

## АДАПТАЦИЯ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ГРЕБЦОВ НА БАЙДАРКАХ

**Е.Г. Каллаур**

Министерство спорта и туризма Республики Беларусь, [kallaure@rambler.ru](mailto: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 (АМ<sub>0</sub>) – число значений интервалов, соответствующих МО и выраженных в процентах к общему числу кардиоинтервалов изучаемого ряда,
- индекс напряжения регуляторных систем (ИН),
- S<sub>0</sub> – 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 ВСР учитывались рекомендации Европейского кардиологического и Североамериканского электрофизиологических обществ (1996) и группы Российских экспертов (2002). Анализировались временные (R–R, MxDMn, RMSSD, pNN50, SDNN, АМ<sub>0</sub>50, SI) и спектральные (TP, HF, LF, VLF, ULF) показатели ВРС, а так же основные (ЧСС, МОК, УОК, СИ, УИ) показатели кардиогемодинамики. Анализ ВСР 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.<br>(n = 3) | 2015 г.<br>(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 <sup>2</sup>                         | 4780,9 | 8932,3 | 0,003 |
| VLF, мс <sup>2</sup>                        | 1645,2 | 2593,5 | 0,021 |
| LF, мс <sup>2</sup>                         | 1218,4 | 1943,0 | 0,103 |
| HF, мс <sup>2</sup>                         | 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 |
| Мо, с                                       | 1,0    | 1,1    | 0,296 |
| АМо, %                                      | 33,3   | 26,6   | 0,066 |
| Ме, с                                       | 1,0    | 1,1    | 0,135 |
| ВР, 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 гипердаптивного 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/м<sup>2</sup> (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.