

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»

Сборник трудов XIV Всероссийской конференции молодых ученых

(Саратов, 17 – 19 сентября 2019 г.)

Саратов
Издательство “Техно-Декор”
2019

УДК 517.9, 531.1
ББК 22.311я43
Н25

«Наноэлектроника, нанофотоника и нелинейная физика»: сборник трудов XIV Всерос. конф. молодых ученых. Саратов: Изд-во “Техно-Декор”, 2019. – 358 с.: илл.

ISBN: 978-5-907175-17-4

В сборнике опубликованы материалы XIV Всероссийской конференции молодых ученых «Наноэлектроника, нанофотоника и нелинейная физика». Работы участников связаны с созданием метаматериалов, углеродных наноструктур, нанокompозитных материалов, фононных, магннных и плазмонных кристаллов и анализа их свойств, исследованием взаимодействия электромагнитных волн с различными средами, изучением сложных, хаотических процессов в динамических системах, применением методов нелинейной динамики в физиологии, медицинской диагностике, информационных системах, радиофизике и электронике.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов, специализирующихся в области радиофизики, электроники, оптики, физики магнитных явлений, акустоэлектроники.

Редакционная коллегия:

доктор физ.- мат. наук *Е. П. Селезнев* (отв. редактор)
кандидат физ.- мат. наук *А. А. Теплых* (отв. секретарь)
инженер *О. Ю Кондратьева*

Конференция организована при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-07-20012.

УДК 517.9, 531.1
ББК 22.311я43

ISBN 978-5-907175-17-4

© Саратовский филиал ИРЭ
им. В. А. Котельникова РАН, 2019

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОДСИСТЕМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И СОСУДИСТОГО ТОНУСА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБ

Е. В. Навроцкая^{1,2}, А. Д. Мартынов², Е. Г. Сафаров², Т. В. Поварова³

¹*Саратовский филиал ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН*

²*Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского*

³*ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» города Саратов»*

E-mail: martyntosha.ru@gmail.com

Ряд недавних работ посвящен [1-4] изучению взаимодействия между медленными ритмами (на частоте около 0.1 Гц) вегетативной регуляции частоты сердечных сокращений и артериального давления. В работах [1-4] показано, что в норме у людей степень синхронности этих подсистем, определяемая по фазам, выделенным из сигналов кардиоинтервалограммы (КИГ) и фотоплетизмограммы (ФПГ), выше чем, при патологиях сердечнососудистой системы (таких, как артериальная гипертензия, инфаркт миокарда). Однако, на сегодняшний день малоизученным остается вопрос связанности упомянутых подсистем регуляции кровообращения у здоровых людей при разных физических нагрузках, при этом оценка показателя интенсивности взаимодействия ритмов регуляции при нагрузке может отражать состояние системы кровообращения у испытуемого. В данной работе проводилось исследование взаимодействия ритмов симпатической регуляции частоты сердечных сокращений и тонуса сосудов у здоровых испытуемых при выполнении стандартных функциональных проб, используемых в современных медицинских центрах для оценки состояния сердечнососудистой системы (ССС) человека. В работе было рассмотрено две функциональные пробы – стандартная проба с 20 приседаниями в течение 30 секунд и гарвардский степ тест. Гарвардский степ–тест выполнялся в упрощенном варианте – добровольцы совершали 50 восхождений на ступеньку высотой 45 см в течение комфортного для них времени.

Исследование проводилось путем анализа сигналов кардиоинтервалограммы и фотоплетизмограммы, полученных от здоровых добровольцев (мужчины в возрасте 18-22 года без патологии ССС) до и после выполнения пробы. Запись сигналов проводилась с помощью Электроэнцефалографа-регистратора «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» с возможностью подключения 6 поликаналов. В процессе наблюдения регистрировались сигналы – одноканальной ЭКГ во II стандартном отведении и ФПГ с мочки правого уха. В результате 60 минутного мониторинга получали записи до и после выполнения функциональной пробы (30 минут до и 30 минут после). Для контроля воспроизводимости результатов эксперимент для одних и тех же испытуемых повторялся три раза в разные дни.

ЭКГ пересчитывалась в ряд RR-интервалов – кардиоинтервалограмму, которая использовалась в качестве сигнала вариабельности сердечного ритма. Фотоплетизмограмма использовалась как сигнал, характеризующий изменения сосудистого тонуса. Для анализа связанности процессов симпатической регуляции

вариабельности сердечного ритма и тонуса сосудов из сигналов КИГ и ФПГ выделялись низкочастотные составляющие. Для этого сигналы фильтровались в полосе частот 0.05 – 0.15 Гц, соответствующей характерным ритмам симпатической нервной системы.

Для оценки связанности использовались методы, основанные на введении и анализе фазы колебаний. Фаза сигналов вводилась с помощью преобразования Гильберта. Уровень синхронизации изучаемых процессов оценивался с помощью коэффициента фазовой когерентности [5]. Для оценки интенсивности и направленности воздействия использовался метод, основанный на построении модели фазы сигналов [6,7]. По временным рядам фаз сигналов получают оценки коэффициентов модели. На основе коэффициентов модели рассчитывают индексы наличия и направления связи. Значимость индексов связи оценивалась как с помощью аналитического подхода, основанного на оценках дисперсии коэффициентов модели [7], так и с помощью суррогатных данных [8].

В результате анализа 30-минутных записей сигналов было показано, что значение коэффициента фазовой когерентности между КИГ и ФПГ с мочки уха мало изменяется после выполнения обеих функциональных пробы. Индексы направленного воздействия для некоторых испытуемых после физической нагрузки увеличивается. Анализ сигналов в скользящем окне шириной 5 минут показал, что сразу после выполнения пробы рассчитываемые индексы связи увеличиваются, к концу мониторинга значение индексов связи приближается к соответствующему значению, полученному до выполнения физической нагрузки.

Установленная особенность взаимодействия ритмов вегетативной регуляции сердечнососудистой системы человека при выполнении тестовых физических нагрузок может служить основной для дальнейшей разработки диагностических показателей состояний системы кровообращения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-02-00307)

Библиографический список

1. *Karavaev A.S. et al. // CHAOS, 2009. 19:033112.*
2. *Ponomarenko V.I. et al. // The Eur Phys J, 2013. 222:2687-2696.*
3. *Киселев А.Р., Груднев В.И., Караваев А.С. и др. // Артериальная гипертензия. 2011. Т. 17. No. 4. -С. 354-360.*
4. *Киселев А.Р., Груднев В.И., Посненкова О.М. и др. // Терапевтический архив, 2007, Т.79, N.4, С.23-31.*
5. *Mormann F. et al. // Physica D. –2007. –V. 225. –P. 29.*
6. *Rosenblum M.G., Pikovsky A.S. // Phys. Rev. E, 2001.*
7. *Smirnov D.A., Bezruchko B.P. // Phys. Rev. E, 2003.*
8. *J.Theiler, S. Eubank, A. Longtin, B. Galdrikian, J.Doyne // Physica D: Nonlinear Phenomena. V. 58. 1992. P.77-94.*