

## ВРЕМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЗДОРОВЫХ ДОБРОВОЛЬЦЕВ ПРИ МЕТРОНОМИЗИРОВАННОМ ДЫХАНИИ

*А. Л. Кулик<sup>1</sup>, А. К. Задержин<sup>2</sup>, В. И. Шульгин<sup>2</sup>, А. В. Мартыненко<sup>1</sup>, Н. И. Яблчанский<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Харьковський національний університет імені В. Н. Каразіна, Україна

<sup>2</sup> Національний Аерокосмічний Університет імені Н. Е. Жуковського «Харьковский авиационный институт», Україна

---

У 20 здорових добровольців в віці від 19 до 30 років (7 чоловіків і 13 жінок) були вивчені закономірності тимчасових коливань значень загальних потужностей спектральних показників (TP, VLF, LF і HF) варіабельності серцевого ритму (BCP) в однієїхвилинному буфері при метрономізованому диханні з частотою 12 дихань в хвилину. Встановлено, що тимчасові коливання спектральних показників BCP у здорових добровольців при метрономізованому диханні мають частоту 0,05-0,07 Гц і якісно і кількісно подібні один одному. Характер даних коливань дозволяє зв'язати їх в першу чергу з метаболічними реакціями організму.

**КЛЮЧЕВІ СЛОВА:** варіабельність серцевого ритму, швидке перетворення Фур'є, фізіологія людини

## ЧАСОВІ КОЛИВАННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ВАРИАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ У ЗДОРОВИХ ДОБРОВОЛЬЦІВ ПРИ МЕТРОНОМІЗОВАНОМУ ДИХАННІ

*О. Л. Кулик<sup>1</sup>, О. К. Задержин<sup>2</sup>, В. И. Шульгин<sup>2</sup>, О. В. Мартыненко<sup>1</sup>, М. И. Яблчанський<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Україна

<sup>2</sup> Національний аерокосмічний університет імені М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Україна

---

У 20 здорових добровольців у віці від 19 до 30 років (7 чоловіків і 13 жінки) вивчено закономірності часових коливань значень загальних потужностей спектральних показників у (TP, VLF, LF і HF) варіабельності серцевого ритму (BCP) у однієїхвилинному буфері при метрономізованому диханні. Встановлено, що часові коливання спектральних показників BCP у здорових добровольців при метрономізованому диханні знаходяться у діапазоні частот 0,05-0,07 Гц та якісно і кількісно подібні один одному. Характер цих коливань дозволяє зв'язати їх в першу чергу з метаболічними реакціями організму.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** варіабельність серцевого ритму, швидке перетворення Фур'є, фізіологія людини

## TEMPORARY FLUCTUATIONS OF HEART RATE VARIABILITY SPECTRAL INDICES IN HEALTHY VOLUNTEERS DURING PACED BREATHING

*O. L. Kulik<sup>1</sup>, O. K. Zaderykhin<sup>2</sup>, V. I. Shulgin<sup>2</sup>, O. V. Martynenko<sup>1</sup>, M. I. Yabluchansky<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> V. N. Karazin Kharkov national university, Ukraine

<sup>2</sup> National Aerospace University, named by N. E. Zhukovskii «Kharkov Aviation Institute», Ukraine

---

In 20 healthy volunteers aged from 19 to 30 years (7 men and 13 women) the patterns of temporary fluctuations of total power of spectral indicators (TP, VLF, LF and HF) heart rate variability (HRV) using a one-minute buffer during paced breathing (respiratory rate – 12 per minute) were studied. It was found that temporary fluctuations of total power of HRV spectral indices in healthy volunteers during paced breathing are slow waves in frequency range 0,05-0,07 Hz and are similar to each other qualitatively and quantitatively. Nature of these fluctuations allows to associate them primarily with metabolic reactions of the organism.

**KEY WORDS:** heart rate variability, fast Fourier transform, human physiology

Метрономизированное дыхание является одним простых и мощных методов вмешательства в деятельность регуляторных систем организма [1, 2, 3]. Через частоту и глубину дыхания можно по-разному влиять на регуляцию, избирательно «стимулируя» отдельные регуляторные звенья [2, 3]. Метрономизированное дыхание в сочетании с технологией вариабельности сердечного ритма (ВСР) широко используется в методиках биообратной связи [1-4]. Однако, широко известен факт изменчивости результатов повторных измерений показателей ВСР [5-7].

В предыдущем исследовании [8] нами был продемонстрирован медленноволновой характер временных колебаний значений общих мощностей спектральных показателей ВСР при спонтанном дыхании. Подтверждение высказанной в нем гипотезы о его возможной независимости от регуляторных систем и связи с метаболическими процессами требовало проведения такого же исследования в условиях метрономизированного дыхания.

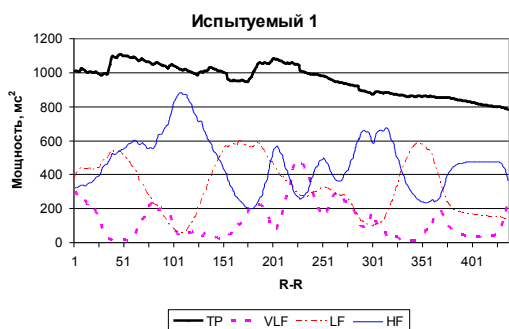
*Цель исследования:* установить закономерности временных изменений показателей ВСР у здоровых добровольцев при метрономизированном дыхании.

Исследование выполнено в рамках НИР ХНУ «Разработка и исследование системы автоматического управления вариабельностью сердечного ритма», № регистрации 0109U000622.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Обследовано 20 здоровых добровольцев в возрасте от 19 до 30 лет (7 мужчин и 13 женщин).

Всем испытуемым с помощью компьютерного диагностического комплекса «CardioLab 2009» («ХАИ-Медика») проводилась по одной мониторинговой записи длин R-R-интервалов ЭКГ во втором стандартном отведении длительностью 7 минут при



метрономизированном дыхании с частотой 12 дыханий в минуту (соотношение вдоха-выдоха 1:1,3); в соответствии с рекомендациями [5] частота дискретизации сигнала составляла 1000 Гц, в отличие от рекомендаций использовался скользящий буфер продолжительностью в 1 минуту.

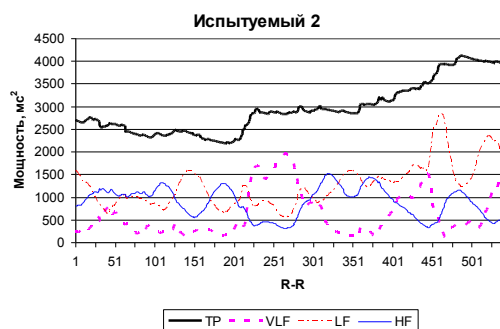
После накопления данных за первую установочную минуту буфер сдвигался с каждым новым R-R-интервалом. На каждом шаге данные в буфере подвергались спектральному разложению с помощью быстрого преобразования Фурье в трех диапазонах частот: медленном с частотой от 0,0033 до 0,05 Гц, среднем – от 0,05 до 0,15 Гц и быстром – от 0,15 Гц до 0,40 Гц.

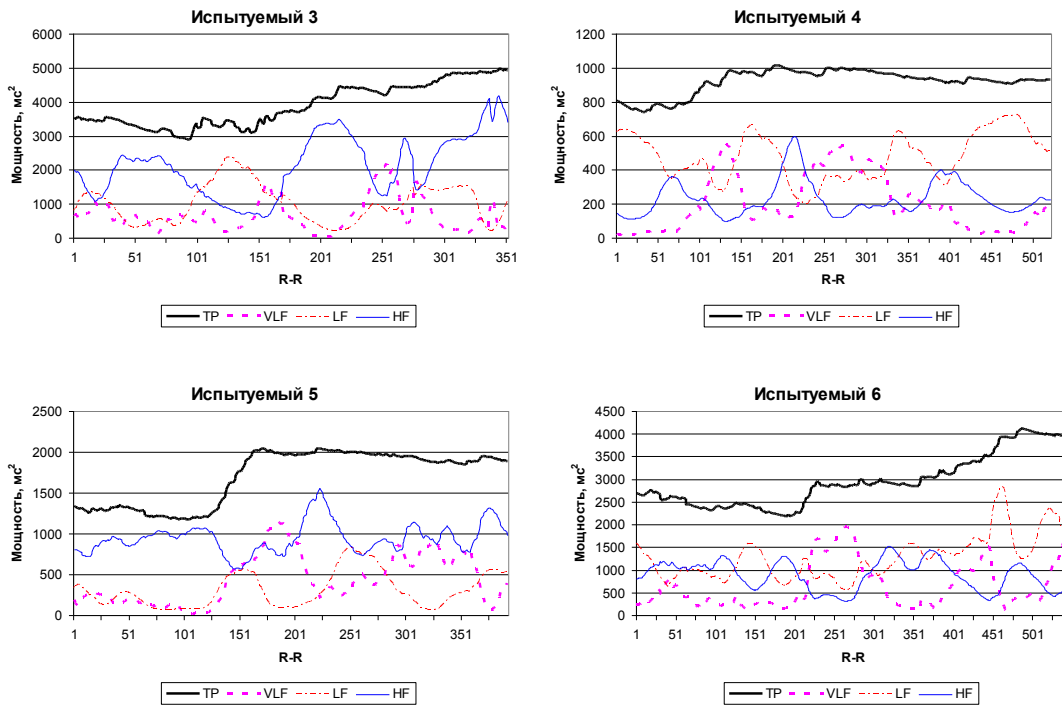
По оцениваемым на каждом шаге общей мощности спектра ВСР ( $TP_{ВСР}$ ), мощностям спектров ВСР в диапазонах медленных, средних и быстрых (VLF, LF, HF, соответственно) частот строили графики их изменений за 5-минутный период смещения буфера. Получаемые графики подвергались процедуре спектрального анализа методом быстрого преобразования Фурье в программе MathCAD 13® с определением спектров и общих мощностей спектров для  $TP_{ВСР}$ , VLF, LF, HF, которые обозначались как  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$ .

Результаты оценки  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  по всем добровольцам заносились в таблицу в Microsoft Excel с определением среднего, стандартного отклонения, ошибки среднего, медианы, математического ожидания, размаха, эксцесса и асимметрии.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что временные изменения  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  у всех испытуемых были медленноволновыми. Для примера на рис. 1. представлены результаты мониторингирования параметров  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  у шести отобранных случайным образом испытуемых.





**Рис. 1. Временные изменения  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  у шести случайным образом отобранных здоровых добровольцев**

Спектры  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  у всех испытуемых были подобными друг другу с максимумами значений на очень низких частотах (в области частот 0,05-0,07 Гц).

В табл. 1 приведены спектры соответствующих показателей для представленных выше шести случайным образом отобранных испытуемых.

Спектры  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  у всех испытуемых были не только подобны качественно, но и достаточно близки по величине значений характеризующих их статистических показателей, что следует из табл. 2.

Частота метрономизированного дыхания 12 в минуту в настоящем исследовании была выбрана потому, что порождаемое им изменение картины ВСП приходится на область HF ВСП с пиком на частоте 0,2 Гц, которую

связывают с дыхательной компонентой спектра ВСП [3].

Полученные в настоящем исследовании результаты оказались весьма близкими к описанным нами для условий спонтанного дыхания [8] с подобными медленноволновыми колебаниями на частоте 0,05-0,07 Гц во временных изменениях всех изученных спектральных показателей ВСП. Качественное и количественное подобие спектров  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  ВСП данных колебаний и в условиях метрономизированного дыхания позволяет связывать их в большей мере не с динамическим равновесием регуляторных систем, но метаболическими и связанными с ними иными процессами в организме [9, 10].

Таблица 1

**Спектры  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  шести случайным образом отобранных здоровых добровольцев**

Добро-вольцы	Вторичные спектры спектральных показателей ВСП			
	$TP_{TP}$	$TP_{VLF}$	$TP_{LF}$	$TP_{HF}$
1				
2				

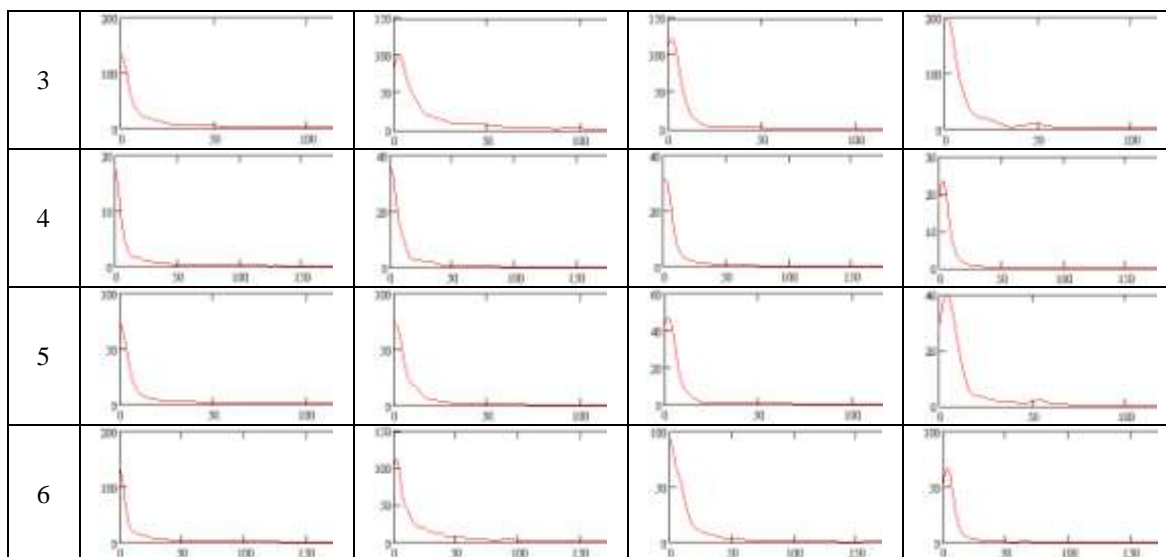


Таблица 2

Статистические показатели  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  изученной совокупности здоровых добровольцев

Статистические показатели	Спектральные показатели			
	$TP_{TP}$	$TP_{VLF}$	$TP_{LF}$	$TP_{HF}$
Среднее (M)	727	971	810	1004
Стандартное отклонение (sd)	599	490	432	540
Ошибка среднего	134	110	97	121
Медиана	599	948	694	987
Минимальное значение	263	315	410	402
Максимальное значение	2657	2217	1695	2554
Размах	2394	1902	1285	2152
Экссесс	5,00	0,64	0,19	2,42
Асимметрия	2,07	0,87	1,00	1,29

Полученные результаты необходимо учитывать в научных исследованиях и практической деятельности, прежде всего, в разработке новых техник биообратной связи для контроля и оптимизации качества регуляторных систем человека на основе технологии ВСП [3]. Они также объясняют причину изменчивости результатов повторных измерений показателей ВСП [5, 6, 11, 12].

## ВЫВОДЫ

1. При метрономизированном дыхании определяются медленноволновые коле-

бания спектральных показателей ВСП.

2. Спектры колебаний общих мощностей спектральных показателей ВСП при метрономизированном дыхании подобны друг другу с максимумами значений в области 0,05-0,07 Гц.
3. Временные колебания спектральных показателей ВСП необходимо учитывать в интерпретации результатов и разработке техник биообратной связи для контроля и оптимизации качества регуляторных систем человека.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Fang Y. Effect of different breathing patterns on nonlinearity of heart rate variability / Y. Fang, J. T. Sun, C. Li [et al.] // Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. – 2008. – P. 3220-3.
2. Lehrer P. M. Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training. / P. M. Lehrer, E. Vaschillo, B. Vaschillo // Appl Psychophysiol Biofeedback. – 2000. – № 25. – P. 177-91.
3. Кулик А. Л. Частота дыхания и вариабельность сердечного ритма у здоровых добровольцев в биообратной связи / А. Л. Кулик, А. К. Задержин, В. И. Шульгин [и др.] // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. – 2009. – № 879. – С. 20-24.
4. Shields R. W. Jr. Heart rate variability with deep breathing as a clinical test of cardiovagal function / R. W. Jr. Shields // Cleve Clin J Med. – 2009. – № 76. – Suppl 2. – P. 37-40.
5. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Eur Heart J. – 1996. – № 17 (3). – P. 354-81.

6. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65-87.
7. Dynamic Electrocardiography / M. Malik, A. J. Camm // Blackwell Publishing, 2004. – 664 p.
8. Кулик А. Л. Временные колебания спектральных показателей variability сердечного ритма у здоровых добровольцев / А. Л. Кулик, А. К. Задержин, В. И. Шульгин [и др.] // Клінічна інформатика і Телемедицина. – 2010. – Т. 6. Вып. 7. – С. 47-50.
9. Флейшман А. Н. Медленные колебания гемодинамики: Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике / А. Н. Флейшман. – Новосибирск : Наука, 1999. – 264 с.
10. Баевский Р. М. Variability сердечного ритма. Медико-физиологические аспекты [электронный ресурс] / Р. М. Баевский // Режим доступа: <http://www.ramena.ru/page.php?18>.
11. Наумова В. В. Особенности медленных колебаний гемодинамики у мужчин и женщин / В. В. Наумова, Е. С. Земцова // Физиология человека. – 2009. – № 5. – С. 47-53.
12. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. / J. F. Thayer, A. L. Hansen, E. Saus-Rose [et al.] // Ann Behav Med. – 2009. – № 37(2). – P. 141-153.