

УДК 612.213

# Временные колебания спектральных показателей variability сердечного ритма у здоровых добровольцев

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>Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Украина<sup>2</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина

## Резюме

У 20 здоровых добровольцев в возрасте от 19 до 30 лет (7 мужчин и 13 женщин) изучены закономерности временных колебаний значений общих мощностей спектральных показателей в (TP, VLF, LF и HF) variability сердечного ритма (BCP) в одноминутном буфере при спонтанном дыхании. Установлено, что временные колебания спектральных показателей BCP у здоровых добровольцев являются медленноволновыми на частоте 0,05–0,07 Гц и качественно и количественно подобны друг другу, характер которых позволяет их связать в первую очередь с метаболическими реакциями организма.

**Ключевые слова:** variability сердечного ритма, быстрое преобразование Фурье, физиология человека.

Клин. информат. и Телемед.

2010. Т.6. Вып.7. с.18–21

## Введение

Вариабельность сердечного ритма (BCP) является простым в использовании и информативным неинвазивным методом исследования регуляторных систем организма в физиологических условиях и при патологических состояниях [1, 2, 3], при том, что как у любого метода, у нее есть не только преимущества, но и ограничения использования. Ограничения связаны с относительно высокой variability показателей BCP при повторных испытаниях [3, 4].

Изменения среды вызывают адаптивные реакции со стороны регуляторных систем организма, находящихся в покое в состоянии динамического равновесия [3, 5, 6], что, полагают, отражается на результатах оценки показателей BCP [3, 4]. Значение также имеют высокая чувствительность регулярных систем организма к изменениям среды [5], личностные особенности обследуемого [7] и состояние его здоровья в целом [1–4, 8].

С другой стороны, variability значений показателей BCP от испытания к испытанию также обусловлена медленноволновыми колебательными процессами в организме на частоте 0,05–0,07 Гц, связанными с метаболическими реакциями, др. [8, 9].

Принимая во внимание, что временные колебания спектральных показателей variability сердечного ритма ранее не изучались, выполнено настоя-

щее исследование. Эти результаты представляются важными, в первую очередь, для развития получивших в последние годы распространение техник биообратной связи в задачах повышения качества регуляторных систем человека на основе технологии BCP [10].

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

**Цель исследования.** Установить закономерности временных изменений показателей BCP у здоровых добровольцев при спонтанном дыхании.

## Объект и методы исследования

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 спокойном дыхании с частотой дискретизации сигнала 1000 Гц в соответствии с рекомендациями [2], но с использованием скользящего буфера продолжительностью в 1 минуту.

После накопления за первую (установочную) минуту буфер сдвигался с каждым новым R-R-интервалом. На каждом шаге накапливаемые в буфере данные 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 ( $TP_{BCP}$ ), 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  $TP_{BCP}$ , 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, размаха, эксцесса и асимметрии.

## Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что временные изменения  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  у всех наблюдавшихся добровольцев имели вид медленноволновых колебаний. Для примера на рис. 1. представлены результаты мониторингирования  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  у шести из них.

Спектры  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  у всех наблюдавшихся добровольцев оказа-

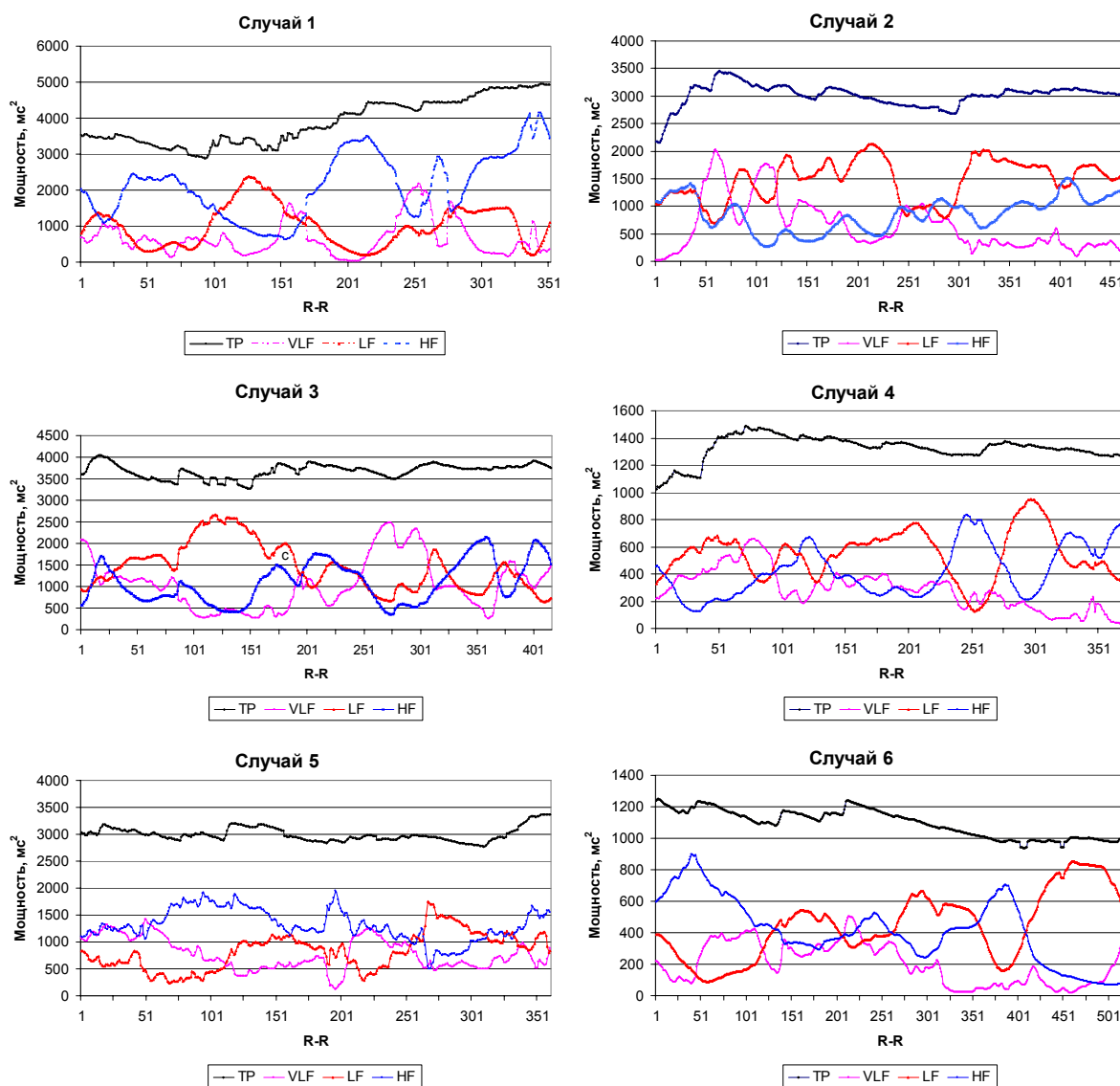
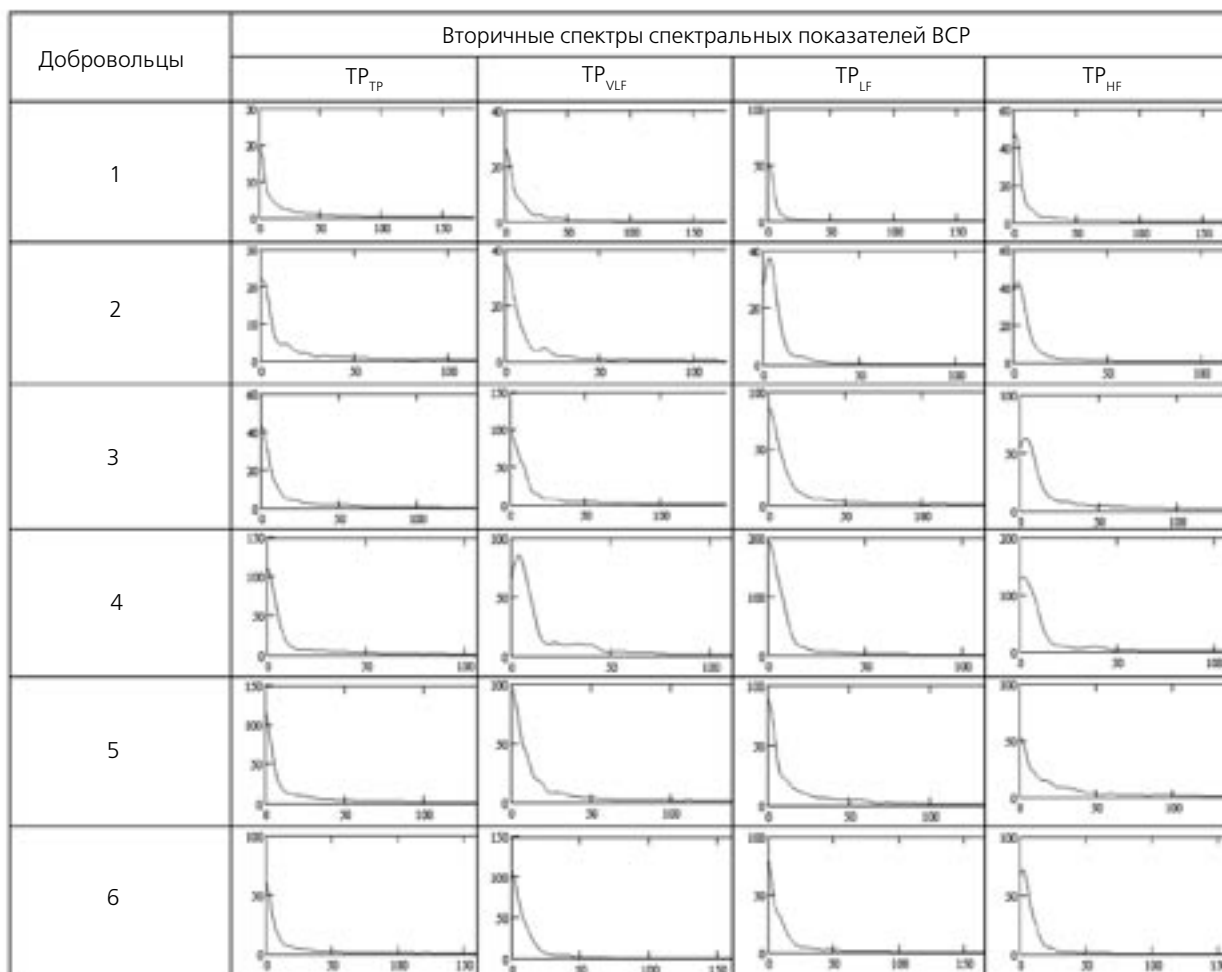


Рис. 1. Временные изменения  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  у шести случайным образом отобранных здоровых добровольцев.

**Табл. 1. Спектры  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  шести случайным образом отобранных здоровых добровольцев.**



**Табл. 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)	690	833	777	809
Стандартное отклонение (sd)	317	462	369	400
Ошибка среднего	71	103	82	89
Медиана	591	745	714	739
Минимальное значение	482	476	414	554
Максимальное значение	1437	1692	1381	1805
Размах	995	1216	967	1251
Эксцесс	0,21	-1,22	-1,37	1,07
Асимметрия	0,83	0,41	0,31	1,08

лись подобными с максимумами значений на очень низких частотах (в области частот 0,05–0,07 Гц). Для примера в табл. 1 приведены спектры соответствующих показателей у шести случайным образом отобранных из них.

Качественно подобные спектры  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  у всех наблюдавшихся добровольцев оказались подобными и количественно не только с одним порядком значений, но и достаточно близкими по величине значениями

характеризующих их статистических показателей (табл. 2).

Таким образом, проведенное исследование показало существование медленноволновых колебаний на частоте 0,05–0,07 Гц во временных изменениях

спектральных показателей ВСР в скользящем буфере длин R-R-интервалов ЭКГ подолжительностью в 1 минуту. Подобные качественно и количественно спектры  $TP_{TP}$ ,  $TP_{VLF}$ ,  $TP_{LF}$ ,  $TP_{HF}$  позволяют полагать, что их причиной в большей мере являются не динамическое равновесие регуляторных систем, но метаболические и связанные с ними иные реакции в организме [9, 11].

Полученные результаты необходимо учитывать в научных исследованиях и практической деятельности, прежде всего, в разработке техник биообратной связи для контроля и оптимизации качества регуляторных систем человека на основе технологии ВСР [10]. Они также объясняют причину известной высокой изменчивости результатов повторных измерений показателей ВСР [12–15].

## Выводы

1. Временные колебания спектральных показателей variability сердечного ритма у здоровых добровольцев являются медленноволновыми на частоте 0,05–0,07 Гц и качественно и количественно подобны друг другу.

2. Медленноволновой характер временных колебаний спектральных показателей variability сердечного ритма у здоровых добровольцев с максимумами значений на очень низких частотах в районе частот 0,05–0,07 Гц позволяет их связать в первую очередь с метаболическими реакциями организма.

3. Временные колебания спектральных показателей variability сердечного ритма следует учитывать в интерпретации результатов и разработке техник биообратной связи для контроля и оптимизации качества регуляторных систем человека.

Перспективы дальнейших исследований: целесообразным представляется изучение закономерностей временных изменений спектральных показателей variability сердечного ритма при метрономизированном дыхании.

## Литература

1. 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.
2. 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.

3. Dynamic Electrocardiography / M. Malik, A. J. Camm // Blackwell Publishing, 2004. – 664 p.
4. Reliability of heart rate variability measurements in patients with a history of myocardial infarction / R. Maestri, G. Raczak, L. Danilowicz-Symanowicz [et al.] // *Clinical Science*. – 2009. – № 118(3). – P. 195–201.
5. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н. А. Агаджанян, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева / М: Издательство Российского Университета дружбы народов, 2006 г. – 288 с.
6. Yabluchansky N. The heart rate variability (HRV) Point: Counterpoint discussion raises a whole range of questions, and our attention has also been attracted by the topic. / N. Yabluchansky, A. Kulik, A. Martynenko // *J Appl Physiol*. – 2007. – № 102. – P. 1715.
7. Appelhans B. M. Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. / B. M. Appelhans, L. J. Luecken // *Review of General Psychology*. – 2006. – № 3. – P. 229–240.
8. Яблужанский Н. И. Вариабельность сердечного ритма в помощь практическому врачу [электронный ресурс] / Н. И. Яблужанский, А. В. Мартыненко // Режим доступа: <http://dSPACE.univer.kharkov.ua/handle/123456789/1462>
9. Баевский Р. М. Вариабельность сердечного ритма. Медико-физиологические аспекты [электронный ресурс] / Р. М. Баевский // Режим доступа: <http://www.ramena.ru/page.php?18>
10. Частота дыхания и variability сердечного ритма у здоровых добровольцев в биообратной связи / А. Л. Кулик, А. К. Задержин, В. И. Шульгин [та ін.] // *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна*. – 2009. – № 879. – С. 20–24.
11. Флейшман А. Н. Медленные колебания гемодинамики: Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике. / А. Н. Флейшман. – Новосибирск: Наука, 1999. – 264 с.
12. Наумова В. В. Особенности медленных колебаний гемодинамики у мужчин и женщин / В. В. Наумова, Е. С. Земцова // *Физиология человека*. – 2009. – № 5. – С. 47–53.
13. Баевский Р. М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. – 2001. – № 3. – С. 108.
14. 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.
15. Spectral Analysis of Blood Pressure and Heart Rate Variability in Evaluating Cardiovascular Regulation. / G. Parati, J. P. Saul, M. Di Rienzo [et al.] // *Hypertension*. – 1995. № 25. – P.1276–1286.

## Fluctuations in time-domain of heart rate variability spectral indices in healthy volunteers

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

<sup>1</sup>Medical Faculty of the V. N. Karasin Kharkiv National University, Ukraine

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

### Abstract

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

**Key words:** heart rate variability, fast Fourier transforms, human physiology.

## Часові коливання спектральних показників variability серцевого ритму у здорових добровольців

О. Л. Кулик<sup>1</sup>, О. К. Задержин<sup>2</sup>  
В. І. Шульгин<sup>2</sup>, О. В. Мартиненко<sup>1</sup>  
М. І. Яблужанський<sup>1</sup>

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

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

### Резюме

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) variability серцевого ритму (ВСР) у однохвилинному буфері при спонтанному диханні. Встановлено, що часові коливання спектральних показників ВСР у здорових добровольців є повільнохвилювими на частотах 0,05–0,07 Гц і якісно і кількісно подібні один одному, характер яких дозволяє зв'язати їх в першу чергу з метаболічними реакціями організму.

**Ключові слова:** variability серцевого ритму, швидке перетворення Фур'є, фізіологія людини.

## Переписка

д. м. н., професор Н. І. Яблужанський  
Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна  
пл. Свободи 4, Харків, 61077, Україна  
тел.: +380 (57) 34-94-344  
ел. пошта: mydoctorlife@gmail.com