробный (с 41 ± 3,2 до 63 ± 5,6 мс) тип направленности метаболизма, однако у спортсменки со смешанным типом метаболизма отмечается достоверное снижение ( $p < 0,05$ ) этого показателя с 58 ± 4,9 мс в подготовительном до 48 ± 4,2 мс в предсоревновательном периоде, что как правило, наблюдается при недостаточном восстановлении спортсмена.

CV % (коэффициент вариации) по физиологическому смыслу не отличается от SDNN. Достоверный рост коэффициента вариации от подготовительного к соревновательному периоду наблюдался как у «спринтера», так и у «стайера», его значения превышали 6 %. Согласно литературных данных, это свидетельствует о преобладании автономной регуляции, а

у спортсменки со смешанным типом метаболизма значения CV не превышали 6%, что можно трактовать как устойчивая регуляция.

Вместе с тем, средние значения rNN50% и RMSSD показатели, отражающие доминирование парасимпатического отдела и *автономизацию ритма сердца*, были достоверно выше, только у «стайера». С ростом спортивного мастерства rNN50% повышается до 50 % и более, чем выше данный показатель, тем выше МПК, следовательно, и аэробные возможности спортсменки.

Показатели Амо%, ИВР, ПАПР отражающие влияние симпатической нервной системы, достоверно увеличивались у «спринтера» и у спортсменки со «смешанным» типом метаболизма на протяжении двухгодичной подготовки (см. таблицу), однако у «стайера» отмечалось достоверное снижение этих показателей, что также подтверждает преобладание у нее автономных механизмов в регуляции ритма сердца.

В спортивной практике, показатель Амо%, отражает стабилизирующее воздействие симпатического отдела нервной системы при интенсивных нагрузках. Его повышение связано с подключением *центральных структур управления ритма*. Допустимые колебания АМо% составляют от 30 до 50 %.

Индекс вегетативного равновесия (ИВР) указывает на соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов ВНС. Повышение ИВР свидетельствует о «*гипертонусе*» симпатического отдела, а снижение о ваготонии.

Ю. Э. Питкевич, на основе метода ранговой корреляции Спирмена, было показано, что адаптация к условиям спортивной деятельности с высокой ( $r = -0,91$ ) степенью достоверности коррелирует со снижением ИВР.

Особенности адаптации у «спринтера» и спортсменки имеющей «смешанный» метаболический тип энергетического обеспечения, в подготовительных и соревновательном периодах происходили за счет достоверного снижения показателя rNN50%, и роста показателей АМо%, ИВР, что указывает на *активацию вазомоторного центра продолговатого мозга*, и повышение активности симпатического отдела, которое сопровождается напряжением механизмов регуляции.

Эти же выводы подтверждает и показатель адекватности процессов регуляции — ПАПР, который также отражает соответствие между активностью симпатического отдела ВНС и ведущим уровнем функционирования синусового узла. На протяжении двухгодичной тренировки, *в состоянии покоя, в начале недельных микроциклов*, достоверное снижение этого показателя с  $36 \pm 8,4$  до  $23 \pm 5,7$  усл.ед. наблюдалось у «стайера» на всех этапах подготовительного процесса, а у «спринтера» снижение ПАПР до  $29 \pm 7,3$  усл.ед., отмечалось только к предсоревновательному периоду.

Согласно литературных данных, снижение ПАПР до 23 усл.ед. свидетельствует о *росте спортивного мастерства*, а увеличение этого показателя, позволяет судить о централизации управления ритмом сердца, и соответственно о снижении резерва адаптации, *появлении симптомов перетренированности*. Тенденция развития этого состояния отмечается у «спринтера» во втором подготовительном периоде. Значения ПАПР у спортсменки с аэробно-анаэробной направленностью метаболизма достоверно увеличивались в 1,4 раза (с  $33 \pm 7,9$  до  $45 \pm 9,7$  усл.ед. ) во втором подготовительном периоде и практически в 2 раза превышение этого показателя отмечалось, к предсоревновательному периоду (до  $64 \pm 10,2$  усл.ед.), что свидетельствует о *снижении резервов адаптации*.

В спортивно-медицинской практике большое распространение получил показатель ИН (индекс напряжения регуляторных систем — норма 80–150), который отражает степень централизации управления сердечным ритмом. Чем меньше величина ИН, тем больше активность парасимпатического отдела и автономного контура, тем выше уровень квалификации спортсмена. Чем больше величина ИН, тем выше активность симпатического отдела, а, следовательно, и степень централизации управления сердечным ритмом. Как отмечалось ранее, при оптимальном регулировании, управление происходит с минимальным участием высших уровней, т. е. «автономно». Как правило, снижение работоспособности может сопровождаться усилением «централизации» в управлении сердечным ритмом спортсмена даже в состоя-

нии покоя, при этом, отмечается и более высокая «цена» адаптации к условиям спортивной деятельности. У «стайера», с преобладанием ваготонического типа регуляции, в покое среднее значение ИН ( $73 \pm 6,9$  усл.ед.) в подготовительном периоде соответствовали «нормотонии», а в предсоревновательном устанавливалась умеренная ваготония (ИН снижался до  $44 \pm 4,0$  усл.ед.). Следует отметить, что практически у всех спортсменов во втором подготовительном периоде ИН находился в диапазоне от 60 до 120 усл.ед., согласно литературным данным, организм при этом находится в состоянии «эустресса» (60–120 усл.ед.), что с позиции физиологической регуляции соответствует оптимуму приспособления. Эти же предположения подтверждает и вегетативный показатель (ВП), характеризующий общую ВРС, чем выше значения этого показателя, тем выше активность парасимпатической системы. Значения ИН и ВП в межсоревновательном периоде у «стайера» определяли хорошее функциональное состояние с умеренным преобладанием парасимпатического звена регуляции, что также свидетельствовало о высоких функциональных резервах спортсменки и способствовало восстановлению после интенсивных нагрузок.

Индекс напряженности у «спринтера» в межсоревновательный период характеризовался «нормотонией». У спортсменки со «смешанным» типом метаболизма углеводного обмена, у которой доминировал симпатикотонический тип регуляции ВРС в состоянии покоя, в предсоревновательном периоде отмечалась тенденция роста ИН и достоверное увеличение (от  $62 \pm 5,2$  усл.ед. до  $182 \pm 20,1$  усл.ед.), что также свидетельствует о напряжении механизмов адаптации (150–250 усл.ед.). На основе анализа изменений вегетативного показателя (ВП) у данных спортсменов в течение двухгодичной тренировочной подготовки можно сделать вывод, что функциональное состояние удовлетворительное, влияние парасимпатической системы уравновешивается другими механизмами управления ритма.

#### **Заключение**

У каждого спортсмена состояние спортивной формы предполагает индивидуальный оптимальный уровень и сбалансированность регулирующих систем, обеспечивающих гомодинамические, метаболические и энергетические реакции в ответ на направленность тренировочного процесса. Под влиянием целенаправленного многолетнего тренировочного процесса, сопряженного с развитием выносливости и работы скоростно-силового характера в зависимости от соревновательной деятельности у спортсменок выявлены специфические особенности вегетативного обеспечения процессов восстановления, указывающие на наличие характерных индивидуальных процессов адаптации. С повышением квалификации спортсменок совершенствуются регуляторные механизмы, наблюдается большая адекватность ответа системы кровообращения. Это находит отражение в меньшей постнагрузочной симпатикотонии и централизации управления ритмом сердца и меньших сдвигах со стороны парасимпатической нервной системы спортсменок.

Анализ временных показателей ВРС у «стайера» свидетельствует о преобладании автономности регуляции. Смещение равновесия ВНС в сторону влияния парасимпатического отдела обеспечивает оптимальное снабжение организма спортсмена кислородом в покое и восстановление после нагрузок, экономизацию деятельности сердечно-сосудистой системы, характеризует функциональный резерв организма для выполнения интенсивной физической нагрузки. У стайера в восстановительном периоде достоверно выше показатели SDNN, pNN50 (в %), RMSSD и ниже AMo%, ИБР, ПАПР, ИН, что является показателем индивидуальной устойчивости организма к физическим нагрузкам, а также является прогностическим благоприятным признаком для демонстрации высоких результатов и успешности соревновательной деятельности.

У спринтера и спортсменки со «смешанным» типом метаболизма, адаптация к тренировочным нагрузкам обеспечивается ростом симпатических влияний на сердце, возрастанием степени напряжения регуляторных систем и доминированием центральных влияний. С точки зрения обеспечения энергетики метаболических процессов, цена физиологической деятельности «спринтера» выше, чем у «стайера», тренирующего аэробную выносливость.

Результаты исследования показателей ВРС позволят осуществлять индивидуальный подход не только к тренировочному процессу, но и восстановления процессу. Степень выраженности снижения показателей спектрального анализа ВСП у спортсменов отражает физиологическую цену адаптации к направленности тренировочной и соревновательной деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Берснев, Е. Ю. Спортивная специализация и особенности вегетативной регуляции сердечного ритма / Е. Ю. Берснев // Вариабельность сердечного ритма: теор. аспекты и практ. применение: Тезисы докладов IV Всероссийского симпозиума с международным участием. — Ижевск, 19–21 ноября 2008. — С. 42–45.
2. Брель, Ю. И. Взаимодействие и адаптация систем энергообеспечения скелетных мышц при физических нагрузках / Ю. И. Брель // Проблемы здоровья и экологии. — 2014. — № 3. — С. 47–53.
3. Гаврилова, Е. А. Спорт, стресс, вариабельность: монография / Е. А. Гаврилова. — М.: Спорт, 2015. — 168 с.
4. Шлык, Н. И. Экспресс-оценка функциональной готовности организма спортсменов к тренировочной и соревновательной деятельности (по данным анализа вариабельности сердечного ритма) / Н. И. Шлык // Наука и спорт : современные тенденции — Ижевск: УдГУ, 2015. — № 4. (Т. 9). — С. 5–15.
5. Штаненко, Н. И. Оценка вклада механизмов энергообеспечения мышечной деятельности членов национальной сборной по гребле на байдарках и каноэ в предсоревновательный период / Н. И. Штаненко, Л. А. Будько, П. А. Севостьянов // Актуальные проблемы медицины: сб. науч. ст. респ. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию образования ГомГМУ, Гомель, 5 нояб. 2015 г. : в 4 т. / Гомел. гос. мед. ун-т; редкол.: А. Н. Лызилов [и др.]. — Гомель : ГомГМУ, 2015. — Т. 4. — С. 1086–1089.