

Фотобиомодуляция и интерстиций в медицине: новые вызовы и перспективы

Небрат В.

*Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии –
филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия
academvlad@yandex.ru*

Ключевые слова: фотобиомодуляция; жидкости интерстиция; структуры воды; модель человека

Мотивация и цель: Фотобиомодуляция (ФБМ), это способ воздействия на организм человека светом, использующий неионизирующие источники фотонов, включая лазеры, светодиоды и широкополосный свет в видимом и инфракрасном диапазоне спектра [1]. ФБМ применяют в течение последних 30 лет во многих областях медицины для терапии разнообразных заболеваний и патологических состояний организма человека, в том числе при заживлении ран, болях при артрите, остром инсульте и других [2]. Эффективность ФБМ терапии определяют множество факторов, среди которых наиболее значимыми являются оптические параметры кожи и тканей организма и технические характеристики используемых источников фотонов [3]. Роль этих факторов выясняют в каждом конкретном случае применения ФБМ терапии с помощью исследований, как теоретических, так и экспериментальных. Иногда они позволяют выявить важные закономерности и повысить эффективность ФБМ терапии. Но в большинстве клинических случаев такие исследования провести невозможно и эффективность определяют практические знания врача. Однако эти знания оказываются бесполезными, когда врачи сталкиваются с пациентами, которые не реагируют на ФБМ терапию [4]. Такая ситуация в клинической медицине обусловлена тем, что механизм лечебного действия ФБМ до сих пор остается мало изученным и плохо понимаемым. Этому пониманию также мало способствуют предлагаемые идеи и гипотезы механизмов ФБМ, которые рассматривают в качестве первичных мишеней фотонов, прежде всего отдельные клетки внутри организма [5]. Идея автора о том, что такими мишенями могут служить интерстициальные жидкости (ISF), которые присутствуют во всех тканях тела человека, является новой гипотезой ФБМ терапии. Целью данной работы является изложение и обоснование гипотезы о роли ISF в ФБМ терапии.

Методы и алгоритмы: Подвергали анализу ISF тела человека. Для этого изучали эксперименты по визуализации каналов ISF тела человека с помощью метода МРТ с применением широко используемого индикатора Gd-DTPA и метода гистологического исследования [6]. Затем, изучали ISF тела человека с помощью моделирования, используя ранее разработанную физико-математическую модель водного строения человека [7]. Для этого представляли структуру сети каналов ISF тела в виде графа из циклически взаимосвязанных между собой элементов. При этом в качестве элементов графа и их связей рассматривали каналы ISF тела. Граф интерпретировали согласно модели как систему циркуляции воды ISF организма, а возникновение и функционирование элементов сети объясняли процессами самоорганизации воды ISF тела, постоянно и непрерывно

происходящими под действием фотонов, поступающих на землю от солнца. Рассматривали их действие, как природный фотонный механизм самоорганизации сети водных каналов ISF тела, единый для всех элементов сети. Полагали, что данный механизм может играть важную роль в организме и оказывать существенное влияние на функциональные состояния человека. Поэтому анализировали работу ISF сети графа и выясняли закономерности природного фотонного механизма и его роль в организме. Найденные закономерности считали общими для природных фотонов и фотонов ФБМ терапии. Далее оценивали влияние параметров и характеристик источников фотонов ФБМ терапии на эти закономерности. Последствия этого влияния интерпретировали как воздействие на функциональные состояния человека, как нормальные, так и патологические. Полученные результаты использовали для теоретического обоснования гипотезы о роли ISF в ФБМ терапии и объяснения данных клинических экспериментов ее эффективного применения.

Результаты: Сформулирована гипотеза о роли ISF в ФБМ терапии, которая гласит, что вода ISF организма является первичной мишенью и главным участником фотобиологических процессов, которыми управляют природные фотоны, поступающие на землю от солнца, а при нарушении управления, эту роль могут выполнять фотоны ФБМ терапии. Предоставлено обоснование гипотезы, основанное на анализе экспериментальных данных по визуализации каналов ISF с помощью MPT метода и гистологических исследований, а также результатов моделирования, использующих ранее разработанную физико-математическую модель водного строения человека. Анализ экспериментальных данных показал, что в теле человека действительно существует сеть каналов переноса потока ISF на большие расстояния за пределами сосудистой циркуляции. При этом точно установлено, что существует как минимум четыре типа каналов участвующих в переносе потоков ISF вдоль кожи, артерий, вен и нервов [8]. Эти результаты ясно демонстрируют, что в теле человека реально существуют каналы ISF и то, что кожный путь потока ISF, основным компонентом которого является вода, может являться первичной мишенью фотонов. Этот вывод также подтверждают данные о содержании воды в коже (более 70 %) и пики повышенного поглощения воды в диапазоне длин волн фотонов ФБМ терапии: 740, 835, 970, 1180, 1650, 3400 нм, которые наблюдаются в эпидермисе, дерме и подкожно-жировой клетчатке [9]. Анализ результатов моделирования позволил установить важные закономерности действия природных фотонов на процессы самоорганизации воды ISF организма и выразить их следующим образом. После поглощения фотонов водой ISF происходит диссоциация молекул воды на ионы H^+ и OH^- . Затем направленное движение этих заряженных ионов в водной среде ISF организма создает ионные (электрические) токи двух полярностей, циркулирующие по водным каналам сети ISF одновременно в двух противоположных направлениях. Это приводит к постоянному изменению направления суммарного тока сети ISF в зависимости от текущего соотношения вкладов двух ионных токов и одновременно к возбуждению вокруг водных каналов переменного электрического и магнитного поля. Данный вывод четко показывает, что вода ISF организма может выполнять роль не только первичной мишени, но и являться участником разнообразных электромагнитных процессов организма, включая и фотобиологические.

Выводы: Главный вывод проведенного исследования состоит в том, что проблема эффективности применения ФБМ терапии в клинической медицине связана с

непониманием физической роли природных фотонов и воды организма. Вода, которую принято рассматривать в медицине только как универсальный растворитель, является согласно современным физическим представлениям активной упорядоченной средой организма. Поэтому новым вызовом для ФБМ медицины является необходимость использования физического взгляда на процессы организма, а не только клеточного, доминирующего в медицине. Эта необходимость обусловлена тем, что именно фундаментальные законы физики определяют закономерности взаимодействия в организме фотонов и воды ISF, которая является основным компонентом всех тканей тела человека. О важной роли учета этих законов в ФБМ терапии свидетельствуют эффективные результаты экспериментальных исследований по лечению сложных состояний, например таких как, регенерация целого органа, что недоступно современной медицине [10]. Эти и другие аналогичные результаты показывают, что исследования физических взаимодействий фотонов и воды ISF организма, которым до настоящего времени уделялось ограниченное внимание, открывают новые перспективы применения ФБМ терапии в клинической медицине. Вместе с этим, эти исследования позволят выяснить сложные и, по-видимому, разнообразные функции сети каналов ISF в организме человека.

Photobiomodulation and interstitium in medicine: new challenges and prospects

Nebrat V.*

Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

** academvlad@yandex.ru*

Key words: photobiomodulation; interstitial fluid; water structures; human model

Motivation and Aim: Photobiomodulation (PBM) is a method of exposing the human body to light using non-ionizing photon sources, including lasers, LEDs and broadband light in the visible and infrared range of the spectrum [1]. PBM has been used over the past 30 years in many areas of medicine for the treatment of various diseases and pathological conditions of the human body, including wound healing, arthritis pain, acute stroke, and others [2]. The effectiveness of PBM therapy is determined by many factors, among which the most significant are the optical parameters of the skin and body tissues and the technical characteristics of the photon sources used [3]. The role of these factors is clarified in each specific case of the use of PBM therapy through research, both theoretical and experimental. Sometimes they make it possible to identify important patterns and increase the effectiveness of PBM therapy. But in most clinical cases, such studies cannot be carried out and the effectiveness is determined by the practical knowledge of the doctor. However, this knowledge is of no use when clinicians encounter patients who do not respond to PBM therapy [4]. This situation in clinical medicine is due to the fact that the mechanism of the therapeutic action of PBM still remains poorly studied and poorly understood. This understanding is also of little assistance from the proposed ideas and hypotheses about the mechanisms of PBM, which are considered, first of all, individual cells of the body as primary targets for photons [5]. The author's idea that such targets could be interstitial fluids (ISF), which

are present in all tissues of the human body, is a new hypothesis for PBM therapy. The purpose of this work is to present and substantiate the hypothesis about the role of ISF in PBM therapy.

Methods and Algorithms: The ISF of the human body was studied and analyzed. To do this, we studied experiments on imaging the ISF channels of the human body using the MRI method with the application of the widely used indicator Gd-DTPA and the method of histological examination [6]. Then the human ISF was studied using a previously developed physico-mathematical model of the human water system [7]. To do this, we represented the structure of the ISF channel network of the body in the form of a graph of cyclically interconnected elements. In this case, the ISF channels of the body were considered as elements of the graph and their connections. The graph was interpreted according to the model as the body's ISF water circulation system, and the emergence and functioning of the network elements was explained by the processes of self-organization of the body's ISF water, constantly and continuously occurring under the influence of photons arriving on the earth from the sun. Their action was considered as a natural photonic mechanism of self-organization of the network of water channels of the ISF body, common for all elements of the network. It was believed that this mechanism could play an important role in the body and have a significant impact on the functional state of a person. Therefore, we analyzed the work of the ISF graph network and found out the patterns of the natural photonic mechanism and its role in the body. The discovered patterns were assumed to be common for natural photons and photons of PBM therapy. Next, we assessed the influence of the parameters and characteristics of photon sources of PBM therapy on these patterns. The consequences of this influence have been interpreted as affecting human functional states, both normal and pathological. The results obtained were used to theoretically substantiate the hypothesis about the role of ISF in PBM therapy and to explain the data from clinical experiments of its effective use.

Results: A hypothesis has been formulated about the role of ISF in PBM therapy, which states that the ISF water body is the primary target and main participant in photobiological processes controlled by natural photons coming to the earth from the sun, and if control is disrupted, this role can be played by photons of PBM therapy. A substantiation of the hypothesis is provided, based on the analysis of experimental data on the visualization of ISF channels using the MRI method and histological studies, as well as modeling results using a previously developed physico-mathematical model of the human water system. Analysis of experimental data has shown that in the human body there really is a network of channels that transport ISF flow over long distances outside the vascular circulation. It has been precisely established that there are at least four types of channels involved in the transfer of ISF flows along the skin, arteries, veins and nerves [8]. These results clearly demonstrate that ISF channels actually exist in the human body and that the cutaneous ISF pathway, of which water is the main component, may be the primary target of photons. This conclusion is also confirmed by data on the water content in the skin (more than 70 %) and peaks of increased water absorption in the wavelength range of photons of PMB therapy: 740, 835, 970, 1180, 1650, 3400 nm, which are observed in the epidermis, dermis and subcutaneous fat [9]. Analysis of the modeling results made it possible to establish important patterns of the action of natural photons on the processes of self-organization of ISF water in the body and express them as follows. After photons are absorbed by ISF water, the water molecules dissociate into H^+ and OH^- ions. Then the directed movement of these charged ions in the water

environment of the ISF of the body creates ionic (electric) currents of two polarities, circulating through the water channels of the ISF network simultaneously in two opposite directions. This leads to a constant change in the direction of the total current of the ISF network, depending on the current ratio of the contributions of the two ion currents, and at the same time, to the excitation of an alternating electric and magnetic field around the water channels. This conclusion clearly shows that ISF water in the body can serve not only as a primary target, but also as a participant in a variety of electromagnetic processes in the body, including photobiological ones.

Conclusions: The main conclusion of the study is that the problem of the effectiveness of the use of PBM therapy in clinical medicine is associated with a lack of understanding of the physical role of natural photons and body water. Water, which is usually considered in medicine only as a universal solvent, is, according to modern physical concepts, an active, ordered medium of the body. Therefore, a new challenge for PBM medicine is the need to use a physical view of the processes of the body, and not just the cellular one, which dominates in medicine. This need is due to the fact that it is the fundamental laws of physics that determine the patterns of interaction in the body of photons and ISF water, which is the main component of all tissues of the human body. The importance of taking these laws into account in the treatment of PBM is evidenced by the effective results of experimental studies on the treatment of complex conditions, such as the regeneration of an entire organ, which are inaccessible to modern medicine [10]. These and other similar results indicate that studies of the physical interactions of photons and body ISF water, which have received limited attention to date, open up new prospects for the application of PBM therapy in clinical medicine. At the same time, these studies will simultaneously elucidate the complex and apparently diverse functions of the ISF channel network in the human body.

Список литературы/References

1. Heiskanen V. et al. Photobiomodulation: lasers vs light emitting diodes? *Photochem Photobiol Sci.* 2018;17(8):1003-1017
2. Yang M. et al. Current application and future directions of photobiomodulation in central nervous diseases. *Neural Regen Res.* 2021;16(6):1177-1185
3. Zein R. et al. Review of light parameters and photobiomodulation efficacy: dive into complexity. *J Biomed Optics.* 2018;23(12):120901
4. Gavish L. et al. Microcirculatory response to photobiomodulation—why some respond and others do not: a randomized controlled study. *Lasers Surg Med.* 2020;52(9):863-872. doi 10.1002/lsm.23225
5. de Freitas L.F., Hamblin M.R. Proposed mechanisms of photobiomodulation or low-level light therapy. *IEEE J Sel Top Quantum Electron.* 2016;22(3):7000417
6. Li H. et al. An extravascular fluid transport system based on structural framework of fibrous connective tissues in human body. *Cell Prolif.* 2019;52(5):e12667. doi 10.1111/cpr.12667
7. Nebrat V. Human water model: interstitium and meridians of traditional Chinese medicine. In: *Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology (BGRS/SB-2022)*. Novosibirsk, 2022;816. doi 10.18699/SBB-2022-474
8. Li H. et al. A long-distance fluid transport pathway within fibrous connective tissues in patients with ankle edema. *Clin Hemorheol Microcirc.* 2016;63:411-421
9. Setchfield K. et al. Relevance and utility of the in-vivo and ex-vivo optical properties of the skin reported in the literature: a review. *Biomed Opt Express.* 2023;14(7):3555-3583
10. Cha Y., Choe H. et al., Treatment of patient with cirrhosis-ascites by the mineral pulse light stimuli on LV acupoints – a case report. *Res Square.* 2020. doi 10.21203/rs.3.rs-52673/v1