

DOI 10.37882/2223–2966.2023.03.35

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МИКРОПОЛЯРИЗАЦИИ В МОДУЛЯЦИИ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ANALYSIS AND FEATURES OF THE USE OF TRANSCRANIAL MICROPOLARIZATION IN THE MODULATION OF NERVOUS ACTIVITY

P. Timchenko

Summary. This article analyzes the specifics and main directions of application of the transcranial micropolarization method in medicine. The main proposed mechanism of action of this method of stimulation of nervous activity is considered. The results of the use of transcranial micropolarization in pediatrics (in the complex therapy of various neurological disorders in children, as well as in the treatment of amblyopia and alalia) are analyzed. Positive results of the study of the possibilities of using the method of transcranial micropolarization in patients with Parkinson's disease, especially in the initial stages, as well as after a stroke, were noted. The positive impact on the maintenance of cognitive functions in this case is explained by the modulation of neurons and interneuronal connections. Interest was noted in the possibilities of using the method of transcranial micropolarization in sports medicine to improve sports results. According to the results of the theoretical study, the main promising direction for further research is the study of the mechanism of action of transcranial micropolarization on the activity of neuronal structures of the brain, which would allow more targeted and effective application of this method in the treatment of various conditions.

Keywords: transcranial micropolarization, neuromodulation, tDCS, cognitive impairments, brain.

Тимченко Павел Алексеевич

*Заведующий кабинетом нейробиоуправления,
Физкультурно-оздоровительный центр «BrainHelp»,
Москва, Россия
pavelpulse@yandex.ru*

Аннотация. В данной статье проанализированы специфика и основные направления применения метода транскраниальной микрополяризации в медицине и психофизиологии. Рассмотрены основные предполагаемые механизмы действия данного метода модуляции нервной деятельности. Проанализированы результаты применения транскраниальной микрополяризации в педиатрии (в комплексной терапии различных неврологических расстройств у детей, а также при лечении амблиопии, при алалии). Отмечены позитивные результаты исследования возможностей применения метода транскраниальной микрополяризации у пациентов с болезнью Паркинсона, особенно на начальных стадиях, а также после перенесенного инсульта. Положительное воздействие на поддержание когнитивных функций в данном случае объясняется следствием модуляции нейронной активности и межнейронных связей. Отмечен интерес в возможностях применения метода транскраниальной микрополяризации в спортивной медицине для улучшения спортивных результатов. Согласно результатам выполненного теоретического исследования, основным перспективным направлением дальнейших исследований является исследование механизмов действия транскраниальной микрополяризации на деятельность нейронных структур головного мозга, что позволило бы более направленно и эффективно применять данный метод в терапии различных состояний.

Ключевые слова: транскраниальная микрополяризация, ТКМП, нейромодуляция, когнитивные нарушения, головной мозг.

Транскраниальная микрополяризация (transcranial direct current stimulation tDCS) (ТКМП) является немедикаментозным, неинвазивным методом коррекции морфофункциональных нарушений нервной деятельности посредством воздействия на корковые проекции головного мозга постоянным электрическим током малой силы. Оба термина — ТКМП или tDCS (термин, используемый в зарубежной литературе) неудачны. Метод не является стимуляцией как таковой, а относится к разряду модуляционных способов воздействия на мозг.

К сожалению, у определенного круга людей, среди которых есть и врачи, существует мнение, что ТКМП —

это очень просто, или же наоборот, что методика опасна и неэффективна.

В связи с расширенным применением ТКМП приходится сталкиваться с тем, что не только пациенты (что вполне объяснимо), но и специалисты недостаточно хорошо представляют себе возможности, достоинства и недостатки данного метода.

До 2004 больше половины работ изучающих эффекты ТКМП, опубликованных в мире, было из стран бывшего СССР, что объяснялось тем, что за рубежом количество исследований с применением методик, основанных на использовании постоянного тока в ме-

дицине, начиная с 20–30-х годов XX в. сокращалось и практически «сошло на нет» к концу 70-х. По-видимому, это связано с гораздо меньшей предсказуемостью результатов стимуляции постоянным током по сравнению с более четкими импульсными стимуляциями. Это привело к тому, что по данным Ф. Лолас (1977) в западных учебниках по клинической физиотерапии методика стимуляции постоянным током даже перестала упоминаться. Однако хотелось бы отметить ряд работ, выполненных с переменным успехом в психиатрической клинике в 60–70-х годах О. Липпольдом, Дж. Редферном, Д. Ниасом и М. Шапиро, К. Лившиц и П. Харпер.

В СССР методики гальванизации, в том числе транскраниальные, не только продолжали существовать, но в значительной степени продолжали развиваться как в клинической практике, так и в экспериментальной физиологии. Разработанные еще в 20–30-е годы методики гальванизации по А.Е. Щербачу, в 40–50-е по С.Б. Вермелю, продолжают успешно использоваться в настоящее время.

Экспериментальные и клинические работы по применению ТКМП В.С. Русинова и Г.А. Вартапяна, И.А. Корсакова, Л.В. Матвеевой, В.Л. Деглина и мн.др. явились основой для клинического применения ТКМП в нашей стране уже в 80–90 годы прошлого века.

Основные вопросы, решение которых позволяет внести ТКМП в реестр официально признанных методов лечения на Западе, частично урегулированы еще в 70-е годы в СССР, другая часть решена или подтверждена уже в последние десятилетия.

ТКМП оказывает церебропротекторное действие вследствие активизирующего влияния на деятельность нейронных структур посредством изменения возбудимости корковых структур головного мозга как непосредственно в зоне наложения электродов, так и в других отделах головного мозга не подвергавшихся прямому воздействию. Отмечается, что снижение выраженности общемозговой симптоматики заметно уже через несколько процедур благодаря восстановлению нарушенных функциональных связей в центральных регуляторных системах и оптимизации межнейронных взаимодействий [1, 2, 24].

Механизм действия метода ТКМП обусловлен схожестью эффектов на нервную ткань малого постоянного тока с естественными физиологическими процессами в виде электротонических влияний, происходящими в нервной ткани в процессе ее функционирования [3]. Во время процедуры на кожу головы между двумя электродами, анодом и катодом, подает-

ся слабый электрический ток, под действием которого происходит направленное изменение возбудимости мембран нейронов: как правило, под анодом нервная ткань деполяризуется, а под катодом — гиперполяризуется. Как следствие, запускаются процессы активизирующие каскад нейропластических и компенсаторных механизмов. Время воздействия (от нескольких секунд до нескольких минут), напрямую зависит от стойких наблюдаемых изменений [20].

Несмотря на то, что механизм нейромодулирующего действия ТКМП в настоящее время полностью до конца не изучен, существует ряд предположений, объясняющих эффект данного метода. Основные вопросы о механизмах, непосредственно относящиеся к изменению состояния нейронов в подэлектродном пространстве, и возможность транссинаптических влияний стимулируемой зоны на глубокие регуляторные структуры мозга, было показано еще в 1969 году в монографии В.С. Русинова, изданной в 1970 г. в США, и в монографии Вартапяна, вышедшей в 1981 г. В этих работах была доказана возможность направленного использования таких транссинаптических влияний с использованием не только нейрофизиологических, но и нейрохимических и морфологических приемов.

Так же Вартапяном и его коллективом было показано, что модуляция возбудимости определенных зон коры приводит не только к изменению состояния в подэлектродном пространстве, но и к повторяющемуся и воспроизводимому закономерному изменению состояния ряда дистантно расположенных структур головного мозга.

Так же, рассматривается роль синаптической пластичности глутаматергических нейронов, активируемой посредством ТКМП [21]. Кроме того, существуют предположения относительно воздействия ТКМП на уменьшение выраженности нейротрансмиссии гамма-аминомасляной кислоты, что также может оказывать влияние на глутаматергическую синаптическую передачу вследствие наличия тесной взаимосвязи между нейромедиаторными системами [22]. Еще одна гипотеза эффекта ТКМП заключается в том, что вследствие активации нейронов у последних снижается электрическое сопротивление, что, в свою очередь, способствует более значительным изменениям трансмембранного потенциала в покоящихся нейронах с изначально высоким уровнем мембранной проводимости [23], и т.д. В настоящее время активно изучаются вопросы механизма действия метода ТКМП с целью оптимизации существующих и предложения новых инновационных методик нейромодуляции головного мозга для оптимизации нервной деятельности человека [14].

Наиболее активно метод ТКМП применяется в педиатрической практике в особенности в детской поведенческой неврологии. Так, известен положительный эффект использования метода ТКМП в комплексном лечении неврологических расстройств детей дошкольного возраста, таких как заикание, синдром дефицита внимания с гиперактивностью, синдром минимальных мозговых дисфункций, невроз навязчивости, энурез, онихофагия. Зоны и схемы применения/наложения электродов при этом в каждом конкретном случае определяется спецификой имеющейся патологии. Отмечается, что положительный эффект от применения метода наблюдается уже после первого курса лечения и заключается в виде устойчивого формирования познавательного интереса наряду с увеличением уровня активности в целом, включая речевую активность. Регистрируются достоверные изменения в процессах активизации коммуникативных функций, улучшении концентрации внимания наряду со снижением импульсивности и гиперактивности, отмечается усиление выраженности положительных эмоций, что в совокупности определяет общее улучшение деятельности нервной системы и процессов социальной, в том числе учебной адаптации детей при отсутствии каких-либо отрицательных побочных эффектов [4, 9, 10, 15, 16]. В другом исследовании подтверждены положительные результаты использования ТКМП у детей с расстройствами аутистического спектра: согласно полученным результатам, в результате применения ТКМП отмечено уменьшение степени выраженности данного расстройства, причем чем более высокий уровень исходного развития был у детей, тем выше оказался положительный эффект применения метода ТКМП [5]. Активно исследуются возможности применения метода ТКМП в коррекции эпилептиформной пароксизмальной активности у детей [18].

Подтверждены положительные результаты в отношении улучшения состояния высшей нервной деятельности и зрительной функции при использовании метода ТКМП у детей с амблиопией, особенно в дошкольном возрасте [7]. Помимо увеличения остроты зрения, у детей с амблиопией после курса ТКМП отмечались также улучшения в отношении течения процессов высшей нервной деятельности, согласно данным электроэнцефалограммы, а также увеличение коэффициента психического развития и улучшение показателей социальной адаптации [13]. Эффективность ТКМП в данном случае объясняется наличием взаимосвязи между угнетением нейрофизиологических процессов зрительного анализатора и коры головного мозга, что определяет возможность применения ТКМП как нейрофизиологического метода терапии при лечении амблиопии и других нарушений зрения, сопровождаемых наличием интеллектуальной и сенсомоторной недостаточностью [11, 17].

Отмечается эффективность использования метода ТКМП в комплексе с фармакотерапией и психолого-педагогическим воздействием. Так, у детей с алалией, характеризующейся быстрой истощаемостью нервных процессов и пониженными показателями вербальной обучаемости и воспроизведения приобретенных навыков вследствие исходно дефицитарных мозговых механизмов регуляции уровня активного бодрствования, отмечены положительные результаты комплексного применения фармакотерапии, метода ТКМП и вербальных коррекционно-развивающих занятий [12].

Известны исследования в области применения метода ТКМП в реабилитации пациентов после перенесенного инсульта [6]. Отмечаются также положительные результаты использования метода ТКМП для поддержания когнитивных функций у лиц с болезнью Паркинсона, особенно на этапе возникновения легких когнитивных нарушений (нарушение таких познавательных способностей, как планирование, принятие решений, ответные реакции на предъявление раздражения и т.п.). Положительное воздействие на поддержание когнитивных функций в данном случае объясняется следствием модуляции межнейронных связей [19, 20]. Также активно изучаются возможности применения метода ТКМП для улучшения спортивных результатов в профессиональном спорте [8].

В морфологических исследованиях, выполненных с использованием электронной микроскопии, была показана безвредность применения ТКМП в достаточно широком диапазоне токов и времени воздействия. Крайне интересно, что этот диапазон практически полностью совпадал с эмпирическими данными, полученными еще в XIX веке, и которые до сих пор используются для проведения терапевтических гальванизаций. При этом за более чем 150-летнюю историю не наблюдалось осложнений, связанных с воздействием токов.

В начале 2000-х М. Ницше с соавторами показали, что при ТКМП нет никаких данных о повреждении нейронов как по оценке уровня сывороточной нейрон-специфической энолазы, выделяющейся после повреждения нейронов, так и по данным МРТ измерений, показавших отсутствие каких-либо признаков отека после применения ТКМП. По данным Е. Вассермана, даже при ТКМП длительностью до 60 минут при соблюдении норм безопасности никаких неблагоприятных эффектов, более серьезных, чем местное раздражение кожи, описано не было.

Выводы

Метод позволяет использовать потенциально огромные нейропластические возможности голов-

го мозга. Направленно изменяя состояние различных функциональных систем головного мозга, в том числе глубоких, можно добиться не только значительного улучшения в его работе, но и его развития в дальнейшем [25].

Таким образом, многочисленные положительные результаты применения метода транскраниальной микрополяризации в модуляции нервной деятельности

к настоящему времени свидетельствуют о перспективности транскраниальной микрополяризации в различных направлениях медицины и психофизиологии. При этом одним из актуальных направлений дальнейших исследований возможностей применения метода является исследование индивидуальных нейропластических механизмов, что позволило бы более направленно и эффективно применять ТКМП в терапии различных состояний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альборова Р.М., Алиев Т.И. Роль транскраниальной микрополяризации в лечении детей дошкольного возраста. Вестник науки. 2022; 10 (55): 149–152.
2. Глушкина А.Р., Глушкина Т.А., Неретина А.Ф. Восстановительная терапия у детей дошкольного возраста с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью. Вестник новых медицинских технологий. 2012; XIX (1): 124–126.
3. Глушкина А.Р., Неретина А.Ф., Квасова Е.А. Микрополяризация мозга в комплексной реабилитации детей с гиперактивностью и дефицитом внимания. Доктор.Ру. 2011; (4): 13–16.
4. Должич А.В. Отдаленные результаты применения нового способа лечения амблиопии у детей. Медицинский вестник Башкортостана. 2017; 2 (68): 125–128.
5. Илюхина В.А., Нурок М.Ю., Бронева Т.Б., Кошулько М.А. Инновационный подход к коррекции нарушений психоречевого развития детей с алалией, с использованием взаимодополняющих методов фармакотерапии Актовегином и транскраниальной микрополяризации (сообщение II). Евразийский Союз Ученых. 2016; 30 (1): 30–41.
6. Каркищенко Н.Н., Чайванов Д.Б., Вартанов А.А. Расчет потенциалов и токов стимуляции для двумерной модели скальпа с учетом коэффициентов затекания в мозг. Биомедицина. 2013; (2): 6–11.
7. Князева О.В., Белоусова М.В., Прусаков В.Ф., Зайкова Ф.М. Применение транскраниальной микрополяризации в комплексной реабилитации детей с расстройством экспрессивной речи. Вестник современной клинической медицины. 2019; 12 (1): 64–69.
8. Кожухов А.А., Должич А.В. Нейрофизиологические особенности зрительного анализатора у детей с амблиопией, возможности их коррекции. Медицинский вестник Башкортостана. 2017; 2 (68): 135–137.
9. Кожухов А.А., Должич А.В. Роль транскраниальной микрополяризации в лечении детей с амблиопией. Медицинский вестник Юга России. 2017; (2): 12–18.
10. Костина Е.Ю. Эффективность транскраниальной микрополяризации при лечении неврологической патологии у детей. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2020; 65 (4): 288–289.
11. Кузенкова Л.М., Лашкова А.В., Конова О.М., Петельгузова Т.Г. Опыт применения транскраниальной микрополяризации у детей с расстройствами аутистического спектра. Неврологический журнал имени Л.О. Бадаляна. 2021; 2 (1): 22–28.
12. Кузнецова Е. Задержка речевого развития: нейрофизиологический подход. Врач. 2017; (8): 47–50.
13. Мамаева А.В., Шилов С.Н., Лисова Н.А., Бедерева Н.С., Беляева О.Л. Комплексный подход к коррекции зрительного восприятия детей с интеллектуальной и сенсомоторной недостаточностью. Журнал медико-биологических исследований. 2022; 10 (1): 78–83.
14. Петров А.Б., Ершов М.А., Мельников Д.С., Похачевский В.А., Малтусова Е.В. Повышение эффективности тренировочного процесса методом микрополяризации. Теория и практика физической культуры. 2020; (3): 32.
15. Пушкин А.А., Сухов А.Г., Лысенко Л.В., Попов Д.А., Руденко В.В., Мелещенко Е.А. Об особенностях влияния транскраниальной микрополяризации на пространственно-временную организацию биоэлектрической активности мозга при коррекции эпилептиформной пароксизмальной активности у детей. Вопросы практической педиатрии. 2020; 15 (1): 104–108. DOI: 10.20953/1817-7646-2020-1-104-109.
16. Сергеев А.В., Чутко Л.С., Никишена И.С., Яковенко Е.А., Сурушкина С.Ю., Ливинская А.М. Транскраниальная микрополяризация в лечении специфических расстройств речи у детей. Российский педиатрический журнал. 2007; (5): 19–21.
17. Шелякин А.М., Преображенская И.Г., Тюлькин О.Н. Микрополяризация головного мозга: неинвазивный метод коррекции морфофункциональных нарушений при острых очаговых поражениях головного мозга и их последствиях. Журнал неврологии и психиатрии имени С.С. Корсакова. 2006; 106 (10): 27–37. PMID: 17117671.
18. Шохюсупов Ш.Б.У., Шукуров Б.С. Транскраниальная микрополяризация в реабилитации больных инсультом. Academic research in educational sciences. 2022. 3 (3): 80–90.
19. Шугар О.П., Пинчук Д.Ю., Семенова Е.В. Применение метода транскраниальной микрополяризации головного мозга в лечении и реабилитации пациентов неврологического профиля. VII Ежегодные чтения памяти доктора Ф.Х. Граля: Сборник научных трудов межрегиональной научно-практической конференции для врачей. 2021; 82–94.
20. Brak I.V., Filimonova E., Zakhariya O., Khasanov R., Stepanyan I. Transcranial current stimulation as a tool of neuromodulation of cognitive functions in Parkinson's disease. Front. Neurosci. 2022. (16). <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.781488>.

21. Helfrich R.F., Herrmann C.S., Engel A.K., Schneider T.R. Different coupling modes mediate cortical cross-frequency interactions. *NeuroImage*. 2016; (140): 76–82. doi: 10.1016/j.neuroimage.2015.11.035.
22. Nitsche M., Lampe C., Antal A., Liebetanz D., Lang N., Tergau F., Paulus W. Dopaminergic modulation of long-lasting direct current-induced cortical excitability changes in the human motor cortex. *Eur J Neurosci*. 2006; 23 (6): 1651–1657. doi: 10.1111/j.1460-9568.2006.04676.x.
23. Paulus W., Rothwell J.C. Membrane resistance and shunting inhibition: where biophysics meets state-dependent human neurophysiology. *J. Physiol*. 2016; 594 (10): 2719–2728. doi: 10.1113/JP271452.
24. Stagg C.J., Best J.G., Stephenson M.C., O'Shea J., Wylezinska M., Kincses Z.T., Morris P.G., Matthews P.M., Johansen-Berg H. Polarity-sensitive modulation of cortical neurotransmitters by transcranial stimulation. *J. Neurosci*. 2009; 29 (16): 5202–5206. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4432-08.2009.
25. Илюхина В.А., Матвеев Ю.К., Чернышева Е.М. Транскраниальная микрополяризация в физиологии и в клинике. — СПб.: Изд-во ИМЧ РАН, 2006. — 192 с.

© Тимченко Павел Алексеевич (pavelpulse@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»