

## Спектральный анализ процессов вегетативной регуляции кровообращения различных возрастных групп испытуемых во сне и бодрствовании\*

А. Н. Храмков<sup>1</sup>✉, В. В. Сказкина<sup>1</sup>, Ю. М. Ишбулатов<sup>1,2,3</sup>,  
Д. Д. Кульминский<sup>1,2</sup>, Е. Ю. Павлова<sup>1</sup>, Е. Г. Сафаров<sup>1</sup>, Е. И. Боровкова<sup>1,2,3</sup>

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

<sup>2</sup>Саратовский филиал Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН

<sup>3</sup>Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского  
✉ anhrankov@gmail.com

В ряде работ показана важность исследования индивидуальной и коллективной динамики процессов вегетативной регуляции кровообращения для понимания фундаментальных принципов функционирования сердечно-сосудистой системы и решения прикладных задач медицинской диагностики [1–5].

Целью работы является исследование изменения мощности Фурье-спектров колебаний RR-интервалов и дыхания в низкочастотном диапазоне 0.04–0.15 Гц и высокочастотном диапазоне 0.15–0.4 Гц (связываемых преимущественно с симпатической и парасимпатической регуляцией соответственно) у здоровых испытуемых в различных возрастных группах, в бодрствовании и разных стадиях сна.

Мы проанализировали 8 часовые записи электрокардиограммы (ЭКГ) и дыхания 96 здоровых испытуемых (в возрасте от 20 до 83 лет), записанные в рамках проекта SIESTA [6]. Для каждого испытуемого извлекали по одному участку, соответствующему стадии бодрствования, сна с быстрым движением глаз (REM), легкого сна и глубокого сна, длительностью 5 минут. Из сигналов ЭКГ выделялись эквидистантные временные ряды RR-интервалов.

Для сигналов дыхания и RR-интервалов оценивали среднюю мощность Фурье-спектров в диапазоне частот 0.15–0.4 Гц  $HF_{RR}$  и диапазоне частот 0.05–0.15 Гц  $LF_{RR}$  соответственно.

Анализ данных, полученных от здоровых испытуемых во время сна и бодрствования, без учёта их возраста, показывает изменение средней спектральной мощности LF колебаний сигнала RR-интервалов и HF колебаний сигнала дыхания с переходами между стадиями сна. Отличия LF

\*Работа выполнена при поддержке гранта МК-2325.2021.1.2.

колебаний сигнала RR-интервалов характеризуется более высокой спектральной мощностью во время быстрого сна, более низкой во время бодрствования и легкого сна и самой низкой во время глубокого сна. Для HF колебаний сигнала дыхания стратификация стадии сна характеризуется более высокой спектральной мощностью во время глубокого сна. Наблюдается устойчивое сохранение стратификации стадий сна во всех возрастных группах.

Наши результаты показывают, что процессы симпатической и парасимпатической регуляции кровообращения демонстрируют изменение индивидуальной динамики в связи с переходами между стадиями сна, которые не нарушаются в процессе здорового старения.

### Список литературы

1. *Karavaev A. S., Prokhorov M. D., Ponomarenko V. I., Kiselev A. R., Gridnev V. I., Ruban E. I., Bezruchko E. I.* Synchronization of low-frequency oscillations in the human cardiovascular system // *Chaos*. 2009. Vol. 19, no. 3. 033112.
2. *Rienzo M. D., Parati G., Radaelli A., Castiglioni P.* Baroreflex contribution to blood pressure and heart rate oscillations: time scales, time-variant characteristics and nonlinearities // *Phil. Trans. R. Soc. A*. 2009. Vol. 367. P. 1301–1318.
3. *Bernardi L., Radaelli A., Solda P. L., Coats A. J. S., Reeder M., Calciati A., Garrard C. S., Sleight P.* Autonomic control of skin microvessels: assessment by power spectrum of photoplethysmographic waves // *Clinical Science*. 1996. Vol. 90. P. 345–355.
4. *Kiselev A. R., Borovkova E. I., Shvartz V. A., Skazkina V. V., Karavaev A. S., Prokhorov M. D., Ispiryanyan A. Y., Mironov S. A., Bockeria O. L.* Low-frequency variability in photoplethysmographic waveform and heart rate during on-pump cardiac surgery with or without cardioplegia // *Sci. Rep.* 2020. Vol. 10, no. 1. 2118.
5. *Kiselev A. R., Karavaev A. S., Gridnev V. I., Prokhorov M. D., Ponomarenko V. I., Borovkova E. I., Shvartz V. A., Ishbulatov Yu. M., Posnenkova O. M., Bezruchko B. P.* Method of estimation of synchronization strength between low-frequency oscillations in heart rate variability and photoplethysmographic waveform variability // *Russ. Open Medical J.* 2016. Vol. 5, no. 1. e0101.
6. *Klösch G., Kemp B., Penzel T., Schlögl A., Rappelsberger P., Trenker E., Gruber G., Zeithofer J., Saletu B., Herrmann W. M., Himanen S. L., Kunz D., Barbanoj M. J., Röschke J., Värri A.* The SIESTA project polygraphic and clinical database // *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.* 2001, Vol. 20, no. 3. P. 51–57.