



Применение метода и аппаратуры ритмической транскраниальной магнитной стимуляции у младших школьников с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью

*В.Л. Ефимова, И.А. Таможенников, Н.А. Рябчикова,
А.В. Савельев*

Представлен опыт использования ритмической транскраниальной магнитной стимуляции в составе комплексной терапии синдрома дефицита внимания с гиперактивностью.

Ключевые слова: синдром дефицита внимания с гиперактивностью, специфическое расстройство формирования школьных навыков, ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция, немедикаментозные методы лечения.

The article presents some data about the experience of use of rhythmic transcranial magnetic stimulation (rTMS) as part of combined therapy of ADHD.

Keywords: ADHD, rhythmic transcranial magnetic stimulation (rTMS), specific developmental disorders of scholastic skills (SDDSS), drug-free modalities.

Синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) представляет актуальную проблему в связи с его высокой распространенностью среди детей, достигающей, по данным отечественных и зарубежных исследований, 4–18%, а также выраженными трудностями обучения и нарушениями поведения у детей этой группы [1, 2]. Синдром дефицита внимания с гиперактивностью – это дисфункция центральной нервной системы, проявляющаяся в трудностях концентрации и поддержания внимания, нарушениях обучения и памяти, а также в затруднениях при обработке сенсомоторной информации.

Причины возникновения СДВГ широко изучаются во всем мире. Есть данные в пользу генетической природы данного нарушения: предполагается, что этот синдром обусловлен нарушением экспрессии генов дофаминового рецептора (DRD4 и DRD2) и дофаминового транспортера (DAT1); другие исследователи связывают появление признаков СДВГ с нарушением активирующей функции ретикулярной формации, вызванным недостаточностью норадреналина [3].

Помимо ретикулярной формации, важное значение в патогенезе СДВГ имеет дисфункция лобных долей (префронтальной коры), под-

© Авторы, 2017
© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

*Виктория Леонидовна
Ефимова –
к.п.н., зам. директора по науке,
группа детских неврологических клиник
«Прогноз» (Санкт-Петербург)*
E-mail: prefish@ya.ru

*Илья Александрович
Таможников –
невролог,
группа неврологических клиник
«Прогноз» (Санкт-Петербург)*
E-mail: itam1@ya.ru

*Наталья Афанасьевна
Рябчикова –
д.б.н., ст. науч. сотрудник,
кафедра высшей нервной деятельности,
биологический факультет,
Московский государственный
университет им. М.В. Ломоносова*
E-mail: nat@guesstest.ru

*Александр Викторович
Савельев –
к.филос.н., ст. науч. сотрудник,
начальник патентного агентства
«©Уникально честное патентование»
(Москва)*
E-mail: gmkristo@yandex.ru



подкорковых ядер и соединяющих их проводящих путей. При спектральной томографии головного мозга у 65% детей с СДВГ обнаружено снижение кровотока в префронтальной коре головного мозга при интеллектуальных нагрузках, тогда как в контрольной группе – лишь у 5% [4].

Рассматриваемый синдром часто сочетается со специфическим расстройством формирования школьных навыков – это создает дополнительные трудности в процессе коррекции нарушений чтения, письма и математических навыков у младших школьников с трудностями в обучении [5].

В настоящее время в мире отмечается угрожающая тенденция: для коррекции поведения детей с СДВГ все чаще используются медикаменты, имеющие ряд опасных для здоровья побочных эффектов. В связи с этим необычайно актуальным становится поиск немедикаментозных методов, нормализующих функционирование мозга у детей с СДВГ. Одним из таких методов является *ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция* (рТМС).

Ц е л ь р а б о т ы – оценка эффективности использования данного метода в составе программы комплексной терапии для младших школьников с СДВГ.

Материалы и методы

Исследование проводилось на базе детской неврологической клиники «Прогноз» (Санкт-Петербург). В обследовании приняли участие 58 детей в возрасте от 7 до 11 лет (9 девочек, 49 мальчиков). У всех испытуемых СДВГ был диагностирован неврологом в соответствии с диагностическими критериями МКБ-10; курс рТМС был назначен неврологом в качестве лечебной процедуры. Перед началом курса все дети прошли функциональную диагностику: электроэнцефалографию (ЭЭГ) и «вызванные потенциалы» (ВП) (P300). Все исследования и процедуры проводились с письменного согласия родителей.

Основными причинами обращения родителей к неврологу являлись нарушения навыков чтения и письма, трудности при выполнении школьных заданий (необходимы контроль и мотивирующая помощь со стороны родителей).

Дети данной группы не успевали за темпом работы в классе, быстро истощалась концентрация внимания. Со стороны школьных педагогов предъявлялись жалобы на неусидчивость, нарушения поведения (импульсивность, частые конфликты со сверстниками и учителями, нежелание ребенка вести себя в соответствии с общепринятыми правилами поведения).

Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция проводилась с использованием аппарата «Нейро-МС/Д» компании «Нейрософт» (г. Иваново, Россия), применялся индуктор двойной угловой охлаждаемый – ИДУ-02-100-О. Осуществлялась низкочастотная стимуляция дорсолатеральной префронтальной зоны коры доминантного полушария головного мозга. Протокол стимуляции: бифазный стимул 1 Гц, 1200 импульсов, 90% вызванного моторного ответа (ВМО), точка стимуляции DLPFC доминантного полушария. Длительность курса составила 10 сеансов.

Во время процедур рТМС ребенок располагался в удобном кресле за столом и мог заниматься любой интересующей его спокойной игрой – большинство детей выбирали конструктор. Помимо процедур рТМС все дети прошли курс общего массажа, посещали занятия с логопедом и занятия нейродинамической гимнастикой.

Эффективность курса оценивалась с помощью методики вызванных слуховых потенциалов: эндогенный когнитивный связанный с событиями потенциал (P300). Исследование проводилось до и после курса. Вызванные потенциалы регистрировались на 4-канальной системе ЭМГ/ВП «VikingQuest» («Nicolet Biomedical», США). Использовались параметры регистрации P300, рекомендованные Международной ассоциацией клинических нейрофизиологов: электроды Fz, Cz, Pz, A1/A2 [6]. Серии слуховых стимулов подавались бинаурально с частотой тона для значимого стимула – 2000 Гц, для незначимого – 1000 Гц. Межимпульсный интервал – 2 с. Соотношение количества незначимых стимулов к значимым – 80/20. Инструкция для обследуемого – счет импульсов. Оценивалась латентность P300 и амплитуда N2/P3. Параметры регистрации ВП P300 представлены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры регистрации ВП Р300

Параметры	Используемые значения
<i>Для стимула</i>	
Частота тона	2000 Гц с 20% (значимый) 1000 Гц с 80% (незначимый)
Длительность	50 мс
Интенсивность	60 дБ
Межстимульный интервал	2 с
<i>Для регистрации и усреднения</i>	
Электроды	Fz, Cz, Pz
Референт	A1/A2
Заземление	Fpz
Подавление артефактов	>±100 мкВ
Число усреднений	≥15 для значимого стимула
Воспроизводимость	Суперпозиция серий по 20 усреднений

Статистический анализ данных проводился с использованием пакета Statistica 6.0 for Windows, для сравнения зависимых переменных применяли t-критерий Стьюдента и непараметрический критерий Вилкоксона (z-статистика).

Результаты и обсуждение

В последнее время в неврологической практике все чаще стали применять рТМС, при которой генерируется магнитное поле интенсивностью до 1,5...2 Тс. Генерируемое магнитное поле проникает внутрь черепа на глубину до 3 см и индуцирует в тканях головного мозга электрический импульс. Под воздействием индукционного электрического поля происходят деполяризация мембран корковых нейронов с возникновением потенциалов действия и распространение возбуждения в стимулируемых участках коры головного мозга. Потенциал действия, возникающий в нейроне под воздействием импульса рТМС, распространяется по аксону и способен через синапсы активизировать множество окружающих нейронов самых различных модальностей. Поэтому под воздействием рТМС в мозге могут возникать эффекты как кратковременного возбуждения, так и торможения, причем стимул может вызывать оба эти эффекта в зависимости от своей интенсивности и продолжительности. Еще в 90-х годах прошлого столетия было показано, что воздействие рТМС частотой ≥ 5 Гц действует возбуждающим образом, а при частотах 0,2...1 Гц – тормозящим образом [7].

Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция обладает способностью воздействовать на процессы регуляции функций, оказывая влияние на некоторые нейротрансмиттеры. Так, стимуляция лобной доли приводила к значительному росту уровня дофамина в гиппокампе; стимуляция левой дорсолатеральной префронтальной коры изменяла уровень глутамата в коре не только на стимулируемой, но и на противоположной стороне. Указанная стимуляция обладает не только сиюминутным, но и отсроченным эффектом, основой которых являются процессы нейропластичности (модификация синапсов под воздействием регулярно повторяющихся воздействий, продукция нейротрофических факторов) [8, 9].



Были получены следующие результаты: после курса рТМС у большинства младших школьников с СДВГ были зафиксированы изменения как латентности, так и амплитуды Р300. У 8% испытуемых изменений латентности Р300 не зафиксировано, у 21% наблюдалось увеличение латентности Р300, а у 71% – снижение латентности Р300 с 380,3 до 369,6 мс (табл. 2). Снижение латентности Р300 может свидетельствовать об улучшении процессов дифференцировки, запоминания и принятия решения.

Были зафиксированы также изменения амплитуды волны Р300, которые произошли после курса процедур рТМС. Исходно у большинства школьников с СДВГ амплитуда Р300 была повышена (> 20 мкВ), что свидетельствует о нарушении процессов торможения, снижения тормозного контроля. После курса рТМС отмечено снижение амплитуды Р300(N2/P3) с 20,5 до 17,2 мкВ; $z = 2,56$, $p = 0,018$ (рисунок).

Таблица 2. Изменения латентности волны Р300 у младших школьников с СДВГ после 10-дневного курса рТМС (58 детей, 7–11 лет)

Изменения латентности Р300	Относительное количество детей с изменениями, в %
Снижение	71
Увеличение	21
Нет изменений	8

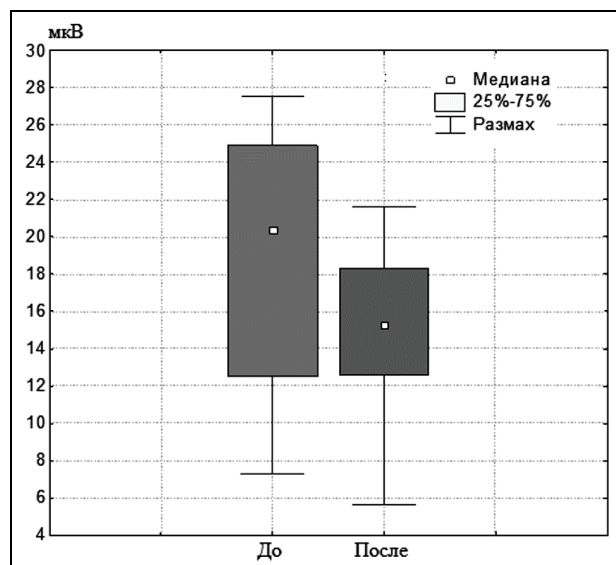
Примечание: различия значимы – $T = 3,68$; $p = 0,013$.



Данные, представленные на рисунке, указывают на позитивные изменения к лучшему в обучаемости детей, подтверждаются наблюдениями специалистов, которые проводили занятия во время курса рТМС. Специалисты и родители отмечали увеличение продолжительности продуктивной работы детей на занятиях, улучшение поведения (менее импульсивные, лучше принимали и соблюдали установленные правила поведения; со слов родителей – «более спокойные, более осознанные»). В ряде случаев отмечалось улучшение почерка.

На основании полученных результатов можно предположить, что терапевтический эффект рТМС связан с активацией не только лобных и префронтальных зон левого полушария [10], но и подкорковых структур, в том числе базальных ганглиев и лимбико-ретикулярного комплекса головного мозга – за счет обширных нисходящих связей префронтальной коры, а также стимуляции выработки дофамина.

- Применение метода ритмической транскраниальной магнитной стимуляции в составе комплексной терапии СДВГ является перспективным немедикаментозным способом



Изменения амплитуды P300 после 10-дневного курса рТМС у младших школьников с СДВГ

коррекции клинического состояния и функционального состояния головного мозга школьников с синдромом дефицита внимания и гиперактивности.

Литература

1. Заваденко Н.Н. Диагноз и дифференциальный диагноз синдрома дефицита внимания с гиперактивностью у детей // Школьный психолог. 2000. № 4. С. 2–6.
2. Белоусова Е.Д., Никанорова М.Ю. Синдром дефицита внимания с гиперактивностью // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2000. № 3. С. 39–42.
3. Faraone S.V., Biederman J. Neurobiology of attention deficit hyperactivity disorder // Biol. Psychiatry. 1998. V. 44. № 10. P. 951–958.
4. Amen D.G., Carmichael B.D. High-resolution brain SPECT imaging in ADHD // Ann. Clin. Psychiatry. 1997. V. 9. № 2. P. 81–86.
5. Batshaw M.L.P., Gaetano R.L. Children with disabilities // 7th ed. Baltimore. MD.: Brookes. London: Eurospan [distributor]. 2012. № 1. 928 p.
6. Гнездицкий В.В., Куликова С.Н., Кошурникова Е.Е. Особенности ЭЭГ и P300 в оценке когнитивных нарушений // Функциональная диагностика. Неврология. 2009. № 3. С. 43–49.
7. Chen R., Gerloff C., Classen J., Wassermann E.M., Hallett M., Cohen L.G. Safety of different inter-train intervals for repetitive transcranial magnetic stimulation and recommendations for safe ranges of stimulation parameters // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1997. V. 105. P. 415–421.
8. Hallett M., Chen R., Ziemann U. & Cohen L.G. In Transcranial Magnetic Stimulation. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplement 51 / Eds Paulus W., Hallett M., Rossini P.M., Rothwell J.C. Elsevier. Amsterdam. 1999. P. 183–187.
9. Савельева Н.А., Анисимов Г.В., Калашикова Т.П. Показатели когнитивных вызванных потенциалов у детей с речевым дизонтогенезом // Фундаментальные исследования. 2015. № 1–2. С. 346–349.
10. Савельев А.В. Открытие нейрофизических вихрей в нервной системе // Биомедицинская радиоэлектроника. 2015. № 6. С. 26–34.

Поступила 25 мая 2017 г.

Application of rhythmic transcranial magnetic stimulation for primary school children with attention deficit hyperactivity disorder



© Authors, 2017
© Radiotekhnika, 2017

V.L. Efimova

Ph.D. (Ped.), Deputy Director of Scientific Research, «Prognoz» Group Neurological Clinics (Saint-Petersburg)
E-mail: prefish@ya.ru

I.A. Tamozhnikov

Neurologist, «Prognoz» Group Neurological Clinics (Saint-Petersburg)
E-mail: itam1@ya.ru

N.A. Ryabchikova

Dr.Sc. (Biol.), Senior Research Scientist, Chair of The Higher Nervous Activity, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University
E-mail: nat@guesstest.ru

A.V. Savelyev

Ph.D. (Phylos.), Senior Research Scientist, Director of the Patent agency «©Uniquely honest patenting» (Moscow)
E-mail: gmkristo@rambler.ru

ADHD is quite common among young school children. This syndrome often goes in combination with specific developmental disorders of scholastic skills, which makes it significantly difficult to help a child with learning disabilities. At the present time, a child with ADHD is more often prescribed with medication which has a number of side effects that are dangerous for health. Due to this the development of drug-free modalities is of current interest. The article says about the experience of use of rhythmic transcranial magnetic stimulation (rTMS) as part of combined therapy of ADHD in *Prognoz Clinic* (Saint-Petersburg). 9 girls and 49 boys (aged 7-11) took part in the study. They were diagnosed with ADHD by a child neurologist. Initially EEG and ERP (P300) were carried out. Then all the children had a course of rTMS (10 procedures). A low-frequency stimulation of dorsolateral prefrontal lobe of the dominant hemisphere was carried out. The efficiency of the course was evaluated with P300 method. P300 latency and N2/P3 were measured. After the course of rTMS the following changes of P300 latency were fixed among patients: 8% of patients had no changes in P300 latency, 21% had the increase in P300 latency, and 71% - the decrease in P300 latency from 380.3 to 369.6 (ms), which can evidence of the improvement in differentiation processes, memory and decision making ability. Originally, most school children with ADHD had an increased P300 amplitude (more than 20 mV) which can indicate a disorder of excitation processes and reduction of an inhibition control. After the course the reduction of P300 amplitude (N2/P3) was recorded from 20.51 to 17.18 (mV), $T=3.57$. Therefore, rTMS is an advanced drug-free modality that normalises nervous system functioning of children with

REFERENCES

1. Zavadenko N.N. Diagnostika i differentsial'naya diagnostika sindroma defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu u detej // Shkol'nij psiholog. 2000. № 4. S. 2-6.
2. Belousova E.D., Nikanorova M.Ju. Sindrom defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu // Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii. 2000. № 3. S. 39-42.
3. Faraone S.V., Biederman J. Neurobiology of attention deficit hyperactivity disorder // Biol Psychiatry. 1998. V. 44. № 10. P. 951-958.
4. Amen D.G., Carmichael B.D. High-resolution brain SPECT imaging in ADHD // Ann Clin Psychiatry. 1997. V. 9. № 2. P. 81-86.
5. Batshaw M.L.P., Gaetano R.L. Children with disabilities // 7th ed. Baltimore, MD.: Brookes. London: Eurospan [distributor]. 2012. № 1. 928 p.
6. Gnezdickij V.V., Kulikova S.N., Koshurnikova E.E. Osobennosti JeJeG i R300 v ocenke kognitivnyh narushenij // Funkcional'naja diagnostika. Nevrologija. 2009. № 3. S. 43-49.
7. Chen R., Gerloff C., Classen J., Wassermann E.M., Hallett M., Cohen L.G. Safety of different inter-train intervals for repetitive transcranial magnetic stimulation and recommendations for safe ranges of stimulation parameters // Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1997. V. 105. P. 415-421.
8. Hallett M., Chen R., Ziemann U. & Cohen L.G. In Transcranial Magnetic Stimulation. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplement 51 / Eds Paulus W., Hallett M., Rossini P.M., Rothwell J.C. Elsevier. Amsterdam. 1999. P. 183-187.
9. Savel'eva N.A., Anisimov G.V., Kalashnikova T.P. Pokazateli kognitivnyh vyzvannyh potencialov u detej s rechevym dizontogenezom // Fundamentalnye issledovanija. 2015. № 1-2. S. 346-349.
10. Savel'ev A.V. Otkrytie nejrofizicheskikh vihvjev v nervnoj sisteme // Biomedicinskaja radioelektronika. 2015. № 6. S. 26-34.