

ФОТОХРОМОТЕРАПИЯ – ЗНАЧИМЫЙ ФАКТОР В КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ ТЯЖЕЛОЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ У ДЕТЕЙ

Э.М. АХМАДУЛЛИНА^{***}, Р.А. БОДРОВА^{**}, А.И. САДРИЕВА^{*}

^{*} ГАОУ «Детская республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан», Оренбургский тракт, д. 140, г. Казань, 420059, Россия, e-mail: elvira_elza@bk.ru

^{**} ГБОУ ДПО «Казанская государственная медицинская академия Минздрава России», ул. Бултерова, д. 36, г. Казань, 420012, Россия

Аннотация. Тяжелая черепно-мозговая травма составляет 20% от общего количества случаев черепно-мозговой травмы, летальность вследствие которой продолжает оставаться на высоком уровне при том, что значительное количество выживших больных остаются на различных уровнях инвалидизации, что и обуславливает актуальность проблемы реабилитации. Фотохромотерапия – представляет собой местное и/или системное воздействие поляризованными электромагнитными волнами необходимого диапазона с использованием рецепторных ворот, транспортирующего соединительнотканного каркаса и каскада фотохимических реакций для доставки электромагнитной энергии в регуляторные системы, а также зоны, испытывающие ее дефицит или дисбаланс. **Цель исследования** – изучение возможности применения узкополосного поляризованного излучения с длиной волны 540 ± 20 нм в ранней реабилитации больных, перенесших тяжелую черепно-мозговую травму с дальнейшим сравнительным анализом исходов лечения. **Материалы и методы исследования.** Обследовано 40 больных с тяжелой черепно-мозговой травмой. Методом рандомизации выделена основная группа – 18 (45%) пациентов, получавших в комплексе раннего восстановительного лечения фотохромотерапию и контрольная группа, в которую вошли 22 (55%) пациентов, получавших только базисное восстановительное лечение. Пациентам основной группы, наряду с традиционной медикаментозной терапией, проводилась фотохромотерапия с помощью узкополосного поляризованного излучения с длиной волны 540 ± 20 нм (зеленый спектр). Для проведения фотохромотерапии использовали аппарат «Биоптрон MedAll», фильтр зеленого спектра. Параметры излучения: мощность излучения 20 Вт, удельная мощность в среднем 40 мВт/см², длина волны 540 ± 20 нм. Плотность потока световой энергии в минуту $2,4$ Дж/см², общее время воздействия 12 минут. **Результаты и их осуждение.** В результате проведенного курса реабилитационной терапии с включением фотохромотерапии зеленым спектром наблюдалось значительное улучшение мышечного тонуса в конечностях, который из мышечной гипотонии переходит в физиологический или пирамидный тонус по шкале Ашворт после лечения – 1-1+ баллов. Отмечается повышение уровня сознания (по шкале комы Глазго до лечения 8-3 балла (5.2 ± 2.7) и после лечения 12-15 баллов ($14.6\pm 2,1$ уровень достоверности и эффективности у 45% пациентов), повышение двигательной активности и коррекция судорожного синдрома. **Выводы.** Использование фотохромотерапии с помощью поляризованного излучения с длиной волны 540 ± 20 нм позволяет создать наиболее адекватные условия для благоприятного протекания компенсаторно-регенераторных механизмов в головном мозге за счет восстановления нарушенной ауторегуляции мозгового кровообращения, снижения выраженности процессов отека-набухания головного мозга, улучшения кровообращения в микроциркуляторном русле, стабилизации процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе. У пациентов, получавших фотохромотерапию с помощью узкополосного поляризованного излучения с длиной волны 540 ± 20 нм отмечается более отчетливая динамика восстановления нейровегетативного статуса и двигательных нарушений.

Ключевые слова: фотохромотерапия, черепно-мозговая травма, узкополосное поляризованное излучение, реабилитация.

PHOTOCHROMOTHERAPY IS A SIGNIFICANT FACTOR IN COMPLEX THERAPY SEVERE TRAUMATIC BRAIN INJURY IN CHILDREN

E.M. AKHMADULLINA^{***}, R.A. BODROVA^{**}, A.I. SADRIEVA^{*}

^{*} SAIH "Children's Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan", Orenburg tract, 140, Kazan, 420059, Russia, e-mail: elvira_elza@bk.ru

^{**} SBEI SPE "Kazan State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation", Butlerova str., 36, Kazan, 420012, Russia

Abstract. Severe traumatic brain injury accounts for 20% of the total number of cases of traumatic brain injury, the mortality rate due to which continues to be high despite the fact that a significant number of surviving patients remain at various levels of disability, which determines the urgency of the problem of rehabilitation. Photochromotherapy is a local and / or systemic exposure to polarized electromagnetic waves of the required

range using receptor gates, a transporting connective tissue frame and a cascade of photochemical reactions to deliver electromagnetic energy to regulatory systems, as well as areas experiencing its deficiency or imbalance. **The research purpose** was to study the possibility of using narrow-band polarized radiation with a wavelength of 540 ± 20 nm in the early rehabilitation of patients who suffered a severe traumatic brain injury with further comparative analysis of treatment outcomes. **Materials and methods of research.** 40 patients with severe traumatic brain injury were examined. The main group was selected by randomization - 18 (45%) patients who received photochromotherapy in the complex of early recovery treatment and a control group, which included 22 (55%) patients who received only basic recovery treatment. Patients of the main group, along with traditional drug therapy, underwent photochromotherapy using narrow-band polarized radiation with a wavelength of 540 ± 20 nm (green spectrum). For photochromotherapy, the device "Biopton MedAll", a green spectrum filter, was used. Radiation parameters: radiation power 20 W, specific power on average 40 MW/cm², wavelength 540 ± 20 nm. The density of the light energy flux per minute is 2.4 J / cm², the total exposure time is 12 minutes. **Results of the study.** As a result of the course of rehabilitation therapy with the inclusion of green spectrum photochromotherapy, a significant improvement in muscle tone in the extremities was observed, which passes from muscle hypotension to physiological or pyramidal tone on the Ashworth scale after treatment – 1-1+ points. There is an increase in the level of consciousness (according to the Glasgow coma scale, before treatment, 8-3 points (5.2 ± 2.7) and after treatment, 12-15 points (14.6 ± 2.1 level of reliability and effectiveness in 45% of patients), increased motor activity and correction of convulsive syndrome. **Conclusions.** The use of photochromotherapy using polarized radiation with a wavelength of 540 ± 20 nm makes it possible to create the most adequate conditions for the favorable course of compensatory and regenerative mechanisms in the brain by restoring impaired autoregulation of cerebral circulation, reducing the severity of edema-swelling of the brain, improving blood circulation in the microcirculatory bed, stabilizing the processes of excitation and inhibition in the central nervous system. In patients receiving photochromotherapy using narrow-band polarized radiation with a wavelength of 540 ± 20 nm, there is a more distinct dynamics of recovery of neurovegetative status and motor disorders.

Keywords: photochromotherapy, traumatic brain injury, narrow-band polarized radiation, rehabilitation.

Актуальность. Тяжелая черепно-мозговая травма (ЧМТ) составляет 20% от общего количества случаев ЧМТ, летальность вследствие которой продолжает оставаться на высоком уровне при том, что значительное количество выживших больных остаются на различных уровнях инвалидизации, что и обуславливает актуальность проблемы реабилитации больных с тяжелой ЧМТ [1, 4]. Основными задачами ранней реабилитации пациентов с тяжелой ЧМТ являются создание условий для благоприятного течения компенсаторно-восстановительных процессов в головном мозге, оказание противовоспалительного, рассасывающего действия в зоне локализации травматического очага, улучшение метаболизма и кровоснабжения мозга, купирование стрессовой реакции, оказание седативного и транквилизирующего действия на центральную нервную систему (ЦНС), восстановление функциональных нейродинамических отношений и нарушенных функций, профилактика и лечение осложнений со стороны дыхательной и сердечно-сосудистой систем, профилактика пролежней и контрактур паретичных конечностей [8, 14]. Тяжелая черепно-мозговая травма у детей является одной из основных причин возникновения тяжелых неврологических и психических расстройств, требующих длительного лечения и реабилитации. Улучшение качества диагностики, совершенствование реанимационных мероприятий, внедрение методов малотравматичной нейрохирургии увеличивают долю пациентов, выживших после тяжелых черепно-мозговых травм, что определяет поиск и внедрение ранних подходов к реабилитации детей с данной патологией. Исследованиями ряда авторов было показано, что ранняя реабилитация способствует ускорению восстановления утраченных функций [6, 16].

Использование фотохромотерапии (ФХТ) позволяет создать наиболее благоприятные условия для компенсаторно-регенераторных механизмов в головном мозге за счет восстановления процессов нарушенной ауторегуляции мозгового кровообращения, снижения выраженности процессов отека-набухания головного мозга, улучшения кровообращения, стабилизации процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе [6, 7, 11].

Фотохромотерапия – представляет собой местное и/или системное воздействие поляризованными электромагнитными волнами необходимого диапазона с использованием рецепторных ворот, транспортирующего соединительнотканного каркаса и каскада фотохимических реакций для доставки электромагнитной энергии в регуляторные системы, а также зоны, испытывающие ее дефицит или дисбаланс. Лечебный эффект обусловлен возникновением резонансного отклика молекулярных структур, при этом в них происходит угнетение патологических реакций (апоптоза, перекисного окисления липидов и других) и активизация физиологических, регуляторных и исполнительных реакций на молекулярном, клеточном и системном уровне с поддержанием в последующем локального и общего электромагнитного баланса [5, 18].

Цель исследования – изучение возможности применения узкополосного поляризованного излучения с длиной волны 540 ± 20 нм в ранней реабилитации больных, перенесших тяжелую ЧМТ с самым сравнительным анализом исходов лечения.

Материалы и методы исследования. Обследовано 40 больных с тяжелой ЧМТ, находившихся на лечении в ГАУЗ ДРКБ МЗ РТ, г. Казань. Методом рандомизации выделена основная группа – 18 (45%) пациентов, получавших в комплексе раннего восстановительного лечения ФХТ и контрольная группа, в которую вошли 22 (55%) пациентов, получавших только базисное восстановительное лечение.

Неврологическое исследование включало количественную оценку нарушений уровня сознания по шкале ком Глазго (ШКГ), шкале восстановления после комы (CRS-R), данные нейровизуализации (компьютерная томография), электроэнцефалографию (ЭЭГ).

Пациентам основной группы, наряду с традиционной медикаментозной терапией, проводилась ФХТ с помощью узкополосного поляризованного излучения с длиной волны 540 ± 20 нм (зеленый спектр). Условием проведения ФХТ явилась стабильность функций органов жизнеобеспечения. Наличие трахеостомы, зондового питания и катетеризации мочевого пузыря не являлось противопоказанием к проведению ФХТ.

Для проведения фотохромотерапии использовали аппарат «Биоптрон *MedAll*», фильтр зеленого спектра. Параметры излучения: мощность излучения 20 Вт, удельная мощность в среднем 40 мВт/см^2 , длина волны 540 ± 20 нм. Плотность потока световой энергии в минуту $2,4 \text{ Дж/см}^2$, общее время воздействия 12 минут.

Облучение проводили на «воротниковую» зону, ладони, стопы, глазничную область по контактно-лабильной методике в течение 3 мин на каждое поле. Использовался непрерывный режим воздействия, интенсивность излучения 100%. Курс лечения состоял из 10 процедур, проводимых ежедневно.

По окончании курса лечения из 10 процедур было повторено комплексное исследование, оценивающее эффективность проведенного реабилитационного физиотерапевтического воздействия. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью стандартных методов обработки научных исследований.

Результаты и их обсуждение. Все дети, находящиеся под наблюдением, получили тяжелую черепно-мозговую травму. Средний возраст составил 10-15 лет (средний возраст $13,2\pm 1,5$ лет). Все пациенты были доставлены в приемное отделение клиники и госпитализированы в нейрохирургическое отделение в течение 1-6 ч. после получения травмы, что позволяло своевременно оказывать специализированную медицинскую помощь. В результате проведенного курса реабилитационной терапии с включением фотохромотерапии зеленым спектром наблюдалось значительное улучшение мышечного тонуса в конечностях, который из мышечной гипотонии переходит в физиологический или пирамидный тонус по шкале Ашворт после лечения – 1-1+ баллов (рис. 1).

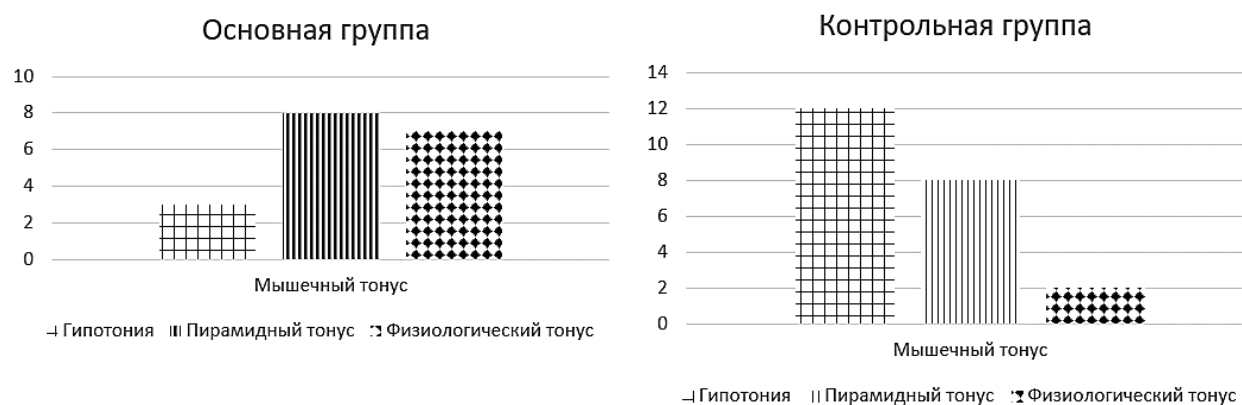


Рис. 1. Значения мышечного тонуса основной и контрольной групп

Отмечается повышение уровня сознания (по шкале комы Глазго до лечения 8-3 балла ($5,2\pm 2,7$) и после лечения 12-15 баллов ($14,6\pm 2,1$ уровень достоверности и эффективности у 45% пациентов) (рис. 2), повышение двигательной активности и коррекция судорожного синдрома (улучшение показателей ЭЭГ).

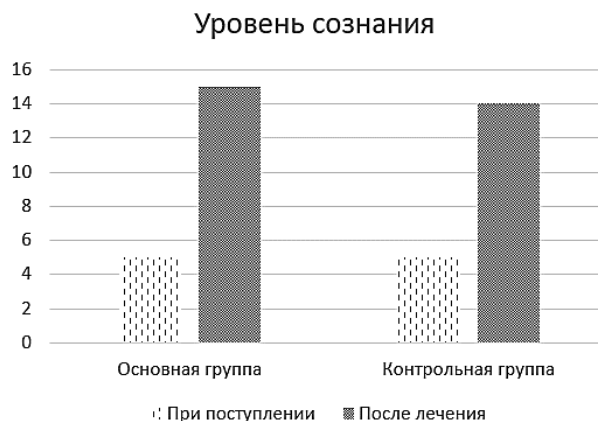


Рис. 2. Уровень сознания при поступлении и после курса лечения

Выводы:

1. Динамика восстановления нарушенных функций находится в непосредственной зависимости от степени тяжести полученной травмы, раннего нейрохирургического и восстановительного лечения.
2. Использование фотохромотерапии с помощью поляризованного излучения с длиной волны 540 ± 20 нм позволяет создать наиболее адекватные условия для благоприятного протекания компенсаторно-регенераторных механизмов в головном мозге за счет восстановления нарушенной ауторегуляции мозгового кровообращения, снижения выраженности процессов отека-набухания головного мозга, улучшения кровообращения в микроциркуляторном русле, стабилизации процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе.
3. У пациентов, получавших ФХТ с помощью узкополосного поляризованного излучения с длиной волны 540 ± 20 нм отмечается более отчетливая динамика восстановления нейровегетативного статуса и двигательных нарушений.

Литература

1. Боголюбов В.М. Техника и методики физиотерапевтических процедур. Справочник. М.: Бино, 2016. 464 с.
2. Валиуллина С.А., Шарова Е.А. Заболеваемость детей черепно-мозговой травмой в Российской Федерации: эпидемиология и экономические аспекты // Казанский медицинский журнал. 2015. №4. С. 33–34.
3. Заваденко Н.Н., Немкова С.А. Нарушения развития и когнитивные дисфункции у детей с заболеваниями нервной системы. Научно-практическое руководство. Москва, 2016. 360 с.
4. Кадыков А.С., Черникова Л.А., Шахпаранова Н.В. Реабилитация неврологических больных. М.: Мед. пресс-информ, 2014. 556 с.
5. Прокопенко С.В., Можейко Е.Ю., Зубрицкая Е.М., Безденежных А.Ф. Коррекция когнитивных нарушений у больных, перенесших черепно-мозговую травму // Consilium Medicum. 2017. № 19 (2.1). С. 64–69.
6. Семенова Ж.Б., Мельников А.В., Саввина И.А., Лекманов А.У., Хачатрян В.А., Горелышев С.К. Рекомендации по лечению детей с черепно-мозговой травмой // Российский вестник. 2016. Т. VI, №2. С. 112–127.
7. Хадарцев А.А., Зилов В.Г., Бицоев В.Д. Эффекты воздействия полихроматического видимого и инфракрасного света на биологические жидкие среды // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2014. Т. 157, № 4. С. 468–471.
8. Чернокова Л.А. Восстановительная неврология. Инновационные технологии в нейрореабилитации / Под ред. Л.А. Чернокова. М.: Мед. информ. Агенство, 2016. 344 с.
9. Aimun A.B., Jamjoom, Jonathan Rhodes, Peter J.D. Andrews, Seth G.N. The synapse in traumatic brain injury // Review Brain 2021. №12. P. 18–31. DOI: 10.1093/brain/awaa321.
10. Andelic N., Røe C., Brunborg C., Zeldovich M., Løvstad M., Løke D., Borgen I.M., Voormolen D.C., Howe E.I., Forslund M.V., Dahl H.M., von Steinbuechel N. Frequency of fatigue and its changes in the first 6 months after traumatic brain injury: results from the CENTER-TBI study. CENTER-TBI participants investigators // J Neurol. 2021. №268(1). P. 61–73. DOI: 10.1007/s00415-020-10022-2.
11. Ding K., Gupta P.K., Diaz-Arrastia R. Epilepsy after Traumatic Brain Injury. In: Laskowitz D., Grant G. Translational Research in Traumatic Brain Injury. Chapter 14, Frontiers in Neuroscience. Florida: CRC Press/Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2016. P. 299–314.

12. Gimbel S.I., Ettenhofer M.L., Cordero E., Roy M., Chan L. Brain bases of recovery following cognitive rehabilitation for traumatic brain injury: a preliminary study // *Brain Imaging Behav.* 2021. №15(1). P. 410–420. DOI: 10.1007/s11682-020-00269-8.
13. Gmelig Meyling C., Verschuren O., Rentinck I.R., Engelbert R.H.H., Gorter J.W. // *Med Child Neurol.* 2021. №26. P. 149–150. DOI: 10.1111/dmcn.14997.
14. Hammond F.M., Perkins S.M., Corrigan J.D., Nakase-Richardson R., Brown A.W., O'Neil-Pirozzi T.M., Zasler N.D., Greenwald B.D. Functional Change from Five to Fifteen Years after Traumatic Brain Injury // *J Neurotrauma.* 2021. №1(7). P. 858–869. DOI: 10.1089/neu.2020.7287.
15. Kristina G. Witcher, Chelsea E. Bray, Titikorn Chunchai, Fangli Zhao, Shane M. O'Neil, Alan J. Gordillo, Warren A. Campbell, Daniel B. McKim, Xiaoyu Liu, Julia E. Dziabis, Ning Quan, Daniel S. Eiferman, Andy J. Fischer, Olga N. Kokiko-Cochran, Candice Askwith, Jonathan P. Godbout. Traumatic Brain Injury Causes Chronic Cortical Inflammation and Neuronal Dysfunction Mediated by Microglia // *J Neurosci.* 2021. №41(7). P. 1597–1616. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2469-20.2020.
16. Lannin N.A., Coulter M., Laver K., Hyett N., Ratcliffe J., Holland A.E., Callaway L., English C., Bragge P., Hill S., Unsworth C.A. Public perspectives on acquired brain injury rehabilitation and components of care: A Citizens' Jury // *Health Expect.* 2021. №24(2). P. 352–362. DOI: 10.1111/hex.13176.
17. Liu S., Shi C., Ma X., Zhao B., Chen X., Tao L. Clin. Cognitive deficits and rehabilitation mechanisms in mild traumatic brain injury patients revealed by EEG connectivity markers // *Neurophysiol.* 2021. №132(2). P. 554–567. DOI: 10.1016/j.clinph.2020.11.034.
18. Neumane S., Câmara-Costa H., Francillette L., Araujo M., Toure H., Brugel D., Laurent-Vannier A., Ewing-Cobbs L., Meyer P., Dellatolas G., Watier L., Chevignard M. Functional outcome after severe childhood traumatic brain injury: Results of the TGE prospective longitudinal study // *Ann Phys Rehabil Med.* 2021. №64(1). P. 101375. DOI: 10.1016/j.rehab.2020.01.008.
19. Patel P.D., Stafflinger J.E., Marwitz J.H., Niemeier J.P., Ottens A.K. Secreted Peptides for Diagnostic Trajectory Assessments in Brain Injury Rehabilitation // *Neurorehabil Neural Repair.* 2021. №35(2). P. 169–184. DOI: 10.1177/1545968320975428.
20. Popernack M.L., Gray N., Reuter-Rice K. Moderate-to-Severe Traumatic Brain Injury in Children: Complications and Rehabilitation Strategies // *J Pediatr Health Care.* 2015. №29(3). P. 1–7.
21. Reith W., Kettner M., Yilmaz U. Nonaccidental traumatic brain injury in infants and children // *Radiologe.* 2021. №12. P. 85–88. DOI: 10.1007/s00117-021-00885-5.
22. Tenovuo O., Diaz-Arrastia R., Goldstein L.E., Sharp D.J., van der Naalt J., Zasler N.D. Assessing the Severity of Traumatic Brain Injury-Time for a Change? // *J Clin Med.* 2021. №10(1). P. 148. DOI: 10.3390/jcm10010148.
23. Witcher K.G., Bray C.E., Chunchai T., Zhao F., O'Neil S.M., Gordillo A.J., Campbell W.A., McKim D.B., Liu X., Dziabis J.E., Quan N., Eiferman D.S., Fischer A.J., Kokiko-Cochran O.N., Askwith C. Traumatic Brain Injury Causes Chronic Cortical Inflammation and Neuronal Dysfunction Mediated by Microglia, Godbout JP // *J Neurosci.* 2021. №41(7). P. 1597–1616. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2469-20.2020.

References

1. Bogoljubov VM. Tehnika i metodiki fizioterapevticheskikh procedur [Technique and methods of physiotherapy procedures]. Spravochnik. Moscow: Binom: 2016. Russian.
2. Valiullina SA, Sharova EA. Zabolevaemost' detej cherepno-mozgovoj travmoj v Rossijskoj Federacii: jepidemiologija i jekonomicheskie aspekty [Morbidity of children with traumatic brain injury in the Russian Federation: epidemiology and economic aspects]. *Kazanskij medicinskij zhurnal.* 2015;4:33-4. Russian.
3. Zavadenko NN, Nemkova SA. Narusheniya razvitiya i kognitivnye disfunkcii u detej s zabolevanijami nervnoj sistemy [Developmental disorders and cognitive dysfunctions in children with diseases of the nervous system]. *Nauchno-prakticheskoe rukovodstvo.* Moscow; 2016. Russian.
4. Kadykov AS, Chernikova LA, Shahparanova NV. Reabilitacija nevrologicheskikh bol'nyh [Rehabilitation of neurological patients]. Moscow: Med. press-inform; 2014. Russian.
5. Prokopenko SV, Mozhejko EJu, Zubrickaja EM, Bezdenezhnyh AF. Korrekciya kognitivnyh narushenij u bol'nyh, perenessih cherepno-mozgovuju travmu [Correction of cognitive disorders in patients who have suffered a traumatic brain injury]. *Consilium Medicum.* 2017;19 (2.1):64-9. Russian.
6. Semenova ZhB, Mel'nikov AV, Savvina IA, Lekmanov AU, Hachatrjan VA, Gorelyshev SK. Rekomendacii po lecheniju detej s cherepno-mozgovoj travmoj [Recommendations for the treatment of children with traumatic brain injury]. *Rossijskij vestnik.* 2016;2:112-27. Russian.
7. Khadarsev AA, Zilov VG, Bicoev VD. Jeffekty vozdejstvija polihromaticheskogo vidimogo i infrakrasnogo sveta na biologicheskie zhidkie sredy [Effects of polychromatic visible and infrared light on biological liquid media]. *Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny.* 2014;157(4):468-71. Russian.

8. Chernokova LA. Vosstanovitel'naja nevrologija. Innovacionnye tehnologii v nejrreabilitacii [Restorative neurology. Innovative technologies in neurorehabilitation]. Pod red. LA. Chernokova. Moscow: Med. inform. Agentstvo; 2016. Russian.
9. Aimun AB Jamjoom, Jonathan Rhodes, Peter JD Andrews, Seth GN Grant. The synapse in traumatic brain injury. *Review Brain* 2021;144(1):18-31. DOI: 10.1093/brain/awaa321.
10. Andelic N, Røe C, Brunborg C, Zeldovich M, Løvstad M, Løke D, Borgen IM, Voormolen DC, Howe EI, Forslund MV, Dahl HM, von Steinbuechel N; Frequency of fatigue and its changes in the first 6 months after traumatic brain injury: results from the CENTER-TBI study. CENTER-TBI participants investigators. *J Neurol.* 2021;268(1):61-73. DOI: 10.1007/s00415-020-10022-2.
11. Ding K, Gupta PK, Diaz-Arrastia R. Epilepsy after Traumatic Brain Injury. In: Laskowitz D, Grant G. (Eds.). *Translational Research in Traumatic Brain Injury. Chapter 14, Frontiers in Neuroscience.* CRC Press/Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida. 2016;299-314.
12. Gimbel SI, Ettenhofer ML, Cordero E, Roy M, Chan L. Brain Imaging Behav. Brain bases of recovery following cognitive rehabilitation for traumatic brain injury: a preliminary study. 2021;15(1):410-20. DOI: 10.1007/s11682-020-00269-8.
13. Gmelig Meyling C, Verschuren O, Rentinck IR, Engelbert RHH, Gorter JW Physical rehabilitation interventions in children with acquired brain injury: a scoping review. *Med Child Neurol.* 2021;26. DOI: 10.1111/dmcn.14997.
14. Hammond FM, Perkins SM, Corrigan JD, Nakase-Richardson R, Brown AW, O'Neil-Pirozzi TM, Zasler ND, Greenwald BD Functional Change from Five to Fifteen Years after Traumatic Brain Injury. *J Neurotrauma.* 2021;38(7):858-69. DOI: 10.1089/neu.2020.7287.
15. Kristina G Witcher, Chelsea E Bray, Titikorn Chunchai, Fangli Zhao, Shane M O'Neil, Alan J Gordillo, Warren A Campbell, Daniel B McKim, Xiaoyu Liu, Julia E Dziabis, Ning Quan, Daniel S Eiferman, Andy J Fischer, Olga N Kokiko-Cochran, Candice Askwith, Jonathan P Godbout. J Neurosci. Traumatic Brain Injury Causes Chronic Cortical Inflammation and Neuronal Dysfunction Mediated by Microglia. 2021;41(7):1597-616. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2469-20.2020.
16. Lannin NA, Coulter M, Laver K, Hyett N, Ratcliffe J, Holland AE, Callaway L, English C, Bragge P, Hill S, Unsworth CA. Public perspectives on acquired brain injury rehabilitation and components of care: A Citizens' Jury. *Health Expect.* 2021;24(2):352-62. DOI: 10.1111/hex.13176.
17. Liu S, Shi C, Ma X, Zhao B, Chen X, Tao L. Clin. Cognitive deficits and rehabilitation mechanisms in mild traumatic brain injury patients revealed by EEG connectivity markers. *Neurophysiol.* 2021;132(2):554-67. DOI: 10.1016/j.clinph.2020.11.034.
18. Neumane S, Câmara-Costa H, Francillette L, Araujo M, Toure H, Brugel D, Laurent-Vannier A, Ewing-Cobbs L, Meyer P, Dellatolas G, Watier L, Chevignard M. Functional outcome after severe childhood traumatic brain injury: Results of the TGE prospective longitudinal study. *Ann Phys Rehabil Med.* 2021;64(1):101375. DOI: 10.1016/j.rehab.2020.01.008.
19. Patel PD, Stafflinger JE, Marwitz JH, Niemeier JP, Ottens AK. Secreted Peptides for Diagnostic Trajectory Assessments in Brain Injury Rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair.* 2021;35(2):169-84. DOI: 10.1177/1545968320975428.
20. Popernack ML, Gray N, Reuter-Rice K. Moderate-to-Severe Traumatic Brain Injury in Children: Complications and Rehabilitation Strategies. *J Pediatr Health Care.* 2015;29(3):1-7.
21. Reith W, Kettner M, Yilmaz U. Nonaccidental traumatic brain injury in infants and children. *Radiologe.* 2021;12. DOI: 10.1007/s00117-021-00885-5.
22. Tenovuo O, Diaz-Arrastia R, Goldstein LE, Sharp DJ, van der Naalt J, Zasler ND. Assessing the Severity of Traumatic Brain Injury-Time for a Change? *J Clin Med.* 2021;10(1):148. doi: 10.3390/jcm10010148.
23. Witcher KG, Bray CE, Chunchai T, Zhao F, O'Neil SM, Gordillo AJ, Campbell WA, McKim DB, Liu X, Dziabis JE, Quan N, Eiferman DS, Fischer AJ, Kokiko-Cochran ON, Askwith C Traumatic Brain Injury Causes Chronic Cortical Inflammation and Neuronal Dysfunction Mediated by Microglia., Godbout JP. *J Neurosci.* 2021;41(7):1597-616. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2469-20.2020.

Библиографическая ссылка:

Ахмадуллина Э.М., Бодрова Р.А., Садриева А.И. Фотохромотерапия – значимый фактор в комплексной терапии тяжелой черепно-мозговой травмы у детей // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2021. №5. Публикация 3-6. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-5/3-6.pdf> (дата обращения: 23.09.2021). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-5-3-6*

Bibliographic reference:

Akhmadullina EM, Bodrova RA, Sadrieva AI. Fotokromoterapija – znachimyj faktor v kompleksnoj terapii tjazhelej cherepno-mozgovoj travmy u detej [Photochromotherapy is a significant factor in complex therapy severe traumatic brain injury in children]. *Journal of New Medical Technologies, e-edition.* 2021 [cited 2021 Sep 23];5 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-5/3-6.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-5-3-6

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-5/e2021-5.pdf>