

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpbr642717>

Магнитотерапия и периферическая магнитная стимуляция: отличия и особенности применения в детской практике

И.В. Бородулина¹, М.Ю. Герасименко^{1, 2}, О.В. Котова^{3, 4}, С.В. Павлова⁵, А.А. Ипатов⁵¹ Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования, Москва, Россия;² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия;³ Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия;⁴ Международное общество по изучению и эффективному контролю стресса и связанных с ним расстройств, Москва, Россия;⁵ Детская городская поликлиника № 39, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Магнитная стимуляция является разновидностью магнитотерапии, при которой происходит воздействие импульсным магнитным полем, обладающим наибольшей интенсивностью биологического эффекта, перспективным направлением считается его применение в детской практике.

Цель исследования — предоставление необходимого объёма знаний о возможностях использования магнитной стимуляции в лечебной практике и описание клинического случая.

Материалы и методы. Обобщены материалы по методу магнитной стимуляции как одной из важных составляющих физической терапии и реабилитации пациентов.

Результаты. Магнитная стимуляция характеризуется выраженным нейромюстимулирующим эффектом, а также обезболивающим, трофическим и противоотёчным действиями. Следует дифференцировать разные модальности магнитотерапии и выбирать конкретную методику, исходя из клинической задачи. Отмечены основные биофизические преимущества метода магнитной стимуляции. В отличие от переменной магнитотерапии, магнитную стимуляцию во время процедуры пациент хорошо слышит в виде пощёлкиваний (щелчок = стимул) и ощущает как отчётливое сокращение мышцы или комфортную вибрацию в зависимости от частоты воздействия. Важным параметром, который нужно подбирать «под пациента» и при необходимости изменять, является частота. В физиотерапевтической практике считается, что особенно выражены ответные реакции при воздействии импульсным магнитным полем при частоте до 20 Гц, при этом более низкие частоты обладают в большей степени стимулирующим эффектом, в то время как более высокие частоты — обезболивающим и микроциркуляторным.

Заключение. Вследствие доказанной эффективности и хорошей переносимости периферическая магнитная стимуляция является физиотерапевтическим методом выбора в нейро- и ортопедической практике при заболеваниях суставов и позвоночника, связанных с воспалением и мышечным спазмом, поражениях нервных волокон с болевым синдромом, хронической тазовой боли и нарушениях мочеиспускания. Вследствие доказанной эффективности и хорошей переносимости метод периферической магнитной стимуляции имеет широкие перспективы применения в педиатрической практике, что можно проследить на примере представленного клинического случая.

Ключевые слова: магнитная стимуляция; импульсное магнитное поле; магнитотерапия; боль в спине; сколиоз; кифоз; реабилитация; физиотерапия.

Как цитировать:

Бородулина И.В., Герасименко М.Ю., Котова О.В., Павлова С.В., Ипатов А.А. Магнитотерапия и периферическая магнитная стимуляция: отличия и особенности применения в детской практике // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2024. Т. 23, № 5. С. 263–271.

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpbr642717>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpbr642717>

Magnetotherapy and peripheral magnetic stimulation: differences and application in pediatric practice

Irina V. Borodulina¹, Marina Yu. Gerasimenko^{1, 2}, Olga V. Kotova^{3, 4},
Svetlana V. Pavlova⁵, Andrey A. Ipatov⁵

¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;

² The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia;

³ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;

⁴ International Society for the Study and Effective Management of Stress and Related Disorders, Moscow, Russia;

⁵ Children's City Polyclinic N. 39, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Magnetic stimulation, a form of magnetotherapy using pulsed magnetic fields with high biological effect intensity, represents a promising therapeutic direction in pediatric practice.

AIM: To provide comprehensive insight into the therapeutic potential of magnetic stimulation and present a relevant clinical case.

MATERIALS AND METHODS: The study reviews materials on magnetic stimulation as a critical component of physical therapy and rehabilitation for pediatric patients.

RESULTS: Magnetic stimulation demonstrates pronounced neuromuscular stimulation effects, along with analgesic, trophic, and anti-edematous actions. Differentiating between various magnetotherapy modalities is crucial, with specific techniques tailored to clinical objectives. The main biophysical advantages of magnetic stimulation are noted. Unlike variable magnetotherapy, magnetic stimulation produces audible clicking sounds during the procedure (click = stimulus), perceived by the patient as distinct muscle contractions or comfortable vibrations, depending on the applied frequency. Frequency is a critical parameter that must be individualized. In physiotherapy, pulsed magnetic fields at frequencies up to 20 Hz elicit the most significant responses. Lower frequencies predominantly stimulate, while higher frequencies provide analgesic and microcirculatory effects.

CONCLUSION: Peripheral magnetic stimulation, due to its proven efficacy and excellent tolerance, is the physiotherapeutic method of choice in neuro- and orthopedic practice. It effectively addresses joint and spine diseases associated with inflammation or muscle spasm, nerve fiber injuries with pain syndrome, chronic pelvic pain, and urinary disorders. Its safety and effectiveness make peripheral magnetic stimulation a highly promising tool for pediatric practice, as demonstrated by the clinical case presented.

Keywords: magnetic stimulation; pulsed magnetic field; magnetotherapy; back pain; scoliosis; kyphosis; rehabilitation; physiotherapy.

To cite this article:

Borodulina IV, Gerasimenko MYu, Kotova OV, Pavlova SV, Ipatov AA. Magnetotherapy and peripheral magnetic stimulation: differences and application in pediatric practice. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2024;23(5):263–271. DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpbr642717>

Submitted: 09.12.2024

Accepted: 15.12.2024

Published online: 28.12.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpbr642717>

磁疗与周边磁刺激：在儿科实践中的区别及应用特点

Irina V. Borodulina¹, Marina Yu. Gerasimenko^{1, 2}, Olga V. Kotova^{3, 4},
Svetlana V. Pavlova⁵, Andrey A. Ipatov⁵

¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;

² The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia;

³ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;

⁴ International Society for the Study and Effective Management of Stress and Related Disorders, Moscow, Russia;

⁵ Children's City Polyclinic N. 39, Moscow, Russia

摘要

背景。磁刺激是磁疗的一种类型，其通过脉冲磁场产生最显著的生物效应，在儿科实践中的应用具有很大的前景。

研究目的。提供关于磁刺激疗法在临床实践中应用可能性的必要知识，并展示一个临床案例。

材料与方法。总结了磁刺激作为物理治疗和患者康复的重要组成部分的方法和资料。

结果。磁刺激具有显著的神经肌肉刺激作用，还具有镇痛、营养代谢改善和抗水肿等效果。应根据具体的临床需求区分磁疗的不同模式并选择适当的技术。研究表明，磁刺激的主要生物物理学优势之一是患者在治疗过程中能明显感受到其效果：与变频磁疗不同，患者可以听到清晰的“咔哒”声（刺激信号），并感受到肌肉明显的收缩或频率依赖的舒适振动。频率是一个需要根据患者需求进行个性化调整的重要参数。在物理治疗中认为，当脉冲磁场频率低于20 Hz时，反应尤其显著，其中低频主要具有刺激作用，而高频则具有镇痛和促进微循环的效果。

结论。由于已证明其有效性和良好的耐受性，周边磁刺激已成为治疗神经和骨科相关疾病（如关节和脊柱的炎症、肌肉痉挛）、神经纤维损伤伴随疼痛综合征、慢性骨盆痛和排尿障碍的首选物理治疗方法。由于其良好的效果和耐受性，周边磁刺激在儿科实践中具有广泛的应用前景，这一点可通过所提供的临床案例得以体现。

关键词：磁刺激；脉冲磁场；磁疗；背痛；脊柱侧弯；脊柱后凸；康复；物理治疗。

引用本文：

Borodulina IV, Gerasimenko MYu, Kotova OV, Pavlova SV, Ipatov AA. 磁疗与周边磁刺激：在儿科实践中的区别及应用特点. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2024;23(5):263–271. DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpbr642717>

收到: 09.12.2024

接受: 15.12.2024

发布日期: 28.12.2024

АКТУАЛЬНОСТЬ

Магнитотерапия и магнитная стимуляция

Лечебные эффекты воздействия магнитных полей известны человечеству с давних времён — история применения магнитов в медицине насчитывает столетия. Явления магнетизма — притяжение и отталкивание полюсов — активно использовались врачевателями древности и Средневековья. В Китае лекари прикладывали магнитные камни к определённым точкам на теле пациента, швейцарский алхимик и врач Парацельс широко применял магниты для лечения воспаления, судорожных припадков и кровотечений. Можно предположить, что именно он впервые системно начал использовать различные полюсы магнита для достижения лечебных целей, да и сейчас во всём мире предлагается широкий ассортимент магнитной продукции: пояса, стельки, браслеты. Такие аксессуары, как и в далёкие времена, изготовлены из ферромагнетиков, т. е. объектов, обладающих собственным магнитным полем (магнетизмом). Эффективность таких изделий стремится к минимуму, т. к. человеческие ткани имеют очень низкий уровень восприимчивости к статическому магнитному полю, поэтому не существует научных доказательств целесообразности его применения для лечения каких-либо заболеваний.

Иной эффект наблюдается, если пропустить через ферромагнетик с большой магнитной проницаемостью электрический ток. В этом случае формируется магнитное поле, силовые линии которого окружают траекторию движущегося электрического заряда [1]. Таким образом, магнитное поле выступает особым видом материи, с помощью которой осуществляется связь и взаимодействие между движущимися электрическими зарядами [2]. Направление силовых линий магнитного поля зависит от направления электрического тока. При использовании постоянного электрического тока возникает постоянное магнитное поле (ПМП — поле постоянного направления, то есть не изменяющееся во времени ни по величине, ни по направлению); при использовании переменного электрического тока возникает переменное магнитное поле (ПеМП — поле переменного направления, то есть изменяющееся во времени по величине и направлению), частота которого определяется частотой питающего его электрического тока. Пульсирующее магнитное поле, получаемое за счёт прохождения пульсирующего тока, изменяется во времени по величине, но постоянно по направлению. В клинической практике с лечебно-профилактической целью применяют все три вида магнитных полей — постоянное, переменное и пульсирующее (в непрерывном или прерывистом режимах). При этом прерывистое магнитное поле является тождественным понятием импульсному магнитному полю (ИМП), когда происходит воздействие магнитным импульсом (стимулом) с определённой пиковой мощностью, при этом ИМП

может иметь различную форму (синусоидальную, прямоугольную, экспоненциальную и др.) [2].

В отечественной физиотерапевтической практике традиционно используются все виды магнитных полей. В чём же их отличия и особенности? Любое магнитное поле вызывает физико-химические сдвиги в тканях на молекулярном уровне, при этом постоянное поле наводит электрический ток в движущихся жидких средах (например, крови, текущей по кровеносным сосудам), а переменное и импульсное, прежде всего, в покоящихся биологических объектах, что приводит к изменению электрических зарядов в мембранах и около них [1, 3]. Интенсивность биологического воздействия, однако, повышается в ряду ПМП, ПеМП и ИМП. Переменные и импульсные магнитные поля приводят обычно к более стойким и выраженным изменениям, действуют возбуждающе, усиливают обмен веществ в тканях.

В целом метод магнитотерапии имеет весьма внушительную доказательную базу применения при широком круге скелетно-мышечных и неврологических заболеваний как в отечественной, так и зарубежной практике. Этот факт подтверждается неуклонно растущим интересом исследователей и повышением количества публикаций в научной литературе, что можно проанализировать в статистике международной базы цитирования PubMed: с 1966 года — года первой опубликованной статьи — их выпускаемое количество выросло в 2 тыс. раз.

Тем не менее традиционно сложилось так, что, направляя пациента на магнитотерапию, доктор подразумевает именно воздействие низкочастотным переменным магнитным полем. Между тем следует разграничивать возможности и показания для разных методик. Переменная магнитотерапия оказывает достаточно щадящий эффект, обладает умеренной обезболивающей реакцией, трофическим и противоотёчным действием [4]. Низкочастотная ПеМП применяется при ишемической болезни сердца, заболеваниях сосудов, воспалительных заболеваниях внутренних органов, переломах костей, патологии кожи и ЛОР-органов [5, 6]. При воздействии переменным магнитным полем у большинства больных не возникает никаких ощущений, поскольку рецепторы кожи не раздражаются, и значимого количества эндогенного тепла не образуется.

Импульсная магнитотерапия или магнитная стимуляция (МС) в ряду методов, связанных с применением магнитного поля, имеет наиболее выраженный профиль биологического воздействия. Интерес исследователей к эффектам МС активно развивался с середины XX в. В 1965 году R.G. Bickford и соавт. представили на конференции по медицинской электронике и биологическому инжинирингу в Токио полученные данные по стимуляции периферического нерва и последующего мышечного сокращения на животных и человеке высокочастотным импульсным магнитным полем, что доказало воздействие магнитного стимула, в первую очередь, на нервную

ткань [7]. Впоследствии эксперимент был многократно воспроизведён с помощью электромиографа, зарегистрирован мышечный ответ при стимуляции нерва, что позволило выявить особенности механизма действия периферической МС [8, 9].

Магнитный стимул вызывает опосредованную вторичную деполяризацию мембраны нерва за счёт возникающей разницы потенциалов, что ведёт к активации двигательной концевой пластинки и мышечному сокращению. При этом в первую очередь активируются нервные волокна (аксоны), позже — клетки (нейроны). В связи с этим МС обладает нейромиеостимулирующим эффектом, что широко используется в клинической практике для реабилитации двигательных расстройств, сопряжённых с парезом конечностей, посттравматическим и послеоперационным снижением функциональной мышечной силы [9, 10]. Действие МП на нервно-мышечный аппарат проявляется в увеличении мышечной работоспособности, в том числе и в условиях локального и общего утомления. С помощью интенсивного импульсного магнитного поля, индуцирующего в тканях на глубине 4–6 см вихревые токи, можно вызвать избирательное сокращение как скелетных, так и гладких мышц, внутренних органов.

В целом импульсная магнитотерапия — метод немедикаментозного лечения, имеющий наибольшую востребованность в нейро- и ортопедической реабилитации. Несомненной причиной является выраженный обезболивающий эффект, связанный с двойным механизмом воздействия [11]. Во-первых, МС обладает вазоактивным и противовоспалительным действием за счёт улучшения реологических свойств крови, повышения интенсивности микроциркуляции и ингибирования провоспалительных ферментов и пептидов, что наиболее активно проявляется при интенсивности воздействия менее 0,8 Тл. Во-вторых, магнитные импульсы подавляют сенсорный болевой сигнал, стремящийся в задние рога спинного мозга по Аβ и С волокнам, тем самым предотвращая процесс центральной сенситизации и активируя механизм воротного контроля боли. Таким образом, анальгетический эффект реализуется при различных типах болевых синдромов: связанных с воспалением (спондилоартрит, суставной синдром, миозит, острая и хроническая боль в спине, цервикокраниалгия) и поражением нервных волокон с нейропатическим компонентом (болевая полинейропатия, плексопатия, туннельные синдромы, комплексный регионарный болевой синдром, хроническая тазовая боль) [10–14].

Интересно, что даже при болевом синдроме центрального генеза (фибромиалгия, центральная постинсультная боль, фантомные боли) периферическая МС оказывает лечебное воздействие. В ряде исследований активности корковых структур в ответ на периферическое воздействие было показано, что МС способствует усилению процессов нейропластичности, церебрального кровотока, повышению внутрикоровой интеграции и нормализации процессов возбудимости коры головного мозга [10, 15, 16].

В настоящее время эффективность магнитной стимуляции изучена и продемонстрирована в большом количестве клинических исследований, в том числе весьма высокого методологического класса — с применением рандомизации и двойного ослепления при сравнении с плацебо. В частности, показано, что импульсная магнитотерапия сопоставима по эффективности (уменьшение интенсивности боли) с чрескожной электростимуляцией (ЧЭНС) после курса лечения, но значительно превосходит ЧЭНС и плацебо в отсроченном периоде (через 1 и 3 мес) у пациентов с острой и хронической болью в спине с локализацией в шейном и пояснично-крестцовом отделах позвоночника [17]. Особенностью действия МС является её «следовой характер»: после однократных воздействий реакции организма или отдельных систем сохраняются в течение 1–6 сут, а после курса процедур — 30–45 дней. Таким образом, ощутимые физиологические и лечебные эффекты магнитного поля наблюдаются после многократных воздействий, но достигнутый эффект сохраняется в течение нескольких месяцев, что отличает метод от электротерапии.

Перспективны результаты изучения периферической магнитной стимуляции при синдроме хронической тазовой боли (ХТБ). В исследовании Т.Н. Kim и соавт. отмечается значимое снижение выраженности простатической ХТБ на фоне промежуточной МС у пациентов с анамнезом трёхмесячной неэффективной фармакотерапии [18]. Аналогичные данные получены у пациентов с синдромом болезненного мочевого пузыря и пудендальной невралгией при воздействии импульсной магнитотерапией на область сакральных корешков [19, 20]. Примечательно, что МС работает не только при ХТБ, но и при нарушениях мочеиспускания, например, при синдроме гиперактивного пузыря — наиболее эффективной является частота 5 Гц [21]. Результаты клинической и исследовательской работы значительно расширяют терапевтические ниши применения магнитной стимуляции для урологической и гинекологической практики, а также помогают повысить возможности курации сложных пациентов, резистентных к базовым методам фармакотерапии [22–25].

Можно сказать, что магнитная стимуляция, обладая многообразным действием на организм, может заменить ряд других физических лечебных факторов. Важным моментом, который следует учитывать, остаётся техническая сторона вопроса. Аппарат для периферической МС должен обладать высокой выходной мощностью (3–4 Тл) для обеспечения пиковой интенсивности стимула, которая, тем не менее, должна гибко варьироваться ручным управлением для индивидуального подбора параметров процедуры. Следует сказать, что, в отличие от переменной магнитотерапии, при МС пациент хорошо слышит пощёлкивания (щелчок = стимул) и ощущает как отчётливое сокращение мышцы или комфортную вибрацию в зависимости от частоты воздействия. Таким

образом, вторым важным параметром, который нужно подбирать под пациента и при необходимости изменять, является частота. В физиотерапевтической практике считается, что особенно выражены ответные реакции при воздействии импульсным магнитным полем при частоте до 20 Гц, при этом более низкие частоты обладают в большей степени стимулирующим эффектом, в то время как более высокие — обезболивающим и микроциркуляторным. Вследствие широкого круга показаний для назначения МС и доказанной эффективности удобно не только формировать собственные программы стимуляции, но и использовать «защиты» в аппарат протоколы на основании данных из опубликованных исследований для оптимизации работы оператора и повышения эффективности терапии.

Следует также отметить основные биофизические преимущества метода магнитной стимуляции [23]:

МС беспрепятственно проникает через все ткани без затухания импульса и значимой потери напряжённости электрического поля, индуцированного магнитным индуктором, что обеспечивает стимуляцию в области, окружённой костной тканью, а также глубоко залегающие структуры (корешки спинного мозга, плечевое сплетение, седалищный, бедренный нервы и т. д.) без боли и дискомфорта в отличие, например, от электрической стимуляции;

МС не требует специальной подготовки кожных покровов и полного физического контакта с ними, то есть воздействие достигается даже на расстоянии нескольких десятков миллиметров стимулируемой поверхности от индуктора, что чрезвычайно важно при наличии нарушения целостности кожи; во время процедуры МС не требуется снимать одежду, что обеспечивает комфорт и комплаентность при воздействии на интимные зоны (например, область тазового дна и промежности).

Магнитотерапия — один из наиболее щадящих и комфортных методов воздействия, она легко переносится, не сопровождается какими-либо неприятными субъективными ощущениями и общими реакциями, хорошо сочетается с воздействием ряда других физических факторов. Всё это позволяет широко применять магнитотерапию у больных различного возраста, от детского (с 1,5 лет) до старческого при широком спектре показаний, в том числе и при наличии тяжёлой сопутствующей патологии в связи с тем, что МС имеет малое количество противопоказаний: наличие металлических имплантов, изготовленных из ферромагнетиков или электронных устройств, управляющих физиологическими функциями организма, в непосредственной близости от индуктора.

Вследствие доказанной эффективности и хорошей переносимости метод периферической магнитной стимуляции имеет широкие перспективы применения в педиатрической практике, что можно проиллюстрировать на примере следующего клинического случая.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Пациент В., 14 лет. Жалобы: боли в спине беспокоят в течение нескольких лет, в последнее время отмечает усиление (при оценке по визуальной аналоговой шкале [ВАШ] средняя интенсивность болевого синдрома составляет 50–60 мм, периодически достигает 80 мм). Боли ноющего, сжимающего характера локализуются паравертебрально вдоль позвоночника в грудном и поясничном отделах. Болевой синдром значительно ограничивает повседневную активность, усиливается в положении сидя и при ходьбе на расстояние более 800–1000 м.

При осмотре выявляется грубое нарушение осанки — кифосколиоз грудного и поясничного отделов позвоночника (рис. 1). Пальпаторно выявляется напряжение и болезненность паравертебральных мышц, больше слева.

Семейный анамнез отягощён: у матери диспластический сколиоз, оперирована в 17 лет, установлена транспедикулярная конструкция.

На обзорной рентгенографии позвоночника отмечается деформация грудного и поясничного отделов: S-образный кифосколиоз с торсией позвонков.

Диагноз: нарушение осанки. Диспластический кифосколиоз грудного и поясничного отделов позвоночника 3-й степени. Вертеброгенный болевой синдром. Мышечно-тонический синдром.

Пациент получал несколько курсов реабилитационного лечения, включающего лечебную гимнастику, физиотерапию (переменную магнитотерапию, низкоинтенсивную лазеротерапию), отмечал, что боль мешает выполнять физические упражнения, а процедуры уменьшают интенсивность болевого синдрома, но эффект нестойкий, регрессирует в течение 1–2 нед после окончания курса. Консультирован в Национальном медицинском исследовательском центре травматологии и ортопедии, рекомендована в плановом порядке реконструктивно-стабилизирующая операция.



Рис. 1. Внешний вид пациента сзади при осмотре.

Fig. 1. The patient's appearance from behind during examination.

Учитывая выраженность болевого синдрома, нарушение опороспособности и реактивный мышечный спазм, в рамках предоперационной подготовки (операция запланирована через 3–4 мес) пациенту назначена периферическая магнитная стимуляция паравerteбрально на область грудного и поясничного отделов позвоночника с двух сторон (10 Гц, 5 с посылка, 3 с пауза, общая продолжительность процедуры 20 мин, 4 точки воздействия) курсом 10 процедур через день.

В ходе динамического наблюдения пациент отметил уменьшение интенсивности боли после 3-й процедуры, при оценке после курса лечения по шкале ВАШ — в среднем 20–30 мм, максимальная выраженность — не более 40 мм, длительные безболевые промежутки. Со слов пациента после курса лечения может выдерживать длительное пребывание в положении сидя («впервые смог полностью высидеть киносеанс с друзьями в течение 2 ч»). При оценке через 1 и 2 мес после окончания курса периферической МС сохраняется «следовое» действие и отсроченный эффект, интенсивность боли по ВАШ — 30–40 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Магнитная стимуляция — разновидность магнитотерапии, при которой происходит воздействие импульсным магнитным полем, обладающим наибольшей интенсивностью биологического эффекта. МС характеризуется выраженным нейромиеостимулирующим эффектом, а также обезболивающим, трофическим и противоотечным действиями. Следует дифференцировать разные модальности магнитотерапии и выбирать конкретную методику исходя из клинической задачи. МС является физиотерапевтическим методом выбора в нейро- и ортопедической практике при заболеваниях суставов и позвоночника, связанных с воспалением и мышечным спазмом, поражениях нервных волокон с болевым синдромом, хронической

тазовой боли и нарушениях мочеиспускания. Вследствие доказанной эффективности и хорошей переносимости метод периферической МС имеет широкие перспективы применения в педиатрической практике, что можно проследить на примере представленного клинического случая.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Исследование проведено на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: М.Ю. Герасименко — курация статьи и редактирование; И.В. Бородулина — сбор и обработка материала, написание текста; О.В. Котова — сбор и обработка материала, редактирование текста статьи; С.В. Павлова — сбор материала; А.А. Ипатов — сбор материала.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The research was carried out at the personal expense of the author's team

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. M.Yu. Gerasimenko — article supervision and editing; I.V. Borodulina — collection and processing of material, writing the text; O.V. Kotova — collection and processing of material, editing the text of the article; S.V. Pavlova — collection of material; A.A. Ipatov — collection of material.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Венцак Е.В. Физиотерапия и физиопрофилактика: учебное пособие. Иркутск: Иркутский государственный медицинский университет, 2019. 144 с.
2. Лукомский И.В. Общая физиотерапия: курс лекций. Витебск: Витебский государственный медицинский университет, 2001. 98 с.
3. Гуськов А.А. Физические явления и эффекты в электромагнитных полях: учебное пособие. Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2018. 164 с.
4. Улащик В.С. Физиотерапия. Универсальная медицинская энциклопедия. Минск: Книжный дом, 2012. 640 с.
5. Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 368 с.
6. Абрамович С.Г., Адилов В.В., Антипенко П.В. Физиотерапия: национальное руководство. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 864 с.
7. Bickford R.G., Fremming B.D. Neuronal stimulation by pulsed magnetic fields in animals and man // Digest of the 6th International Conference on Medicine and Electronics Biology and Engineering. 1965. P. 112.
8. Geddes L.A. History of Magnetic Stimulation of the Nervous System // Journal of Clinical Neurophysiology. 1991. Vol. 8, N 1. P. 3–9. doi: 10.1097/00004691-199101000-00003
9. Beaulieu L.D., Schneider C. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on normal or impaired motor control. A review // Neurophysiol Clin. 2013. Vol. 43, N 4. P. 251–60. doi: 10.1016/j.neucli.2013.05.003
10. Kanjanapanang N., Chang K.V. Peripheral Magnetic Stimulation // StatPearls [Internet]. 2021.

11. Beaulieu L.D., Schneider C. Repetitive peripheral magnetic stimulation to reduce pain or improve sensorimotor impairments: A literature review on parameters of application and afferents recruitment // *Neurophysiol Clin*. 2015. Vol. 45, N. 3. P. 223–37. doi: 10.1016/j.neucli.2015.08.002
12. Binder A., Parr G., Hazleman B., Fitton-Jackson S. Pulsed electromagnetic field therapy of persistent rotator cuff tendinitis. A double-blind controlled assessment // *Lancet*. 1984. Vol. 1, N. 8379. P. 695–8. doi: 10.1016/s0140-6736(84)92219-0
13. Trock D.H., Bollet A.J., Markoll R. The effect of pulsed electromagnetic fields in the treatment of osteoarthritis of the knee and cervical spine. Report of randomized, double blind, placebo controlled trials // *J Rheumatol*. 1994. Vol. 21, N. 10. P. 1903–11.
14. Smania N., Corato E., Fiaschi A., et al. Repetitive magnetic stimulation: a novel therapeutic approach for myofascial pain syndrome // *J Neurol*. 2005. Vol. 252, N. 3. P. 307–14. doi: 10.1007/s00415-005-0642-1
15. Massé-Alarie H., Beaulieu L.D., Preuss R., Schneider C. Repetitive peripheral magnetic neurostimulation of multifidus muscles combined with motor training influences spine motor control and chronic low back pain // *Clin Neurophysiol*. 2017. Vol. 128, N. 3. P. 442–453. doi: 10.1016/j.clinph.2016.12.020
16. Massé-Alarie H., Flamand V.H., Moffet H., Schneider C. Peripheral Neurostimulation and Specific Motor Training of Deep Abdominal Muscles Improve Posturomotor Control in Chronic Low Back Pain // *Clin J Pain*. 2013. Vol. 29, N. 9. P. 814–23. doi: 10.1097/AJP.0b013e318276a058
17. Smania N., Corato E., Fiaschi A., et al. Repetitive magnetic stimulation: a novel therapeutic approach for myofascial pain syndrome // *J Neurol*. 2005. Vol. 252, N. 3. P. 307–14. doi: 10.1007/s00415-005-0642-1
18. Kim T.H., Han D.H., Cho W.J., et al. The Efficacy of Extracorporeal Magnetic Stimulation for Treatment of Chronic Prostatitis/Chronic Pelvic Pain Syndrome Patients Who Do Not Respond to Pharmacotherapy // *Urology*. 2013. Vol. 82, N. 4. P. 894–8. doi: 10.1016/j.urology.2013.06.032
19. Nizard J., Esnault J., Bouche B., et al. Long-Term Relief of Painful Bladder Syndrome by High-Intensity, Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of the Right and Left Dorsolateral Prefrontal Cortices // *Front Neurosci*. 2018. Vol. 12. P. 925. doi: 10.3389/fnins.2018.00925
20. Sato T., Nagai H. Sacral Magnetic Stimulation for Pain Relief from Pudendal Neuralgia and Sciatica // *Dis Colon Rectum*. 2002. Vol. 45, N. 2. P. 280–2. doi: 10.1007/s10350-004-6162-8
21. Бородулина И.В., Ковалев Г.В., Лабетов И.А., и др. Сакральная магнитная стимуляция при синдроме гиперактивного мочевого пузыря: сравнительный анализ протоколов с частотой 1 и 5 Гц // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2024. Т. 101, № 1. С. 22–29. doi: 10.17116/kurort202410101122
22. Бадалов Н.Г., Бородулина И.В., Ефимова В.И., Яковлев М.Ю. Неинвазивная периферическая магнитная стимуляция в терапии нейрогенных расстройств мочеиспускания у детей // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2023. Т. 100, № 4. С. 418–27. doi: 10.17116/kurort202310004118
23. Бородулина И.В., Рачин А.П., Бадалов Н.Г., Гуца А.О. Периферическая ритмическая магнитная стимуляция при нейрогенных расстройствах мочеиспускания: обзор литературы и результаты клинического исследования // *Нервно-мышечные болезни*. 2017. Т. 7, № 2. С. 54–66. doi: 10.17650/2222-8721-2017-7-2-54-66
24. Ковалев Г.В., Шкарупа Д.Д., Кубин Н.Д., и др. Трансвертебральная магнитная нейромодуляция как метод лечения гиперактивности мочевого пузыря: 6 месяцев наблюдения // *Вестник урологии*. 2020. Т. 8, № 4. С. 62–71. doi: 10.21886/2308-6424-2020-8-4-62-71
25. Бородулина И.В., Герасименко М.Ю. Применение магнитной стимуляции при нейрогенных и психогенных нарушениях мочеиспускания // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2022. Т. 21, № 6. С. 447–453. doi: 10.17816/rjpb117478

REFERENCES

1. Ventsak E.V. *Physiotherapy and physioprophyllaxis: a tutorial*. Irkutsk: Irkutsk State Medical University, 2019. 144 p. (In Russ.)
2. Lukomsky IV. *General physiotherapy: course of lectures*. Vitebsk: Vitebsk State Medical University, 2001. 98 p. (In Russ.)
3. Guskov AA. *Physical phenomena and effects in electromagnetic fields: a tutorial*. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, 2018. 164 p. (In Russ.)
4. Ulashchik VS. *Physiotherapy. Universal Medical Encyclopedia*. Minsk: Book House, 2012. 640 p. (In Russ.)
5. Ponomarenko GN. *General physiotherapy*. Moscow: GEOTAR-Media, 2012. 368 p. (In Russ.)
6. Abramovich SG, Adilov VV, Antipenko PV. *Physiotherapy: national guidelines*. Moscow: GEOTAR-Media, 2014. 864 p. (In Russ.)
7. Bickford RG, Fremming BD. Neuronal stimulation by pulsed magnetic fields in animals and man. *Digest of the 6th International Conference on Medicine and Electronics Biology and Engineering*. 1965:112.
8. Geddes LA. History of Magnetic Stimulation of the Nervous System. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 1991;8(1):3–9. doi: 10.1097/00004691-199101000-00003
9. Beaulieu LD, Schneider C. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on normal or impaired motor control. A review. *Neurophysiol Clin*. 2013;43(4):251–60. doi: 10.1016/j.neucli.2013.05.003
10. Kanjanapanang N, Chang KV. Peripheral Magnetic Stimulation. *StatPearls [Internet]*. 2021.
11. Beaulieu LD, Schneider C. Repetitive peripheral magnetic stimulation to reduce pain or improve sensorimotor impairments: A literature review on parameters of application and afferents recruitment. *Neurophysiol Clin*. 2015;45(3):223–37. doi: 10.1016/j.neucli.2015.08.002
12. Binder A, Parr G, Hazleman B, Fitton-Jackson S. Pulsed electromagnetic field therapy of persistent rotator cuff tendinitis. A double-blind controlled assessment. *Lancet*. 1984;1(8379):695–8. doi: 10.1016/s0140-6736(84)92219-0.

13. Trock DH, Bollet AJ, Markoll R. The effect of pulsed electromagnetic fields in the treatment of osteoarthritis of the knee and cervical spine. Report of randomized, double blind, placebo controlled trials. *J Rheumatol*. 1994;21(10):1903–11.
14. Smania N, Corato E, Fiaschi A, et al. Repetitive magnetic stimulation: a novel therapeutic approach for myofascial pain syndrome. *J Neurol*. 2005;252(3):307–14. doi: 10.1007/s00415-005-0642-1
15. Massé-Alarie H, Beaulieu LD, Preuss R, Schneider C. Repetitive peripheral magnetic neurostimulation of multifidus muscles combined with motor training influences spine motor control and chronic low back pain. *Clin Neurophysiol*. 2017;128(3):442–453. doi: 10.1016/j.clinph.2016.12.020
16. Massé-Alarie H, Flamand VH, Moffet H, Schneider C. Peripheral neurostimulation and specific motor training of deep abdominal muscles improve posturomotor control in chronic low back pain. *Clin J Pain*. 2013;29(9):814–23. doi: 10.1097/AJP.0b013e318276a058
17. Smania N, Corato E, Fiaschi A, et al. Repetitive magnetic stimulation: a novel therapeutic approach for myofascial pain syndrome. *J Neurol*. 2005;252(3):307–14. doi: 10.1007/s00415-005-0642-1
18. Kim TH, Han DH, Cho WJ, et al. The efficacy of extracorporeal magnetic stimulation for treatment of chronic prostatitis/chronic pelvic pain syndrome patients who do not respond to pharmacotherapy. *Urology*. 2013;82(4):894–8. doi: 10.1016/j.urology.2013.06.032
19. Nizard J, Esnault J, Bouche B, et al. Long-Term Relief of Painful Bladder Syndrome by High-Intensity, Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of the Right and Left Dorsolateral Prefrontal Cortices. *Front Neurosci*. 2018;12:925. doi: 10.3389/fnins.2018.00925
20. Sato T, Nagai H. Sacral magnetic stimulation for pain relief from pudendal neuralgia and sciatica. *Dis Colon Rectum*. 2002;45(2):280–2. doi: 10.1007/s10350-004-6162-8
21. Borodulina IV, Kovalev GV, Labetov IA, et al. Sacral magnetic stimulation in overactive bladder syndrome: comparative analysis of protocols with a frequency of 1 and 5 Hz. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2024;101(1):22–29. (In Russ.) doi: 10.17116/kurort202410101122
22. Badalov NG, Borodulina IV, Efimova VI, Yakovlev MY. Noninvasive peripheral magnetic stimulation in the treatment of neurogenic urination disorders in children. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2023;100(4):18–27. (In Russ.) doi: 10.17116/kurort202310004118
23. Borodulina IV, Rachin AP, Badalov NG, Goushcha AO. Peripheral repetitive magnetic stimulation for the treatment of neurogenic urinary disorders: literature review and investigational study. *Neuromuscular Diseases*. 2017;7(2):54–66. (In Russ.) doi: 10.17650/2222-8721-2017-7-2-54-66
24. Kovalev GV, Shkarupa DD, Kubin ND, et al. Transvertebral magnetic neuromodulation for the treatment of overactive bladder: 6 months follow-up. *Urology Herald*. 2020;8(4):62–71. (In Russ.) doi: 10.21886/2308-6424-2020-8-4-62-71
25. Borodulina IV, Gerasimenko MY. The use of magnetic stimulation in neurogenic and psychogenic urination disorders. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*. 2022;21(6):447–453. (In Russ.) doi: 10.17816/rjpb117478

ОБ АВТОРАХ

***Бородулина Ирина Владимировна**, канд. мед. наук, доцент;
адрес: Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1;
ORCID: 0000-0001-7526-1553;
eLibrary SPIN: 2152-5737;
e-mail: irina.borodulina@gmail.com

Герасименко Марина Юрьевна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-1741-7246;
eLibrary SPIN: 7625-6452;
e-mail: mgerasimenko@list.ru

Котова Ольга Владимировна, канд. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-3908-0381;
eLibrary SPIN: 1954-7765;
e-mail: ol_kotova@mail.ru

Павлова Светлана Викторовна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-5188-3796;
eLibrary SPIN: 8300-9342;
e-mail: pavlovasv@zdrav.mos.ru

Ипатов Андрей Александрович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-1207-2920;
e-mail: ipat76@gmail.ru

AUTHORS' INFO

***Irina V. Borodulina**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor;
address: 2/1 build. 1 Barrikadnaya street, Moscow, Russia, 125993;
ORCID: 0000-0001-7526-1553;
eLibrary SPIN: 2152-5737;
e-mail: irina.borodulina@gmail.com

Marina Y. Gerasimenko, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-1741-7246;
eLibrary SPIN: 7625-6452;
e-mail: mgerasimenko@list.ru

Olga V. Kotova, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor;
ORCID: 0000-0002-3908-0381;
eLibrary SPIN: 1954-7765;
e-mail: ol_kotova@mail.ru

Svetlana V. Pavlova, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-5188-3796;
eLibrary SPIN: 8300-9342;
e-mail: pavlovasv@zdrav.mos.ru

Andrey A. Ipatov, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-1207-2920;
e-mail: ipat76@gmail.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author