

ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МИКРОПОЛЯРИЗАЦИЯ В КОРРЕКЦИИ КОГНИТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

© Галина Анатольевна Сулова, Василий Михайлович Сулов, Глеб Петрович Царёв, Инна Мамуковна Сарчимелия, Наталья Павловна Бурэ, Виктория Алексеевна Гречанова, Елена Игоревна Адулас, Лариса Николаевна Либерман

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2

Контактная информация: Галина Анатольевна Сулова — д.м.н., заведующая кафедрой реабилитологии ФП и ДПО. E-mail: docgas@mail.ru ORCID ID: 0000-0002-7448-762X

Для цитирования: Сулова Г.А., Сулов В.М., Царёв Г.П., Сарчимелия И.М., Бурэ Н.П., Гречанова В.А., Адулас Е.И., Либерман Л.Н. Транскраниальная микрополяризация в коррекции когнитивных нарушений у пациентов дошкольного возраста // Медицина: теория и практика. 2023. Т. 8. № 1. С. 41–46. DOI: <https://doi.org/10.56871/МТП.2023.27.40.005>

Поступила: 18.10.2022

Одобрена: 15.12.2022

Принята к печати: 17.01.2023

РЕЗЮМЕ. Когнитивные нарушения у детей — одна из наиболее актуальных и частых проблем детской неврологии, приводящая к затруднениям в обучении, поведенческим проблемам и социальной дезадаптации. Транскраниальная микрополяризация (ТКМП) является одним из наиболее перспективных физиотерапевтических методов лечения когнитивных нарушений у пациентов взрослого и детского возраста. **Цель исследования** — оценить эффективность транскраниальной микрополяризации в коррекции когнитивных нарушений у пациентов дошкольного возраста. В исследование был включен 21 пациент с когнитивными нарушениями, из них 19 мальчиков и 2 девочки. Всем пациентам проводилась микрополяризация курсом из 10 процедур с применением постоянного электрического тока с напряжением 0,4 мкА с наложением электродов на субдоминантное полушарие в лобную (отведения Fp1 или Fp2) и теменную (отведения P3 или P4) области. Все пациенты оценивались по шкале Векслера, матрицам Равена и шкале «Самочувствие, активность, настроение» (САН) на исходном уровне и после проведения 10 процедур. **Результаты.** Средние значения теста Векслера на исходном уровне составляли 77 ± 4 балла. При повторном обследовании средний балл составлял 82 ± 5 ($p < 0,01$). При оценке по матрицам Равена средний балл составлял 12 ± 2 . При повторной оценке средние значения составляли 13 ± 2 балла ($p < 0,01$). При оценке по шкале САН средний балл в разделе «Самочувствие» составлял $42,3 \pm 5$ на исходном уровне и $45,8 \pm 5$ при оценке в динамике ($p < 0,01$), в разделе «Активность» — $37,3 \pm 4$ в начале исследования и $41,1 \pm 4$ при повторной оценке ($p < 0,01$), в разделе «Настроение» — $42,6 \pm 3$ на исходном уровне и $43,6 \pm 3$ при оценке в динамике. Таким образом, применение транскраниальной микрополяризации у детей с нарушением когнитивных функций позволяет улучшить когнитивный статус пациентов, повысить их общее самочувствие и активность.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транскраниальная микрополяризация; ТКМП; физиотерапия; когнитивные нарушения.

TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION IN THE CORRECTION OF COGNITIVE IMPAIRMENT IN PRESCHOOL PATIENTS

© Galina A. Suslova, Vasily M. Suslov, Gleb P. Tsarev, Inna M. Sarchimelia, Natalia P. Bure, Victoria A. Grechanova, Elena I. Adulas, Larisa N. Liberman

Saint Petersburg State Pediatric Medical University. Lithuania 2, Saint Petersburg, Russian Federation, 194100

Contact information: Galina A. Suslova — Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Rehabilitology of FP and DPO. E-mail: docgas@mail.ru ORCID ID: 0000-0002-7448-762X

For citation: Suslova GA, Suslov VM, Tsarev GP, Sarchimelia IM, Bure NP, Grechanova VA, Adulas EI, Liberman LN. Transcranial direct current stimulation in the correction of cognitive impairment in preschool patients. *Medicine: theory and practice* (St. Petersburg). 2023;8(1):41-46. DOI: <https://doi.org/10.56871/MTP.2023.27.40.005>

Received: 18.10.2022

Revised: 15.12.2022

Accepted: 17.01.2023

ABSTRACT. Cognitive impairment in children is one of the most relevant and frequent problems of pediatric neurology, leading to learning difficulties, behavioral problems and social maladaptation. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) is one of the most promising physiotherapeutic methods for treating cognitive impairment in adult and pediatric patients. **Objective** — to evaluate the effectiveness of tDCS in the correction of cognitive impairment in patients of preschool age. The study included 21 patients with cognitive impairment, including 19 boys and 2 girls. All patients underwent tDCS with a course of 10 procedures using a direct electric current with a voltage of 0.4 μ A with the application of electrodes on the subdominant hemisphere in the frontal (leads Fp1 or Fp2) and parietal (leads P3 or P4) areas. All patients were evaluated according to the Wexler scale, Raven matrices and the scale “Feeling, Activity, Mood” (FAM) at the initial level and after 10 procedures. **Results.** The average values of the Wexler test at the initial level were 77 ± 4 points. After second examination, the average score was 82 ± 5 ($p < 0.01$). When assessed by Raven matrices, the average score was 12 ± 2 points. When second examination, the average values were 13 ± 2 points ($p < 0.01$). When assessed according to the FAM scale, the average score in the “Feeling” section was 42.3 ± 5 points at the initial level and 45.8 ± 5 when assessed in dynamics ($p < 0.01$), in the “Activity” section — 37.3 ± 4 points at the beginning of the study and 41.1 ± 4 points for second examination ($p < 0.01$), in the “Mood” section — 42.6 ± 3 points at baseline and 43.6 ± 3 points for dynamic examination. Thus, the use of tDCS in children with impaired cognitive function can improve the cognitive status of patients, increase their overall well-being and activity.

KEY WORDS: transcranial direct current stimulation; tDCS; physiotherapy; cognitive impairment.

ВВЕДЕНИЕ

Когнитивные нарушения у детей — одна из актуальных проблем детской неврологии. Их распространенность у детей дошкольного возраста составляет 5–10% [7, 10, 15]. Нарушение когнитивной деятельности приводит к затруднениям в обучении, поведенческим проблемам, вызывает социальную дезадаптацию, что особенно актуально при переходе из дошкольного в школьный возраст [8, 17]. В настоящее время существует большое количество фармакологических и нефармакологических методов, позволяющих улучшить когнитивный статус. Доказано, что своевременное и эффективное лечение позволяет не только повысить когнитивные возможности пациента, но и снизить дозы и частоту приема фармакологических препаратов [1, 3, 13, 18]. Одним из широко распространенных направлений в коррекции когнитивных нарушений является физиотерапия, позволяющая при помощи различных физических факторов оказывать влияние на организм, в том числе на центральную нервную систему [2, 6, 16]. Транскраниальная микрополяризация (ТКМП) — один из наиболее известных методов физиотерапевтического лечения, основанный на воздействии постоянным электрическим током малой силы на

определенные зоны головного мозга [9, 20]. Согласно литературным данным, применение слабого постоянного электрического тока является наиболее адекватным и физиологическим способом воздействия на нервную систему [11, 19].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить эффективность транскраниальной микрополяризации в коррекции когнитивных нарушений у пациентов дошкольного возраста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проходило на базе консультативно-диагностического и многопрофильного центров ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России. Критерии включения в исследование: дошкольный возраст пациента, нарушение одного или нескольких компонентов когнитивных функций (памяти, внимания, восприятия, гнозиса, праксиса, речевых функций, мышления), установленных на основании неврологической и психологической оценки. Критерии невключения в исследование: наличие в анамнезе эпилептических приступов или эпилептиформной активности по данным электроэнцефалографии (ЭЭГ), ноотропное или физиотерапевтическое лечение, проводимое не менее чем за 3 месяца

до включения в исследование. В исследовании принимал участие 21 пациент с когнитивными нарушениями (средний возраст $5,4 \pm 0,5$ года), из них 19 мальчиков (90,4%) и 2 девочки (9,6%).

Перед началом процедур все дети были осмотрены неврологом и физиотерапевтом, была выполнена ЭЭГ для исключения эпилептиформной активности. Микрополяризация проводилась на аппарате Магнот-СЛИП с применением постоянного электрического тока с напряжением 0,4 мкА с наложением электродов на субдоминантное полушарие в лобную (отведения Fp1 или Fp2) и теменную (отведения P3 или P4) области. Длительность процедур составляла 45 минут. Курс — 10 процедур, ежедневно с перерывами на выходные дни. Нейropsychологическая оценка проводилась по шкале Векслера и матрицам Равена на исходном уровне и через 10 дней (после прохождения курса микрополяризации). С целью оценки психоэмоционального состояния детей родителями на исходном уровне и после проведенного курса процедур был заполнен опросник «Самочувствие, активность, настроение» (САН). Родителям дана рекомендация заполнять опросник повторно в то же время суток, что и при первом заполнении. Опросник состоит из 30 пар слов, являющихся полярными характеристиками (по 10 пар слов для каждой категории). На бланке обследования между полярными характеристиками располагается рейтинговая шкала. Испытуемому предлагают соотнести свое состояние с определенной оценкой на шкале. При обработке результатов исследования оценки пересчитывались в баллах от 1 до 7. Крайняя степень выраженности негативного полюса пары оценивалась в 1 балл, а крайняя степень выраженности позитивного полюса оценивалась в 7 баллов.

Статистический анализ проводился при помощи программного обеспечения IBM SPSS Statistics v.23.0. Проводился расчет средних значений и доверительного интервала при $\alpha=0,05$, рассчитывался t-критерий Стьюдента для средних значений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средние значения теста Векслера на исходном уровне в группе испытуемых составлял 77 ± 4 балла. При повторном обследовании после проведенного курса процедур была отмечена статистически достоверная ($p < 0,01$) положительная динамика, средний балл составлял 82 ± 5 (рис. 1).

При оценке по матрицам Равена средний балл составлял 12 ± 2 . При повторной оценке средние значения составляли 13 ± 2 балла ($p < 0,01$) (рис. 2).

При оценке по шкале САН средний балл в разделе «Самочувствие» составлял $42,3 \pm 5$, в разделе «Активность» — $37,3 \pm 4$, в разделе «Настроение» — $42,6 \pm 3$. При повторной оценке через 2 недели была выявлена положительная динамика в разделах «Самочувствие» — $45,8 \pm 5$ балла и «Активность» — $41,1 \pm 4$ балла ($p < 0,01$). Не было выявлено статистически достоверных изменений в разделе «Настроение», средний балл составлял $43,6 \pm 3$ (рис. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ

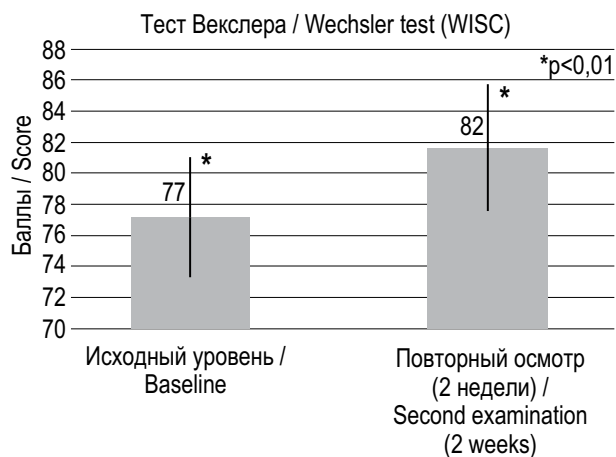


Рис. 1. Оценка пациентов по шкале Векслера на исходном уровне и после проведенных процедур (через 2 недели)

Fig. 1. Assessment of patients on the Wechsler scale at baseline and after the procedures (after 2 weeks)

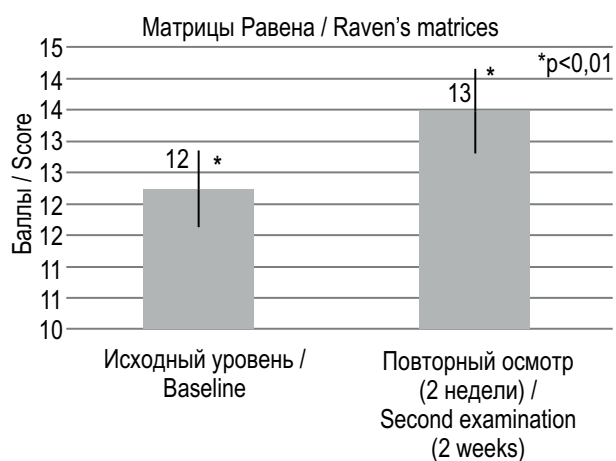


Рис. 2. Оценка пациентов по матрицам Равена на исходном уровне и после проведенных процедур (через 2 недели)

Fig. 2. Evaluation of patients using Raven's matrices at baseline and after the procedures (after 2 weeks)

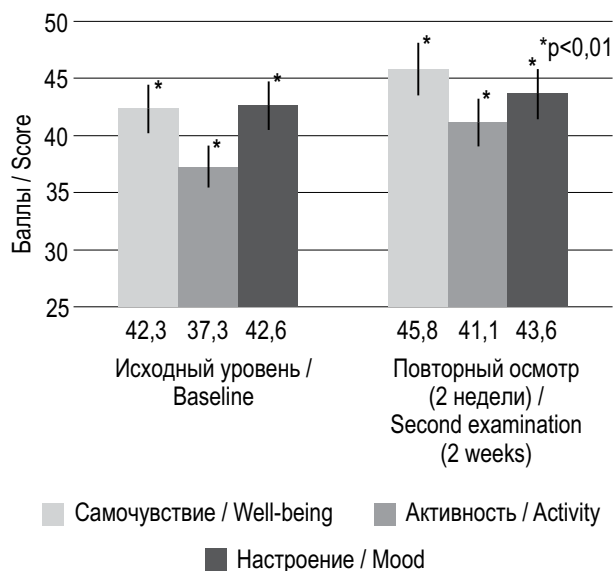


Рис. 3. Оценка пациентов по шкале «Самочувствие, активность, настроение» на исходном уровне и после проведенных процедур (через 2 недели)

Fig. 3. Evaluation of patients on the “Well-being, activity, mood” scale at baseline and after the procedures (after 2 weeks)

Транскраниальная микрополяризация — один из наиболее распространенных методов физиотерапевтического лечения, позволяющий оказывать воздействие на центральную нервную систему с целью коррекции ее функциональных нарушений. Ранее эффективность ТКМП была продемонстрирована другими исследованиями. Так, по данным О.А. Ковалевой и соавт., при анализе эффективности ТКМП у 96 детей с когнитивными нарушениями в возрасте от 6 до 10 лет была выявлена положительная динамика у 80% детей, также у 75% детей сохранялась нормализация показателей кровотока, оцененная при помощи транскраниальной доплерографии. Особенностью данного исследования являлся комплексный подход, сочетающий ТКМП, медикаментозное и психотерапевтическое лечение [5].

В исследовании L.M. Bullard и соавт. (2011) был продемонстрирован эффект ТКМП на способность к обучению у здоровых добровольцев при воздействии на нижнелобные отведения (F8) [12].

В работе H. Lu, W. Chan и соавт. был оценен эффект от ТКМП в сочетании с тренировкой памяти у 201 пожилого пациента с когнитивными нарушениями. Сочетание этих методик продемонстрировало значительно лучшие результаты спустя 4 недели лечения по сравнению с контрольной группой, выполнявшей только упражнения на тренировку памяти ($p < 0,05$) [14].

В 2019 году О.В. Князева и соавт. оценивали метод ТКМП в составе комплексной медицинской реабилитации детей с расстройством экспрессивной речи. По результатам данного исследования у 40% детей положительный эффект наблюдался уже после 1 месяца лечения. В исследовании приняли участие 60 детей в возрасте от 2,5 до 4,5 лет [4].

Наиболее часто ТКМП применяется в составе комплексной медицинской реабилитации и медикаментозного лечения для достижения наибольшего терапевтического эффекта. В рамках нашего исследования методика ТКМП применялась изолированно от других методов с целью получения наиболее достоверных данных. В ходе исследования была получена статистически достоверная положительная динамика в виде улучшения как когнитивных функций, так и общего состояния ребенка при оценке по шкале САН самочувствия и активности. Однако не было выявлено статистически достоверных изменений в настроении пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение транскраниальной микрополяризации у детей с нарушением когнитивных функций позволяет улучшить когнитивный статус пациентов, повысить их общее самочувствие и активность

ЛИТЕРАТУРА

1. Абабков В.А., Авакян Г.Н., Авдюнина И.А. и др. Неврология. Национальное руководство. Том 1. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018.
2. Вансович Л.И. Применение некоторых физиотерапевтических методов лечения в терапии. Вестник Казахского Национального медицинского университета. 2013; 1: 180–1.
3. Киспаева Т.Т. Физиотерапевтическая коррекция когнитивных нарушений в клинике нервных болезней. Медицина и экология. 2009; 52(3): 9–14.
4. Князева О.В., Белоусова М.В., Прусаков В.Ф., Зайкова Ф.Н. Применение транскраниальной микрополяризации в комплексной реабилитации детей с расстройством экспрессивной речи. Вестник современной клинической медицины. 2019; 12: 64–9.
5. Ковалева О.А., Венцова А.Г., Лигунова Д.М. и др. Сравнительный анализ данных транскраниальной доплерографии сосудов головного мозга при применении транскраниальной микрополяризации у детей с когнитивными расстройствами. Альманах современной науки и образования. 2017; 6: 54–7.
6. Лебедев В.П. Общие вопросы и основные механизмы эффектов транскраниальной электростимуляции.

- В сб.: Лечебные эффекты центральных и периферических электровоздействий. СПб.; 2001: 5–7.
7. Соколов С.В., Заболотский Д.В. Когнитивные дисфункции у ортопедических больных. *Russian Biomedical Research*. 2020; 5(2): 49–51.
 8. Чутко Л.С., Пальчик А.Б., Кропотов Ю.Д. Синдром нарушения внимания с гиперактивностью у детей и подростков. Санкт-Петербург: Российская медицинская академия последипломного образования Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2004.
 9. Шелякин А.М., Преображенская О.В., Богданов И.Г. Клиническая эффективность и физиологический анализ микрополяризации мозга. Сб: Актуальные вопросы физиотерапии и курортологии. СПб.; 2003: 68–9.
 10. Ageranioti-Bélanger S., Brunet S., D'Anjou G. et al. Behaviour disorders in children with an intellectual disability. *Paediatr Child Health*. 2012; 17(2): 84–8. DOI: 10.1093/pch/17.2.84.
 11. Bennabi D., Haffen E. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Promising Treatment for Major Depressive Disorder? *Brain Sci*. 2018; 8(5): 81. DOI: 10.3390/brainsci8050081.
 12. Bullard L.M., Browning E.S., Clark V.P. et al. Transcranial Direct Current Stimulation's Effect on Novice Versus Experienced Learning. *Exp Brain Res*. 2011; 213(1): 9–14. DOI: 10.1007/s00221-011-2764-2.
 13. Cai M., Guo Z., Xing G. Transcranial Direct Current Stimulation Improves Cognitive Function in Mild to Moderate Alzheimer Disease: A Meta-Analysis. *Alzheimer Dis Assoc Disord*. 2019; 33(2): 170–8. DOI: 10.1097/WAD.0000000000000304.
 14. Lu H., Chan S., Chan W. et al. Randomized Controlled Trial of TDCS on Cognition in 201 Seniors With Mild Neurocognitive Disorder. *nn Clin Transl Neurol*. 2019; 6(10): 1938–48. DOI: 10.1002/acn3.50823.
 15. Marrus N., Hall L. Intellectual Disability and Language Disorder. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am*. 2017; 26(3): 539–54. DOI: 10.1016/j.chc.2017.03.001.
 16. Martin D.M., Liu R., Alonzo A. et al. Use of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) to Enhance Cognitive Training: Effect of Timing of Stimulation. *Exp Brain Res*. 2014; 232(10): 3345–51. DOI: 10.1007/s00221-014-4022-x.
 17. Ogundele M.O. Behavioural and emotional disorders in childhood: A brief overview for paediatricians. *World J Clin Pediatr*. 2018; 7(1): 9–26. Published 2018 Feb 8. DOI: 10.5409/wjcp.v7.i1.9.
 18. Reinhart R.M., Cosman J.D. Using Transcranial Direct-Current Stimulation (tDCS) to Understand Cognitive Processing. *Atten Percept Psychophys*. 2017; 79(1): 3–23. DOI: 10.3758/s13414-016-1224-2.
 19. Stagg C.J., Antal A., Nitsche M.A. Physiology of Transcranial Direct Current Stimulation. *J ECT*. 2018; 34(3): 144–52. DOI: 10.1097/YCT.0000000000000510.
 20. Thair H., Holloway A.L., Newport R. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner's Guide for Design and Implementation. *Front Neurosci*. 2017; 11: 641. DOI: 10.3389/fnins.2017.00641.

REFERENCES

1. Ababkov V.A., Avakyan G.N., Avdyunina I.A. i dr. *Neurologiya* [Neurology]. Nacional'noe rukovodstvo. Tom 1. Moskva: GEOTAR-Media; 2018. (in Russian).
2. Vansovich L.I. *Primenenie nekotoryh fizioterapevticheskikh metodov lecheniya v terapii* [The use of some physiotherapy treatments in therapy]. *Vestnik Kazanskogo Nacional'nogo medicinskogo universiteta*. 2013;1: 180–1. (in Russian).
3. Kispaveva T.T. *Fizioterapevticheskaya korrekciya kognitivnyh narushenij v klinike nervnyh boleznej* [Physiotherapeutic correction of cognitive impairments in the clinic of nervous diseases]. *Medicina i ekologiya*. 2009; 52(3): 9–14. (in Russian).
4. Knyazeva O.V., Belousova M.V., Prusakov V.F., Zajkova F.N. *Primenenie transkranial'noj mikropolyarizacii v kompleksnoj rehabilitacii detej s rasstrojstvom ekspresivnoj rechi* [The use of transcranial micropolarization in the complex rehabilitation of children with expressive speech disorder]. *Vestnik sovremennoj klinicheskoj mediciny*. 2019; 12: 64–9. (in Russian).
5. Kovaleva O.A., Vencova A.G., Ligonova D.M. et al. *Sravnitel'nyj analiz dannyh transkranial'noj dopplerografii sudov golovnogogo mozga pri primenenii transkranial'noj mikropolyarizacii u detej s kognitivnymi rasstrojstvami* [Comparative analysis of data from transcranial Doppler ultrasonography of cerebral vessels using transcranial micropolarization in children with cognitive impairments]. *Al'manah sovremennoj nauki i obrazovaniya*. 2017; 6: 54–7. (in Russian).
6. Kovaleva O.A., Vencova A.G., Ligonova D.M. et al. *Sravnitel'nyj analiz dannyh transkranial'noj dopplerografii sudov golovnogogo mozga pri primenenii transkranial'noj mikropolyarizacii u detej s kognitivnymi rasstrojstvami* [General questions and main mechanisms of the effects of transcranial electrical stimulation]. *Al'manah sovremennoj nauki i obrazovaniya*. 2017; 6: 54–7. (in Russian).
7. Sokolov S.V., Zabolotskij D.V. *Kognitivnye disfunkcii u ortopedicheskix bol'nyh* [Cognitive dysfunctions in orthopedic patients]. *Russian Biomedical Research*. 2020; 5(2): 49–51. (in Russian).
8. Chutko L.S., Pal'chik A.B., Kropotov Yu.D. *Sindrom narusheniya vnimaniya s giperaktivnost'yu u detej i podrostkov* [Attention disorder with hyperactivity in children and adolescents]. *Sankt-Peterburg: Rossijskaya medicinskaya akademiya posleddiplomnogo obrazovaniya Ministerstva zdravooxraneniya Rossijskoj Federacii*. 2004. (in Russian).
9. Shelyakin A.M., Preobrazhenskaya I.G., Bogdanov O.V. *Klinicheskaya effektivnost' i fiziologicheskij analiz mikropolyarizacii mozga* [Clinical efficacy and physiological analysis of brain micropolarization]. *Sb: Aktual'nye*

- voprosy fizioterapii i kurortologii. Sankt-Peterburg; 2003: 68–9. (in Russian).
10. Ageranioti-Bélanger S., Brunet S., D'Anjou G. et al. Behaviour disorders in children with an intellectual disability. *Paediatr Child Health*. 2012; 17(2): 84–8. DOI: 10.1093/pch/17.2.84.
 11. Bennabi D., Haffen E. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Promising Treatment for Major Depressive Disorder? *Brain Sci*. 2018; 8(5): 81. DOI: 10.3390/brainsci8050081.
 12. Bullard L.M., Browning E.S., Clark V.P. et al. Transcranial Direct Current Stimulation's Effect on Novice Versus Experienced Learning. *Exp Brain Res*. 2011; 213(1): 9–14. DOI: 10.1007/s00221-011-2764-2.
 13. Cai M., Guo Z., Xing G. Transcranial Direct Current Stimulation Improves Cognitive Function in Mild to Moderate Alzheimer Disease: A Meta-Analysis. *Alzheimer Dis Assoc Disord*. 2019; 33(2): 170–8. DOI: 10.1097/WAD.0000000000000304.
 14. Lu H., Chan S., Chan W. et al. Randomized Controlled Trial of TDCS on Cognition in 201 Seniors With Mild Neurocognitive Disorder. *nn Clin Transl Neurol*. 2019; 6(10): 1938–48. DOI: 10.1002/acn3.50823.
 15. Marrus N., Hall L. Intellectual Disability and Language Disorder. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am*. 2017; 26(3): 539–54. DOI: 10.1016/j.chc.2017.03.001.
 16. Martin D.M., Liu R., Alonzo A. et al. Use of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) to Enhance Cognitive Training: Effect of Timing of Stimulation. *Exp Brain Res*. 2014; 232(10): 3345–51. DOI: 10.1007/s00221-014-4022-x.
 17. Ogundele M.O. Behavioural and emotional disorders in childhood: A brief overview for paediatricians. *World J Clin Pediatr*. 2018; 7(1): 9–26. Published 2018 Feb 8. DOI: 10.5409/wjcp.v7.i1.9.
 18. Reinhart R.M., Cosman J.D. Using Transcranial Direct-Current Stimulation (tDCS) to Understand Cognitive Processing. *Atten Percept Psychophys*. 2017; 79(1): 3–23. DOI: 10.3758/s13414-016-1224-2.
 19. Stagg C.J., Antal A., Nitsche M.A. Physiology of Transcranial Direct Current Stimulation. *J ECT*. 2018; 34(3): 144–52. DOI: 10.1097/YCT.0000000000000510.
 20. Thair H., Holloway A.L., Newport R. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner's Guide for Design and Implementation. *Front Neurosci*. 2017; 11: 641. DOI: 10.3389/fnins.2017.00641.