

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В ОРГАНИЗМЕ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ РАЗНЫХ АМПЛУА

*В статті викладено результати досліджень варіабельності серцевого ритму висококваліфікованих волейболістів різних амплуа. Дослідження проводилися з використанням кардіомонітору "POLAR RS 800 CX". Встановлено, що волейболісти різних амплуа відрізняються за показниками спектрального аналізу варіабельності серцевого ритму.*

**Ключові слова:** волейбол, регуляторні системи, спектральний аналіз, варіабельність серцевого ритму.

**Постановка проблеми.** Современный спорт высоких достижений характеризуется наличием современных методов обеспечения и сопровождения учебно-тренировочного и соревновательного процессов. Одним из важнейших направлений является изучение и разработка способов и методов диагностики и регуляции психического состояния спортсменов на разных этапах подготовки [4]. Одним из современных методов оценки взаимосвязи работы сердца и нервной системы является оценка вариабельности сердечного ритма (ВСР) [7, 10].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Анализ вариабельности сердечного ритма – это современная методология и технология исследования и оценки состояния регуляторных систем организма, в частности функционального состояния разных отделов вегетативной нервной системы [8, 9]. Обширные исследования с использованием математического анализа ритма сердца в кардиологии, хирургии, физиологии труда и спорта, экспериментальной физиологии были обобщены в монографии Р. М. Баевского "Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе" [2] и затем получили дальнейшее развитие. В настоящее время общепризнанным является научное и прикладное значение методов анализа ВСР, и они с каждым годом получают все более широкое распространение. Данный метод является доступным, не инвазивным, достаточно простым и относительно дешевым методом оценки вегетативной регуляции [6].

Основным показанием к применению методов анализа ВСР является наличие вероятных изменений со стороны регуляторных систем организма, в частности изменений вегетативного баланса. Практически не существует таких функциональных состояний, в которых-бы не участвовали механизмы вегетативной регуляции, а значит, сфера применения метода анализа ВСР поистине неисчерпаема. Чувствительность и реактивность вегетативной нервной системы, ее симпатического и парасимпатического отделов при воздействии того или иного тестирующего фактора могут служить диагностическими и прогностическими критериями.

В спорте высших достижений анализ вариабельности сердечного ритма используется для:

- дифференциальной диагностики функционального состояния организма человека;
- оценивания функционального состояния психофизиологических функций как чувствительного индикатора развития усталости и перенапряжения у спортсменов [3, 5].

**Формулировка цели работы:** Оценка состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме человека, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы, а также функционального состояния спортсмена в целом.

**Основной материал исследования.** В исследования приняли участие игроки команды высшей лиги "Локомотив" г. Киева, члены сборных мужских и женских команд по волейболу ВУЗов г. Киева, 39 мужчин и 28 женщин, в возрасте 17 – 22 года, квалификация I разряд, КМС и МС. Вариабельность сердечного ритма измерялась с помощью кардиомонитора "POLAR RS 800 CX". Для изучения состояния механизмов вегетативной регуляции испытуемым предложено функциональное тестирование (активная ортостатическая проба). Полученные результаты обработаны с помощью компьютерной программы "Kubios HRV" и интерпретированы в математические методы анализа, которые можно разделить на классы:

- исследование общей вариабельности (временной анализ).
- исследование периодических составляющих ВСР (спектральный анализ) [0].

Результаты переходного периода (при переходе спортсмена из горизонтального положения в вертикальное) из анализа исключаются на этапе компьютерной обработки данных в программе "Kubios HRV".

При проведении функциональной пробы нервно-рефлекторного воздействия (активной ортостатической пробы) получены данные variability сердечного ритма в положении лежа, которые являются "фоновыми" и дают представление об исходном состоянии регуляторной системы организма в покое.

Фоновый показатель значений RR-интервалов для волейболистов разных амплуа колеблется в пределах от 957,80 до 806,70 мс, стандартное отклонение RR-интервалов лежа находятся в границах от 63,60 до 84,00 мс, средние значения HR в положении лежа колеблется в пределах от 62,87 до 74,76 уд/мин (табл. 1).

Диагональные нападающие по всем средним значениям статистических фоновых показателей занимают третью позицию.

Крайние нападающие демонстрируют лучшие значения RR-интервалов и параметров HR в положении лежа. Значения стандартного отклонения RR-интервалов в данной группе находятся на втором месте. Связующие игроки имеют худшие показатели по всем фоновым значениям статистических характеристик ВСР.

Центральные блокирующие демонстрируют лучшие параметры стандартного отклонения RR-интервалов в положении лежа, занимает вторую позицию по исходным показателям RR-интервалов и параметрам HR.

Волейболисты разных амплуа по данным статистических характеристик ВСР лежа не имеют достоверных различий между собой. Коэффициент вариации для значений HR лежа в разных группах ниже 30 %, т. е., группы по данному показателю однородны. В целом, статистические характеристики волейболистов разных амплуа находятся в пределах нормы и свидетельствуют об удовлетворительном функциональном состоянии спортсменов.

Таблица 1

**Временной анализ фоновых показателей variability сердечного ритма  
(в положении лежа) волейболистов разных амплуа**

Показатели		Значения показателей				
		диагональные нападающие (n=16)	крайние нападающие (n=20)	связующие (n=16)	центральные блокирующие (n=15)	
Временной анализ	Mean RR, мс	медиана	866,25	957,80	806,70	924,85
		нижний квартиль	782,00	773,80	728,60	716,50
		верхний квартиль	1001,30	1015,20	1054,60	990,50
	STD RR (SDNN), мс	медиана	70,10	78,90	63,60	84,00
		нижний квартиль	45,50	53,30	42,60	65,30
		верхний квартиль	96,65	118,10	91,60	105,45
	Mean HR, уд/мин	медиана	70,12	62,87	74,76	65,30
		нижний квартиль	60,69	59,56	57,26	61,02
		верхний квартиль	77,03	77,74	82,57	85,39

В комплекс спектрального анализа фоновых показателей ВСР включены показатели VLF, LF, HF, TOTAL и LF/HF.

Анализ результатов, представленных в табл. 2 свидетельствует, что диагональные нападающие имеют наименьшее значение VLF, по вкладу LF занимают третью позицию, по "весу" HF занимают вторую позицию. Суммарный показатель TOTAL для диагональных нападающих находится на третьем месте, по соотношению LF/HF группа демонстрирует лучшие значения (наряду с крайними нападающими). По данному показателю диагональные нападающие достоверно отличаются от связующих игроков ( $p < 0,05$ ). Соотношение LF/HF свидетельствует о высоком адаптационном потенциале диагональных нападающих.

Крайние нападающие имеют наибольшее значение VLF, что свидетельствует о наличии энергодефицитных состояний, т. к. VLF характеризует влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр и отражает состояние нейрогуморального и метаболического уровней регуляции. По вкладу LF демонстрирует наименьшее значение и третье значение HF. Суммарный показатель TOTAL для крайних нападающих находится на втором месте. По соотношению LF/HF группа демонстрирует лучшие значения (наряду с диагональными нападающими).

Связующие игроки демонстрируют второй результат по VLF, самый высокий вклад LF и наименьшее значение HF. По суммарному вкладу TOTAL связующие игроки показывают наименьшее значение, что свидетельствует об усилении симпатических влияний. Соотношение LF/HF в данной группе наибольшее, т. е., наиболее неблагоприятное. Худшие значения TOTAL и LF/HF свидетельствуют о том, что для поддержания гомеостаза у связующих игроков усилена влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы. У игроков данного амплуа присутствуют достоверные различия с крайними нападающими и центральными блокирующими по показателям VLF, с центральными блокирующими по TOTAL, с диагональными нападающими по вагосимпатическому индексу LF/HF ( $p < 0,05$ ).

Таблица 2

**Спектральный анализ variability сердечного ритма высококвалифицированных волейболистов в положении лежа**

Показатели			Значение показателей			
			диагональные нападающие (n=16)	крайние нападающие (n=20)	связующие (n=16)	центральные блокирующие (n=15)
Спектральный анализ	VLF, $mc^2$	медиана	1132,00	2344,00	1460,00*	2004,00
		нижний квартиль	620,00	904,00	720,00	1167,50
		верхний квартиль	2582,00	5333,00	1822,00	3557,00
	LF, $mc^2$	медиана	1562,50	1167,00	1879,00	1829,00
		нижний квартиль	428,00	622,00	601,00	1034,50
		верхний квартиль	1847,00	2924,00	2013,00	3075,50
	HF, $mc^2$	медиана	1221,50	1131,00	829,00	1321,50
		нижний квартиль	556,50	541,00	301,00	980,00
		верхний квартиль	2384,50	3978,00	2263,00	3344,50
	TOTAL, $mc^2$	медиана	4508,50	4945,00	3650,00	6424,00**
		нижний квартиль	2019,500	2682,000	1513,000	3783,500
		верхний квартиль	8078,50	13972,00	7209,00	11284,00
LF/HF, у. ед.	медиана	1,05	1,05	1,47***	1,16	
	нижний квартиль	0,53	0,68	1,16	0,74	
	верхний квартиль	1,50	1,91	2,27	1,57	

## Примечания:

- \* – различия статистически достоверны по отношению к крайним нападающим и центральным блокирующим на уровне  $p < 0,05$ ;
- \*\* – различия статистически достоверны по отношению к связующим игрокам на уровне  $p < 0,05$ ;
- \*\*\* – различия статистически достоверны по отношению к диагональным нападающим на уровне  $p < 0,05$

По всем параметрам спектрального анализа волейболисты разных амплуа имеют коэффициент вариации выше 30 %, т. е. группы неоднородны.

В целом, необходимо отметить, что различные группы волейболистов характеризуются неодинаковым соотношением частотных волн.

Диагональные нападающие демонстрируют наиболее сбалансированное отношение между высокочастотными, низкочастотными и сверхнизкочастотными колебаниями. На втором месте по сбалансированности находятся центральные блокирующие. Особенности соотношения частотных волн для связующих игроков характеризуется преобладанием низкочастотных колебаний, т. е. поддержание гомеостаза в данной группе осуществляется за счет мобилизации симпатического отдела вегетативной нервной системы. Для крайних нападающих характерно значительное преобладание сверхнизкочастотных колебаний, что отображает наличие гипердаптивной реакции, свидетельствует о дополнительном напряжении регуляторных систем и характеризуется влиянием высших вегетативных центров.

**Выводы и перспективы дальнейших разработок:** Обобщая результаты исследований variability сердечного ритма волейболистов высокой квалификации, можно сделать вывод о том, что в положении лежа (фоновые показатели) различия установлены среди волейболистов разных амплуа по показателям спектрального анализа. В перспективе дальнейших исследований планируется изучение корреляционных связей нейродинамических характеристик и состояния механизмов вегетативной регуляции волейболистов разных амплуа.

#### Використані джерела

1. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма при использовании разных электрокардиографических систем: Метод. рекомендации [Электронный ресурс]. / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин и др. // Вестник аритмологии. – М., 03.2002. – ВА № 24 – 65 с. – (В помощь практикующему врачу). – Режим доступа: [http://www.vestnik.ru/article\\_print.jsp?id=1267](http://www.vestnik.ru/article_print.jsp?id=1267)
2. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 222 с.
3. Караулова Л. К. Физиология физического воспитания и спорта /Л. К. Караулова, Н. А. Красноперова, М. М. Расулов. – М.: Издательский центр "АКАДЕМИЯ", 2012. – 304 с.
4. Коробейников Г. В. Диагностика психофизиологических состояний спортсменов: Метод. пособие / Г. В. Коробейников, О. К. Дудник, Л. Д. Коняева и др. – К., 2008. – 64с.
5. Коробейніков Г. В. Оцінювання психофізіологічних станів у спорті: [Монографія] / Г. Коробейніков, Є. Приступа, Л. Коробейніков, Ю. Бріскін. – Львів: ЛДУФК, 2013. – 312 с.
6. Семенов Ю. Н. Разработка эффективных методов и сравнительное исследование variability сердечного ритма у обследуемых различного пола и возраста: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 – Физиология / Семенов, Юрий Николаевич. – М., 2009. – 153 с.
7. Яблчанский Н. И. Амбулаторное мониторирование ЭКГ. Технология ВСП (Серия: для настоящих врачей) Изд. второе, испр., перераб. / Н. И. Яблчанский, А. В. Мартыненко, Л. А. Мартимьянова. – Харьков, 2010. – 187 с.
8. Lane R. D., Mcrae K., Reiman E. M., et al. Neural correlates of heart rate variability during emotion. // Neuroimage. – 2009. – Vol.44, №1. – P.213–222.
9. Mujica-Parodi L. R., Korgaonkar M., Ravindranath B., et al. Limbic dysregulation is associated with lowered heart rate variability and increased trait anxiety in healthy adults. // Hum Brain Mapp. – 2009. – Vol.30, №1. – P.47–58.
10. Stein P. K., Barzilay J. I., Chaves P. H., et al. Heart rate variability and its changes over 5 years in older adults // Age Ageing. – 2009. – Vol.38, №2. – P.212–218.

Mischuk D., Anikeenko L.

#### EVALUATION OF PHYSIOLOGICAL FUNCTIONS REGULATION MECHANICS IN BODY OF HIGH QUALIFICATION VOLLEYBALL PLAYERS OF DIFFERENT ROLES

*The article describes the heart rate variability studies results of highly qualified different roles volleyball players. The studies were conducted using a heart monitor "POLAR RS 800 CX". Heart rate variability analysis – a modern methodology and technology research and assessment of the body regulatory systems, in particular the functional state of the various divisions of the autonomic nervous system. The sensitivity and reactivity of the autonomic nervous system, its sympathetic and parasympathetic divisions under the influence of a testing factors can serve as a diagnostic and prognostic criteria. It was found that the temporal analysis indicators of different roles volleyball players are within the norms and demonstrate satisfactory functional status of athletes. Opposite players exhibit the most balanced ratio between the high-frequency, low-frequency and ultra-low frequency vibrations. Frequency wave's features ratio for setter players are characterized by a predominance of low-frequency oscillations. Maintaining homeostasis in this group is carried out by the mobilization of the sympathetic division of the autonomic nervous system.*

*For wing strikers it is characterized by a significant predominance ultra-low frequency vibrations, which shows the presence of hyperadaptive reaction, indicates additional regulation systems stress and is characterized by the influence of the higher vegetative centers.*

*However, athletes are different in terms of heart rate variability spectral analysis. It is shown that the different roles volleyball players maintain homeostasis involving different levels of autonomic balance regulation, which is due to the features of game roles.*

**Key words:** volleyball, regulatory systems, spectral analysis, heart rate variability.

Стаття надійшла до редакції 13.09.2015 р.