

# ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕИНВАЗИВНОЙ НЕЙРОМОДУЛЯЦИИ В РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ С ТРАВМАТИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ГОЛОВНОГО МОЗГА

УДК 611.42+617.518

<sup>1</sup>Воропаев А.А., <sup>2</sup>Иванова Г.Е., <sup>1</sup>Котенко Н.В.

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Российский Национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

## APPLICATION OF NON-INVASIVE NEUROMODULATION IN REHABILITATION OF PATIENTS WITH TRAUMATIC DISEASE OF THE BRAIN

<sup>1</sup>Voropaev A.A., <sup>2</sup>Ivanova G.E., <sup>1</sup>Kotenko N.V.

<sup>1</sup> «National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology» Moscow, Russia

<sup>2</sup> «Pirogov Russian National Research Medical University», Moscow, Russia

### Введение

Впервые понятие травматической болезни головного мозга было сформулировано Л.И. Смирновым. При этом основой периодизации травматической болезни головного мозга Л.И. Смирнов (1947) считал морфологический субстрат, а именно процессы заживления и образования рубцов с учетом возможных осложнений, что определяет временную протяженность каждого периода, основываясь в основном на изучении огнестрельных ранений и проникающих повреждений черепа [13].

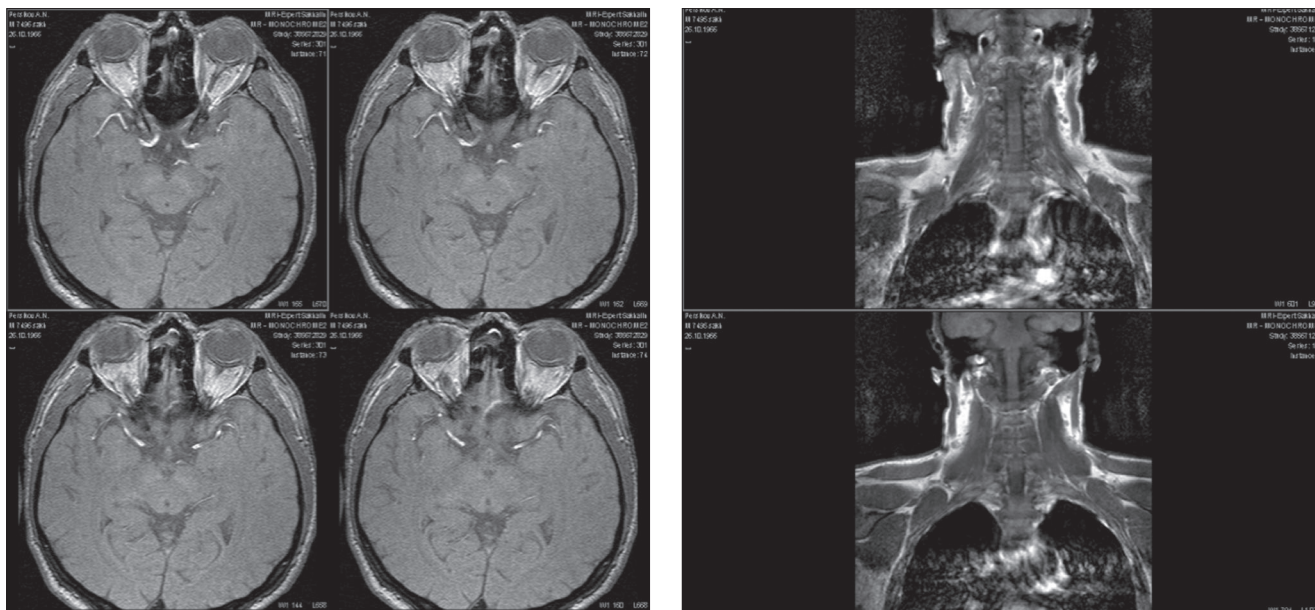
Травматическая болезнь головного мозга (ТБГМ) – патологический процесс, запущенный повреждающим воздействием механической энергии на головной мозг и характеризующийся – при разнообразии клинических форм – единством этиологии, патогенетических и саногенетических механизмов развития и исходов. В течении травматической болезни головного мозга, исходя из комплекса клинических, патофизиологических и патоморфологических критериев, выделяют 3 базисных периода: острый, промежуточный, отдаленный [14].

В каждом из них сложно сплетаются последовательные и параллельные факторы: биомеханика травмы, первичные субстраты повреждения мозга, патологические органые и организменные реакции, возрастные,

преморбидные, генетические особенности, вторичные внутри- и внечерепные осложнения, саногенные реакции и компенсаторно-приспособительные процессы, функциональные и социальные исходы. При этом следует учитывать, что между направленностью развития, выраженностью, сочетанием и временными характеристиками различных слагаемых того или иного периода травматической болезни головного мозга корреляции часто отсутствуют [15].

Энергетическая и пластическая перестройка мозга после ЧМТ может длиться долгое время (месяцы, годы и даже десятилетия). Черепно-мозговая травма одно- временно запускает два противоположно направленных процесса, причем не только местных, но и дистантных, – дегенеративно-деструктивный и регенеративно-репаративный, которые идут с постоянным или переменным преобладанием одного из них, что во многом определяет наличие или отсутствие тех или иных клинических проявлений, особенно в отдаленном периоде.

В реабилитации больных с травматической болезнью головного мозга должны в полной мере учитываться новые знания по биомеханике повреждений, по прижизненной неинвазивной верификации травматических субстратов и реакций мозга (данные КГ, МРТ, радиону-



**Рис. 1.** МРТ головного мозга и шейного отдела позвоночника больного Б., 23 года и/б № 12123 с острой закрытой черепно-мозговой травмой (сотрясением головного мозга).

клюдных методов, мультимодальных ВП, спектрального и когерентного анализа ЭЭГ, иммунных и биохимических тестов, и др.).

Концепция неинвазивной нейромодуляции заболеваний нервной системы, в основе которой лежат нейрофизиологические процессы активации и торможения в центральной и периферической нервной системе, а также возможность их регуляции с помощью различных составляющих электромагнитного физического фактора, предполагает модуляцию нейропластических процессов у больных травматической болезнью головного мозга [3, 8].

#### Цель исследования.

На основе клинико-нейрофизиологических, нейровизуализационных исследований выявить эффективность неинвазивной нейромодуляции в реабилитации больных в остром и отдаленном периодах травматической болезни головного мозга

#### Материал и методы исследования.

Исследовано 105 пациентов закрытой черепно-мозговой травмой (сотрясением головного мозга, ушибом легкой степени) в разных периодах ТБГМ, средний возраст больных составил 28 лет. В исследовании применены социометрические и психометрические методы оценки субъективного состояния и выраженности цефалгического синдрома, тревожности, вегетативного статуса. Нейрофизиологические методы (ЭЭГ, ТКДГ), лучевые методы проводилась КТ, МРТ головного мозга и шейного отдела позвоночника. Больным основной группы проводилась ТЭТОС – терапия с помощью транскраниального электростимулятора «ТЭТОС» с обратной связью (ЭЭГ). Контрольной группе пациентов (n= 35) проводилась базисная терапия по стандартам. Все больные основной группы подписывали информированное согласие.

#### Результаты и их обсуждение.

Процедура сопровождалась ощущением вибрации и покалывания в зоне электродов с иррадиацией по окружности головы.

Наибольшей эффективностью методика обладала в отношении головной боли. Анализ полученных данных

после проведенной терапии дал следующие результаты: у 30% больных полностью удалось устранить головную боль; у 45 % больных цефалгический синдром значительно уменьшился; у 25 % головные боли уменьшились, но полностью не исчезли. Динамика результатов исследования интенсивности цефалгии по данным ВАШ (визуально аналоговой шкалы) и ИГБ (индекса головной боли) свидетельствует о более выраженном регрессе головной боли в основной группе [5].

По данным теста Спилбергера–Ханина в ходе лечения повышенные уровни реактивной и личностной тревожности в основной группе снижались более выражено по сравнению с контрольной группой, выраженность психоэмоциональных и вегетативных нарушений по данным опросников уменьшалась более выражено так же в основной группе по сравнению с контрольной. Регресс электроэнцефалографических изменений в основной группе значительно превосходил динамику изменений в контрольной группе. Перераспределение зональных мощностей в основной группе происходило по трем направлениям – повышению мощности  $\alpha$ -ритма, снижению мощности ранее патологически усиленной  $\beta$ -,  $\theta$ - и  $\Delta$ - активности. В контрольной группе аналогичная тенденция менее выражена и статистически недостоверна. Исследование церебральной гемодинамики больных острой черепно-мозговой травмой показало значительное уменьшение явлений вазоспазма в ходе лечения в основной группе по сравнению с контролем. Уменьшение явлений посттравматической ангиодистонии под воздействием ТЭС более выражено по сравнению с базисной терапией по данным ТКДГ. Результаты, полученные в ходе исследования коэффициента асимметрии, свидетельствуют о нарастании межполушарной асимметрии церебрального кровотока, преимущественно в каротидном бассейне. Степень регресса КА более выражена в основной группе по сравнению с контрольной. Восстановление реактивности мозговых сосудов более выражено в основной группе по сравнению с контрольной.

Неинвазивная нейромодуляция является эффективной в реабилитации больных травматической болезнью

мозга при этом отмечались положительные изменения церебральной нейро- и гемодинамики, улучшались показатели качества жизни; повысилась экономическая эффективность лечения (снизились количество потребляемых лекарственных препаратов и повторная обращаемость по данным катамнеза). Применение неинвазивной нейромодуляции у больных в остром периоде легкой черепно-мозговой травмы сопровождалось снижением признаков дисфункции верхнестволовых структур по данным ЭЭГ; уменьшением явлений посттравматической ангиодистонии в среднем на 26,5 % ( $p < 0,05$ ), нарастанием межполушарной асимметрии церебрального кровотока, преимущественно в каротидном бассейне по данным ТКДГ; регрессом цефалгического синдрома по данным ВАШ, психоэмоциональных проявлений, снижением реактивной и личностной тревожности по данным опросников.

Основными клиническими проявлениями последствий перенесенной черепно-мозговой травмы в отдаленном периоде по данным проведенного исследования являются: посттравматическая ишемия мозга, психические расстройства и вегетативные дисрегуляции, проявляющиеся соответствующими изменениями церебральной нейродинамики.

В результате применения неинвазивной нейромодуляции у больных с отдаленными последствиями черепно-мозговой травмы отмечались позитивные изменения церебральной нейро- и гемодинамики (улучшения частотно-амплитудных и количественных параметров ЭЭГ); по данным ТКДГ (скоростных показателей, уменьшения явлений ангиодистонии на 24,5% по сравнению с контролем ( $p < 0,05$ ), нарастание межполушарной асимметрии церебрального кровотока, а также клинико-неврологических показателей трактовались как регресс регуляторных нарушений со стороны диэнцефальных структур и гипоталамической области головного мозга.

В результате применения неинвазивной нейромодуляции существенно снизились сроки реабилитации (на 1,5–2 месяца) у больных ТБГМ в раннем восстановительном периоде. По данным катамнеза, длительность эффекта до 4-х месяцев делает целесообразным проведение повторных курсов неинвазивной нейромодуляции.

Неинвазивная нейромодуляция является физиологичным и обоснованным способом реабилитации больных травматической болезнью мозга, в том числе в остром периоде, обладает нейромодулирующим и вегетотропным действием, при этом у больных ЧМТ наблюдается количественное и качественное улучшение клинико-нейрофизиологических показателей (оптимизация церебральной нейро- и гемодинамики) с нормализацией тонуса церебральных сосудов и улучшением венозного

оттока, показателей психоэмоциональной сферы. Терапевтическими основами неинвазивной нейромодуляции в лечении травматической болезни головного мозга являются: оптимизация церебральной нейродинамики за счет ликвидации генераторов патологически усиленного возбуждения по Г.Н. Крыжановскому (2005); стимуляция тормозных механизмов с выработкой соответствующих нейромедиаторов; оптимизация регуляторной функции вегетативной нервной системы (вегетативных ганглиях, ядрах гипоталамуса, лимбико-ретикулярном комплексе) на различных уровнях (центральном, периферическом); оптимизация церебральной и системной гемодинамики (снятие сосудистого спазма, улучшение венозного оттока, снижение внутричерепного давления, стимуляция ауторегуляторных механизмов) в зависимости от функционального состояния; ликвородинамические эффекты (изменение проницаемости ГЭБ); стимуляция антисистем (антиноцицептивной, антиневролитической и др.); ослабление афферентного потока от ноцицепторов; симпатолитический и ваготонический эффекты; оптимизация психофизиологического статуса; стимуляция репаративных, регенераторных, компенсаторно-адаптационных, иммунных механизмов саногенеза за счет выработки продуктов стимуляции антисистем (серотонин, энкефалины, эндорфины). Модуляция физиологической нейропластичности является важным компонентом в реабилитационном процессе больных ТБГМ на различных этапах, включая санаторно-курортный.

#### Клинический пример.

Больной Б., 23 года и/б № 12123. Диагноз: острая закрытая черепно-мозговая травма (сотрясение головного мозга) от 23.01.03. Анамнез: избит, получил множественные ушибы головы и лица. Утрата сознания на 10 минут. Доставлен в неврологическое отделение в 1-е сутки после травмы. О случившемся помнит с трудом, жалуется на головную боль преимущественно в лобной области. Сухожильные рефлексы оживлены D=S. В последующие 4 дня отмечалось нарастание общемозговой и стволовой симптоматики, в виде головной боли, тошноты, calorического нистагма, лабильности пульса и артериального давления. МРТ головного мозга гематомы не выявила (рис.1). На фоне проведения ТЭТОС-терапии состояние больного на 5 – сутки значительно улучшилось, уменьшились цефалгии, показатели реактивной и личностной тревожности, на ЭЭГ – в первые сутки после травмы (асимметрия нейродинамики, высокоамплитудная медленноволновая тета-активность на стороне поражения; на пятые сутки после травмы (восстановление ритмики, билатеральная высокоамплитудная медленноволновая активность). Выписан на 22-е сутки после травмы с улучшением.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гусев Е.И. Методы исследования в неврологии и нейрохирургии /Е.И. Гусев., А.Н.Коновалов и соавт.// Руководство для врачей – М., 2000
2. Гриндель О.М. Нейрофизиологические исследования в клинике. - М.2005.
3. Ахапкин Р.В. Модуляторная концепция как инновационное направление в медицине / Р.В. Ахапкин, Ахапкина В.И. // «РМЖ» –2012 – №17. С. 12–15.
4. Воропаев А.А. Краниоспинальная электромагнитотерапия и устройство для ее реализации / А.А. Воропаев, А.Д. Мочалов, Г.Н. Корнаков. – Пат. на изобр. № 2264234; 20.10.05. – 14 с.
5. Воропаев А.А. Электростимулятор транскраниальный (варианты) и устройство для крепления электродов электростимулятора транскраниального / А.А. Воропаев, Р. Штро. – Пат. на изобр. № 2297253; 4.10.03. – 13 с.
6. Воропаев А.А. Явление миграции ноциогенной зоны в сенсорноалгической системе организма человека при развитии болевых синдромов / В.Д. Трошин., В.М.Назаров, И.Л. Ермолин //Диплом на открытие № А–628 от 30.04.2015.
7. Живолупов С.А. Современная концепция нейропластичности (теоретические аспекты и практическая значимость) // Журнал неврологии и психиатрии, 2013 № 10. С.17–22.
8. Иванова Г.Е. Медицинская реабилитация в России. перспективы развития/ Современная онкология. 2016. Т. 18. № 2.1. С.
9. Иванова Г.Е. Организация реабилитационного процесса // Кремлевская медицина. Клинический вестник.- 2012.- №4. С. 8–10.
10. Иванова Г.Е. Восстановительное лечение больных с инсультом // Российский медицинский журнал.- 2002.- № 1.- С. 48.

11. Кузнецова Е.Ю. Нервно – психические аспекты отдаленных последствий легкой закрытой черепно-мозговой травмы у лиц молодого возраста / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук, Иркутск – 2004.
12. Лихтерман Л.Б. Нейротравматология. справочник / Л.Б. Лихтерман. – М., 1994. – 415 с.
13. Шарова Е.В. Изменение спонтанной биоэлектрической активности головного мозга при транскраниальной электрической и электромагнитной стимуляции // Журнал высшей нервной деятельности. 2006. Т 56. №3. С344–351.
14. Non-invasive neuromodulation of the central nervous system : Opportunities and Challenges/ Workshop Summary// Washington, 2015

#### REFERENCES

1. Research Methods in neurology and neurosurgery /E. I. Gusev., A. Konovalov et al.// Manual for doctors-M., 2000
2. Oh, Grindel.M. Neurophysiological studies in clinical practice / M. O. quiet and scenic sur,G. A. Schekutev et al.// Monograph-M. Two thousand five
3. Akhapkin R. V. Modulatory concept as an innovative direction in medicine / R. V. Akhapkin, in Akhapkin.I. // "BC" –2012, No. 17
4. Voropaev A. A. Craniospinal electromagnetometry and device for its implementation / A. A. Nikolaev, A. D. Mochalov, N. Kornakov. – Pat. the image. № 2264234; 20.10.05. – 14 p.
5. Voropaev A. A. Transcranial Electrostimulator (variants) and device for fastening electrodes of the transcranial stimulator / A. A. Nikolaev, R. Shtro. – Pat. the image. № 2297253; 4.10.03. – 13 p.
6. Voropaev, A. A., the Phenomenon of migration naciaganie zone in censoriously system of the human body with the development of pain / V. D. Troshin., V. M. Nazarov, I. L. Ermolin, // Diploma of scientific discovery № А–628 30.04.2015.
7. Zhivolupov S. A. the Modern concept of neuroplasticity (the theoretical aspects and practical relevance) / S. A. Zhivolupov, I. N. Samartsev, A. F. Syroezhkin // Journal of neurology and psychiatry, No. 10, 2013.
8. Ivanova G. E. Medical rehabilitation in Poccuu. prospects of development/ Modern Oncology. 2016. Vol. 18. No. 2.1. PP.
9. Ivanova, G. E., Medicine and rehabilitation process, the Organization / the Kremlin. Clinical Herald. 2012. No. 4. P.8–10.
10. Ivanova G. E. Rehabilitation treatment of patients with stroke/ the Russian medical journal. 2002. No. 1. P. 48.
11. E Kuznetsova. Neuropsychiatric aspects of the long – term consequences of a closed traumatic brain injury in young people / dissertation for the degree of candidate of medical Sciences, Irkutsk–2004.
12. Likhberman L. B., Neurotraumatology. reference book / L. B. Likhberman. – М., 1994. – 415 p.
13. Likhberman L. B. Neurology of traumatic brain injury/ L. B. Likhberman
14. Sharova E. V. changes in spontaneous bioelectrical activity of the brain in transcranial electrical and electromagnetic stimulation/ journal of higher nervous activity. 2006. Т 56. No. 3. С344–351
15. Non-invasive neuromodulation of the Central nervous system: opportunities and challenges / seminar summary // Washington, 2015

#### РЕЗЮМЕ

Травматическая болезнь головного мозга (ТБГМ) – патологический процесс, запущенный повреждающим воздействием механической энергии на головной мозг и характеризующийся – при разнообразии клинических форм – единством этиологии, патогенетических и саногенетических механизмов развития и исходов. Неинвазивная нейромодуляция – это терапевтическое экзогенное воздействие на различные отделы нервной системы (главным образом вегетативной) с помощью электромагнитного физического (электрического, магнитного) фактора в условиях проведения курса медикаментозной терапии для каждой нозологической формы. В статье рассматривается эффективность неинвазивной нейромодуляции с обратной связью в виде электроэнцефалографии в реабилитации больных с травматической болезнью головного мозга.

**Ключевые слова:** травматическая болезнь головного мозга, неинвазивная нейромодуляция, транскраниальная электростимуляция, реабилитация, электроэнцефалография, физиологическая нейропластичность.

#### ABSTRACT

Traumatic brain disease is a pathological process initiated by the damaging effect of mechanical energy on the brain and characterized – with a variety of clinical forms – by the unity of etiology, pathogenetic and sanogenetic mechanisms of development and outcomes. Non-invasive neuromodulation is a therapeutic exogenous effect on various parts of the nervous system (mainly vegetative) with the help of electromagnetic physical (electric, magnetic) factors in the course of drug therapy in accordance with the standards of care specifically for each nosological form. The article discusses effectiveness of the method of non-invasive neuromodulation with feedback in the form of electroencephalography in the rehabilitation of patients with traumatic disease of the brain

**Keywords:** traumatic disease of the brain, non-invasive neuromodulation, transcranial electrical stimulation, rehabilitation, electroencephalography, physiological neuroplasticity.

#### Контакты:

**Воропаев Алексей Алексеевич.** E-mail: voropaew@ya.ru