

УДК 535.8+615.038

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕРЕБРАЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ В ДИНАМИКЕ У ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ СПЕКЛ-КОНТРАСТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Н.В. Голубова¹, Е.С. Серёгина¹, Е.Ф. Шевцова², В.В. Дрёмин¹, Е.В. Потапова¹

¹ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева», Научно-технологический центр биомедицинской фотоники, г. Орел

²ИФАН РАН, Лаборатория биомолекулярного скрининга, г. Черногловка

Рассмотрено применение метода лазерной спекл-контрастной визуализации для получения характеристик мозгового кровообращения лабораторных крыс при введении им физиологически активного вещества. Представлены результаты визуализации сосудов головного мозга, а также проведенный частотный анализ полученных сигналов.

Ключевые слова: лазерная спекл-контрастная визуализация, динамика кровообращения, вейвлет-преобразование, физиологически активный препарат.

CHARACTERIZATION OF THE CEREBRAL BLOOD FLOW DYNAMICS IN LABORATORY RATS BY LASER SPECKLE CONTRAST IMAGING

N.V. Golubova¹, E.S. Seryogina¹, E.F. Shevtsova², V.V. Dremin¹, E.V. Potapova¹

¹Orel State University, Research and Development Center of Biomedical Photonics, Orel

²IPAC RAS, Laboratory of Biomolecular Screening, Chernogolovka

The application of laser speckle contrast imaging for obtaining the characteristics of cerebral circulation in laboratory rats with injection of a physiologically active substance is considered. The results of cerebral vascular imaging, as well as the frequency analysis of the received signals, are presented.

Key words: laser speckle contrast imaging, blood circulation dynamics, wavelet transform, physiologically active drug.

Изучение церебрального кровообращения возможно с помощью различных методов оптической диагностики. Метод лазерной спекл-контрастной визуализации (ЛСКВ) позволяет визуализировать всю область исследования с высоким пространственным и временным разрешением с последующей возможностью проведения частотного анализа получаемого сигнала [1], что может помочь в доклинических исследованиях различных экспериментальных фармацевтических веществ. В данной работе проводилось изучение воздействия мультитаргетного препарата ТГ-2112х на гемодинамику коронарных сосудов. Используемый препарат направлен на лечение нейродегенеративных заболеваний и имеет возможность применения при ишемических поражениях мозга [2].

Таким образом, целью исследования явилось картирование церебральных сосудов лабораторных крыс и расчет динамических характеристик кровотока у животных из контрольной группы и группы с введением мультитаргетного препарата ТГ-2112х.

В качестве моделей были выбраны лабораторные крысы линии Вистар (N=3 в каждой группе, возраст 2 месяца). Контрольная группа получала раствор диметилсульфоксида (ДМСО) и физиологического раствора (ФР) в пропорции 1/9 в общем объеме 1 мл. Экспериментальная группа получала активный раствор, для приготовления которого сухая смесь ТГ-2112х (10 мг/кг) растворялась предварительно в ДМСО, а позже дополнялась ФР в той же пропорции в том же общем объеме. Каждому животному инъекция производилась внутривенно, регистрация данных ЛСКВ проводилась спустя 3 часа.

После наркотизации животное подключалось к хирургическому монитору Rodent Surgical Monitor+ (Indus Instruments, США) для отслеживания физиологических параметров во время проведения эксперимента, голова фиксировалась в стереотаксической установке и проводилось удаление кожного покрова над лобной и теменной областью. Регистрация данных проходила транскраниально, длительность записи составляла 15 минут. Все манипуляции с животными были одобрены этическим комитетом Орловского государственного университета (протокол № 10 от 16 октября 2018 г.).

Установка лазерной спекл-контрастной визуализации включала в себя лазерный источник излучения LDM785 (Thorlabs, США) с длиной волны 785 нм, перед которым помещалась система оптических диффузоров. Спекл-картина регистрировалась монохромной камерой UI-3360CP-NIR-GL Rev 2 через объектив MVL25TM23 (Thorlabs, США) и линейный поляризатор для ближней инфракрасной области излучения.

При обработке данных с помощью специально разработанного программного кода на спекл-изображениях каждого животного выделялись и рассчитывались 3 области интереса. Пример получаемого спекл-изображения представлен на рисунке 1. Полученные значения спекл-контраста пересчитывались в перфузию [3] для каждой группы. Между двумя массивами значений, согласно проверке по критерию Манна-Уитни, существуют статистически значимые различия. При этом результаты демонстрируют снижение значений средней перфузии у экспериментальной группы в отличие от контроля.

Для получения динамических характеристик микроциркуляции выполнялось вейвлет-преобразование массива значений перфузии для каждого животного. Проводился анализ дыхательных и сердечных ритмов колебаний кровотока, подтвержденных по частотной локализации при помощи информации с хирургического монитора.

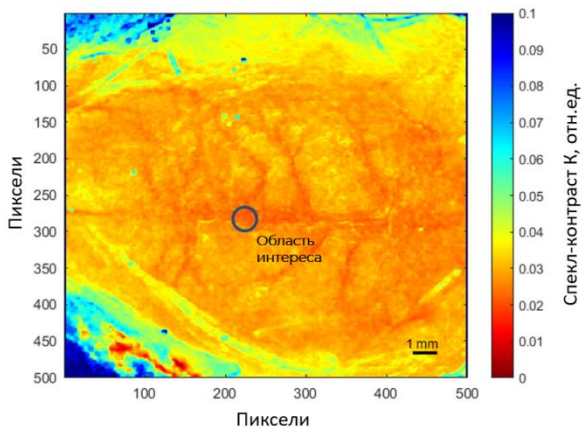


Рис. 1 – Спекл-контрастное изображение исследуемой области

При сравнении средних значений амплитуд дыхательных и сердечных ритмов у животных из экспериментальной группы было выявлено снижение полученных значений.

Физиологическое значение изменений в динамике церебральной микроциркуляции лабораторных крыс, подвергшихся инъекции препарата ТГ-2112х, будет являться предметом дальнейших исследований.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 22-75-10088.

Библиографический список

1. Piavchenko, G., Kozlov, I., Dremin, V., Stavtsev, D., Seryogina, E., Kandurova, K., Shupletsov, V., Lapin, K., Alekseyev, A., Kuznetsov, S., Bykov, A., Dunaev, A., Meglinski, I. Impairments of cerebral blood flow microcirculation in rats brought on by cardiac cessation and respiratory arrest // Journal of Biophotonics. – 2021. – V.14, №12. – P. e202100216.
2. Angelova, P.R., Vinogradova, D., Neganova, M.E., Serkova, T.P., Sokolov, V.V., Bachurin, S.O., Shevtsova, E.F., Abramov, A.Y. Pharmacological Sequestration of Mitochondrial Calcium Uptake Protects Neurons Against Glutamate Excitotoxicity // Molecular neurobiology. – 2019. – V.56, №3. – P. 2244–2255.
3. Mizeva, I., Dremin, V., Potapova, E., Zherebtsov, E., Kozlov, I., Dunaev, A. Wavelet Analysis of the Temporal Dynamics of the Laser Speckle Contrast in Human Skin // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2020. – V.67, №7. – P. 1882-1889.