



Использование транскраниальной микрополяризации у пациентов с сочетанием двигательных и речевых нарушений при инсульте

А.Р. Гасанбекова ✉, И.П. Ястребцева, Е.В. Дмитриев, Е.А. Бочкова

ФГБОУ ВО «Ивановская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, г. Иваново

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить эффективность транскраниальной микрополяризации (ТКМП) в комплексе реабилитационных мероприятий у пациентов, перенесших ишемический инсульт, с сочетанием двигательных и речевых нарушений.

Дизайн: проспективное исследование.

Материалы и методы. Проведено тестирование 77 пациентов в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта по Монреальской шкале когнитивной оценки, Госпитальной шкале тревоги и депрессии, Шкале Вассермана, Тесту оценки дизартрии, Шкале восстановления локуса контроля статистически значимо повышались у пациентов при воздействии ТКМП на речевые зоны.

Результаты. Сила мышц дистальных отделов парализованной верхней конечности возросла у больных с применением ТКМП на двигательные зоны ($p < 0,05$). По тесту Френчай показатели в ходе реабилитации улучшились во всех группах исследования ($p < 0,05$). Результаты по субшкале «внимание» Монреальской шкалы когнитивной оценки, Госпитальной шкале тревоги и депрессии и Шкале восстановления локуса контроля статистически значимо повышались у пациентов при воздействии ТКМП на речевые зоны.

Заключение. Применение ТКМП у пациентов с инсультом улучшает когнитивные функции по называнию предметов, осуществлению речевых функций, что сопровождается возрастанием мотивации больных на реабилитацию и лечение и отражается на повышении качества их жизни. Использование ТКМП на двигательные зоны способствует улучшению моторных функций и повышает двигательные возможности больных инсультом. При наложении электродов на речевые зоны отмечается уменьшение тревоги, депрессии и улучшение внимания.

Ключевые слова: транскраниальная микрополяризация, ишемический инсульт, двигательные нарушения, афазия, дизартрия.

Вклад авторов: Гасанбекова А.Р. — разработка дизайна исследования, сбор клинического материала, обработка, анализ и интерпретация результатов, статистическая обработка данных, анализ публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; Ястребцева И.П. — организация научно-исследовательского проекта, разработка дизайна исследования, отбор пациентов, коррекция текста статьи, внесение изменений в обсуждение и заключение, утверждение рукописи для публикации; Дмитриев Е.В. — отбор, обследование и лечение пациентов, проверка критически важного содержания; Бочкова Е.А. — отбор, обследование и лечение пациентов, проверка критически важного содержания.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Гасанбекова А.Р., Ястребцева И.П., Дмитриев Е.В., Бочкова Е.А. Использование транскраниальной микрополяризации у пациентов с сочетанием двигательных и речевых нарушений при инсульте. Доктор.Ру. 2022; 21(8): 6–11. DOI: 10.31550/1727-2378-2022-21-8-6-11



Use of Transcranial Direct Current Stimulation in Post-stroke Patients with Motor and Speech Disturbances

A.R. Gasanbekova ✉, I.P. Yastrebtseva, E.V. Dmitriev, E.A. Bochkova

Ivanovo State Medical Academy (a Federal Government-funded Educational Institution of Higher Education), Russian Federation Ministry of Health; 8 Sheremetevsky Prospect, Ivanovo, Russian Federation 153012

ABSTRACT

Study Objective: To assess the efficiency of transcranial direct current stimulation (tDCS) as a component of rehabilitation measures in ischemic stroke patients with motor and speech disturbances.

Study Design: prospective study.

Materials and Methods. We tested 77 patients in the early rehabilitation period after ischemic stroke using Montreal Cognitive Assessment, Hospital Anxiety and Depression Scale, Wassermann Scale, Dysarthria Assessment Scale, Locus of Control Recovery Assessment Scale, Medical Research Committee Scale, Franchay Scale.

Study Results. Distal muscle strength in paralytic upper extremity improved in patients who were treated with motor zone tDCS ($p < 0.05$). Franchay Scale results during rehabilitation demonstrated improvements in all study groups ($p < 0.05$). “Attention” sub-scale results in Montreal Cognitive Assessment, Hospital Anxiety and Depression Scale, and Locus of Control Recovery Assessment Scale were statistically higher in patients who were treated with speech zone tDCS.

Conclusion. Use of tDCS in stroke patients improves cognitive functions in naming objects, speech functions, and patients’ motivation to rehabilitation grows, positively impacting their quality of life. Use of tDCS in motor zones facilitates motor function improvement and enhances dexterity of stroke patients. When electrodes were used in speech zones, anxiety and depression reduced, while attention improved.

Keywords: transcranial direct current stimulation, ischemic stroke, motor disturbances, aphasia, dysarthria.

✉ Гасанбекова Алина Рустамовна / Gasanbekova, A.R. — E-mail: iv.veronika37@gmail.com

Contributions: Gasanbekova, A.R. — study design, clinical material collection, results processing, analysis and interpretation, statistical data processing, thematic publications analysis, text of the article; Yastrebtseva, I.P. — organisation of the scientific research project, study design, patient selection, text editing, discussion and conclusion amendments, approval of the manuscript for publication; Dmitriev, E.V. — patient selection, examination and management, review of critically important material; Bochkova, E.A. — patient selection, examination and management, review of critically important material.

Conflict of interest: The authors declare that they do not have any conflict of interests.

For citation: Gasanbekova A.R., Yastrebtseva I.P., Dmitriev E.V., Bochkova E.A. Use of Transcranial Direct Current Stimulation in Post-stroke Patients with Motor and Speech Disturbances. Doctor.Ru. 2022; 21(8): 6–11. (in Russian). DOI: 10.31550/1727-2378-2022-21-8-6-11

АКТУАЛЬНОСТЬ

Инсульт — преобладающая причина инвалидизации населения во всем мире. В Российской Федерации проживают свыше 1 млн человек, перенесших инсульт, к труду возвращается только каждый четвертый больной. Разработка новых и усовершенствование старых методов реабилитации пациентов, перенесших инсульт, — одна из важнейших задач [1]. Методом дополнительной реабилитации пациентов после острой мозговой катастрофы может быть транскраниальная микрополяризация (ТКМП) постоянным током.

ТКМП — это неинвазивный метод, используемый для модуляции возбудимости коры путем воздействия постоянным током малой силы на головной мозг [2]. ТКМП хорошо переносится больными, имеет низкий риск развития побочных явлений, является недорогим и простым в использовании физиотерапевтическим методом [3, 4]. Эффективность ТКМП у пациентов после инсульта остается до конца не изученной, хотя есть большое количество работ, в том числе рандомизированных клинических исследований, метаанализов и систематических обзоров на эту тему. Многие исследования ТКМП кажутся многообещающими, однако неоднородность популяций, результатов, параметров стимуляции и наложения электродов ТКМП и сопутствующей терапии требуют дальнейших исследований [5–12].

Дизайн — проспективное исследование.

Цель исследования: оценить эффективность ТКМП в комплексе реабилитационных мероприятий у пациентов с сочетанием двигательных и речевых нарушений в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе неврологического отделения клиники ФГБОУ ВО «Ивановская государственная медицинская академия» обследовано 77 пациентов в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта в возрасте 35–75 лет (медиана возраста пациентов составила 59,50 [54,00; 65,00] года), из них 32 женщины (41,6%) и 45 мужчин (58,4%).

Критерий включения в исследование: наличие сочетания речевых (афазия или дизартрия) и двигательных нарушений (центральный гемипарез) в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта (28 сут – 6 мес).

Критерии исключения из исследования:

- церебральное поражение несосудистой этиологии;
- геморрагический характер инсульта;
- повторный инсульт;
- инфекционные и неопластические процессы в организме;
- воспаление в зоне установления электродов аппарата;
- индивидуальная непереносимость электрического тока;
- наличие инородных тел в черепе;
- деменция.

Всем больным проводилась реабилитация согласно стандартам оказания специализированной медицинской помощи при инфаркте мозга¹. Пациенты случайным образом были разделены на 3 группы. В 1-й группе (n = 23; 29,9%) дополнительно использовалась ТКМП на речевые зоны, во 2-й (n = 21; 27,3%) — на двигательные зоны, в 3-й (n = 33; 42,8%) — ТКМП не использовалась. Пациентам 1-й группы электроды накладывали по схеме: первые 3 процедуры анод накладывался на переднелобную проекцию, катод — на сосцевидный отросток одноименного полушария; вторые три процедуры анод устанавливался на переднелобную проекцию, катод — на заднелобную проекцию одноименного полушария; последующие 4–5 процедур анод накладывался на передневисочную проекцию, катод — на задневисочную проекцию одноименного полушария. При проведении ТКМП пациентам 2-й группы использовалась схема, при которой анод располагался на переднелобной проекции, катод — на сосцевидный отросток одноименного полушария.

ТКМП проводили с помощью аппарата «Эльфорт-проф» («Невотон»). Сила тока — 200–400 мкА, 10–11 процедур по 20–30 мин.

Структура речевых нарушений, наблюдавшихся у пациентов, представлена в *таблице 1*.

Таблица 1 / Table 1

Распределение пациентов по виду речевых нарушений в группах исследования, n (%)

Patient distribution depending on speech disturbance type in study groups, n (%)

Вид нарушения	Группа		
	1-я (n = 23)	2-я (n = 21)	3-я (n = 33)
Афазия (n = 37; 48,1%)	Преимущественно моторная (n = 37; 48,0%)		
Дизартрия (n = 40; 51,9%)	11 (14,3%)	10 (12,9%)	16 (20,8%)
	6 (7,8%)	6 (7,8%)	10 (12,9%)
	6 (7,8%)	5 (6,5%)	7 (9,1%)

¹ Приказ Минздрава России от 29.12.2012 № 1740н «Об утверждении стандарта специализированной медицинской помощи при инфаркте мозга».

Всем пациентам перед началом курса реабилитации и после его завершения проводилось клинико-функциональное обследование для оценки когнитивных функций (Монреальская шкала когнитивной оценки), степени тревоги и депрессии (Госпитальная шкала тревоги и депрессии), речевых нарушений (Шкала Вассермана и Тест оценки дизартрии), мотивации больных (Шкала восстановления локуса-контроля), двигательных функций (Шкала комитета медицинских исследований), двигательных возможностей (Тест Френчай). Всех больных при поступлении в клинику осматривал психолог.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 10.0. Нормальность распределения количественных признаков проверяли по критерию Шапиро — Уилка. Полученные данные имели ненормальное распределение в группах исследования. Для установления статистической значимости различий между показателями в группах изучения использовали непараметрические методы с расчётом критерия Вилкоксона и Манна — Уитни. Сравнение частот исследуемого признака в разных подгруппах исследования производили с применением критерия χ^2 Пирсона. Результаты считали достоверными при $p < 0,05$. Результаты представлены в виде медианы (Me) и межквартильного размаха.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Различия между группами по степени выраженности двигательных, когнитивных, в том числе речевых, нарушений в начале исследования носили статистически незначимый характер по критерию Манна — Уитни, что указывает на сопоставимость групп изучения по тяжести двигательных и речевых нарушений. При оценке полученных данных выявлено снижение выраженности речевых нарушений по Шкале Вассермана и Тесту оценки дизартрии у пациентов во всех группах исследования (табл. 2).

Сила мышц дистальных отделов парализованной верхней конечности (по Шкале Комитета медицинских исследований) возросла у больных 2-й группы ($p < 0,05$), а у больных 1-й и 3-й группы отмечалась тенденция к улучшению ($p > 0,05$) (см. табл. 2). Сила мышц в проксимальном отделе руки статистически значимо нарастала во всех группах исследования. При оценке ограничения двигательных возможностей по тесту Френчай показатели в ходе реабилитации улучшились во всех группах исследования.

У больных во всех группах отмечалось улучшение когнитивных показателей по Монреальской шкале когнитивной оценки, однако по субшкале «внимание» наблюдалось

Таблица 2 / Table 2

Динамика клинических показателей в группах исследования, баллы
Changes in clinical parameters in study groups, points

Показатель		Период оценки	Группа		
			1-я (n = 23)	2-я (n = 21)	3-я (n = 33)
Шкала Вассермана		Поступление	20,00 [18,00; 36,0]	19,00 [16,00; 46,00]	29,00 [18,00; 38,00]
		Выписка	15,00 [14,00; 30,00]*	15,00 [12,00; 43,00]*	25,00 [13,50; 34,00]*
Тест оценки дизартрии		Поступление	14,00 [12,00; 20,00]	12,0 [10,00; 24,00]	12,0 [10,00; 24,00]
		Выписка	10,00 [8,00; 16,00]*	8,00 [6,00; 20,00]*	10,00 [6,00; 20,00]*
Шкала комитета медицинских исследований	проксимальный отдел верхней конечности	Поступление	4,00 [4,00; 5,00]	4,00 [2,50; 5,00]	4,00 [3,00; 4,00]
		Выписка	5,00 [4,00; 5,00]*	5,00 [3,50; 5,00]*	4,50 [4,00; 5,00]*
	дистальный отдел верхней конечности	Поступление	4,00 [2,50; 4,00]	4,00 [3,00; 4,00]	4,00 [2,50; 4,00]
		Выписка	4,00 [3,00; 5,00]	4,50 [3,00; 5,00]*	4,00 [3,00; 5,00]
Тест Френчай		Поступление	4,00 [3,00; 5,00]	3,00 [2,00; 4,00]	3,00 [2,00; 4,00]
		Выписка	5,00 [4,00; 5,00]*	4,00 [3,00; 5,00]*	4,00 [3,00; 5,00]*
Монреальская шкала когнитивной оценки	общий балл	Поступление	23,00 [21,00; 25,00]	25,00 [23,50; 27,00]	25,00 [22,00; 26,00]
		Выписка	25,00 [24,00; 26,00]*	26,00 [24,00; 27,50]*	26,00 [23,00; 27,00]*
	субшкала «внимание»	Поступление	4,00 [4,00; 5,00]	5,00 [4,00; 5,00]	5,00 [4,00; 5,00]
		Выписка	5,50 [4,00; 6,00]*	5,00 [4,50; 6,00]	5,00 [5,00; 6,00]
	субшкала «называние»	Поступление	2,00 [2,00; 3,00]	2,50 [2,00; 3,00]	2,00 [2,00; 3,00]
		Выписка	3,00 [3,00; 3,00]*	3,00 [2,00; 3,00]*	2,00 [2,00; 3,00]
Шкала восстановления локуса-контроля		Поступление	25,50 [24,00; 27,00]	26,00 [25,00; 26,50]	25,00 [24,00; 26,00]
		Выписка	28,00 [24,50; 28,50]*	28,00 [25,00; 28,50]*	26,00 [23,00; 28,00]
Госпитальная шкала тревоги и депрессии	субшкала тревоги	Поступление	8,00 [6,00; 10,00]	10,00 [9,00; 11,00]	10,00 [8,00; 12,00]
		Выписка	7,00 [5,00; 9,00]*	9,00 [7,00; 11,50]	9,00 [8,00; 10,00]
	субшкала депрессии	Поступление	8,00 [6,50; 11,00]	9,50 [8,50; 10,50]	9,00 [8,00; 11,00]
		Выписка	7,00 [6,00; 9,00]**	9,00 [8,00; 10,50]+	8,00 [8,00; 11,00]+

* Отличие от данных при поступлении статистически значимо ($p < 0,05$); + — различия между группами статистически значимы ($p < 0,05$).

* Statistically significant differences vs. data upon admission ($p < 0.05$); + — Intergroup differences are statistically significant ($p < 0.05$).

значимое повышение показателя у пациентов 1-й группы, а «называние» — 1-й и 2-й (см. табл. 2). Показатели Шкалы восстановления локуса контроля, отражающие мотивацию пациентов, у больных 1-й группы возросли ($p < 0,05$), а во 2-й и 3-й — имели только тенденцию к увеличению. Уровни тревоги и депрессии в ходе реабилитации достоверно значимо снижались в 1-й группе исследования. Также было отмечено, что между показателями депрессии по Госпитальной шкале тревоги и депрессии 1-й и 2-й, а также 1-й и 3-й групп исследования после реабилитации имелись статистически значимые различия по критерию Манна — Уитни (см. табл. 2).

При проведении корреляционного анализа выявлена взаимосвязь между фактом применения ТКМП и степенью улучшения речевых показателей по Шкале Вассермана в ходе реабилитации (χ^2 Пирсона = 8,384; $p = 0,009$), а также степенью снижения выраженности пареза в дистальных отделах руки по Шкале комитета медицинских исследований (χ^2 Пирсона = 5,915; $p = 0,015$).

ОБСУЖДЕНИЕ

ТКМП предусматривает воздействие постоянным током малой силы на определенные зоны головного мозга. В основе данного метода лежит способность постоянного тока при прохождении через структуры головного мозга вызывать поляризацию клеточных мембран [13]. Электрический ток, проходя через скальп, череп и спинномозговую жидкость, частично шунтируется и воздействует на головной мозг, изменяя мембранные потенциалы покоящихся нейронов, увеличивая вероятность деполяризации или гиперполяризации без индукции потенциалов действия [2]. Направленность поляризации зависит от ориентации аксонов/дендритов в электрическом поле. Также ТКМП оказывает положительное влияние на нейропластичность нейронов не только в зоне ишемической полутени, но и в зоне, противоположной очагу поражения [13–15]. Поэтому ТКМП рассматривается как потенциальный способ для коррекции нарушений у пациентов, перенесших ишемический инсульт.

При оценке результатов собственных исследований мы выявили улучшение речевых показателей как в группах с применением ТКМП на речевые и двигательные зоны, так и в группе без применения метода. Это может быть связано с эффективностью логопедических методов коррекции и их ведущей роли в реабилитации пациентов с нарушениями речи. В то же время наличие взаимосвязи между фактом применения ТКМП и степенью улучшения речевых показателей также позволяет рассматривать микрополяризацию как эффективный метод коррекции речевых нарушений в дополнении к стандартным методикам. Отсутствие достоверно значимых различий в группах исследования после реабилитации может быть также связано с неправильным выбором параметров стимуляции и зоны наложения электродов. В работах зарубежных авторов также прослеживается двойственность результатов в зависимости от зоны наложения электродов, параметров стимуляции. Например, в исследовании E. Guilloët с соавт. показано отсутствие значимых различий между применением двусторонней ТКМП и ложной стимуляции головного мозга у пациентов с моторной афазией [16]. В других исследованиях были отмечены достоверные изменения речевых показателей у пациентов с моторной афазией и дизартрией после перенесенного ишемического инсульта как при применении анодной стимуляции, так и при двустороннем воздействии [5–8, 17].

Когнитивные функции по Монреальской шкале когнитивной оценке у пациентов в нашем исследовании достоверно значимо улучшались во всех группах исследования.

Однако такие показатели, как название, внимание, достоверно значимо увеличивались только в группе с применением ТКМП в комплексе реабилитации. При проведении анодной ТКМП активируется префронтальная кора доминантного полушария, роль которой известна в формировании высших когнитивных функций, в том числе в формировании рабочей памяти и развитии внимания [18]. При более глубоком анализе, использовании более специфичных показателей контроля можно отметить улучшение концентрации внимания, памяти, мышления, поведенческих реакций на фоне применения ТКМП [10, 11, 17].

Тревога и депрессия встречаются до 70% случаев перенесенной острой мозговой катастрофы [1]. В нашем исследовании было отмечено снижение уровней тревоги и депрессии при наложении электродов на речевые зоны. Данные результаты совпадают с данными, полученными при исследовании влияния ТКМП на уровень депрессии у пациентов с психическими заболеваниями [2, 11]. Влияние ТКМП на эмоциональную сферу может быть связано с опосредованным воздействием на лимбическую систему.

У пациентов в ходе реабилитации отмечалось повышение мотивации на лечение и реабилитацию, что может способствовать улучшению процесса реабилитации в целом [19]. В рандомизированном двойном плацебо-контролируемом исследовании, проведенном в 2021 г., было доказано положительное влияние ТКМП на постинсультную усталость, причем эффекты от стимуляции сохранялись до 1 нед после первой стимуляции [20]. Таким образом, ТКМП может применяться у пациентов для повышения мотивации на лечение и при наличии симптомов астении после перенесенного инсульта, что способно повысить эффективность реабилитации и оказать влияние на восстановление двигательных и речевых нарушений.

Сила мышц у пациентов нарастала в дистальном отделе верхней конечности при наложении электродов на двигательные зоны, что также подтверждается другими исследованиями [12, 21]. Метаанализ S. Halakoo и соавт. показал, что унилатеральная ТКМП более эффективна у пациентов с инсультом, чем двойная ТКМП. Однако двойная ТКМП оказала больший эффект на улучшение двигательного обучения и двигательной активности у здоровых людей [22]. В то же время есть данные об отсутствии эффекта или низком эффекте от применения ТКМП [23, 24].

Можно сделать вывод, что несколько факторов могут повлиять на эффективность ТКМП, включая площадь поверхности электрода, расположение и полярность электродов, продолжительность и частота стимуляции, сила тока, особенности строения головного мозга и применение других методов лечения, в том числе лекарственных препаратов [2]. Кроме параметров стимуляции эффекты ТКМП могут быть связаны с генотипом BDNF, что было показано в исследовании J. Fridrikssona и соавт. [16]. Так, у людей с типичным генотипом BDNF и афазией после перенесенного инсульта при прохождении курса логопедических занятий с ТКМП достоверно значимо повышались показатели названия предметов в отличие от пациентов — носителей Met-аллеля, также получающих ТКМП с логопедическими занятиями.

В настоящее время в нашей стране используются стандартные схемы, предложенные А.М. Шелякиным и соавт., при которых электроды накладываются униполярно [9].

В зарубежных источниках можно встретить 3 основных параметра стимуляции:

1. Анодная стимуляция: анодный электрод (+) обычно размещают над пораженной областью мозга, а референтный электрод — над контралатеральной орбитой. Это приводит к подпороговой деполяризации, что способствует возбуждению нейронов.
2. Катодная стимуляция: катод (–) обычно размещают над неповрежденной областью мозга, а референтный электрод — над контралатеральной орбитой, что приводит к подпороговой поляризации и подавлению нейронной активности.
3. Двойная стимуляция означает одновременное применение анодной и катодной стимуляции [2].

В метаанализе, представленном в 2021 г., авторы попытались систематизировать данные многочисленных исследований и представить рекомендации для выбора схемы и параметра ТКМП на практике [25]. В проведенной работе


использовалось стандартное наложение электродов согласно методическим рекомендациям [9, 26]. Предложенные ранее схемы требуют дальнейшего изучения для точного определения наиболее эффективных схем наложения электродов при различных заболеваниях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ТКМП у пациентов с инсультом, вне зависимости от зоны наложения электродов, улучшает когнитивные функции по называнию предметов, осуществлению речевых функций, что сопровождается возрастанием мотивации больных на реабилитацию и лечение и отражается на повышении качества их жизни. Использование ТКМП на двигательные зоны способствует улучшению моторных функций и повышает двигательные возможности больных инсультом. При наложении электродов на речевые зоны отмечается уменьшение тревоги, депрессии и улучшение внимания.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Иванова Г.Е., Белкин А.А., Беляев А.Ф. и др. Пилотный проект «развитие системы медицинской реабилитации в Российской Федерации». Система контроля и мониторинга эффективности медицинской реабилитации при острых нарушениях мозгового кровообращения. Вестник Ивановской медицинской академии. 2016; 21(1): 6–14. [Ivanova G.E., Belkin A.A., Belyaev A.F. et al. Pilot project "Development of medical rehabilitation system in the Russian Federation". Effectiveness of medical rehabilitation in acute disorders of cerebral circulation: control and monitoring system. Bulletin of the Ivanovo Medical Academy. 2016; 21(1): 6–14. (in Russian)]
2. Elsner B., Kugler J., Pohl M., Mehrholz J. Transcranial direct current stimulation (tDCS) for improving activities of daily living, and physical and cognitive functioning, in people after stroke (Review). Cochrane Database of Systematic Reviews. 2020; 11: CD009645. DOI: 10.1002/14651858.CD009645.pub4
3. Brunoni A.R., Amadera J., Berbel B. et al. A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. Int. J. Neuropsychopharmacol. 2011; 14(8): 1133–1145. DOI: 10.1017/S1461145710001690
4. Chhabra H., Bosea A., Shivakumara V. et al. Tolerance of transcranial direct current stimulation in psychiatric disorders: An analysis of 2000+ sessions. Psychiatry Res. 2020; 28(4): 112744. DOI: 10.1016/j.psychres.2020.112744
5. Fridriksson J., Rorden C., Elm J. et al. Transcranial direct current stimulation vs sham stimulation to treat aphasia after stroke: a randomized clinical trial. JAMA Neurol. 2018; 75(12): 1470–1476. DOI: 10.1001/jamaneurol.2018.2287
6. Marangolo P., Fiori V., Sabatini U., Pasquale G. Bilateral transcranial direct current stimulation language treatment enhances functional connectivity in the left hemisphere: preliminary data from aphasia. Journal of cognitive neuroscience. 2016; 13: 724–738. DOI: 10.1162/jocn_a_00927
7. Meinzer M., Darkow R., Lindenberg R., Flöel A. Electrical stimulation of the motor cortex enhances treatment outcome in post-stroke aphasia. Brain. 2016; 139(4): 1152–1163. DOI: 10.1093/brain/aww002
8. Vila-Nova C., Lucena H.P., Lucena R. et al. Effect of anodal tDCS on articulatory accuracy, word production, and syllable repetition in subjects with aphasia: a Crossover, double-blinded, sham-controlled trial. Neurol. Ther. 2019; 8: 411–424. DOI: 10.1007/s40120-019-00149-4
9. Шелякин А.М., Преображенская И.Г., Тюлькин О.Н. Микрополяризация мозга: неинвазивный способ коррекции морфофункциональных нарушений при острых очаговых поражениях головного мозга и их последствиях. Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2006; 106(10): 27–37. [Shelyakin A.M., Preobrazhenskaya I.G., Tyul'kin O.N. Micropolarization of the brain: a noninvasive method for correction of morphological and functional disturbances in acute focal brain lesions and their consequences. Zh. Nevrol. Psikiatr. Im. S.S. Korsakova. 2006; 106(10): 27–37. (in Russian)]
10. Shaker H.A., Sawan S.A., Fahmy E.M., Ismail R.S. Effect of transcranial direct current stimulation on cognitive function in stroke patients. Egypt. J. Neurol., Psychiatr. Neurosurg. 2018; 6: 54(1): 32. DOI: 10.1186/s41983-018-0037-8
11. McClintock S.M., Martin D.M., Lisanby S.H. et al. Neurocognitive effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) in unipolar and bipolar depression: findings from an international randomized controlled trial. Depress Anxiety. 2020; 37(3): 261–272. DOI: 10.1002/da.22988
12. Alisar D.C., Ozen S., Sozay S. Effects of bihemispheric transcranial direct current stimulation on upper extremity function in stroke patients: a randomized double-blind sham-controlled study. J. Stroke. 2019; 29(1): 1044–1054. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis
13. Pelletier S.J., Cicchetti F. Cellular and molecular mechanisms of action of transcranial direct current stimulation: Evidence from in vitro and in vivo models. Int. J. Neuropsychopharmacol. 2014; 18(2): 47. DOI: 10.1093/ijnp/pyu047
14. Yoon K.J., Oh B.M., Kim D.Y. Functional improvement and neuroplastic effects of anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) delivered 1 day vs. 1 week after cerebral ischemia in rats. Brain Res. 2012; 1452: 61–72. DOI: 10.1016/j.brainres.2012.02.062
15. Fridriksson J., Elm J., Stark B.C. et al. BDNF genotype and tDCS interaction in aphasia treatment. Brain Stimul. 2018; 11(6): 1276–1281. DOI: 10.1016/j.brs.2018.08.009
16. Guillouët E., Cogné M., Saverot E., Roche N. Impact of combined transcranial direct current stimulation and speech-language therapy on spontaneous speech in aphasia: a randomized controlled double-blind study. J. Int. Neuropsychol. Soc. 2020; 26(1): 7–18. DOI: 10.1017/S1355617719001036
17. Wang J., Wu D., Cheng Y. et al. Effects of transcranial direct current stimulation on apraxia of speech and cortical activation in patients with stroke: a randomized sham-controlled study. Am. J. Speech Lang. Pathol. 2019; 28(4): 1625–1637. DOI: 10.1044/2019_AJSLP-19-0069
18. Лобанов А.А., Попова О.В. Внимание человека: психофизиологические аспекты в норме и при нарушении. Международный студенческий научный вестник. 2017; (1): 1–18. [Lobanov A.A., Popova O.V. Human attention: psychophysiological aspects normally and at disturbance. International Student Scientific Bulletin. 2017; (1): 1–18. (in Russian)]
19. Чупина В.Б., Попенко Н.В. Особенности мотивационной направленности внутренней картины болезни и уровня жизнестойкости у пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения в реабилитационном периоде. Современные проблемы науки и образования. 2016; (6): 34. [Chupina V.B., Popenko N.V. The features of motivational direction of internal picture of disease and the level of vitality of patients with acute violations of cerebral

- circulation during the rehabilitation period. *Modern problems of science and education*. 2016; (6): 34. (in Russian)]
20. Doncker W.D., Ondobaka S., Kuppuswamy A. Effect of transcranial direct current stimulation on post-stroke fatigue. *J. Neurol.* 2021; 268(8): 2831–2842. DOI: 10.1007/s00415-021-10442-8
 21. Allman C., Amadi U., Anderson M.W. et al. Ipsilesional anodal tDCS enhances the functional benefits of rehabilitation in patients after stroke. *Science Translational Medicine*. 2016; 8(330): 330re1. DOI: 10.1126/scitranslmed.aad565
 22. Halakoo S., Ehsani F., Hosnian M. et al. The comparative effects of unilateral and bilateral transcranial direct current stimulation on motor learning and motor performance: A systematic review of literature and meta-analysis. *J. Clin. Neurosci.* 2020; 72: 8–14. DOI: 10.1016/j.jocn.2019.12.022
 23. Koh C.L., Lin J.H., Jeng J.S. et al. Effects of transcranial direct current stimulation with sensory modulation on stroke motor rehabilitation: a randomized controlled trial. *Arch. Phys. Med. Rehab.* 2017; 98(12): 2477–2484. DOI: 10.1016/j.apmr.2017.05.025
 24. Marquez J.L., Conley A.C., Karayanidis F. et al. Determining the benefits of transcranial direct current stimulation on functional upper limb movement in chronic stroke. *Int. J. Rehab. Res.* 2017; 40(2): 138–145. DOI: 10.1097/MRR.0000000000000220
 25. Fregni F., El-Hagrassy M.M., Pacheco-Barrios K. et al. Evidence-based guidelines and secondary meta-analysis for the use of transcranial direct current stimulation in neurological and psychiatric disorders. *Int. J. Neuropsychopharmacol.* 2021; 24(4): 256–313. DOI: 10.1093/ijnp/ryaa051
 26. Каркищенко Н.Н. (ред.) Применение комплексной медицинской технологии нейромодуляции, методические рекомендации ФМБА России. М.; 2017. 65 с. [Karkishhenko N.N. (ed.) *The use of complex medical technology of neuromodulation, methodological recommendations of the Federal Medical and Biological Agency of Russia*. Moscow; 2017. 65 p. (in Russian)] 

Поступила / Received: 01.04.2022

Принята к публикации / Accepted: 12.08.2022

Об авторах / About the authors

Гасанбекова Алина Рустамовна / Gasanbekova, A.R. — аспирант кафедры неврологии и нейрохирургии ФГБОУ ВО ИвГМА Минздрава России. 153012, Россия, г. Иваново, Шереметьевский просп., д. 8. <https://orcid.org/0000-0001-5053-3305>. E-mail: iv.veronika37@gmail.com

Ястребцева Ирина Петровна / Yastrebtseva, I.P. — д. м. н., доцент, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии ФГБОУ ВО ИвГМА Минздрава России. 153012, Россия, г. Иваново, Шереметьевский просп., д. 8. eLIBRARY.RU SPIN: 7458-6930. <https://orcid.org/0000-0002-3429-9640>. E-mail: ip.2007@mail.ru

Дмитриев Евгений Вячеславович / Dmitriev, E.V. — врач-физиотерапевт Клиники ФГБОУ ВО ИвГМА Минздрава России. 153012, Россия, г. Иваново, Шереметьевский просп., д. 8. eLIBRARY.RU SPIN: 2956-8350. <https://orcid.org/0000-0002-3249-1620>. E-mail: ew.dmitriew2014@yandex.ru

Бочкова Елена Александровна / Bochkova, E.A. — к. м. н., врач-невролог Клиники ФГБОУ ВО ИвГМА Минздрава России. 153012, Россия, г. Иваново, Шереметьевский просп., д. 8. eLIBRARY.RU SPIN: 6574-4969. <https://orcid.org/0000-0001-8044-2121>. E-mail: bochkova_70@inbox.ru