

Дата публикации: 01.12.2021

DOI: 10.51871/2588-0500\_2021\_05\_04\_18

УДК 612.172.2

## **ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У МОЛОДЫХ СПОРТСМЕНОВ-ВОЛЕЙБОЛИСТОВ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ**

О.Г. Литовченко<sup>1</sup>, А.С. Максимова<sup>1</sup>, А.А. Чирков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия

<sup>2</sup>Югорский колледж-интернат олимпийского резерва,  
г. Ханты-Мансийск, Россия

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, сердечно-сосудистая система, функциональное состояние, молодежная лига, спортсмены-волейболисты.

**Аннотация.** Цель исследования – выявить особенности функционального состояния системы кровообращения и вариабельности сердечного ритма у молодых спортсменов-волейболистов, проживающих и тренирующихся в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. В исследовании участвовали спортсмены Молодежной лиги по волейболу мужского пола (n=22). Группу сравнения составили студенты мужского пола медицинского института (n=22), не занимающиеся спортом. Оценка вариабельности сердечного ритма проводилась на основе ряда статистических и спектральных характеристик. В ходе исследования выявлено, что молодые спортсмены обладают высокой активностью сегментарного уровня регуляции сердечной деятельности и достаточным резервом адаптационного потенциала системы кровообращения. С целью определения состояний чрезмерного утомления и напряжения регуляторных систем организма спортсменов при высокой активности парасимпатического звена регуляции необходим дальнейший мониторинг функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

## **FEATURES OF HEART RATE VARIABILITY IN YOUNG VOLLEYBALL PLAYERS OF KHANTY-MANSIJSK AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA**

O.G. Litovchenko<sup>1</sup>, A.S. Maksimova<sup>1</sup>, A.A. Chirkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Surgut State University, Surgut, Russia

<sup>2</sup>Yugorsk Boarding College of Olympic Reserve, Khanty-Mansijsk, Russia

**Key words:** heart rate variability, cardiovascular system, functional state, youth league, volleyball players.

**Annotation.** The aim was to identify the features of cardiovascular and heart rate variability among young volleyball players who live and train in the Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra. The study involved male volleyball players, who are active players of the Youth Volleyball League (n=22). The comparison group included male students of the Medical Institute (n=22) who do not engage in sports. Statistical characteristics and spectral analysis of heart rate variability were used to assess heart rate variability. The study revealed that young players had high activity of the segmental level of regulation and sufficient reserves for the adaptation of the cardiovascular system. Volleyball players with high activity of the parasympathetic link of regulation need to be examined in order to determine the state of excessive fatigue and stress of regulatory systems.

**Введение.** При организации исследований в области спортивной физиологии особое внимание уделяется изучению активности и особенностей вегетативной и нейрогуморальной регуляции сердечно-сосудистой системы, поиску резервов ее деятельности, методов спортивной подготовки, которые формируют механизмы энергообеспечения спортсмена и определяют спортивные достижения [1-6]. Сердечно-сосудистая система – это чувствительный индикатор [7-8], отражающий адаптационные изменения организма спортсмена при воздействии физических упражнений [1, 9].

На сегодняшний день среди методологических подходов к анализу функционального состояния сердечно-сосудистой системы в условиях тренировочной нагрузки при воздействии особых условий северного региона важное место отводится изучению показателей variability ритма сердца [2]. В ряде работ показано, что холод является наиболее значимым эколого-физиологическим фактором [3, 10, 11]. Температурный режим территорий северного региона способен оказывать модулирующее воздействие на функциональное состояние системы кровообращения, при котором снижение variability ритма сердца может быть показателем вегетативной дисфункции сердца, отражая риск развития сердечно-сосудистых патологий [12]. Напротив, высокая вариативность кардиоинтервалов в состоянии покоя будет свидетельствовать о высоком адаптационном резерве сердечно-сосудистой системы как у квалифицированных спортсменов, так и людей с умеренным режимом двигательной активности.

В связи с этим крайне важно проводить мониторинг функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов высокого уровня, длительно проживающих и тренирующихся в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Цель исследования: выявить особенности функционального состояния системы кровообращения и вариабельности сердечного ритма у молодых спортсменов-волейболистов, проживающих и тренирующихся в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

**Методы и организация исследования.** В исследовании приняли участие спортсмены-волейболисты мужского пола ( $n=22$ ), возраст которых составил 18-21 год. Обследованные спортсмены имели разряды: кандидат в мастера спорта, первый спортивный разряд. Спортсмены являлись действующим игроками молодежной сборной по волейболу ХМАО – Югры и находились в начале подготовительного периода перед годичным циклом Чемпионата России Молодежной лиги. Восстановительный период с момента последней тренировки составлял не менее 12 часов. Критерием включения спортсменов было отсутствие хронических и острых заболеваний, наличие добровольного согласия на участие в исследовании. Группу сравнения составили студенты I и II групп здоровья мужского пола медицинского института ( $n=22$ ), не занимающиеся спортом в возрасте от 18 до 21 года. Критерием включения лиц в контрольную группу являлся низкий уровень двигательной активности.

Оценка вариабельности сердечного ритма спортсменов–волейболистов Молодежной лиги России проводилась на основе ряда статистических характеристик кардиоинтервалов: частоты сердечных сокращений (ЧСС), моды ( $M_0$ ), амплитуды моды ( $AM_0$ ), среднего квадратического отклонения (SDNN), вариационного размаха (BP), индекса вегетативного равновесия (IBP), индекса централизации (CI), индекса напряжения регуляторных систем (SI). Оценивались и спектральные характеристики сердечного ритма: мощность высокочастотных (HF), низкочастотных (LF) и очень низкочастотных волн (VLF) спектра, общая мощность спектра (TP).

Схема исследования заключалась в одномоментной записи параметров кардиоинтервалограмм обследуемых лиц в первой половине дня (10-12 ч) в зимний период (январь-февраль). Изучение и оценка параметров функционального состояния сердечно-сосудистой системы проводилось с использованием электрокардиографа «Поли-Спектр-12/E» (ООО «Нейрософт», г. Иваново).

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием пакета программ STATISTICA v10. Для определения нормальности выборок генеральной совокупности использовали критерии Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова. Полученные данные не подчинялись закону нормального распределения и были представлены в виде медианы ( $Me$ ), 25-го и 75-го перцентилей ( $P_{25}$ ,  $P_{75}$ ). Также использовались

методы U-критерия Манна-Уитни для сравнения аналогичных показателей в обследуемых группах. Уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании принимали равным 0,05. При сравнении процентных долей групп обследуемых лиц использовали критерий  $\phi^*$  «угловое преобразование Фишера».

**Результаты исследования и их обсуждение.** В процессе анализа параметров variability сердечного ритма (BCP) обследуемых лиц были выявлены значимые отличия исследуемых показателей функции сердца между группой спортсменов и группой нетренированных студентов (табл. 1). Так показатель ЧСС в группе волейболистов был статистически ниже (63,90 уд/мин) и имел тенденцию к урежению пульса, что можно рассматривать в качестве одного из проявлений экономизации деятельности сердца.

Таблица 1

Показатели variability сердечного ритма у молодых волейболистов и нетренированных студентов (Me, P<sub>25</sub>–P<sub>75</sub>)

Показатели	Спортсмены (n=22)	Нетренированные студенты (n=22)
	Me (P <sub>25</sub> –P <sub>75</sub> )	Me (P <sub>25</sub> –P <sub>75</sub> )
ЧСС, уд./мин	63,90* (59,45–66,90)	73,65* (69,08–83,35)
SDNN, мс	68,00* (51,75–66,90)	43,00* (37,25–61,25)
pNN50, %	26,05* (1,90–32,53)	7,20* (2,55–22,45)
Mo, с	0,92* (0,88–1,00)	0,82* (0,72–0,84)
AMo, %	34,50 (26,38–45,08)	46,30 (36,13–55,90)
SI	50,25* (28,24–76,37)	125,16* (62,21–182,39)
BP, с	0,50* (0,33–0,64)	0,32* (0,23–0,43)
ИВР	69,10* (51,13–110,28)	140,30* (9270–235,73)
ПАПР	39,05* (27,95–49,30)	62,45* (41,13–70,35)
ИНБ	19,34* (13,93–24,51)	31,11* (20,64–35,48)
CI	1,43 (1,11–2,37)	1,61 (0,92–2,09)
ВПП	2,52* (1,89–3,51)	4,28* (2,77–5,38)
TP, мс <sup>2</sup>	4405,00* (2742,75–8811,50)	1858,00* (1299,50–3670,75)
VLF, мс <sup>2</sup>	1452,00* (874,50–3622,25)	804,50* (504,50–1586,00)

Продолжение таблицы 1

LF, мс <sup>2</sup>	1193,50* (975,00–238,25)	657,50* (501,00–948,00)
HF, мс <sup>2</sup>	979,00* (734,75–2900,25)	504,00* (179,25–772,25)

Примечание: \* – достоверные отличия на уровне значимости  $p < 0,03$ ; pNN50 – процент разницы между смежными NN интервалами; ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции; ИНБ – индекс напряжения по Р.М. Баевскому; ВПР – вегетативный показатель ритма

SDNN, являясь суммарным показателем вариабельности величин кардиоинтервалов за весь рассматриваемый период, позволяет охарактеризовать функциональные резервы сердечно-сосудистой системы. В группе спортсменов данный показатель (SDNN=68,00 мс) был достоверно выше, чем в группе сравнения (SDNN=43,00 мс) и незначительно превышал условную норму. Подобное высокое значение SDNN отражает усиление автономного контура регуляции сердечной деятельности волейболистов [9].

Мода, как один из важнейших показателей вариационной пульсометрии, отражает вероятный уровень функционирования синусового узла. Среди спортсменов значения Мо достоверно отличилась от группы студентов и незначительно превышали верхний порог возрастной нормы, что соответствовало нормотоническому типу регуляции сердечной деятельности со смещением баланса в сторону парасимпатических влияний. В то же время значения АМо не имели достоверных отличий между волейболистами и студентами и находились в пределах возрастной нормы показателя, указывая на адекватную вовлеченность симпатического звена в регуляцию деятельности сердечно-сосудистой системы.

Значения большинства исследуемых индексов сердечно-сосудистой системы (ВР, ВПР, ПАПР, ИНБ), позволяющих оценить степень баланс активности симпатического и парасимпатического звена вегетативной регуляции сердечного ритма, для обеих исследованных групп находились в пределах возрастной нормы, за исключением индекса вегетативного равновесия, который в группе спортсменов (ИВР=69,10 усл.ед.) был ниже условной нормы. Кроме того, у волейболистов все перечисленные индексы свидетельствовали о преобладании автономных влияний на работу сердца и статистически значимо отличались от аналогичных показателей в группе студентов.

Показатели индекса централизации (СІ) между группами сравнения не имели значимых отличий и указывали на преобладание сегментарных влияний в управлении ритмом сердца. Таким образом, вегетативная нервная система спортсменов-волейболистов и студентов медицинского института успешно

справляется с функцией водителя сердечного ритма в условиях спортивной и учебной нагрузки. Однако, выявленные значения стресс-индекса студентов ( $SI=125,16$  усл.ед.) в отличие от спортсменов,  $SI$  которых равен 50 и соответствовал норме для данного возраста, свидетельствовали о наличии компенсированного дистресса и психоэмоционального напряжения.

Спектральные методы анализа ВСР признаны более точными методами, которые дают возможность определить активность отдельных регуляторных систем в целостной структуре сердечного ритма. При оценке спектральных характеристик в данной работе учитывались высокочастотные, низкочастотные и очень низкочастотные волновые компоненты спектра.

Общая мощность спектра в группе волейболистов превышает в 2,7 раза значения TP нетренированных студентов. Для обеих групп было характерно следующее распределение спектра:  $VLF > LF > HF$ . Преобладание низкочастотных частей спектра, в частности VLF, отражает доминирование надсегментарного уровня регуляции деятельности сердца и наличие энергодефицитных состояний организма [13]. Так мощность VLF части в группе студентов (40,90%) и спортсменов (40,7%) соответствовала повышенной реактивности организма.

Однако, в группе спортсменов наблюдалось достоверно более высокая доля HF-компонента и более низкая доля VLF- и LF-компонентов спектра по сравнению с нетренированными студентами. Увеличение HF-компонента сердечного ритма направлено на повышение скорости газообмена в альвеолах, определяет согласование легочного кровотока с объемом легких в каждом дыхательном цикле, обеспечивая тем самым «сберегательный режим» сердцебиения во время выдоха и повышая «выгодность» легочного кровотока [5].

На основе показателей  $SI$ , TP, VLF, Н.И. Шлык (2015) был предложен экспресс метод оценки доминирующего типа регуляции сердечной деятельности [13].

В соответствии с предложенной классификацией, 68,18% спортсменов были отнесены к III группе, для которой характерен оптимальный уровень регуляторных систем организма на фоне преобладания парасимпатических влияний на ритм сердца (табл. 2). Сочетание этих показателей ВСР в данной группе отражает нормальный уровень физической подготовки спортсменов [13]. Часть волейболистов (18,18%) была отнесена к IV группе типов сердечной регуляции. Данная группа интерпретируется неоднозначно в виду того, что подобное сочетание основных показателей ВСР может свидетельствовать как о высоком уровне тренированности спортсменов и «физиологически нормальном» состоянии регуляторных механизмов, так и о

состоянии переутомления, перетренированности, дисфункции синусового узла, нарушении ритма сердца. В группе студентов, 50,00% и 40,91% обследованных лиц были отнесены к I и III группам соответственно. У лиц I группы отмечалось преобладание центральной регуляции работы сердца и напряжение регуляторных систем организма.

Таблица 2

Типы регуляции сердечной деятельности в исследуемых группах, %

Тип регуляции сердечного ритма	Группы	Критерии отбора в группы		Спортсмены (n=22), %	Нетренированные студенты (n=22), %
		SI (усл. ед.)	VLF (усл. ед.)		
Преобладание центральной регуляции	I	>100	>240	9,09*	50,00*
	II	>100	<240	4,55	4,55
Преобладание автономной регуляции	III	>25 или <100	>240	68,18*	40,91*
	IV	<25	>500; TP>8000– 10000	18,18	4,55

Примечание: \* – статистически значимые различия типов вегетативной нервной регуляции между группами сравнения по критерию  $\Phi^*$

**Заключение.** Анализ и классификация характеристик ВСР позволяют количественно отразить изменения взаимодействия трех факторов, регулирующих сердечный ритм: симпатического, парасимпатического и гуморально-метаболически-медиаторного. Поэтому изменения в структуре кардиоритма в ответ на экзогенный или эндогенный раздражитель являются универсальной реакцией организма.

В ходе нашего исследования было выявлено, что в группе молодых спортсменов–волейболистов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры отчетливо наблюдалась высокая активность сегментарного уровня регуляции сердечной деятельности и достаточный резерв адаптационного потенциала системы кровообращения по сравнению со студентами, не занимающимися спортом, которые испытывали напряжение функциональных систем организма и обладали относительно-симпатикотоническим типом вегетативной нервной системы. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы части волейболистов, находящееся под выраженным контролем парасимпатического звена ВНС, требует дальнейшего мониторинга спортсменов с целью определения и исключения состояний чрезмерного утомления и напряжения регуляторных систем организма, возникающих при предельно высоких нагрузках, предъявляемых в процессе тренировок.

## Список литературы

1. Быков Е.В. Особенности миокардиально–гемодинамического и вегетативного гомеостаза у спортсменов циклических видов спорта с разной квалификацией / Е.В. Быков, О.В. Балберова, Е.С. Сабирьянова, А.В. Чипышев // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – № 3. – С. 36-45.
2. Корягина Ю.В. Современные представления о физиологических и морфологических особенностях адаптации организма спортсменов к занятиям тяжелоатлетическими упражнениями / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин, С.М. Абуталимова, Г.Н. Тер-Акопов, И.П. Сивохин // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – № 1. – С. 109-126. DOI: 10.51871/25880500\_2021\_05\_01\_8.
3. Марков А.Л. Вариабельность сердечного ритма у лыжников-гонщиков Республики Коми 15-18 лет / А.Л. Марков // Журнал медико-биологических исследований. – 2019. – № 2. – С. 151-160.
4. Castellani J.W. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure / J.W. Castellani, A.J. Young // *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*. – 2016. – № 196. – P. 63-74.
5. Joyner M.J. Central cardiovascular system limits to aerobic capacity / M.J. Joyner, P.V. Dominelli // *Experimental Physiology*. – 2020. – № 1. – P. 25-32.
6. Snodgrass, J.J. Human energetic / J.J. Snodgrass // *Human biology*. – 2020. – № 6. – P. 235-384.
7. Павленко С.И. Связь показателей внешнего дыхания и вариабельности сердечного ритма при умственной нагрузке у студентов с разными хронотипами / С.И. Павленко, О.А. Ведясова, И.Г. Кретьова // *Физиология человека*. – 2021. – № 2. – С. 45-55.
8. Павлов К.И. Вариабельность сердечного ритма в изучении когнитивных функций и военно-профессиональной адаптации / К.И. Павлов, В.Н. Мухин, А.В. Сырцев, А.Н. Архимук, В.Н. Сысоев, М.И. Петренко // *Медицинский академический журнал*. – 2017. – № 4. – С. 7-16.
9. Пустовойт В.И. Вариабельность сердечного ритма, как основной метод оценки функционального состояния организма спортсменов, принимающих участие в экстремальных видах спорта / В.И. Пустовойт, М.С. Ключников, С.Е. Назарян, И.А. Ероян, А.С. Самойлов // *Современные вопросы биомедицины*. – 2021. – № 2. – С. 54-70. DOI: 10.51871/2588-0500\_2021\_05\_02\_4
10. Бочаров М.И. Терморегуляция организма при холодовых воздействиях (обзор). Сообщение 1 / М.И. Бочаров // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Сер.: Медико-биологические науки*. – 2015. – № 1. – С. 5-15.



11. Гудков А.Б. Физиологические реакции системы кровообращения на локальное охлаждение кожи конечностей у юношей и девушек – уроженцев Европейского Севера / А.Б. Гудков, И.П. Уварова, Ю.Н. Попова, Н.Б. Лукманова, В.П. Пащенко // Экология человека. – 2017. – № 2. – С. 22-26.

12. Alvares G.A. Reduced heart rate variability in social anxiety disorder: Associations with gender and symptoms severity / G.A. Alvers, D.S. Quintana, A.H. Kemp // PloS One. – 2013. – № 7. – P. 704-708.

13. 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. – 2015. – № 4. – С. 5-15.

### References

1. Bykov E.V. Features of myocardial, hemodynamic and vegetative homeostasis in athletes of cyclic sports with different qualification / E.V. Bykov, O.V. Balaberova, E.S. Sabir'yanova, A.V. Chipyshev // Human. Sport. Medicine. – 2019. – № 3. – P. 36-45.

2. Koryagina Yu.V. Modern view on physiological and morphological special features of the adaptation of organism of athletes to weightlifting exercises / Yu.V. Koryagina, S.V. Nopin, S.M. Abutalimova, G.N. Ter-Akopov, I.P. Sivokhin // Modern Issues of Biomedicine. – 2021. – № 1. – P. 109-126. DOI: 10.51871/25880500\_2021\_05\_01\_8

3. Markov A.L. Heart rate variability in 15-18 year old ski racers of the Komi Republic / A.L. Markov // Journal of Biomedical Research. – 2019. – № 2. – P. 151-160.

4. Castellani J.W. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure / J.W. Castellani, A.J. Young // Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical. – 2016. – № 196. – P. 63-74.

5. Joyner M.J. Central cardiovascular system limits to aerobic capacity / M.J. Joyner, P.B. Dominelli // Experimental Physiology. – 2020. – № 1. – P. 25-32.

6. Snodragss J.J. Human energetic / J.J. Snodragss // Human Biology. – 2020. – № 6. – P. 235-384.

7. Pavlenko S.I. Relation of indicators of external breathing and heart rate variability in case of mental loads among students with different chronotypes / S.I. Pavlenko, O.A. Vedyasova, I.G. Kretova // Human Physiology. – 2021. – № 2. – P. 45-55.

8. Pavlov K.I. Heart rate variability in studying cognitive functions and military-occupational adaptation / K.I. Pavlov, V.N. Mukhin, A.V. Syrtsev, A.N. Arkhimuk, V.N. Sysoev, M.I. Petrenko // Medical Academic Journal. – 2017. – № 4. – P. 7-16.

9. Pustovojt V.I. Heart rate variability as the main method of assessing the functional state of athletes participating in extreme sports / V.I. Pustovojt, M.S. Klyuchnikov, S.E. Nazaryan, I.A. Eroyan, A.S. Samojlov // *Modern Issues of Biomedicine*. – 2021. – № 2. – P. 54-70. DOI: 10.51871/2588-0500\_2021\_05\_02\_4.

10. Bocharov M.I. Thermal regulation of the organism when exposed to cold (review). Report 1 / M.I. Bocharov // *Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Biomedical Sciences*. – 2015. – № 1 – P. 5-15.

11. Gudkov A.B. Physiological responses of the blood circulation system on the local cooling of the extremities' skin of young men and women who live in the European North / A.B. Gudkov, I.P. Uvarova, Yu.N. Popova, N.B. Lukmanova, V.P. Pashchenko // *Human Ecology*. – 2017. – № 2. – P. 22-26.

12. Alvares G.A. Reduced heart rate variability in social anxiety disorder: Associations with gender and symptoms severity / G.A. Alvers, D.S. Quintana, A.H. Kemp // *PloS One*. – 2013. – № 7. – P. 704-708.

13. Shlyk N.I. Express evaluation of the functional fitness of an athlete's organism to training and competitive activity (according to the heart rate variability analysis) / N.I. Shlyk // *Science and Sports: Modern Tendencies*. – 2015. – № 4. – P. 5-15.

**Сведения об авторах:** **Ольга Геннадьевна Литовченко** – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры морфологии и физиологии БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», Сургут, e-mail: olgalitovchenko@mail.ru; **Анна Сергеевна Максимова** – аспирант кафедры морфологии и физиологии БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», Сургут, e-mail: maximanna\_94@mail.ru; **Андрей Алексеевич Чирков** – тренер отделения волейбола АП ОУ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Югорский колледж-интернат олимпийского резерва», Ханты-Мансийск, e-mail: ugrakor@yandex.ru.

**Information about the authors:** **Ol'ga Gennad'evna Litovchenko** – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Morphology and Physiology of the Surgut State Universtiy, Surgut, e-mail: olgalitovchenko@mail.ru; **Anna Sergeevna Maksimova** – Post-Graduate Student at the Department of Morphology and Physiology of the Surgut State University, Surgut, e-mail: maximanna\_94@mail.ru; **Andrej Alekseevich Chirkov** – Coach of the Volleyball Department of the Yugorsk Boarding College of Olympic Reserve, Khanty-Mansijsk, e-mail: ugrakor@yandex.ru.