

ПРИМЕНЕНИЕ НЕИНВАЗИВНОЙ НЕЙРОМОДУЛЯЦИИ В АНГИОНЕВРОЛОГИИ

©А.А. Воропаев¹, Г.Е. Иванова², Т.В. Николаева³

¹ Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Российская Федерация

² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Российская Федерация

³ Главный военный клинический госпиталь им. Н.Н. Бурденко Минобороны России, Москва, Российская Федерация

Актуальность. В статье рассматривается роль межполушарной асимметрии в патогенезе цереброваскулярных заболеваний, а также эффективность метода транскраниальной электростимуляции с обратной связью в виде электроэнцефалографии с помощью аппарата «ТЭТОС» в реабилитации больных цереброваскулярной патологией, включая ранний восстановительный период ишемического инсульта.

Цель: выявить клинко-нейрофизиологические особенности у больных цереброваскулярной патологией в процессе транскраниальной электротерапии с обратной связью.

Материал и методы. Исследовано 105 пациентов сосудистой патологией головного мозга, из них 35 пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения (ишемического инсульта) в раннем восстановительном периоде с легкой или умеренно выраженной неврологической симптоматикой, 70 больных хронической цереброваскулярной недостаточностью (дисциркуляторная энцефалопатия I–II стадии). Средний возраст $56 \pm 3,6$ года. Курс неинвазивной нейромодуляции проводился на фоне медикаментозного лечения в соответствии с медико-экономическими стандартами с применением импульсного генератора «ТЭТОС» с обратной связью в виде электроэнцефалографии (регистрационное удостоверение № ФРС2011/11198).

Результаты. Исследование параметров нейродинамической межполушарной асимметрии показало, что у пациентов, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения в бассейне левой средней мозговой артерии, отмечается локализация очага ишемического поражения в бассейне правой средней мозговой артерии в виде усиления межполушарной когерентности основных ритмов электроэнцефалограммы с преобладанием медленно-волновой активности. После курса неинвазивной нейромодуляции большинство больных основной группы отмечало улучшение самочувствия: прекращались или уменьшались головные боли, головокружение, уменьшились раздражительность, тревога и беспокойство, напряжение, значительно улучшалось эмоциональное состояние, нормализовался сон. Исследование параметров динамической межполушарной асимметрии показало, что при проведении транскраниальной электротерапии с обратной связью у пациентов, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения в зависимости от локализации отмечается ее уменьшение, а также нормализация распределения альфа-ритма по зонам в зависимости от локализации очага.

Вывод. При общей оценке эффекта лечения в целом по группе выявлено четкое превалирование положительных результатов при использовании ТЭТОС-терапии.

Ключевые слова: неинвазивная нейромодуляция, ишемический инсульт, реабилитация, хроническая ишемия головного мозга, межполушарная асимметрия, электроэнцефалография, ЭЭГ.

Для цитирования: Воропаев А.А., Иванова Г.Е., Николаева Т.В. Применение неинвазивной нейромодуляции в ангионеврологии. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2019;18(6):367-373
DOI: <https://doi.org/10.17816/1681-3456-2019-18-6-367-373>

Для корреспонденции: Воропаев А.А., e-mail: woropaew@ya.ru

Поступила 03.10.2019

Принята в печать 10.12.2019

EXPERIENCE IN THE APPLICATION OF NON-INVASIVE NEUROMODULATION IN THE ANGIONEUROLOGY

©А.А. Voropaev¹, G.E. Ivanova², T.V. Nikolaeva³

¹ National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology of the Ministry of Health, Moscow, Russian Federation

² Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health, Moscow, Russian Federation

³ Main Military Clinical Hospital named after N.N. Burdenko of the Ministry of Defense of the Russia, Moscow, Russian Federation

The electromagnetic field is a fundamental factor of objective reality, when exposed to the brain causes the appearance and development of a complex of functional changes that help in the study of the properties of the nervous system itself. 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 the role of interhemispheric asymmetry in the pathogenesis of cerebrovascular

diseases and effectiveness of the method of transcranial electrostimulation with feedback in the form of electroencephalography using the apparatus TATOS in the rehabilitation of patients with cerebrovascular pathology, including early recovery period of ischemic stroke

Purpose: to identify clinical and neurophysiological features in patients with cerebrovascular pathology during transcranial electrotherapy with feedback.

Material and methods. Total 105 patients with vascular pathology of the brain were studied, including 35 patients after ischemic stroke in the early recovery period with mild or moderate neurological symptoms, 70 patients with chronic cerebrovascular insufficiency. The average age is 56 ± 3.6 years old. A comprehensive clinical, neurophysiological, and neuroimaging study was conducted. The course of non-invasive neuromodulation was performed against the background of medical treatment in accordance with the medical standards with the use of a pulse generator TETOS with feedback in the form of electroencephalography.

Results. The study of the parameters of neurodynamic interhemispheric asymmetry showed that in patients who underwent onmc in the left middle cerebral artery basin, the localization of the ischemic lesion in the right middle cerebral artery basin was observed in the form of an increase in the interhemispheric coherence of the main electro-encephalographical rhythms with a predominance of slow-wave activity. After a course of non-invasive neuromodulation, the majority of patients in the main group noted an improvement in their well-being: headaches, dizziness, irritability, anxiety and anxiety, tension, significantly improved emotional state, and sleep normalized. The study of parameters of dynamic interhemispheric asymmetry has shown that when conducting transcranial electrotherapy with feedback in patients who have undergone stroke, depending on the localization, its decrease is noted, as well as normalization of the distribution of alpha rhythm in zones, depending on the localization of the focus.

Conclusions. The overall assessment of the effect of treatment in the whole group revealed a clear prevalence of positive results when using TATOS-therapy.

Keywords: non-invasive neuromodulation, ischemic stroke, rehabilitation, chronic ischemia of the brain, interhemispheric asymmetry, chronic brain ischemia, electro-encephalography, EEG.

For citation: Voropaev AA, Ivanova GE, Nikolaeva TV. Experience in the application of non-invasive neuromodulation in the angioneurology. *Russian Journal of the Physical Therapy, Balneotherapy and Rehabilitation*. 2019;18(6):367-373. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17816/1681-3456-2019-18-6-367-373>

For correspondence: Aleksey A. Voropaev, e-mail: voropaew@ya.ru

Received 03.10.2019

Accepted 10.12.2019

ВВЕДЕНИЕ

Бурное развитие фармацевтического рынка и нейровизуализации отодвинуло на второй план развитие клинической нейрофизиологии и физиотерапии. Существующая органическая связь между биохимическими и электрофизиологическими процессами в мозге все чаще игнорируется в пользу применения фармакотерапии.

Роль электроэнцефалографии (ЭЭГ) в диагностике сосудистых заболеваний нервной системы в связи с развитием нейровизуализации незначительна, между тем количественный анализ ЭЭГ (оценка когерентности) позволяет оценить межполушарную асимметрию в развитии когнитивных нарушений у пациентов с цереброваскулярной патологией [2].

Изучению и определению роли асимметрии строения и функционирования нервной системы в развитии многих заболеваний в последние годы уделяется все больше внимания. Преобладание правого или левого полушария головного мозга зависит от генотипических и фенотипических особенностей, а степень их латерального участия может меняться в зависимости от задачи, на которую направлена деятельность, условий самой деятельности и факторов окружающей среды [11] (см. рисунок).

При длительных и чрезмерно выраженных воздействиях внешних и внутренних факторов нарушается интегративная деятельность корковых и подкорковых образований, как по горизонтали

(правое — левое полушарие), так и по вертикали: корково-подкорковые-висцеральные взаимоотношения. При этом динамические сдвиги межполушарной асимметрии являются приспособительным регуляторным актом к складывающимся на данный момент времени внешним и внутренним условиям [6, 14], что в дальнейшем без учета этого фактора приводит к уменьшению эффективности проводимой восстановительной терапии.

У больных с хронической ишемией мозга, по данным литературы, ведущее место в патогенезе занимает нарушение процессов ауторегуляции мозгового кровообращения, в большей степени у больных с артериальной гипертензией (АГ), чем с атеросклерозом, повышается периферическое сопротивление вследствие снижения эластичности сосудов, в большинстве случаев сосудистые реакции носят гиперконстрикторную направленность, с углублением хронической цереброваскулярной патологии снижается цереброваскулярный резерв, особенно у больных с АГ [1].

Согласно современным представлениям, в основе истинного восстановления и компенсации нарушенных функций лежат механизмы нейропластичности, под которой подразумевается способность различных отделов центральной нервной системы (ЦНС) к реорганизации за счет прежде всего структурных изменений в структуре мозга. В многочис-

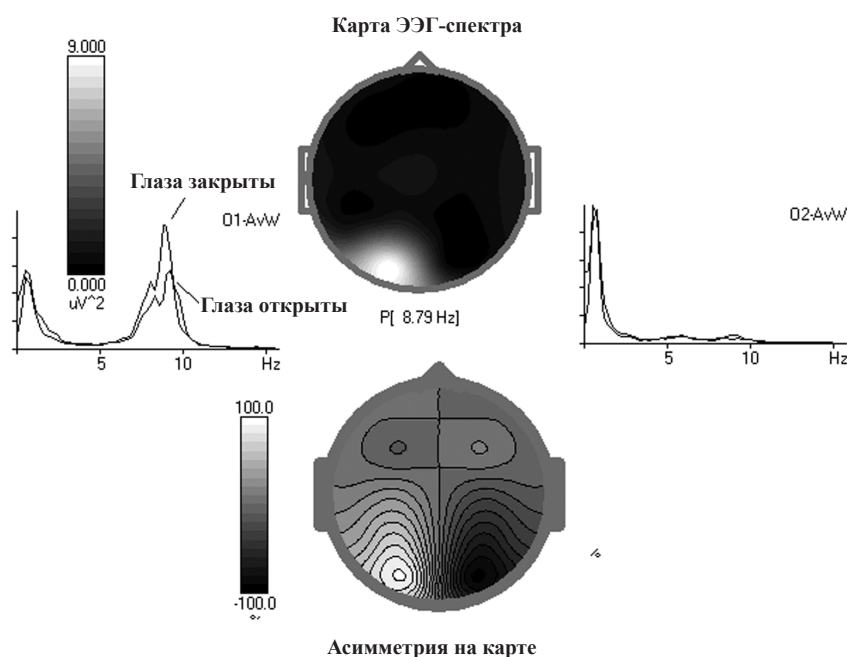


Рис. Патологическая асимметрия при инсульте

ленных экспериментальных и клинических исследований показано, что в активизации механизмов нейропластичности в ЦНС важную роль играют методы восстановительного лечения [5, 7, 11].

В ряде исследований было показано, что транскраниальная стимуляция, работая в режиме повышения кортикальной возбудимости, оказывала стимулирующее влияние на когнитивные функции у пациентов с различными неврологическими расстройствами, включая хроническую ишемию головного мозга [4, 5, 8, 9, 14].

Цель исследования — выявить клинко-нейрофизиологические особенности у больных цереброваскулярной патологией в процессе транскраниальной электротерапии с обратной связью по ЭЭГ на нейрофизиологические показатели у пациентов с хронической ишемией головного мозга на этапе медицинской реабилитации, включая ранний восстановительный период ишемического инсульта (до 6 мес).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование было включено 105 пациентов сосудистой патологией головного мозга, из них: 35 пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) (ишемического инсульта) в раннем восстановительном периоде с легкой или умеренно выраженной неврологической симптоматикой, 70 больных хронической цереброваскулярной недостаточностью (дисциркуляторная энцефалопатия (ДЭ) I–II стадии). Средний возраст $56 \pm 3,6$ года. Проведено комплексное клинко-ней-

рофизиологическое, нейровизуализационное исследование: ЭЭГ, транскраниальная доплерография (ТКДГ), компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга. Оценка гемодинамики осуществлялась с помощью транскраниальной ультразвуковой доплерографии сосудов головы и шеи. Нейровизуализационное исследование проводилось с помощью МР-томографа Magnetom (Siemens, ФРГ). Контрольная группа пациентов получала базисную терапию в соответствии со стандартами. Пациентам основной группы наряду с базисной проводили курс ТЭТОС-терапии с помощью аппарата «ТЭТОС», позволяющего снимать биоэлектрическую активность головного мозга с применением визуального и спектрального анализа.

Критерии включения в исследование: пациенты (мужчины и женщины) с клинической картиной ОНМК в каротидном бассейне сроком до 6 мес, подтвержденного с помощью КТ или МРТ головного мозга; пациенты с установленным диагнозом «хроническая ишемия головного мозга» (ДЭ I–II стадии). Письменное информированное согласие на проведение исследования и лечение от больного. Стабильные параметры гемодинамики (показатель артериального давления (АД) до 180/100 мм рт. ст.).

Критерии исключения: эпилептические приступы или другие пароксизмальные состояния в анамнезе; выраженные когнитивные и психоэмоциональные расстройства, выраженные двигательные нарушения с утратой самообслуживания; артериальная гипер-

тензия с кризовым течением, выраженными колебаниями артериального давления, недостаточно корригируемая медикаментозной терапией, или со стабильным течением, но систолическим АД выше 180 мм рт. ст.; нарушение сердечного ритма и проводимости (пароксизмы мерцания и трепетания предсердий, пароксизмальная тахикардия, политопная и групповая экстрасистолия и т. д.); аневризма сердца, аневризма аорты; декомпенсированный сахарный диабет.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В процессе исследования нарушение процессов ауторегуляции мозгового кровотока было выявлено уже при I стадии ДЭ: изменение реактивности отмечалось в ответ на гипоксическую нагрузку, что объяснялось расстройством метаболического механизма регуляции. При прогрессировании заболевания у пациентов со II и III стадиями ДЭ наблюдались признаки расстройства метаболического и миогенного механизмов ауторегуляции, что свидетельствовало об уменьшении цереброваскулярного резерва. Вышеперечисленные изменения коррелировали с изменениями, выявленными с помощью нейровизуализации (КТ, МРТ). Исследование параметров нейродинамической межполушарной асимметрии показало, что у пациентов, перенесших ОНМК в бассейне левой СМА, отмечается локализация очага ишемического поражения в бассейне правой СМА в виде усиления межполушарной когерентности основных ритмов ЭЭГ с преобладанием медленно-волновой активности. Процедура неинвазивной нейромодуляции сопровождалась ощущением вибрации и покалывания в зоне электродов с иррадиацией по окружности головы и тепла в шейно-воротниковой области. После курса неинвазивной нейромодуляции большинство больных основной группы отмечало улучшение самочувствия: прекращались или уменьшались головные боли, головокружение, снижались раздражительность, тревога и беспокойство, напряжение, значительно улучшалось эмоциональное состояние, нормализовался сон.

На фоне применения транскраниальной электро-терапии с обратной связью, динамические значения уровня тревожности снизились на 15,2% в целом по группе в отличие от первоначальных значений. В то время как при использовании только базовой терапии, снижение данного показателя наблюдалось на 3,6% ($p < 0,05$) от первоначальных значений (табл. 1).

Помимо этого отмечалась положительная динамика значений уровня депрессии в виде снижения на 21% в основной группе, что статистически значимо отличалось от показателя 7,1% контрольной группы ($p < 0,05$). После проведенного курса терапии АД претерпело изменение в сторону нормализации у больных основной группы в наибольшей степени.

ЭЭГ-исследование раскрывает некоторые механизмы патогенеза и патокинеза хронической цереброваскулярной патологии. Снижение местного влияния на регуляцию биоэлектрической активности мозга, отражающее структуру нейрональной активности в условиях недостаточного уровня перфузии и перестройки метаболизма, проявляется снижением уровня и дезорганизацией альфа- и бета-активности, с одновременным нарастанием медленно-волновой тета-дельта-активности, появлением пароксизмальных форм, усиливающимся по мере углубления патологии. После проведенного лечения в основной группе происходило достоверное улучшение показателей церебральной нейродинамики по сравнению с контрольной группой, улучшилось качество жизни, сократились сроки госпитализации. Также у пациентов группы сравнения статистически значимо отмечалось улучшение когнитивных функций в виде увеличение объема слухоречевой памяти по сравнению с основной группой. Ни у одного из включенных в исследование пациентов осложнения не отмечены.

После окончания курса в основной группе отмечалось нарастание суммарной мощности биоэлектрической активности (БЭА) мозга в среднем в 2,02 раза. Средняя частота альфа-ритма выросла

Таблица 1

Динамика тревожности у больных хронической цереброваскулярной недостаточностью в процессе лечения ($n = 70$)

Группа	Тревожность	До курса	После курса
Дисциркуляторная энцефалопатия I стадии	Реактивная	48,2 ± 3,7	34,4 ± 2,1**
	Личностная	53,5 ± 2,1	41,7 ± 1,9*
Дисциркуляторная энцефалопатия II стадии	Реактивная	49,2 ± 3,6	38,4 ± 2,1**
	Личностная	54,4 ± 2,1	44,6 ± 1,48*
Контрольная группа: дисциркуляторная энцефалопатия I–II стадии	Реактивная	49,7 ± 3,4	46,1 ± 2,2**
	Личностная	55,2 ± 2,7	51,9 ± 1,6**

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ по сравнению с данными до курса.

Таблица 2

Динамика показателей электроэнцефалограммы в процессе лечения у больных хронической цереброваскулярной патологией (n = 105)

Показатели ЭЭГ	Основная группа		Контрольная группа	
	до курса	после курса	до курса	после курса
Тип ЭЭГ	3,5 ± 0,2	2,47 ± 0,3*	3,5 ± 0,35	3 ± 0,17**
Общая мощность	110,5 ± 32,1	195 ± 38,1*	102,1 ± 21,2	106,6 ± 20,4
Мощность альфа	51,5 ± 25,5	116 ± 35,7*	34,8 ± 10,39	57,9 ± 10,13*
Мощность бета	15,7 ± 3,7	14,7 ± 5,5*	18,9 ± 8,9	19,0 ± 7,62*
Мощность дельта	23,2 ± 5,6	21,8 ± 4,9*	27,3 ± 6,28	25,3 ± 6,28*
Мощность тета	16 ± 2,7	15,5 ± 3,5*	16,4 ± 3,62	15,6 ± 3,31*
Асимметрия альфа	66,2 ± 12,6	82,2 ± 13,6*	61,5 ± 23,3	67,2 ± 26,58*
Асимметрия дельта	41,8 ± 9,1	22,6 ± 9,5*	36 ± 9,91	23,5 ± 7,45*
Асимметрия бета	57,8 ± 17,8	47,4 ± 15,2*	53,5 ± 24,51	32,4 ± 15,96*
Асимметрия тета	35,7 ± 13,7	19,1 ± 8,8*	40 ± 11,63	24,3 ± 12,69*

Примечание: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$. ЭЭГ — электроэнцефалограмма.

с 10,45 до 10,88 Гц, а соотношение медленных (бета и тета) и быстрых (бета 1 и бета 2) волн увеличилось в 1,29 раза в пользу быстрых волн. После окончания курса в основной группе отмечалось нарастание суммарной мощности биоэлектрической активности в среднем в 2,3 раза. Средняя частота альфа-ритма выросла с 10,45 до 10,9 Гц, а соотношение медленных (дельта и тета) и быстрых (бета 1 и 2) увеличилось в 1,3 раза в пользу быстрых волн (табл. 2). Уменьшились показатели проявления межполушарной асимметрии.

Исследование параметров динамической межполушарной асимметрии показало, что при проведении транскраниальной электротерапии с обратной связью у пациентов, перенесших ОНМК в бассейне левой СМА, отмечается нормализация распределения альфа-ритма по лобно-теменно-затылочным зонам в виде уменьшения спектральной мощности

в затылочных и увеличения в лобных зонах. А при локализации очага ишемического поражения в бассейне правой СМА тоже происходит нормализация распределения альфа-ритма, но уже за счет увеличения спектральной мощности в затылочных зонах.

Исследование результатов ТКДГ показало, что наибольшие изменения скоростных показателей у больных основной группы после проведенного лечения отмечены в каротидном бассейне. Показатели, характеризующие тонус и периферическое сопротивление достоверно улучшились в вертебробазилярной артериальной системе.

Состояние системы ауторегуляции церебрального кровотока после курса свидетельствовало об уменьшении реактивности сосудов, что выражалось в снижении гиперконстрикторной направленности сосудистых реакций при проведении тестовых нагрузок (проба со спонтанной гипервентиляцией, произвольной задержкой дыхания), уменьшении лабильности кровотока при ортостатической и анти-ортостатической пробе. В контрольной группе не отмечалось значимых и стабильных изменений гемодинамики. Состояние венозной системы мозга в процессе неинвазивной нейромодуляции характеризовалась уменьшением явлений венозной дисциркуляции в виде достоверного уменьшения скорости венозного оттока в системе глубоких вен головного мозга (табл. 3).

При общей оценке эффекта лечения в целом по группе было выявлено четкое превалирование положительных результатов при использовании ТЭТОС-терапии.

Таблица 3

Динамика состояния венозной системы головного мозга по вене Розенталя (см/с) в процессе лечения (n = 60)

Диагноз	До курса	После курса
Дисциркуляторная энцефалопатия I стадии	26,3 ± 1,7	17,3 ± 2,2
Дисциркуляторная энцефалопатия II стадии	33,8 ± 2,1	23,2 ± 2,4*
Контроль	23,6 ± 1,1	23,1 ± 1,8

Примечание: * — $p < 0,05$.

В целом на фоне ТЭТОС-терапии в подавляющем большинстве случаев отмечено улучшение как субъективного состояния пациента, так и объективных данных. При этом у 88,4% пациентов отмечалось уменьшение выраженности субъективных симптомов: напряжения мышц пораженных конечностей, неуверенности походки, тревоги и депрессивных реакции, общей слабости, головокружения. Методика обладала эффективностью в отношении головной боли сосудистого генеза (патент на изобретение № 233677 от 10.08.04).

ОБСУЖДЕНИЕ

Неинвазивная нейромодуляция вносит существенный вклад в систему медицинской реабилитации больных сосудистой патологией головного мозга. Нейрофизиологические исследования (ТКДГ, ЭЭГ) отражают тяжесть и остроту патологического процесса, позволяют выявить степень общемозговых изменений по ЭЭГ: легкую, умеренную, значительную и грубую. Проведенные нейрофизиологические (электроэнцефалографические) исследования раскрывают механизмы патокинеза у больных хронической цереброваскулярной недостаточностью: снижение местных влияний регуляции биоэлектрической активности мозга, отражающих структуру нейрональной активности в условиях недостаточного уровня перфузии и связанного с ней перестройкой метаболизма является косвенным доказательством наличия патологической нейропластичности. Проведенные курсы неинвазивной нейромодуляции позволяют стимулировать физиологические нейропластические перестройки, адаптационно-компенсаторные и ауторегуляторные механизмы саногенеза у больных цереброваскулярной патологией. Исследование биоэлектрической активности мозга у пациентов, перенесших ишемический инсульт в каротидном бассейне и находящихся раннем восстановительном периоде, позволило выявить разность распределения альфа-ритма по зонам коры головного мозга в зависимости от локализации очага. У пациентов, получавших ТЭТОС-терапию, отмечались более выраженные изменения церебральной нейродинамики в виде нормализации биоэлектрической активности мозга, а также улучшение показателей когнитивных функций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев Е.И., Коновалов А.Н., Бурд Г.С. Методы исследования в неврологии и нейрохирургии: Руководство для врачей. М., 2000.
2. Гриндель О.М., Шекутьев Г.А. и др. Нейрофизиологические исследования в клинике: Монография. М., 2005.
3. Ахалкин Р.В., Ахалкина В.И. Модуляторная концепция как инновационное направление в медицине // Российский медицинский журнал. 2012. № 19. С. 962–958.
4. Воронаев А.А. Программа управления выходными параметрами аппарата для транскраниальной электростимуляции // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2003611167.

5. Воронаев А.А. Программа управления выходными параметрами аппаратов для низкочастотной электро-магнитотерапии (STIM 7) // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2005611926.
6. Патент на изобретение RU 2300397 C2, 10.06.2007. Воронаев А.А. Способ лечения неврозов.
7. Воронаев А.А., Мочалов А.Д. Применение транскраниальной электростимуляции при хронической цереброваскулярной недостаточности // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2006. Т. 106. № 5. С. 31–34.
8. Патент на изобретение RU 2233677 C2, 10.08.2004. Воронаев А.А., Мочалов А.Д., Жирнова Е.В. Способ лечения сосудистых головных болей.
9. Патент на изобретение RU 2297253 C2, 20.04.2007. Воронаев А.А., Штро Р. Электростимулятор транскраниальный (варианты) и устройство для крепления электродов электростимулятора транскраниального.
10. Живолупов С.А., Самарцев И.Н., Сыроежкин Ф.А. Современная концепция нейропластичности (теоретические аспекты и практическая значимость) // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2013. Т. 113. № 10. С. 102–108.
11. Иванова Г.Е. Медицинская реабилитация в России. Перспективы развития // Вестник восстановительной медицины. 2013. № 5. С. 3–8.
12. Иванова Г.Е. Организация реабилитационного процесса // Креmlевская медицина. Клинический вестник. 2012. № 4. С. 8–10.
13. Иванова Г.Е. Восстановительное лечение больных с инсультом // Российский медицинский журнал. 2002. № 1. С. 48.
14. Шарова Е.В., Мельников А.В., Новикова М.Р., и др. Изменение спонтанной биоэлектрической активности головного мозга при транскраниальной электрической и электромагнитной стимуляции // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2006. Т. 56. № 3. С. 344–351.
15. Non-invasive neuromodulation of the central nervous system: Opportunities and Challenges: Workshop Summary. Washington D.C., 2015. doi: 10.17226/21767

REFERENCES

1. Gusev EI, Konovalov AN, Burd GS. *Methods of research in neurology and neurosurgery: Guide for doctors*. Moscow; 2000. (In Russ.)
2. Grindel OM, Shchekutyev GA, et al. *Neurophysiological research in clinical practice: Monography*. Moscow; 2005. (In Russ.)
3. Akhupkin RV, Akhupkina VI. Modulator concept as an innovative trend in medicine. *Rossiiskii meditsinskii zhurnal*. 2012;(19):962–958. (In Russ.)
4. Certificate of registration of the computer program RUS 2003611167. Voropaev AA. *Program for controlling the output parameters of the device for transcranial electrical stimulation*. (In Russ.)
5. Certificate of registration of the computer program RUS 2005611926. Voropaev AA. *Program for controlling the output parameters of devices for low-frequency electro-magnetic therapy (STIM 7)*. (In Russ.)
6. Patent for invention RUS 2300397 C2, 10.06.2007. Voropaev AA. *Method of treating neuroses*. (In Russ.)
7. Voropaev AA, Mochalov AD. Transcranial electrostimulation in chronic cerebral vascular insufficiency. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2006;106(5):31–34. (In Russ.)
8. Patent for invention RUS 2233677 C2, 10.08.2004. Voropaev AA, Mochalov AD, Zhirnova EV. *Method of treatment of vascular headaches*. (In Russ.)
9. Patent for invention RU 2297253 C2, 20.04.2007. Voropaev AA, Shtro R. *Transcranial electrostimulator (variants) and device for attaching electrodes of transcranial electrostimulator*. (In Russ.)
10. Zhivolupov CA, Samartsev IN, Syroezhkin FA. Contemporary conception of neuroplasticity (theoretical aspects and practical significance). *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2013;113(10):102–108. (In Russ.)
11. Ivanova GE. Medical rehabilitation in Russia. Development prospects. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2013;(5):3–8. (In Russ.)
12. Ivanova GE. Organization of rehabilitation process. *Kremlin Medicine Journal*. 2012;(4):8–10. (In Russ.)
13. Ivanova GE. Vosstanovitel'noe lechenie bol'nykh s insul'tom. *Rossiiskii meditsinskii zhurnal*. 2002;(1):48. (In Russ.)

14. Sharova EV, Melnikov AV, Novikova MR, et al. Changes in the brain spontaneous bioelectrical activity during transcranial electrical and electromagnetic stimulation. *I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*. 2006;56(3):344-351. (In Russ.)
15. *Non-invasive neuromodulation of the central nervous system: Opportunities and Challenges: Workshop Summary*. Washington D.C., 2015. doi: 10.17226/21767

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Воропаев Алексей Алексеевич, к.м.н. [Alexey A. Voropaev, PhD]; eLibrary SPIN: 4646-4268; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0944-8234>

Иванова Галина Евгеньевна, д.м.н., проф. [Galina E. Ivanova, MD, PhD, Professor]; eLibrary SPIN: 4049-4581

Николаева Татьяна Вячеславовна [Tatiana V. Nikolaeva], врач анестезиолог-реаниматолог ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. Н.Н. Бурденко» Минобороны России, Москва, Российская Федерация