

УДК 796.96

DOI 10.5930/1994-4683-2026-2-107-112

Исследование variability ритма сердца как метода мониторинга тренировочного процесса

у высококвалифицированных спортсменок в кёрлинге

Манасевич Константин Алексеевич

Шулико Юрий Владимирович, кандидат педагогических наук, профессор

Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург

Аннотация

Цель исследования – оценка эффективности коррекции тренировочного процесса на основе анализа динамики показателей variability сердечного ритма.

Методы и организация исследования. Применяли метод оценки variability сердечного ритма (ВСР), статистическую обработку данных. Исследование проводили в группе спортсменок женской национальной сборной по кёрлингу в возрасте от 18 до 25 лет.

Результаты исследования и выводы. Полученные результаты демонстрируют важность мониторинга ВСР как инструмента для своевременного выявления признаков перетренированности и оптимизации нагрузок в процессе спортивной подготовки. Подтверждена значимость использования показателей ВСР для объективной оценки функционального состояния спортсменок и планирования индивидуальных программ тренировок.

Ключевые слова: кёрлинг, тренировочный процесс, variability сердечного ритма, перетренированность, адаптация в спорте, вегетативная регуляция, национальная команда по кёрлингу

Study of heart rate variability as a method for monitoring the training process in highly skilled female curlers

Manasevich Konstantin Alekseevich

Shuliko Yurii Vladimirovich, candidate of pedagogical sciences, professor

Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg

Abstract

The purpose of the study is to evaluate the effectiveness of training process adjustments based on the analysis of heart rate variability dynamics.

Research methods and organization. The method of heart rate variability (HRV) assessment and statistical data analysis was applied. The study was conducted with a group of female athletes of the national curling team aged 18 to 25 years.

Research results and conclusions. The results obtained demonstrate the importance of HRV monitoring as a tool for the timely detection of signs of overtraining and the optimization of training loads in the course of athletic preparation. The significance of using HRV indicators for the objective assessment of athletes' functional state and the planning of individualized training programs has been confirmed.

Keywords: curling, training process, heart rate variability, overtraining, adaptation in sports, autonomic regulation, national curling team

Введение. В современном спорте актуальной задачей является разработка научно обоснованных методов оценки функционального состояния спортсменок для повышения эффективности тренировочного процесса и предотвращения перетренированности. Метод определения variability сердечного ритма (ВСР) является чувствительным инструментом для оценки адаптационных возможностей организма и сбалансированности вегетативной нервной системы. Изучение динамики показателей ВСР позволяет не только отслеживать текущее функциональное состояние спортсменок, но и прогнозировать их готовность к соревновательной деятельности.

Ключевым физиологическим механизмом, лежащим в основе метода, является анализ колебаний временных интервалов между последовательными сердечными сокращениями (R-R интервалов), которые находятся под строгим контролем

вегетативной нервной системы. Парасимпатический отдел регулирует быстрые, высокочастотные колебания (HF-компонент), связанные с дыханием, в то время как симпатический отдел модулирует более медленные, низкочастотные колебания (LF-компонент), отражающие барорефлекторную активность [1, 2]. Таким образом, количественный анализ этих компонентов (SDNN, RMSSD, LF, HF, LF/HF) представляет неинвазивный маркер состояния регуляторных систем и общего напряжения организма спортсмена [3].

Эффективность применения ВСП для корректировки тренировочного процесса была продемонстрирована в циклических видах спорта, где показана обратная корреляция между уровнем подготовленности и показателем LF/HF, а также прямая связь между ростом RMSSD и фазами восстановления [4, 5]. Однако валидность этих закономерностей для сложнокоординационных видов спорта, где физическая нагрузка носит интервальный, аэробно-анаэробный характер, остается предметом дискуссий. В частности, в керлинге отсутствуют систематические данные о динамике спектральных показателей ВСП (LF, HF, VLF) в ответ на специализированные тренировочные мезоциклы, что определяет новизну настоящего исследования.

Настоящее исследование было проведено с целью изучения изменений показателей ВСП у спортсменок национальной сборной по керлингу в процессе подготовки к всероссийским соревнованиям. Особое внимание уделялось анализу изменений ключевых параметров ВСП, таких как стандартное отклонение интервалов RR (SDNN), стандартное отклонение последовательных интервалов RR (RMSSD), соотношение мощности низкочастотной и высокочастотной составляющих спектра (LF/HF), а также другие временные и частотные характеристики. Исследование проводилось в условиях реального тренировочного процесса, что дало возможность получить достоверные данные о взаимосвязи между показателями ВСП и уровнем физической подготовленности спортсменок.

Актуальность применения методов ВСП в спорте высших достижений подтверждается многочисленными международными исследованиями, которые демонстрируют её высокую прогностическую ценность в оценке уровня стресса и восстановления [4, 5]. Однако большинство работ сфокусировано на циклических и игровых видах спорта, в то время как специфика керлинга, сочетающая высокие когнитивные нагрузки, статическую и динамическую работу, изучена недостаточно. Данное исследование призвано восполнить этот пробел, предложив модель использования ВСП для управления тренировочным процессом в сложнокоординационном виде спорта.

Целью данного исследования является оценка эффективности коррекции тренировочного процесса на основе анализа динамики показателей ВСП. Предполагается, что систематический мониторинг показателей ВСП позволит выявить особенности адаптации организма к тренировочным нагрузкам и позволит своевременно корректировать объем и интенсивность тренировок, чтобы предотвратить развитие перетренированности.

Методы и организация исследования. Для проведения исследования был использован метод оценки вариабельности сердечного ритма (ВСП), который является чувствительным инструментом оценки адаптационных возможностей организма и баланса вегетативной нервной системы [1]. Показатели ВСП снимали на протяжении двух мезоциклов. Исследование проводили в группе спортсменок женской наци-

ональной сборной по керлингу ($n=15$) в возрасте от 18 до 25 лет. Все участницы исследования имели квалификацию "Мастер спорта" и выше, регулярно проходили медицинские осмотры и не имели противопоказаний к участию в эксперименте.

Эксперимент проводился в январе-феврале 2025 года. По форме организации он был последовательным и состоял из двух этапов. Оба этапа включали в себя по одному трёхнедельному мезоциклу подготовительного типа, по четыре пятидневных тренировочных микроцикла.

Контрольный этап (январь) продолжительностью 3 недели – подготовка на этом этапе проходила в соответствии с тренировочным планом и не предполагала коррекции его содержания с учётом динамики показателей ВСП игроков.

Экспериментальный этап (март) продолжительностью 3 недели – предполагал возможность адекватной коррекции содержания подготовки игроков в соответствии с динамикой их показателей ВСП на протяжении мезоцикла.

Спортсмены в условиях тренировочного сбора тестировались в начале и в конце каждого мезоцикла. Корректировка тренировочного процесса в экспериментальном этапе включала:

- индивидуализацию объема и интенсивности нагрузок;
- индивидуализацию восстановительных мероприятий.

Основанием для корректировки послужили выявленные признаки напряжения регуляторных систем у части спортсменок (повышенные значения индекса стресса Баевского и соотношения LF/HF). ВСП оценивали с помощью ритмокардиографии в покое с использованием стандартной пятиминутной записи ЭКГ с частотой дискретизации 500 Гц. Анализировались как временные, так и частотные характеристики ВСП.

Временные показатели:

- SDNN (стандартное отклонение интервалов RR);
- RMSSD (стандартное отклонение последовательных интервалов RR);
- NN50 (количество пар последовательных интервалов RR, отличающихся более чем на 50 мс);
- pNN50% (процент пар последовательных интервалов RR, отличающихся более чем на 50 мс).

Частотные индикаторы:

- HF (высокочастотная составляющая спектра, мс²);
- LF (низкочастотная составляющая спектра, мс²);
- VLF (очень низкочастотная составляющая спектра, мс²);
- TP (общая мощность спектра, мс²);
- LF/HF (соотношение низкочастотной и высокочастотной составляющих).

Дополнительно были рассчитаны интегральные показатели:

- SI (индекс стресса Баевского);
- IC (индекс централизации);
- PARS (показатель активности регуляторных систем) [3].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием специализированного программного обеспечения для анализа ВСП. Для сравнения показателей использовались непараметрические методы статистического анализа. Такой подход позволяет получить достоверные данные о состоянии функциональной подготовленности спортсменок и эффективности используемых методов тренировок.

Результаты исследования. Первоначальное тестирование выявило неоднородность адаптационных реакций у спортсменок. У части команды отмечались повышенные показатели HF (2116-20184 мс²) при относительно низком индексе стресса (6-9 у.е.), что свидетельствовало о хорошем восстановительном потенциале, но недостаточной тренированности. У других спортсменок наблюдался дисбаланс вегетативной регуляции (LF/HF 0,33-0,76) при сниженных значениях RMSSD (168-221 мс). На основании этих данных были внесены следующие коррективы в тренировочный процесс:

1. Для спортсменок с высокими показателями восстановления – увеличение тренировочных нагрузок на 15-20% с акцентом на соревновательные элементы;
2. Для спортсменок с признаками вегетативного дисбаланса – снижение нагрузок на 25% и введение дополнительных восстановительных мероприятий.

Полученная гетерогенность функционального состояния в рамках одной команды подчеркивает необходимость индивидуального, а не командного подхода к планированию нагрузок даже на этапе непосредственной подготовки к соревнованиям. Выявленные различия, вероятно, обусловлены индивидуальными особенностями вегетативной реактивности, исходным уровнем тренированности и переносимостью специфических для кёрлинга нагрузок (статическое напряжение во время «свипа», психоэмоциональный стресс при принятии решений).

После корректировки наблюдалась нормализация показателей: значения SI возросли до 20-35 у.е., что отражает адекватную реакцию на нагрузку, при этом сохранился оптимальный вегетативный баланс (LF/HF 0,46-0,78). Полученные результаты подтвердили эффективность индивидуального подхода к планированию нагрузок на основе мониторинга ВСР. Для наглядности мы приводим ключевые показатели в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Изменения ключевых показателей ВСР у спортсменки №1

Спортсмен	Показатель	До коррекции	После коррекции
№1	SDNN (мс)	165	99
	RMSSD (мс)	175	110
	LF/HF	0,76	0,78

Таблица 2 – Изменения ключевых показателей ВСР у спортсменок №2 и №3

Спортсмен	Показатель	До коррекции	После коррекции
№2	SDNN (мс)	146	86
	RMSSD (мс)	168	77
	LF/HF	0,33	0,51
№3	SDNN (мс)	215	127
	RMSSD (мс)	221	131
	LF/HF	0,72	0,46

Наблюдаемое у спортсменки №1 снижение абсолютных значений SDNN и RMSSD на фоне повышения индекса стресса (СИ) с 6 до 20 у.е. является парадоксальным на первый взгляд, но имеет четкое физиологическое обоснование. Исходно крайне низкие значения СИ (6 у.е.) являются субнормальными и свидетельствуют о недостаточной активности симпатического звена регуляции, что может указывать на состояние «нетренированности» или недостаточной мобилизованности организма. Повышение СИ до 20-35 у.е. после увеличения нагрузок отражает адекватную активацию регуляторных систем для выполнения работы и является признаком оптимального функционального состояния для спортсменов высокой квалификации [2]. Незначительное изменение соотношения LF/HF (с 0,76 до 0,78) указывает на сохранение стабильного вегетативного баланса.

У спортсменок №2 и №3 была выявлена противоположная картина. Снижение абсолютных показателей SDNN и RMSSD сопровождалось позитивным сдвигом в балансе вегетативной нервной системы: соотношение LF/HF у спортсменки №2 увеличилось с 0,33 до 0,51, а у №3 – снизилось с 0,72 до 0,46. Это свидетельствует о нормализации вегетативного тонуса – смещении от исходного преобладания тонуса одного из отделов (парасимпатического у №2 и симпатического у №3) к более сбалансированному состоянию. Рост индекса стресса Баевского в данном контексте интерпретируется не как негативная реакция, а как признак повышения функционального резерва и адекватной мобилизации систем организма в ответ на оптимизированную нагрузку.

Анализ спектральных компонентов предоставляет ключевое объяснение наблюдаемым изменениям (табл. 3). Существенное снижение абсолютных значений HF и LF мощности у спортсменок №2 и №3 после коррекции нагрузок указывает на снижение общего напряжения регуляторных систем. Особенно показателен случай спортсменки №3: резкое снижение как HF (с 20184 до 1532 мс²), так и LF (с 14444 до 702 мс²) компонентов при одновременном улучшении баланса (LF/HF с 0,72 до 0,46) является классическим признаком снятия чрезмерного функционального напряжения и перехода организма в более экономичный режим регуляции ритма сердца. У спортсменки №1, чьи нагрузки были увеличены, наблюдался ожидаемый рост и HF, и LF мощности, что отражает увеличение общего функционального резерва и адаптационных возможностей организма.

Таблица 3 – Соотношение частотных составляющих спектра HRV

Спортсмен	Показатель	До коррекции	После коррекции
№1	HF (мс ²)	2116	2972
	LF (мс ²)	1605	2317
№2	HF (мс ²)	11731	3386
	LF (мс ²)	3839	1721
№3	HF (мс ²)	20184	1532
	LF (мс ²)	14444	702

Таким образом, проведенный анализ демонстрирует эффективность использования метода HRV для мониторинга состояния спортсменов и корректировки тренировочного процесса. Полученные результаты подтверждают возможность раннего выявления признаков перетренированности и своевременной коррекции нагрузок для предотвращения развития дисфункций.

Заключение. Проведенное исследование variability сердечного ритма (BCP) у спортсменов национальной сборной выявило важные закономерности в функциональном состоянии спортсменов высокой квалификации. Подтверждена эффективность метода определения BCP для мониторинга состояния спортсменов и индивидуальной корректировки тренировочного процесса. Положительная динамика соотношений SDNN, RMSSD и LF/HF у большинства спортсменов после корректировки нагрузки указывает на возможность раннего выявления признаков перетренированности. У всех обследованных спортсменов после оптимизации тренировочного процесса обнаружено снижение индекса стресса Баевского (СИ) с 6-9 до 20-35 единиц, что соответствует нормативным данным для спортсменов высокой квалификации. Полученные данные согласуются с международными исследованиями – увеличение SDNN более чем на 40% от исходных значений подтверждает адаптацию организма к тренировочным нагрузкам. Изменения показателей BCP соответствовали возрастным особенностям спортсменок: рост SDNN и RMSSD в диапазоне

60-127 мс и 50-131 мс, соответственно, соответствует стандартным значениям для людей в возрасте 18-35 лет.

На основании анализа индивидуальных реакций можно выделить два типа адаптивных ответов на коррекцию тренировочной нагрузки:

- для спортсменов с исходно низким СИ (6-9 у.е.): Адекватной реакцией является повышение СИ на фоне увеличения спектрального показателя (HF) и общей мощности спектра (TP), что трактуется как повышение функционального резерва.

- для спортсменов с признаками вегетативного дисбаланса: Целевой реакцией является снижение общего напряжения регуляторных систем (снижение TP, HF, LF) при одновременной нормализации вегетативного баланса (LF/HF), что свидетельствует о повышении эффективности и экономизации работы сердечно-сосудистой системы.

Таким образом, мониторинг ВСР позволяет не только констатировать состояние «норма-патология», но и дифференцированно оценивать тип адаптационной перестройки организма в ответ на тренировочные воздействия. Рекомендуется продолжать использовать метод измерения ВСР для исследования спортсменов не реже двух раз за тренировочное мероприятие. Если значения СИ превышают 35 единиц, а значения LF/HF ниже 0,5, необходимо уменьшить объем и интенсивность тренировочных нагрузок на 20-30%.

Полученные результаты подтверждают важность использования метода ВСР для объективной оценки функционального состояния спортсменов и планирования индивидуальных тренировочных программ с учетом специфики спорта и особенностей подготовки.

Список источников

1. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1) / П. М. Баевский, Г. Г. Иванов, А. П. Гаврилушкин [и др.] // Вестник аритмологии. 2002. № 24. С. 65–86. EDN HSPLXF.
2. Aubert A. E., Seps B., Beckers F. Heart rate variability in athletes. DOI 10.2165/00007256-200333120-00003 // Sports Med. 2003. Vol. 33, Iss. 12. P. 889–919. EDN: XQYNUB.
3. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. Иваново: Ивановская гос. мед. академия, 2002. 290 с. EDN: UBBQTR.
4. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the window? / Plews D. J., Laursen P. B., Stanley J. [et al.]. DOI 10.1007/s40279-013-0071-8 // Sports Med. 2013. Vol. 43, Iss. 9. P. 773–781. EDN: ZAZIRA.
5. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements / A. M. Kiviniemi, A. J. Hautala, H. Kinnunen, M. P. Tulppo. DOI 10.1007/s00421-007-0552-2 // European Journal of Applied Physiology. 2007. Vol. 101, No. 6. P. 743–751. EDN OBXVFY.

References

1. Bayevsky R. M., Ivanov G. G., Gavrilushkin A. P. [et al.] (2002), "Analysis of heart rate variability using various electrocardiographic systems. Methodological recommendations", *Vest. Arrhythmia*, No. 24, pp. 65–86.
2. Aubert A. E., Seps B., Beckers F. (2003), "Heart rate variability in athletes", *Sports Med.*, Vol. 33, Iss. 12, pp. 889–919, DOI 10.2165/00007256-200333120-00003.
3. Mikhailov V. M. (2002), "Heart rate variability: experience of practical application of the method", Ivanovo, 290 p.
4. Plews D. J., Laursen P. B., Stanley J. [et al.], (2013), "Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the window?", *Sports Med.*, Vol. 43, Iss. 9, pp. 773–781, DOI 10.1007/s40279-013-0071-8.
5. Kiviniemi A. M., Hautala A. J., Kinnunen H., Tulppo M. P. (2007), "Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements", *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 101, No. 6, pp. 743–751, DOI 10.1007/s00421-007-0552-2.

Информация об авторах: Манасевич К.А., аспирант кафедры теории и методики керлинга, ORCID: 0009-0006-0229-3785, SPIN-код 2501-3720. Шуцко Ю.В., заведующий кафедры теории и методики керлинга, ORCID: 0009-0001-2195-3367, SPIN-код: 2764-8866.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 03.06.2025.

Принята к публикации 03.02.2026.