

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

Саратовский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения  
науки Института радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова РАН

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

# «НАНОЭЛЕКТРОНИКА, НАНОФОТОНИКА И НЕЛИНЕЙНАЯ ФИЗИКА»

Тезисы докладов X Всероссийской конференции молодых ученых

(Саратов, 8 – 10 сентября 2015 г.)

Саратов  
Издательство "Техно-Декор"  
2015

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ 0.1 ГЦ РИТМОВ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СВЕТОВЫХ И ЗВУКОВЫХ ИМПУЛЬСОВ

Е.И. Боровкова<sup>1</sup>, А.С. Караваяев<sup>1,2</sup>, В.И. Пономаренко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

<sup>2</sup>Саратовский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН  
E-mail: rubanej@mail.ru

Работа посвящена решению фундаментальной проблемы – исследованию особенностей влияния высших нервных центров на процессы автономной регуляции. Рассматривается динамика подсистем автономной регуляции частоты сердечных сокращений и среднего артериального давления в условиях стимуляции испытуемого периодическими световыми и звуковыми импульсами с частотой 0.1 Гц, близкой к собственным частотам колебаний этих систем.

В ходе исследования была проведена серия экспериментов, в ходе которой осуществлялась одновременная регистрация экспериментальных сигналов электрокардиограммы (ЭКГ) и фотоплетизмограммы (ФПГ) с правого уха, безымянного пальца правой руки и указательного пальца правой ноги в течение 35 минут. Дизайн исследования включал 10 минутную фоновую запись, непосредственно после которой в течение 25 минут осуществлялось воздействие световыми и звуковыми импульсами с фиксированной частотой 0.1 Гц. Длительность импульсов составляла 0.1 с. Регистрация сигналов осуществлялась стандартным многоканальным регистратором Энцефалан ЭЭГА-10 с частотой 250 Гц и разрешением 14 бит.

Анализ динамики изменения взаимодействия подсистем вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы при внешнем воздействии осуществлялся с помощью предложенного ранее численного индекса  $S$  [1]. Для его оценки выделялись колебания в интересующем нас частотном диапазоне [0.06;0.14] Гц, оценивались их мгновенные фазы и с помощью автоматического алгоритма осуществлялся поиск участков синхронизации. Затем подсчитывалась суммарная длительность всех областей синхронизации и выражалась в процентах от длительности всей записи. При оценке каждого индекса проводился тест с помощью суррогатных данных [2], в котором проверялась нулевая статистическая гипотеза об отсутствии фазовой синхронизации между взаимодействующими системами с квантилем  $p=0.05$ .

Результаты количественной оценки степени фазовой синхронизации 0.1 Гц подсистем регуляции ЧСС и сосудистого тонуса воздействующими сигналами представлены в таблице 1. Строки соответствуют способу регистрации ФПГ, а именно датчик был фиксирован на правом ухе, безымянном пальце правой руки, указательном пальце правой ноги. В столбцах для 3 испытуемых приведены значения индекса синхронизации и соответствующей статистической значимости индекса во время фоновой записи и во время стимуляции звуковыми и световыми импульсами. При оценке индекса синхронизации по ФПГ, зарегистрированному с безымянного пальца правой руки, статистически значимое на уровне ниже 0.05 возрастание степени синхронизации обнаружено третьего ис-

пытуемого. Для остальных записей значения индекса синхронизации оказались статистически незначимыми. При оценке индекса синхронизации по ФПГ, зарегистрированному с указательного пальца правой ноги, для третьего испытуемого было выявлено статистически значимое увеличение синхронизации на 10%. При оценке индекса синхронизации по ФПГ, зарегистрированному с уха для двух испытуемых было выявлено статистически значимое увеличение синхронизации на 6% и 17%.

Регистрация ФПГ	1 испытуемый		2 испытуемый		3 испытуемый	
	Фон	Стимуляция	Фон	Стимуляция	Фон	Стимуляция
Безымянный палец правой руки	S=23% p=0,51	S=25% p=0,69	S=36% p=0,22	S=38% p=0,47	S=30% p=0,64	S=43% p=0,02
Указательный палец правой ноги	S=36% p=0,21	S=38% p=0,48	S=45% p=0,02	S=43% p=0,04	S=42% p=0,40	S=51% p=0,00
Правое ухо	S=43% p=0,01	S=43% p=0,02	S=53% p=0,00	S=70% p=0,00	S=44% p=0,25	S=50% p=0,01

Таблица 1. Количественная оценка степени фазовой синхронизации 0.1 Гц подсистем вегетативной регуляции в режиме фоновой записи и в режиме стимуляции импульсами

Таким образом, в ходе исследований особенностей динамики 0.1 Гц подсистем вегетативной регуляции кровообращения сердечнососудистой системы в условиях стимуляции звуковыми и световыми импульсами на частоте 0.1 Гц были выявлены случаи статистически значимого увеличения индекса фазовой синхронизации во время стимуляции для всех трех испытуемых.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 14-02-00224).*

#### Библиографический список

1. Karavaev A.S., Prokhorov M.D., Ponomarenko V.I., Kiselev A.R., Gridnev V.I., Ruban E.I., Bezruchko B.P. // CHAOS. 2009. Vol. 19. P.033112.
2. Schreiber T., Schmitz A. // Physica D. 2000. Vol. 142. P.346.