

DOI: 10.21802/artm.2019.2.10.123.

УДК 616.831:615.841

## МИКРОПОЛЯРИЗАЦИЯ - ЭФФЕКТИВНЫЙ НЕИНВАЗИВНЫЙ МЕТОД НЕЙРОСТИМУЛЯЦИИ ПРИ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ

Е.В. Яценко

*Институт физиологии им. А. А. Богомольца Национальной академии наук Украины,  
«Неврологическая клиника доктора Яценко»,  
г. Киев, Украина,  
ORCID ID: 0000-0002-2924-539X,  
e-mail: yatsenkokater@gmail.com*

**Резюме.** Органические поражения головного мозга у детей являются одной из наиболее актуальных медико-социальных проблем в современной педиатрии и неврологии. До сих пор ведется поиск эффективных методов коррекции поврежденных функций ЦНС. Этот обзор посвящен современным взглядам на проблему органических поражений головного мозга у детей и анализу возможности применения неинвазивного метода нейростимуляции – микрополяризации – в комплексном лечении детей с органическими поражениями головного мозга. Материалом для исследования послужили современные отечественные и зарубежные научные источники по вопросам этиологии и патогенеза органических поражений головного мозга у детей, а также собственные клинические наблюдения с использованием методов электроэнцефлографии, транскраниальной доплерографии сосудов головного мозга на базе «Неврологической клиники доктора Яценко», г. Киев. Результаты современных исследований раскрывают ряд направлений и возможностей для коррекции и лечения органических поражений головного мозга у детей. Одним из перспективных и эффективных методов лечения может быть транскраниальная микрополяризация. Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что комплексная терапия с использованием транскраниальной микрополяризации положительно влияет на показатели мозговой гемодинамики и улучшает электроэнцефалографическую картину у детей с органическими поражениями головного мозга. Полученные данные дают основания утверждать, что включение в комплексное лечение детей с органическими поражениями головного мозга метода транскраниальной микрополяризации увеличивает эффективность лечения и положительно влияет на клиническое течение заболевания.

**Ключевые слова:** транскраниальная микрополяризация, органические поражения головного мозга.

### Вступление и обоснование исследований.

Одной из наиболее актуальных медико-социальных проблем современной педиатрии и неврологии являются органические поражения головного мозга новорожденных, поскольку именно благодаря этим пациентам увеличивается количество детей с ограниченными возможностями. Органические поражения мозга у детей чаще всего связаны с перинатальным повреждением головного мозга. Это целая группа патологических состояний, вызванных негативным воздействием неблагоприятных факторов на плод или уже новорожденного ребенка [15].

Высокий уровень пластичности головного мозга у новорожденного позволяет в большинстве случаев преодолеть эти патологические изменения, поэтому часто у ребенка не остается никаких симптомов после такого поражения. Но в некоторых случаях остаются резидуальные явления, которые могут быть преходящими или перерасти в более тяжелую патологию – ДЦП, гипоксически-ишемическую энцефалопатию, эпилепсию и другие [15].

*Перинатальная гипоксически-ишемическая энцефалопатия (ПГИЭ)* – поражение головного мозга, вызванное недостаточным поступлением кислорода в нервную ткань, которое связано как со снижением содержания кислорода в артериальной крови, так и

с уменьшением мозгового кровообращения [13]. Это приводит к развитию таких патологических процессов в ишемизированной ткани мозга, как глутамат-кальциевая эксайтотоксичность, оксидативный стресс и воспаление. Такие неблагоприятные процессы в мозге новорожденного влияют на дальнейшее развитие ребенка и приводят к тяжелым неврологическим дефектам, таким как двигательные расстройства, умственная недостаточность, трудности в обучении, речевые нарушения и другие [2].

Гипоксически-ишемическая энцефалопатия у новорожденных, как правило, клинически проявляется в первые дни жизни новорожденного и может быть охарактеризована сложностью инициирования и поддержки дыхания, нестабильностью температуры тела, изменением мышечного тонуса, угнетением физиологических рефлексов и изменением уровня сознания [2]. ПГИЭ является причиной судорог, которые имеют различный характер.

*Детский церебральный паралич (ДЦП)* определяется как группа хронических нарушений развития движений и положений тела, вызывающих ограничения активности, которые вызваны непрогрессирующим поражением мозга развивающегося плода или новорожденного. Моторные нарушения при церебральных параличах часто сопровождаются наруше-

ниями чувствительности, когнитивных и коммуникативных функций, эпилепсией и вторичными мышечно-скелетными нарушениями [5]. Проблемой церебральных параличей занимались многие исследователи, но она и в настоящее время занимает одно из важных мест в неврологии детского возраста.

Существующие методы восстановления физиологических функций при ДЦП направлены на стимуляцию процессов физиологической регенерации тех клеток головного мозга, которые сохраняют возможность дальнейшей дифференциации. В настоящее время существует достаточное количество современных эффективных медикаментозных и физиотерапевтических методов для оказания помощи при ДЦП [5]. Однако, в связи с разнообразием клинических проявлений ДЦП, наличием трудностей в разработке методов диагностики и лечения в остром периоде и долговременной реабилитации в последующие годы жизни и высоким процентом инвалидности, лечения этой болезни остается весьма проблематичным вопросом.

*Эпилепсия* является распространенной неврологической патологией и достаточно часто случается в детском и подростковом возрасте. Симптоматическая эпилепсия проявляется повторными приступами с нарушением двигательных, чувствительных, вегетативных, мыслительных или психических функций, которые возникают вследствие чрезмерных нейронных разрядов в сером веществе коры головного мозга [1]. Международная противозепилептическая лига (International League Against Epilepsy – ILAE) дает такое определение эпилепсии: "Хроническое состояние мозга, которое характеризуется устойчивой предрасположенностью к генерации эпилептических припадков, а также нейробиологическими, когнитивными, психологическими и социальными последствиями этого состояния". Диагноз «эпилепсия» требует наличия хотя бы одного эпилептического припадка [8]. По очагу возникновения эпилептические припадки делятся на фокальные и генерализованные. Фокальный эпилептический припадок определяется как припадок, при котором эпилептический разряд начинается в локализованных областях коры, то есть имеется один или несколько очагов эпилептической активности. Возможно также распространение на соседние зоны или переход на контралатеральное полушарие. Генерализованный эпилептический припадок определяется как припадок, возникающий в некоторой области головного мозга, с быстрым распространением и билатеральным вовлечением коры головного мозга [8]. Разные типы эпилепсии обусловлены различными причинами. Поэтому сложно предоставить точную оценку заболеваемости и распространенности этого неврологического расстройства.

Две трети больных с активной формой эпилепсии контролируют свое состояние с помощью противозепилептических препаратов, обладающих широким спектром побочных эффектов [1]. Другой подход – нейрохирургическое лечение эпилепсии, которое также в основном имеет негативные последствия [9]. Поэтому до сих пор продолжается поиск оптимального метода лечения, которое бы улучшало общее состояние больного эпилепсией, а также по-

могло минимизировать другие, часто вредные, последствия для социальной адаптации такого ребенка.

Перспективным направлением коррекции морфо-функционального состояния ЦНС ребенка при различных органических поражениях головного мозга может быть применение комплексной терапии с использованием неинвазивных инструментальных методов нейростимуляции головного мозга. Особый интерес для лечения различных неврологических расстройств представляет такой терапевтический подход, как микрополяризация [16].

Микрополяризация – это неинвазивный и безопасный лечебный метод, позволяющий изменять функциональное состояние различных звеньев ЦНС под действием малого постоянного тока (до 1 мА) [14]. Существует два вида микрополяризации: транскраниальная, во время которой электроды накладывают на определенные проекции корковых структур головного мозга, и трансвертебральная, когда электроды применяют в сегментарных проекциях спинного мозга [12, 14]. Направленность влияния микрополяризации достигается благодаря использованию малых площадей (100-600 мм<sup>2</sup>) электродов. Микрополяризация может быть использована как отдельный терапевтический метод, так и в сочетании со стандартной физиотерапией для коррекции возбудимости коры головного мозга и улучшения двигательной активности у пациентов с различными неврологическими расстройствами [3]. Силу постоянного тока, используемую при микрополяризации, можно сравнить с биопотенциалами нейронов, и было показано, что транскраниальная микрополяризация (ТМП) интенсивностью 1 мА в течение 10 мин не вызывает патологических осцилляций и эпилептиформной активности у детей, и, таким образом, может быть использована как метод лечения в педиатрической практике [11].

**Цель исследования.** Проанализировать современные взгляды на проблему органических поражений головного мозга у детей и возможность применения неинвазивного метода нейростимуляции – микрополяризации – в комплексном лечении детей с органическими поражениями головного мозга.

**Материалы и методы.** Материалом для исследования послужили современные отечественные и зарубежные научные источники по вопросам этиологии и патогенеза органических поражений головного мозга у детей, а также собственные клинические наблюдения с использованием методов электроэнцефлографии, транскраниальной доплерографии сосудов головного мозга на базе «Неврологической клиники доктора Яценко», г. Киев.

**Результаты исследования.** В наших исследованиях мы показали, что добавление метода транскраниальной микрополяризации в комплексном лечении детей, больных ДЦП, повышает эффективность лечения, а также может положительно влиять на клиническое течение заболевания [19]. После лечения детей в рамках общей картины формирования возрастных паттернов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) наблюдалась направленная положительная динамика фоновой биоэлектрической активности мозга у 76,2% пациентов основной группы, которым на фоне базис-

ной терапии дополнительно проводили курс транскраниальной микрополяризации (ТМП), в сравнении с 25,0 % детей в группе сравнения. Общие изменения касались стабилизации возрастных прекурсоров центрального и альфа-ритмов, и наблюдалась тенденция к уменьшению структурной дезорганизации и диффузного замедления ЭЭГ при отсутствии увеличения пароксизмальной активности и межполушарной асимметрии [19]. У больных основной группы спектральная плотность мощности (СПМ) альфа-ритма статистически достоверно увеличилась на 24,1%, тогда как в группе сравнения нарастания СПМ альфа-ритма было только 11,4% [19].

Также нами был продемонстрирован положительный эффект применения ТМП у детей, больных симптоматической эпилепсией [17]. Мы показали, что использование ТМП в комплексном лечении больных симптоматической эпилепсией улучшает показатели мозговой гемодинамики у 84% лиц, в отличие от 58% в группе сравнения [17]. У детей основной группы, которые проходили комплексное лечение с применением ТМП, высокая скорость кровообращения по базилярной артерии (БА) статистически достоверно уменьшилась на 20,5%. Также у детей основной группы достоверно уменьшались высокие скорости кровообращения по средней (СМА) и передней (ПМА) мозговых артериях (на 17,2 и 7,9% соответственно) [17]. Положительную динамику этого показателя отмечали и у пациентов группы сравнения, но она не была статистически достоверной. После проведения курса ТМП наблюдали статистически достоверное возрастание низких скоростей кровотока по БА, СМА и ПМА (25,1, 20,9, 10,2% соответственно). У детей группы сравнения также была положительная динамика этих паттернов транскраниальной доплерографии, но статистически достоверно возросла скорость кровообращения только по СМА (12,7%) [17].

Комплексная терапия с использованием транскраниальной микрополяризации также улучшает показатели мозговой гемодинамики и положительно влияет на клиническое течение заболевания у пациентов с перинатальной гипоксически-ишемической энцефалопатией (ПГИЭ) [18]. Положительная динамика паттернов транскраниальной доплерографии у детей с перинатальной гипоксически-ишемической энцефалопатией под влиянием лечения отображалась в компенсации мозгового кровообращения, исчезновении вазоспазмов различной степени, нормализации тонуса магистральных сосудов головы, уменьшении коэффициента асимметрии кровотока по средним и передним мозговым артериям. После проведения комплексного лечения с применением транскраниальной микрополяризации отмечено статистически достоверное уменьшение средних высоких и увеличение средних низких линейных скоростей кровотока по БА, СМА, и ПМА [18].

**Обсуждение результатов.** Наблюдаемые нами изменения электроэнцефалографической картины у детей с ДЦП после комплексного лечения с добавлением метода ТМП свидетельствуют о положительном развитии функциональной организации головного мозга, что создает более благоприятные

условия для реализации психофизиологических функций в данной группе пациентов. Было также показано, что во время процедуры транскраниальной микрополяризации повышается нейронная активность как в зонах действия постоянного тока, так и в участках, которые непосредственно не подвергались воздействию тока [6]. Однако выраженность функциональных изменений в отдаленных структурах неодинакова и зависит прежде всего от участка коры головного мозга, на который направлено воздействие, его исходного и измененного в ходе микрополяризации функционального состояния и от силы тока. Повышение нейронной активности сопровождается увеличением возбудимости в этих участках мозга и соответствующими изменениями их метаболической активности. Показано, что действие микрополяризации вызывает положительные ультраструктурные изменения как самих нейронов, так и синаптического аппарата и глиальных клеток. Отмечено также ускорение процессов регенерации и восстановления нейронной цитоархитектоники [6].

Улучшение показателей электроэнцефалографии у детей, больных симптоматической эпилепсией, после прохождения курса ТМП может быть объяснено тем фактом, что микрополяризация способна существенно влиять на обмен ионов кальция, а также генерацию и аккумуляцию цАМФ, которые играют важную роль в эпилептогенезе [8].

Часто основным фактором возникновения эпилепсии у детей является недостаточное кровообращение, которое приводит к гипоксии нервной ткани [8]. Уникальной особенностью мозгового кровообращения является тесная структурная и функциональная связь между кровеносными сосудами, нейронами и глиальными клетками [7]. Известно, что астроциты играют важную роль в регулировании мозгового кровообращения [10]. Таким образом, принимая во внимание тесную взаимосвязь активности нейронов и мозгового кровообращения, ТМП может влиять на гемодинамику, увеличивая перфузию мозга. Изменения показателей транскраниальной доплерографии на фоне лечения могут быть следствием нормализации мозгового кровообращения, увеличением капилляризации, активацией обоих отделов вегетативной нервной системы (с преобладанием влияния на симпатический отдел) [4].

#### **Выводы:**

1. Применение транскраниальной микрополяризации у детей с органическими поражениями головного мозга способствует улучшению электроэнцефалографической картины и показателей мозговой гемодинамики.
2. Полученные данные дают основания утверждать, что включение в комплексное лечение детей с органическими поражениями головного мозга метода транскраниальной микрополяризации увеличивает эффективность лечения и положительно влияет на клиническое течение заболевания.

**References:**

1. Bank AM, Bazil CW. Emergency management of epilepsy and seizures. *Semin Neurol.* 2019; Feb, 39(1):73-81.
2. Douglas-Escobar M, Weiss MD. Hypoxic-ischemic encephalopathy: A review for the clinician. *JAMA Pediatr.* 2015; Apr, 169(4):397-403.
3. Gillick B, Menk J, Mueller B, Meekins G, Krach LE, Feyma T, et al. Synergistic effect of combined transcranial direct current stimulation/constraint-induced movement therapy in children and young adults with hemiparesis: study protocol. *BMC Pediatr.* 2015; Nov, 12; 15:178.
4. Giovannella M, Ibañez D, Gregori-Pla C, Kacprzak M, Mitjà G, Ruffini G, et al. Concurrent measurement of cerebral hemodynamics and electroencephalography during transcranial direct current stimulation. *Neurophotonics.* 2018; Jan, 5(1):015001.
5. Hallman-Cooper JL, Scott A. *Cerebral Palsy.* StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2019; Feb. P.18.
6. Hameed MQ, Dhamne SC, Gersner R, Kaye HL, Oberman LM, Pascual-Leone A, et al. Transcranial magnetic and direct current stimulation in children. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2017; Feb, 17(2):11.
7. Huang L, Nakamura Y, Lo EH, Hayakawa K. Astrocyte signaling in the neurovascular unit after central nervous system injury. *Int J Mol Sci.* 2019; Jan, 11;20(2). pii: E282.
8. Jehi L. The epileptogenic zone: concept and definition. *Epilepsy Curr.* 2018; Jan-Feb, 18(1):12-16.
9. Krishnaiah B, Ramaratnam S, Ranganathan LN. Subpial transection surgery for epilepsy. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018; Nov 1;11:CD008153.
10. Mishra AJ. Binaural blood flow control by astrocytes: listening to synapses and the vasculature. *J Physiol.* 2017; Mar, 15; 595(6):1885-1902.
11. Moliadze V, Andreas S, Lyzhko E, Schmanke T, Gurashvili T, Freitag CM, et al. Ten minutes of 1 mA transcranial direct current stimulation was well tolerated by children and adolescents: Self-reports and resting state EEG analysis. *Brain Res Bull.* 2015; Oct, 119(Pt A):25-33.
12. Powell ES, Carrico C, Raithatha R, Salyers E, Ward A, Sawaki L. Transvertebral direct current stimulation paired with locomotor training in chronic spinal cord injury: A case study. *NeuroRehabilitation.* 2016; 38(1):27-35.
13. Shetty J. Neonatal seizures in hypoxic-ischaemic encephalopathy-risks and benefits of anticonvulsant therapy. *Dev Med Child Neurol.* 2015; Apr, 57(3):40-3.
14. Stagg CJ, Antal A, Nitsche MA. Physiology of transcranial direct current stimulation. *J ECT.* 2018; Sep, 34(3):144-152.
15. Sychova MA, Sergeeva IG, Tulupov AA. Organicheskie porazheniya golovnogo mozga. Novosibirsk: RITs NGU; 2015. P.32.
16. Yamaguchi T, Fujiwara T, Tsai YA, Tang SC, Kawakami M, Mizuno K, et al. The effects of anodal transcranial direct current stimulation and patterned electrical stimulation on spinal inhibitory interneurons and motor function in patients with spinal cord injury. *Exp Brain Res.* 2016; Jun, 234(6):1469-78.
17. Yatsenko KV. Mozkova hemodynamika i elektroentsefalograma u khvorykh na symptomatychnu epilepsiyu pry kompleksnomu likuvanni z vykorystanniam transkraniialnoi mikropolyaryzatsii. *Fiziol Zh.* 2018; 64(1):52-8.
18. Yatsenko KV. Vplyv transkraniialnoi mikropolyaryzatsii na mozkovu gemodynamiku u patsientiv z perynatalnoyu hipoksychno-ishemichnoyu entsefalopatieyu. *Achiev clin exp med.* 2018; 3:151-6.
19. Yatsenko KV, Nadonenko OM. Dynamika elektroentsefalografichnykh pokaznykiv u patsientiv, khvorykh na dytyachii tserebralnyi paralich, pid vplyvom kompleksnogo likuvannya z vykorystanniam metodu transkraniialnoi mikropolyaryzatsii. *Achiev clin exp med.* 2017; 2:101-7.

УДК 616.831: 615.841

**МІКРОПОЛЯРИЗАЦІЯ – ЕФЕКТИВНИЙ НЕІНВАЗИВНИЙ МЕТОД НЕЙРОСТИМУЛЯЦІЇ ПРИ ОРГАНІЧНИХ УРАЖЕННЯХ ГОЛОВНОГО МОЗКУ У ДІТЕЙ**

К.В. Яценко

*Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця  
Національної академії наук України,  
«Неврологічна клініка доктора Яценко»,  
м. Київ, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-2924-539X,  
e-mail: yatsenkokater@gmail.com*

**Резюме.** Органічні ураження головного мозку у дітей є однією з найбільш актуальних медико-соціальних проблем у сучасній педіатрії та неврології. До цього часу ведеться пошук ефективних методів корекції пошкоджених функцій ЦНС. Цей огляд присвячений сучасним поглядам на проблему органічних уражень головного мозку у дітей та аналізу можливості застосування неінвазивного методу нейростимуляції – мікрополяризації – у комплексному лікуванні дітей з органічними ураженнями головного мозку. Матеріалом для дослідження слугували сучасні вітчизняні та зарубіжні наукові джерела з питань етіології і патогенезу органічних уражень головного мозку у дітей, а також власні клінічні спостереження з використанням методів електроенцефалографії, транскраніальної доплерографії судин головного мозку на базі «Неврологічної клініки доктора Яценко», м. Київ. Результати сучасних досліджень розкривають ряд напрямків і можливостей для корекції і лікування органічних уражень головного мозку у дітей. Одним із перспективних і ефективних методів лікування може бути транскраніальна мікрополяризація. Результати наших досліджень свідчать про те, що комплексна терапія з використанням транскраніальної мікрополяризації позитивно впливає на показники мозкової гемодинаміки і покращує електроенцефалографічну картину у дітей з органічними ураженнями головного мозку. Отримані дані дають підстави стверджувати, що включення в комплексне лікування дітей з органічними ураженнями головного мозку методу транскраніальної мікрополяризації збільшує ефективність

лікування і позитивно впливає на клінічний перебіг захворювання.

**Ключові слова:** транскраніальна мікрополяризація, органічні ураження головного мозку.

UDC 616.831: 615.841

**DIRECT CURRENT STIMULATION IS AN EFFECTIVE NON-INVASIVE METHOD OF NEUROSTIMULATION IN TREATMENT OF CHILDREN WITH ORGANIC BRAIN DISEASE**

K. V. Yatsenko

*Bogomoletz Institute of Physiology of NAS of Ukraine,  
"Neurological clinic of doctor Yatsenko",  
Kyiv, Ukraine  
ORCID ID: 0000-0002-2924-539X,  
e-mail: yatsenkokater@gmail.com*

**Abstract.** Organic brain disease in children is one of the most significant medical and social problems in modern pediatrics and neurology. This disease in children is most often associated with perinatal brain damage. This is a whole group of pathological conditions caused by the negative impact of adverse factors on the fetus or already a newborn child. The high level of plasticity of the brain in a newborn allows in most cases to overcome these pathological changes, therefore often the child does not have any symptoms after such a lesion. But in some cases, residual effects remain that may be transient or develop into more severe pathology - cerebral palsy, hypoxic-ischemic encephalopathy, epilepsy and other. A search for effective methods of restoration of injured central nervous system functions is still underway. This review reveals modern views on the problem of organic brain disease in children and to the analysis of the possibility of including of a non-invasive neurostimulation method - direct current stimulation - in the complex treatment of children with organic brain disease. Transcranial direct current stimulation is a form of neurostimulation that allows changing the functional state of various parts of the CNS under the action of a low direct current (up to 1 mA). The

directional influence of current stimulation is achieved with small areas (100-600 mm<sup>2</sup>) of electrodes. Direct current stimulation can be used as a separate therapeutic method, or in combination with standard physiotherapy to correct the excitability of the cerebral cortex and improve motor activity in patients with various neurological disorders. The direct current power used in transcranial direct current stimulation can be compared with the biopotentials of neurons, and it has been shown that transcranial direct current stimulation with an intensity of 1 mA for 10 minutes does not cause pathological oscillations and epileptiform activity in children, and thus can be used at pediatric treatment. The goal of the study was to analyze modern views on the problem of organic brain lesions in children and the possibility of using a non-invasive neurostimulation method - transcranial direct current stimulation - in the complex treatment of children with organic brain lesions. Modern domestic and foreign scientific sources on the etiology and pathogenesis of organic brain disease in children, as well as own clinical observations using methods of electroencephalography, transcranial Doppler ultrasonography of cerebral vessels based on the "Neurological Clinic of Dr. Yatsenko" (Kyiv, Ukraine) was the material for the study. The results of modern research reveal a number of areas and opportunities for the correction and treatment of organic brain disease in children. The results of our study indicate that complex therapy using the transcranial direct current stimulation in children with organic brain disease had a marked improvement in the electroencephalographic pattern. In addition, transcranial direct current stimulation significantly reduced the high mean cerebral blood flow velocity per cycle in the basilar artery, middle and anterior cerebral arteries; in the comparison group, no statistically significant positive dynamics was observed. The findings suggest that the inclusion the method of transcranial direct current stimulation to the complex treatment of patients with organic brain disease improves the effectiveness of treatment and may positively influence the clinical course of the disease.

**Keywords:** direct current stimulation, organic brain disease.

Стаття надійшла в редакцію 20.03.2019 р.