

УДК 616-008.1

АДАПТАЦИЯ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ГРЕБЦОВ НА БАЙДАРКАХ Е.Г. Каллаур

Министерство спорта и туризма Республики Беларусь, kallaure@rambler.ru

Введение

Одним из наиболее перспективных методов для отслеживания индивидуальных особенностей адаптации к тренировочным нагрузкам является регулярный мониторинг регулирующего влияния вегетативной нервной системы (ВНС) на статус спортсмена, через измерения в состоянии покоя и/или после тренировок ЧСС-изменчивости (ВСР) [2]. Однако, в настоящее время имеющиеся результаты исследования ВСР у элитных спортсменов противоречивы; не отработан алгоритм исследования ВСР у

элитных спортсменов; нет достаточного опыта использования инструмента оценки ВСР у спортсменов-гребцов на байдарках [3].

Нефункциональные варианты перетренированности спортсменов многие авторы связывают с отрицательной адаптацией к тренировочному процессу, что, как правило, связано с сокращением вегетативного влияния блуждающего нерва на кардиогемодинамику [1].

Цель исследования: оценка регуляторного влияния ВНС на состояние кардиогемодинамики спортсменок-гребцов на байдарках в подготовительный период подготовки.

Для достижения цели исследования были поставлены задачи исследования ВСР и показателей кардиогемодинамики спортсменок-гребцов в покое и после физической нагрузки. Оценивались основные показатели кардиогемодинамики, показатели временного анализа ВСР, вариационной пульсометрии и спектрального анализа. По результатам проведенного исследования были выявлены показатели ВСР и кардиогемодинамики, достоверно отличающиеся от таковых, зарегистрированных в том же подготовительном периоде прошлого года ($p < 0,05$). Сравнительная характеристика показателей ВСР и кардиогемодинамики спортсменок-гребцов использовалась для коррекции восстановительных мероприятий и тренировочного процесса.

Материал и методы исследований

В исследовании участвовала группа из 3 спортсменок-гребцов на байдарках, членов национальной команды Республики Беларусь по гребле на байдарках и каноэ; квалификация – заслуженные мастера спорта; средний возраст $24 \pm 2,18$; средняя масса тела $67 \pm 3,24$; средняя длина тела $180 \pm 1,92$. Исследование проводилось в подготовительный период подготовки 2015 года, результаты исследования сравнивались с аналогичным периодом 2014 года.

Основу содержания методики исследования составил принцип применения аппаратных средств диагностики ВСР в покое и при физической нагрузке; использование алгоритма диагностики ВСР и кардиогемодинамики в контроле учебно-тренировочного процесса [4].

Исследование проводилось в два этапа: в утренние часы (за 2 часа до тренировки) и в вечерние часы (через 1,5 часа после тренировки). В состоянии покоя утром и вечером у спортсменок изучались характеристики сердечного ритма и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. В вечерние часы также изучались характеристики сердечного ритма, как в покое, так и при ортостатической пробе. Выполнялась 5-минутная запись кардиоритмограммы с использованием программно-аппаратного комплекса «Поли-Спектр» (НейроСофт).

В работе применялась традиционная методика анализа variability сердечного ритма по Р.М. Баевскому [2]. По данным статистического, автокорреляционного и спектрального анализа R-R интервалов автоматически вычислялись следующие показатели:

- математическое ожидание (М) – физиологическая интерпретация ЧСС,
- среднее квадратичное отклонение (СКО),
- амплитуда моды (АМ₀) – число значений интервалов, соответствующих МО и выраженных в процентах к общему числу кардиоинтервалов изучаемого ряда,
- индекс напряжения регуляторных систем (ИН),
- S₀ – мощность медленных волн второго порядка.

При анализе кардиогемодинамики учитывались показатели: сердечный индекс (СИ) как основной критерий состояния кровообращения, ударный индекс (УИ), число сердечных сокращений (ЧСС), индекс напряжения миокарда (ИНМ). При анализе ВСП учитывались рекомендации Европейского кардиологического и Североамериканского электрофизиологических обществ (1996) и группы Российских экспертов (2002). Анализировались временные (R–R, MxDMn, RMSSD, pNN50, SDNN, АМ₀50, SI) и спектральные (TP, HF, LF, VLF, ULF) показатели ВРС, а так же основные (ЧСС, МОК, УОК, СИ, УИ) показатели кардиогемодинамики. Анализ ВСП через 1,5 часа восстановительного периода, после проведенного тренировочного занятия сравнивался с показателями до нагрузки, оценивался по 6-балльной системе по следующим критериям с выдачей рекомендаций тренеру по оптимальному управлению тренировочным процессом спортсмена:

6 баллов: Адаптация к нагрузке адекватная, «суперкомпенсация», ИН ниже исходного; HF повышался; LF и VLF снижались, соотношение LF/HF 0,5 и менее; TP увеличивается. При данной адаптации рекомендуются нагрузки без ограничений.

5 баллов: Адаптация адекватная, ИН – близок к исходному, HF, LF и VLF, LF/HF и TP на прежних значениях. Рекомендации по тренировке – без ограничений.

4 балла: Адаптация по ВРС адекватная, ИН увеличилась на не более 50 %, LF и VLF повышены на не более, чем 50 %, HF снижен не более 50 %, LF/HF не более 1,5; TP снижен не более 50 %. Рекомендации – развивающие тренировки, без «стрессовых» нагрузок.

3 балла: Адаптация по ВРС неадекватная, ИН увеличивается на 100 %, HF снижен до 100 %, LF и VLF повышены до 100 %, LF/HF до 2,0, TP снижен до 100 %. Рекомендации по тренировочному процессу – только поддерживающие тренировки.

Результаты исследования. При оценке состояния кардиореспираторной системы и систем вегетативного регулирования до и после тренировки установлено, что восстановление показателей кардиогемодинамики через 1,5 часа после окончания тренировочного дня находилось на среднем уровне у 2 спортсменок, у 1 – на высоком уровне.

Функциональные возможности кардиореспираторной системы и систем вегетативного регулирования у всех спортсменок-гребцов диагностированы как высокие.

Средние показатели кардиогемодинамики и ВСР на утро после тренировочного дня выявлены у всех спортсменов. Как признаки недовосстановления на утро после тренировки расценивались показатели: ИНБ – индекс напряжения Баевского, характеризующий активность парасимпатического отдела (норма 80-300); ИСА – индекс симпатической активности, характеризующий активность симпатического отдела (норма 30-70).

У гребцов в покое отмечен сбалансированный вариант вегетативного регулирования; после нагрузки у 1 – преобладание симпатического регулирования, у 1 – преобладание парасимпатического регулирования ВНС, что свидетельствует об экономизации функций ВНС, у 1 – сбалансированное состояние ВСР, что, в процессе тренировочной деятельности, отражает оптимальные адаптивные процессы.

Установлено, что существует специфическая направленность занятий греблей на байдарке (женщины, дистанции 200 м и 500 м), которая заключается в нарастании активности автономной регуляции в процессе тренировок. Это подтверждают данные анализа ВСР, полученные после тренировочных занятий, когда у спортсменок-гребцов нарастает активность автономной регуляции и увеличиваются показатели структуры спектра (TP, HF, LF, VLF).

При анализе показателей ВСР в 2014 и 2015 годах, установлено, что наращивание спортивного мастерства гребцов (2014 год – 3 место на ЧМ; 2015 год – 1 место на ЧМ, в байдарке-четверке, К-4 500 м) ассоциируется с новым уровнем адаптации, где спортивный результат достигается при меньшем напряжении регуляторных систем.

В 2015 году, по сравнению с 2014 годом в группе спортсменок-гребцов наблюдался рост активности адаптационных механизмов и активности парасимпатического звена регуляции: отмечены более высокие значения SDNN, RMSSD, pNN50, CV, TP, HF, BP и более низкие показатели ИВР, ИН, ВПР.

Результаты анализа вариабельности сердечного ритма показали, что достоверные различия между показателями ВСР и кардиогемодинамики в целом по группе спортсменок наблюдались по следующим показателям: RRmax, SDNN, RMSSD, pNN50, CV, TP, VLF, HF, BP, ИВР, ВПР, ИН.

Анализ ЧСС, R-R интервалов и уровня ЧСС свидетельствовал о нормокардии у спортсменок. В 2014 году у спортсменок была диагностирована большая длительность R-R-интервалов, в среднем на 90 мс, по сравнению с аналогичным периодом 2015 года, более высокий уровень ЧСС (выше на 0,8) и большие значения TP, HF, LF, VLF (таблица 1).

Таблица 1. - Средние значения показателей ВСР спортсменок-гребцов на байдарках в 2014 и 2015 годы

Показатель	2014 г. (n = 3)	2015 г. (n = 3)	p
Временной анализ			

RRmin, мс	829,7	885,1	0,284
RRmax, мс	1241,7	1410,3	0,003
RRNN, мс	1046,3	1121,9	0,138
SDNN, мс	67,9	95,2	0,002
RMSSD, мс	71,3	109,6	0,001
pNN50, %	41,6	59,1	0,010
CV, %	6,5	8,5	0,015
Спектральный анализ			
TP, мс ²	4780,9	8932,3	0,003
VLF, мс ²	1645,2	2593,5	0,021
LF, мс ²	1218,4	1943,0	0,103
HF, мс ²	1917,2	4396,0	0,003
LF/HF	1,0	0,5	0,209
%VLF	35,5	34,2	0,777
%LF	24,1	19,5	0,195
%HF	40,4	46,3	0,255
Кардиоинтервалография по Р.М. Баевскому [2]			
ЧСС, уд/мин	58,7	55,5	0,246
Mo, с	1,0	1,1	0,296
AMo, %	33,3	26,6	0,066
Me, с	1,0	1,1	0,135
BP, с	0,4	0,5	0,038
ИВР, у.е.	102,0	56,6	0,040
ПАПР, у.е.	32,9	25,6	0,087
ВПР, у.е.	2,8	1,9	0,044
ИН, у.е.	51,2	27,3	0,053

Приведенные данные являются показателем более высокой активности автономных механизмов регуляции и больших функциональных резервов их сердечно-сосудистой системы. Высокий уровень абсолютной мощности VLF и их доли в TP, по данным является отражением гиперадаптивного состояния, характеризующегося напряжением механизмов адаптации.

Вегетативный статус организма, выявленный по значениям ИН, соответствовал нормотонии (эйтонии) лишь у одной спортсменки, имевшей наиболее высокие результаты выступлений на международных первенствах в сезоне. У одной спортсменки преобладал парасимпатический тип регулирования, что свидетельствует об экономизации системы кровообращения при выполнении работы в режиме базового периода подготовки.

У одной спортсменки периодически была выявлена симпатикотония, отражающая напряжение регуляторных систем – включение центральных и подавление автономных механизмов. У обследованной спортсменки доля VLF волн, мощность которых характеризует активность симпатического отдела

вегетативной нервной системы, а также отражает активность межсистемного уровня управления, значительно превышала нормативы (в 2-3 раза) и составила 22-30 % ТР.

Одним из показателей, характеризующих соотношение симпатических и парасимпатических влияний, является индекс вагосимпатического взаимодействия LF/HF. Сбалансированный тонус симпатических и парасимпатических центров ($1,5 \leq LF/HF < 2,5$) выявлен у двух спортсменок. У спортсменки с исходной симпатикотонией – умеренное преобладание симпатических влияний, свидетельствующее о централизации управления ритмом сердца и о более высокой физиологической цене адаптации к текущим нагрузкам. Это подтверждено и величиной индекса централизации (IC), который у данной спортсменки свидетельствовал о более выраженной активности центрального контура регуляции сердечного ритма, по отношению к автономному.

Таким образом, из результатов исследования следует, что статистические и геометрические показатели и некоторые спектральные характеристики (HF, HFnorm, LFnorm) variability сердечного ритма однозначно отражали соотношение автономных и центральных механизмов регуляции у спортсменок-гребцов с различной направленностью спортивной специализации; у спортсменок данной группы адаптация сердечной деятельности к текущим нагрузкам осуществлялась преимущественно за счет автономных механизмов, у спортсменки, имеющей спортивную специализацию короткий спринт (200 м), – за счет центральных. Выявленная величина ТР указывала на высокий уровень адаптационного потенциала у всех спортсменок, а значения абсолютной мощности VLF волн и VLFnorm – на напряжение механизмов регуляции; индексы LF/HF и IC свидетельствовали о централизации регулирующих влияний только у одной спортсменки.

Следовательно, из всех проанализированных показателей variability сердечного ритма в экспресс-оценке и прогнозе текущего функционального состояния, по нашему мнению, могут быть использованы статистические и геометрические показатели. Трактовка же спектральных характеристик требует дополнительных исследований.

Величина абсолютной и относительной мощности LF у всех спортсменок значительно различалась в 2014 и 2015 году, при этом абсолютная мощность LF значительно (в 3-5 раз) превышала нормативные значения; относительная мощность LF соответствовала им. Увеличение абсолютной мощности LF волн в 2015 году трактуется нами как результат поддержания гемодинамического гомеостаза спортсменок, что обеспечивается подключением неспецифических механизмов адаптации на фоне использования индивидуально подобранной схемы восстановительных мероприятий и коррекции тренировочного процесса, с учетом статуса спортсменок.

По результатам исследований 2014-2015 годов, на основе изучения состояния кардиореспираторной системы и данных ВСР, следует отметить улучшение состояния спортсменов после тренировочной нагрузки через 2 часа

по показателям кардиогемодинамики: сердечного индекса, мл/мин (СИ) – на 19%, ударного индекса, мл/удар/м² (УИ) – на 23%; снижение коэффициента напряжения миокарда, ед. (КНМ) – на 24%, показателя частоты сердечных сокращений, ед. (ЧСС) – на 12%.

Динамика показателей свидетельствует об экономизации функции кардиогемодинамики и повышении адаптации кардиореспираторной системы при нагрузках подготовительного периода тренировочного цикла спортсменов.

Выводы

1. Анализ данных variability сердечного ритма спортсменов, специализирующихся в гребле на байдарках, указывал на нормотонический тип регуляции сердечного ритма и повышенную централизацию управления ритмом сердца; в пользу чего свидетельствовали достоверно более высокие, показатели АМо и ИН ($P < 0,05$) при нагрузке (ортостатическая проба) в подготовительном периоде подготовки, по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. В покое вегетативный баланс смещался в сторону вагусных влияний, усиливались активность автономного контура регуляции, т.е. влияние дыхания на ритм сердца. Как при нагрузке, так и в состоянии покоя, у спортсменов значительных изменений на ЭКГ не выявлено.

2. У спортсменов-гребцов по показателю ЧСС достоверных отличий по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, не выявлено, однако, при нагрузке в настоящее время отмечалась достоверная экономизация в сосудистом звене кровообращения (увеличение УИ, без увеличения ЧСС). В подготовительном периоде текущего года подготовки достоверно выше наблюдалась вагусная активность.

3. Усиление вагусной активности в покое указывало на активацию подкорковых центров и преобладание активности кардиостимуляторного центра. По-видимому, наблюдаемые изменения были обусловлены необходимостью мобилизации функциональных резервов и связаны с включением в процесс адаптации высших вегетативных центров.

4. При нагрузке в подготовительный период 2015 года подготовки повышение централизации управления ритмом сердца связано с усилением симпатической регуляции, которая подавляет активность автономного контура. В соотношении спектральных характеристик отчетливых различий не обнаружено.

5. Таким образом, анализ variability сердечного ритма до и после физической нагрузки позволяет определять:

- степень готовности организма спортсменов к тренировкам;
- наличие или отсутствие функциональных резервов;
- функциональную стоимость физической нагрузки для организма;
- динамику тренированности спортсменов;
- диагностику скрытых нарушений сердечного ритма;
- предболезненное или болезненное состояние.

Используемый объем исследований позволяет проводить диагностику долговременной адаптации организма к физическим и психоэмоциональным нагрузкам; оценивать функциональное состояние и адаптационные возможности организма; определять диапазон приспособительных реакций; отслеживать явление перетренированности;

Планируемые дальнейшие исследования в данном направлении позволят и далее точно корректировать тренировочный процесс, в соответствии с периодом подготовки; оценивать эффективность восстановительных мероприятий.

Литература:

1. Аксёнов, В.В., Артамонов, В.Н., Мотылянская, Р.Е., Барышкин, Ю.А. Использование математического анализа ритма сердца для распознавания механизма некоторых форм нарушений функционального состояния сердечно-сосудистой системы у спортсменов // В.В. Аксёнов, В.Н. Артамонов, Р.Е. Мотылянская, Ю.А. Барышкин. - ТиПФК. - 1981. - № 4. - С. 28.

3. Баевский, Р.М., Иванов, Г.Г., Чирейкин, Л.В. и др. В помощь практическому врачу. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем. Методические рекомендации // Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин. - Вестн. аритмологии. - 2001. - № 24. - С. 65-87.

3. Викулов, А.Д., Немиров, А.Д., Ларионова, Е.Л., Шевченко, А.Ю. Variability сердечного ритма у лиц с повышенным режимом двигательной активности и спортсменов // А.Д. Викулов, А.Д. Немиров, Е.Л. Ларионова, А.Ю. Шевченко. - Физиология человека. - 2005. - Т. 31. - № 6. - С. 54-59.

4. Жужгов, А.П. Variability сердечного ритма у спортсменов различных видов спорта: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Казань, 2003. - 24 с.

5. Котельников, С.А., Ноздрачев, А.Д., Одинак, М.М. и др. Variability ритма сердца: представления о механизмах // С.А. Котельников, А.Д. Ноздрачев, М.М. Одинак. - Физиология человека. - 2002. - Т. 28. - № 1. - С. 130-143.

6. Меерсон, Ф.З., Пшенникова, М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. - М.: Медицина. - 1988. - 253 с.

7. Akselrod, S., Gordon, D., Madvwed, J.B. et al. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis // S. Akselrod, D. Gordon, J.B. Madvwed et al. - Amer. J. Physiol. - 1985. - V. - 249. - P. - 867-875.

8. Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J.M. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners // V. Pichot, F. Roche, J.M. Gaspoz. - Med. Sci. Sport Exerc. - 2000. - V. 32. - № 10. - P. 1729.