МАГНИТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ МЫШЦ ТАЗОВОГО ДНА И ЗАПИРАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРЯМОЙ КИШКИ КАК МЕТОД ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (обзор литературы)

Фоменко О.Ю., Титов А.Ю., Николаев С.Г., Мудров А.А.

ФГБУ «ГНЦК им. А.Н.Рыжих» Минздрава России, г. Москва
(директор – член-корр. РАН, профессор Ю.А.Шелыгин)
ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава России, г. Москва
(ректор – академик РАН Л.К.Мошетьова)

[Ключевые слова: неинвазивная магнитная стимуляция, недостаточность анального сфинктера, мышцы тазового дна, наружный анальный сфинктер, хронический запор]

MAGNETIC STIMULATION IS A METHOD OF PHYSICAL THERAPY IN COLOPROCTOLOGY (review)

Fomenko O.Yu., Titov A.Yu., Nicolaev S.G., Mudrov A.A.
State Scientific Centre of Coloproctology, Moscow, Russia
Russian Medical Postgraduate Education Academy, Moscow, Russia

[Key words: noninvasive magnetic stimulation, anal sphincter dysfunction, pelvic floor muscles, external anal sphincter, chronic constipation]

Адрес для переписки: Фоменко Оксана Юрьевна, ФГБУ «ГНЦК им. А.Н.Рыжих» Минздрава России, ул. Саляма Адиля, д. 2, Москва, 123423, тел.: 8 (499) 199-04-09, e-mail: info@gncck.ru

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы консервативного лечения больных с расстройствами моторно-эвакуаторной функции толстой кишки, а также пациентов с недержанием кала, относятся к одним из самых актуальных вопросов колопроктологии. Их решение требует применения высокотехнологичных методов терапии и мультидисциплинарного подхода. И здесь большую роль играют различные физиотерапевтические методики, в том числе, БОС-терапия [27,30], тиббиальная нейромодуляция [8,11] и др. Наиболее распространённым физиотерапевтическим методом лечения анальной инконтиненции является электростимуляция наружного сфинктера и мышц тазового дна [10,17]. Электрическая энергия применяется для возбуждения сокращений мышц, как правило, через стимуляцию нервных волокон или скоплений нервных клеток. Однако, применение данного метода связано с определёнными ограничениями, обусловленными, прежде всего, непосредственным контактом токо-

проводящих электродов прибора с кожными покровами пациента, что может вызывать болезненные ощущения. В качестве альтернативы, на протяжении 20 лет в ряде стран активно внедряется в колопроктологическую практику новый метод неинвазивной терапии – магнитная стимуляция (МС) [6,22,29].

История метода

В 1831 г. Фарадей продемонстрировал, что переменное магнитное поле может вызывать электрический ток в близлежащем проводнике. В 1959 году была произведена стимуляция периферического нерва лягушки с помощью переменного магнитного поля [13]. В 1965 году начался новый этап в применении переменного магнитного поля для стимуляции нервной системы, когда при использовании переменного магнитного поля с длительностью импульса 300 мкс и пиковым напряжением 20000-30000 Дж было констатировано возбуждение периферических нервов с регистрацией мышечного сокращения у млекопитающих, а также 6 добро-

вольцев, у которых удалось произвести стимуляцию лицевого нерва синусоидальным магнитным полем [17].

В 1985 году в Университете Шеффилда (Великобритания) создали первый коммерческий магнитный стимулятор для воздействия на центральную и периферическую нервную систему [4]. Все основные вопросы физиологии и физических основ неинвазивной магнитной стимуляции периферических нервов, безопасности её использования, а также преимуществ и недостатков метода суммированы в ставшей классической, работе Barker et al. [3].

Сегодня стимуляция с помощью переменного магнитного поля стала общедоступным методом, занявшим свою нишу в диагностике и лечении неврологических заболеваний, нейрохирургическом мониторинге, в педиатрии, урологии, колопроктологии, психиатрии и других областях медицины [22,23,24].

Механизм действия

Применение магнитной стимуляции подразумевает «безэлектродную» электрическую стимуляцию, при которой переменное магнитное поле действует как передаточное звено между катушкой и индуцированными электрическими токами в биологических тканях [1].

Электрическая энергия в магнитном стимуляторе аккумулируется в конденсаторах большой ёмкости. При замыкании эти конденсаторы быстро разряжаются через специальный индуктор – катушку из токопроводящей проволоки, и производят короткий импульс очень сильного тока (обычно в несколько тысяч ампер). В результате создаётся магнитное поле с пиковым значением 2-3 Тл, перпендикулярное направлению тока в катушке. Продолжительность действия магнитного поля обычно составляет 300 мс [1].

Если проводящие среды, какими являются биологические ткани организма, попадают в такое магнитное поле, то в этой среде индуцируется электрический ток. Напряжённость электрического поля, созданного такой стимуляцией, частично, связана с первой производной магнитного потока (В) по времени (dB/dt): чем быстрее изменяется магнитное поле, тем сильнее интенсивность наведённого вторичного электрического поля и, следовательно, сильнее стимуляция нерва. Далее механизм действия МС не отличается от электрической стимуляции. Под действием электрического раздражителя происходит деполяризация клеточной мембраны, активируются потенциалзависимые Na⁺-каналы и получившийся электрический ток ведет к дальнейшей деполяризации мембраны в виде потенци-

ала действия. Более подробное описание физических и физиологических основ методики генерации потенциала действия можно найти в специализированной литературе [1].

В случае с электрической стимуляцией, подаваемый импульс является раздражителем, и его проникновение в ткань ограничено. Все способы электростимуляции глубоких слоев тканей являются инвазивными, импульс проникает в ткани организма через накожные, игольчатые или имплантируемые электроды. При МС магнитное поле способно создать индукционный ток в глубоких слоях тканей вообще без контакта с поверхностью тела [1].

В физиотерапии можно выделить три вида магнитного воздействия: постоянное магнитное поле, магнитное поле в виде бегущей волны, импульсное интенсивное магнитное поле [4]. Постоянное магнитное поле обладает противоотечным действием, активирует защитные системы управляемой зоны, улучшает пластические процессы. Основное влияние постоянное магнитное поле оказывает на обменные процессы в тканях, что и дает необходимый терапевтический эффект [4].

Импульсное магнитное поле, в отличие от постоянного, позволяет проводить стимуляцию поверхностных и глубоких возбудимых структур, к которым можно отнести мышцы и нервы. По своему действию импульсное магнитное поле близко к электрическому воздействию, но имеет свои особенности, что позволяет использовать его более широко. В основе воздействия переменного (импульсного) магнитного поля лежит закон Фарадея (1831): переменное магнитное поле индуцирует в проводнике электрический ток. В организме человека в качестве проводника, в основном, выступают аксоны мотонейронов, в том числе, внутримышечные аксоны [4].

По сравнению с электрической стимуляцией магнитная стимуляция (МС) имеет свои особенности. Метод не предусматривает наложение электродов, следовательно, нет раздражения рецепторов кожи. Методика безболезненна. В отличие от электрической стимуляции, магнитное поле позволяет стимулировать глубокие структуры (до 10-15 см). Глубина проникновения поля зависит от магнитного индуктора. Так малый кольцевой индуктор (диаметр 100 мм) с большой интенсивностью поля на поверхности (например, до 2,2 Тл) на глубине 6-7 см будет иметь магнитный поток в 0,1 Тл. Большой индуктор (диаметр 150 мм) при индукции на поверхности в 1,2 Тл, на глубине 6-7 см будет иметь магнитный поток 0,2-0,3 Тл [4].

Основные эффекты импульсной МС связаны с применением разных частотных диапазонов и разной интенсивности стимула. Одиночные интенсивные

стимулы (более порога возбуждения) вызывают тормозные реакции [7], частотная стимуляция 5 Гц и более вызывает возбуждение [18]. Данные реакции наиболее изучены при стимуляции головного мозга. При воздействии на другие отделы нервной системы эффект МС определяется не только частотным диапазоном, но и структурами, на которые производится воздействие. Стимуляции могут быть подвержены нервные структуры сегментарного аппарата спинного мозга [6]. При этом возбуждается корешковая система в месте выхода спинномозгового нерва из межпозвонкового канала. Стимуляции могут быть подвергнуты и мышечные структуры. В этом случае возбуждение возникает на уровне внутримышечных аксонов [16]. Магнитная стимуляция при этом может использоваться для тренировки мышц, перераспределения тонуса мышц. Единичные стимулы при глубоком проникновении могут стимулировать отдельные нервы, как моторные, так и сенсорные. С учетом возникновения тормозных влияний, данный вид стимуляции может быть использован для лечения болевых синдромов [24]. Отмечены факты обратного (восходящего) воздействия периферической магнитной стимуляции на функциональное состояние сегментарных и корковых структур [25,26].

Первые работы по стимуляции сакральных отделов корешковой системы при нарушении функции тазовых органов были представлены в 1993 году [5]. Авторы изучали потенциалы с уретрального сфинктера у пациентов с поражением спинного мозга. Целью была диагностика проводящих путей. Первый эксперимент с использованием магнитной стимуляции в проктологии был проведен в 1998 году [20]. Было исследовано влияние магнитной стимуляции на ректальное давление у собак. Параметры стимуляции: 70% от максимальной интенсивности на протяжении от 1 до 5 сек. с частотой 20 Гц. Было показано, что данная стимуляция способствует усилению сократительной способности мышечных структур прямой кишки. Подобное воздействие было проведено у собак с двусторонней тазовой ганглиоэктомией как модели нарушения вегетативной иннервации тазовых органов [21].

В дальнейшем метод был опробован у пациентов с анальной инконтиненцией [22]. В исследовании участвовало 11 детей (6 мальчиков и 5 девочек), средний возраст которых составлял 9,3 года. В анамнезе у каждого пациента имелась грыжа спинного мозга с нарушением иннервации органов малого таза и нижних конечностей. Проводилась магнитная стимуляция с помощью магнитного индуктора, прикрепленного к перианальной области. Параметры магнитной стимуляции были уста-

новлены на 70% от максимальной интенсивности и частотой 40 Гц. Каждая последовательность стимуляции длилась 10 секунд (то есть на протяжении 10 секунд шла непрерывная стимуляция с частотой 40 Гц, затем следовала пауза от 1 до 10 секунд, в зависимости от пациента, и опять продолжалась стимуляция). Общее время процедуры составляло 25 минут. Одновременно записывались значения давления в анальном канале и ЭМГ наружного анального сфинктера.

В результате этого лечения установлено, что магнитная стимуляция производит активацию наружного анального сфинктера с последующим подъемом внутрианального давления у пациентов с нейрогенным недержанием кала. На основании полученных результатов было предложено использовать данный метод как простой, доступный в амбулаторных условиях, и экономически эффективный для лечения этого типа недержания. В 1999 году была опубликована аналогичная работа по урологии [31]. Авторами было показано, что применение магнитной стимуляции повышает внутриуретральное давление, как во время стимуляции, так и после сеансов. Стимуляция проводилась последовательностями по 1 мин., пауза 30 сек., с длительностью сеанса 15 минут и частотой стимуляции 20 Гц.

В 2001 году, при поддержке Американского общества восстановительной медицины, были опубликованы результаты магнитостимуляционной терапии органов малого таза у пациентов со спинальной травмой [14]. Для исследований были привлечены 11 лиц мужского пола, 2 здоровых и 9 мужчин с повреждениями спинного мозга на различных уровнях, от С3 до L1. Каждый испытуемый должен был пройти проверку физического состояния. Оценка включала пальцевое ректальное обследование для исключения травм аноректальной области и электронейромиографическое исследование бульбокавернозного рефлекса. Перед началом процедуры, пациентов попросили опустошить кишечник и мочевой пузырь. Для стимуляции было выбрано 2 области: трансабдоминальная и транссакральная. При выполнении трансабдоминальной стимуляции толстой кишки катушка магнитного индуктора размещалась в надлобковой области, пациент лежал на спине. Центр магнитного индуктора был расположен примерно на 10 см выше лобкового симфиза. В прямую кишку вводился баллонный катетер на глубину 10-15 см и измерялся уровень давления до начала стимуляции. Магнитный индуктор имел круглую форму и его пиковое значение напряжённости магнитного поля составляло более 2,2 Тесла. Начальные параметры магнитной стимуляции были установлены

на 70% от максимальной интенсивности, частота 30 Гц, и с длительностью пачки 1 секунда (длительность сеанса 10 минут). Во время процедуры велась постоянная регистрация значений внутрикишечного давления [14].

Далее положение магнитного индуктора меняли и располагали в пояснично-крестцовой области по срединной линии, при этом центр стимуляции находился на уровне L3-L4 позвонков. Параметры воздействия не отличались от предыдущих. Каждый пациент прошёл по 4 процедуры стимуляции трансабдоминальной и транссакральной области. При фиксированной интенсивности и частоте, увеличивалось лишь время последовательности с 1 секунды до 4 секунд на последней процедуре. Врачи пытались найти оптимальные параметры, которые бы обеспечивали максимальное изменение ректального давления. Во время процедуры, пациенты не испытывали какого-либо дискомфорта [14].

Следующим этапом исследования было изучение воздействия магнитной стимуляции на время кишечного транзита. Длительность проводимого курса терапии составляла 5 недель. Процедура стимуляции длилась 20 минут и проводилась дважды в день. До начала исследования и по окончании курса проводилось исследование времени транзита с помощью радиоизотопных маркеров. Начальное значение интенсивности было установлено на уровне 40%. Каждую неделю постепенно увеличивали амплитуду на 5%, достигнув 60% интенсивности на 4 неделе и оставив это значение на 5 неделе. Процедуры состояли из двух 10-минутных фаз. Пациент при этом находился в положении лёжа на животе. Во время первой фазы индуктор магнитного стимулятора находился на уровне 9 грудного позвонка. После окончания стимуляции нижнегрудных корешков спинного мозга, магнитный стимулятор перемещали на поясничную область, на уровень 4 поясничного позвонка. Значение рабочей частоты протокола было установлено на 20 Гц, а после 2-секундной последовательности стимуляции шла 28-секундная пауза [14].

Кроме того, на 2 добровольцах трудоспособного возраста проведены контрольные исследования. При стимуляции пояснично-крестцовой области (70% от максимальной интенсивности, 30 Гц частота и длительностью пачки 1 сек.) значение ректального давления повышалось, в среднем, с 46 до 60 см водного столба, тогда как при кашле давление повышалось с 60 до 72 см водного столба [14]. У пациентов со спинальной травмой при стимуляции пояснично-крестцовой области (при параметрах стимуляции в 30 Гц, 70% от макси-

мальной интенсивности и длительностью пачки 1 сек.), среднее ректальное давление увеличилось с $26,7 \pm 7,44$ см до $48,0 \pm 9,91$ см водного столба. При расположении магнитного стимулятора абдоминально, значения изменились с $30,0 \pm 6,35$ см до $42,7 \pm 7,95$ см водного столба. Установлено, что максимальное повышение ректального давления наблюдалось при расположении магнитного стимулятора с центром на остистом отростке 3 поясничного позвонка [14].

Положительный результат продемонстрировала и оценка времени транзита кишечного содержимого. Среднее полное время эвакуации кишечного содержимого уменьшилось с $105,2 \pm 6,66$ часов до $89,4 \pm 6,94$ часов. При анализе сегментарного транзитного времени, продолжительность пассажа по сигмовидной и прямой кишке уменьшилось с $50,4 \pm 9,79$ часов до $34,8 \pm 9,39$ часов. В одном случае пациент почувствовал резкий позыв к дефекации, при этом консистенция стула не изменилась. Остальные пациенты также заметили положительную динамику по ускорению эвакуации кишечного содержимого [14].

В 2007 году была опубликована работа, посвященная исследованию экстракорпоральной магнитной стимуляции анального сфинктера у женщин с недержанием кала и интактным наружным анальным сфинктером [23]. Данное исследование проводилось в США в University of Oklahoma Health Center; Louisiana State University Health Center.; Rush University. В исследовании приняло участие 30 женщин старше 18 лет. Шестнадцать из них закончили полный курс терапии. По данным обследования, у пациенток не было выявлено патологий более серьёзных, чем пролапс тазовых органов 2 степени. Все испытуемые согласились не использовать другие методы терапии в течение 8 недель исследования, а также в течение 18 недель после терапии. В течение последнего года до прохождения лечения, каждой пациентке проводилась колоноскопия, для исключения структурных аномалий, новообразований и воспалительных заболеваний, вызывающих недержание кала. Областью магнитной стимуляции была выбрана промежность, а анальное отверстие находилось по центру магнитного индуктора. Интенсивность стимуляции увеличивалась постепенно. Частота стимуляции была последовательно установлена на 5 и затем 50 Гц. В течение 3-х процедур мощность стимула устанавливалась на 100%. Длительность стимуляции составила 8 секунд, с последующей паузой 4 секунды. Каждая процедура длилась 20 минут по два раза в неделю. Общая продолжительность терапии составила 8 недель. Пациентки в ходе прохождения курса терапии заполняли анкету (Кливлендская

шкала инконтиненции), их состояние оценивалось через каждые две недели. Всем пациенткам для объективной оценки состояния мышц тазового дна проводили исследование вагинального давления. Было показано, что после прохождения полного курса терапии у пациенток произошло увеличение давления при волевом сокращении мышц тазового дна на $3,5 \text{ мм рт. ст.}$ с $11,81 \pm 2,81 \text{ мм рт. ст.}$, что укладывалось в диапазон нормальных значений ($15,0 \pm 4,5 \text{ мм рт. ст.}$). К концу курса отмечено улучшение до $5,31 \pm 2,1$ баллов по шкале инконтиненции по сравнению с исходным баллом $7,31 \pm 2,9$. Однако, спустя 4 недели результаты вернулись к прежним значениям [23].

В 2009 году в Каирском Университете проводилось похожее исследование [19]. Целью работы было выявление эффективности магнитной стимуляции мышц тазового дна в лечении послеродового недержания кала. Было отобрано 50 женщин-добровольцев репродуктивного возраста, после предварительной консультации с колопроктологом. Для подтверждения диагноза недержания проводилось физиологическое обследование, включающее аноректальную манометрию и ректальное УЗИ. Пациентки были разделены случайным образом на две группы (А и В). Каждая группа состояла из 25 женщин, страдающих послеродовым недержанием кала. Группа А занималась только физическими упражнениями для укрепления мышц тазового дна, в то время как группа В проходила курс магнитной стимуляции в дополнение к физическим упражнениям мышц тазового дна [19].

Программа упражнений продолжалась по двадцать минут три раза в неделю в течение восьми недель подряд. Все упражнения были направлены на максимальное усилие по сокращению мышц промежности.

В группе В при прохождении курса магнитной стимуляции, женщины находились в положении лежа. Магнитный индуктор круглой формы располагался в пояснично-крестцовой области. Центр стимуляции находился на 3-4 см латеральнее от срединной линии на уровне 3 крестцового позвонка. Параметры стимуляции были установлены на 100% интенсивность, частотой 50 Гц. Длительность процедуры лечения составляла 30 минут. Каждая процедура повторялась три раза в неделю в течение двух месяцев подряд [19].

Функциональная оценка результатов проводилась по результатам аноректальной манометрии. Они замерялись до проведения первой процедуры, после 12-й процедуры и в конце курса лечения в обеих группах.

До начала исследования отличий в измеряемых параметрах между группами не наблюдалось. После

прохождения полного курса терапии, практически у всех испытуемых в группе В, наблюдалось максимальное улучшение средних значений всех измеряемых показателей. Например, среднее значение давления покоя в группе В выросло с $20,6 \text{ мм рт. ст.}$ до $48,9 \text{ мм рт. ст.}$ при том, что в группе А, выполнявшей только упражнения для мышц тазового дна, среднее значение давления после курса тренировок составило лишь $35,3 \text{ мм рт. ст.}$ Среднее давление сокращения в группе В выросло с $49,6 \text{ мм рт. ст.}$ до $94,9 \text{ мм рт. ст.}$, а в группе А – лишь до $70,3 \text{ мм рт. ст.}$ [19].

На основании полученных данных, специалистами сделано следующее заключение: за счет воздействия переменного магнитного поля МС активирует крупные сакральные моторные нервные волокна, которые иннервируют поперечнополосатую мускулатуру наружного сфинктера и мышц тазового дна. При этом происходит повышение тонуса и сократительной способности этих мышц. Установлено, что магнитная стимуляция является высокоэффективным физиотерапевтическим методом лечения инконтиненции [19].

В 2008 году группа исследователей из Манчестерского университета (Великобритания) опубликовала результаты работы по изучению изменения возбудимости кортикоспинального тракта при ритмической магнитной стимуляции зоны корешков крестцовых нервов [9]. Ученые попытались получить сведения о том, как влияет частота стимуляции на активность анального сфинктера у пациентов с фекальным недержанием. Для этого было отобрано 8 человек (четыре женщины и четверо мужчин), средний возраст составлял 30 лет (от 19 до 40 лет). Центр магнитного индуктора располагался в пояснично-крестцовой области, на уровне 2 остистого отростка крестцового позвонка (на 5 см выше конца межъягодичной складки). Было выбрано две частоты для стимуляции – 5 и 15 Гц, а также плацебо стимуляция (наклонили магнитный индуктор на угол 90°). Для контроля полной энергии, общее количество импульсов было ограничено 2250. Каждый пациент прошёл все три варианта стимуляции. Частоты менялись каждую неделю, а процедура проводилась 3 раза в неделю. При частоте 5 Гц, длительность последовательно-сти стимуляции составляла 30 секунд, и межпачковый интервал был 30 секунд. На рабочей частоте 15 Гц длительность пачки составляла 5 секунд, при межпачковом интервале в 25 секунд. Общее время процедуры было установлено 15 минут. После проведения стимуляции через 30 и 60 минут проводилась оценка возбудимости проводящих путей с помощью транскраниальной магнитной стимуляции, с установленной интенсивностью в 100%

и 110% от порога моторного ответа. После регистрации ЭМГ, пациенты приступили ко 2 протоколу исследования. Параметры и центр магнитной стимуляции остались прежними, но с помощью аноректальной манометрии регистрировались значения анального давления до и после стимуляции. После окончания терапии и анализа полученных экспериментальных данных, учёные пришли к выводу, что 15 Гц – наилучшая частота для лечения фекальной инконтиненции. Это подтвердили данные записи ЭМГ. Именно на этой частоте отмечался максимальный подъем амплитуды моторного ответа (с 94 мкВ перед исследованием до 192 мкВ на 60-й минуте после процедуры), в то время как при 5 Гц стимуляции результаты практически не отличались от плацебо воздействия (114 и 109 мкВ, соответственно). Латентность моторного ответа и показатели аноректальной манометрии принципиально не изменились. Выбор частот был связан с тем, что частоты стимуляции в диапазоне до 5 Гц подавляют электрическую активность, а частоты в диапазоне более 5 Гц, наоборот, стимулируют. Возбуждение моторных волокон полового нерва оказывало прямое влияние на сократительную активность мускулатуры сфинктеров и мышц промежности [9].

В 2009 году было опубликовано 2 исследования, проведённые одной и той же группой учёных в Тайбэе [6,28]. Используя модифицированный протокол магнитной стимуляции, врачи добились положительных результатов в лечении хронического запора у лиц, страдающих болезнью Паркинсона и лиц со спинальной травмой. Были выбраны следующие параметры для стимуляции: 3-недельный курс состоял из 20-минутных сеансов стимуляции, проводившихся два раза в день. Каждая процедура состояла из двух 10 минутных фаз. Стимулировались поочерёдно области T9 и L3 позвонков. Пациенты располагались в положении сидя. Интенсивность плавно увеличивали с 50% до 70% за 3 процедуры. Частота стимуляции, длительность пачки и интервал отдыха были установлены, соответственно, 20 Гц, 2 секунды и 28 секунд. Результаты лечения оценивались по шкале симптомов KESS (Knowles-Eccersley-Scott-Symptom questionnaire) оценки частоты и тяжести кишечной симптоматики [12,16]. Заполнение опросника KESS было проведено до начала МС, в последний день после стимуляции и с 2-недельными интервалами в течение 3-х месяцев после окончания лечения. Интервью проводилось исследователем, который не знал результаты предыдущего опроса и данные исследований пациента. Время кишечного транзита до и после лечения было исследовано с помощью радиоизотопных маркеров. После тера-

пии по данной методике у 16 пациентов с хроническими запорами на фоне болезни Паркинсона наблюдалось статистически значимое снижение времени кишечного транзита, в среднем, с $64,9 \pm 9,4$ до $53,6 \pm 16,9$ часов и улучшение показателей по шкале KESS с $17,5 \pm 5,8$ до $11,4 \pm 5,7$. Данный эффект сохранялся в течение 3 месяцев после проведенного лечения. Вышеуказанный протокол был применен и у 22 пациентов с хроническими запорами на фоне спинальных травм. Всем больным выполнялись обязательные нейрофизиологические исследования (определение порогов электрочувствительности при анальной стимуляции и исследование бульбокавернозного рефлекса) с целью определения сохранности иннервации мышц тазового дна перед выполнением магнитной стимуляции. Кроме того, у всех пациентов были отменены лекарственные препараты, изменяющие моторику толстой кишки за два дня до исследования времени кишечного транзита. Результаты лечения также оценивались по шкале симптомов KESS. Время кишечного транзита до и после лечения было исследовано с помощью радиоизотопных маркеров. После терапии данной методикой было отмечено статистически значимое снижение времени кишечного транзита с $62,6 \pm 13,1$ до $50,4 \pm 16,7$ часов. Кроме того, регистрировалось снижение балла по шкале KESS с $24,5 \pm 4,4$ до $19,2 \pm 4,6$, что являлось положительной динамикой [28].

В работе тех же авторов, Chih-Pin Wang и Po-Yi Tsai, опубликованной в 2012 году в журнале Китайской Медицинской Ассоциации были приведены результаты применения МС у 19 пациентов старше 65 лет, удовлетворяющим Римским критериям III функционального запора [29]. Протокол стимуляции использовался такой же, как и в предыдущих работах. Время кишечного транзита до и после лечения было изучено с помощью радиоизотопных маркеров. Кроме того, у всех пациентов отменены лекарственные препараты, изменяющие моторику толстой кишки за три дня до исследования транзита. Этим пациентам выполнялась дефекография до и после магнитной стимуляции с оценкой остаточного объема. По результатам дефекографии до лечения более 15% больных имели признаки проктогенных запоров в виде спазма пуборектальной петли. Результаты лечения также оценивались по шкале симптомов KESS. При этом отмечено статистически значимое снижение времени кишечного транзита с $64,9 \pm 10,2$ до $52,1 \pm 17,2$ часов. Кроме того, регистрировалось снижение балла по шкале KESS с $23,4 \pm 7,5$ до $18,2 \pm 12,0$. По данным дефекографии, отмечалось снижение остаточного объема после дефекации [29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты представленных работ позволяют сделать вывод, что магнитно-импульсная терапия может являться достаточно действенным методом лечения функциональных нарушений толстой кишки и анальной инконтиненции. Магнитная стимуляция обладает бесспорным преимуществом перед методом электрической стимуляции, благодаря своей безболезненности и возможности воздействия на глубоко расположенные структуры. Кроме того, современное оборудование для МС не требует использования дорогостоящих расходных материалов, что делает данную терапию экономически эффективнее многих альтернатив. К сожалению, в настоящее время нет показаний и четких протоколов применения МС в колопроктологии и урологии, что затрудняет практическое использование метода.

Необходимо продолжение научных исследований с целью подтверждения эффективности лечебного воздействия магнитной стимуляции на мышцы тазового дна и запирательного аппарата прямой кишки и разработки протоколов практического ее использования, в частности, в колопроктологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин С.С., Куренков А.Л. Магнитная стимуляция в диагностике и лечении болезней нервной системы. Руководство для врачей. М.: САШКО. – 2003. – 378 с.
2. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии: Издание второе, перераб. и доп.: Иваново: Иван. гос. мед. Академия. – 2003. – 264 с.
3. Barker A.T., Freeston I.L., Jalinous R. et al. Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system: an introduction and the results of an initial clinical evaluation. *Neurosurgery*. – 1987 Jan; 20 (1): 100-109.
4. Barker A.T., Jalinous R., Freeston I.L. Non-invasive magnetic stimulation of the human motor cortex. *Lancet*. – 1985. – v. 1. 1106-1107.
5. Brodak P.P., Bidair M., Joseph A. et al. Magnetic stimulation of the sacral roots. *Neurourol. Urodin.* – 1993; 12: 533-540.
6. Chiu C.M., Wang C.P., Sung W.H. et al. Functional magnetic stimulation in constipation associated with Parkinson's disease. *Journal of Rehabilitation Medicine*. – 2009. – 41 (13), – p. 1085-1089.
7. Gerschlag W., Siebner H.R., Rothwell J.C. Decreased corticospinal excitability after subthreshold 1 Hz rTMS over lateral premotor cortex. *Neurology*. – 2001 Aug 14; 57 (3): 449-55.
8. Govaert B., Pares D., Delgado-Aros S. et al. A prospective multicentre study to investigate percutaneous tibial nerve stimulation for the treatment of faecal incontinence. *Colorectal Dis.* – 2010; 12 (12): 1236-1241.
9. Harris M.L., Singh S., Rothwell J. et al. Rapid rate magnetic stimulation of human sacral nerve roots alters excitability within the cortico-anal pathway. *Neurogastroenterol. Motil.* – 2008. – 20: 1132-1139.
10. Hosker G., Cody J.D., Norton C.C. Electrical stimulation for faecal incontinence in adults. *Cochrane database of systematic reviews*. – 2007 Jul 18; (3): CD001310.
11. Hotouras A., Thaha M., Boyle D. et al. Percutaneous tibial nerve stimulation (PTNS) improves functional outcomes in patients with faecal incontinence. *Colorectal Dis.* – 2011. – 13, suppl. 6: 12.
12. Knowles C.H., Eccersley A.J., Scott S.M. et al. Linear discriminant analysis of symptoms in patients with chronic constipation: validation of a new scoring system (KESS). *Dis. Colon Rectum*. – 2000; 43: 1419-1426.
13. Kolin A., Brill N.G., Broberg P.J. Stimulation of irritable tissues by means of an alternating magnetic field. *Proc Soc. Exp. Biol. Med.* – 1959 Oct; 102: 251-3.
14. Lin V.W., Nino-Murcia M., Frost F. et al. Functional magnetic stimulation of the colon in persons with spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. – 2001, 82 (2), 167-173.
15. Machetanz J., Bischoff C., Pichlmeier R. et al. Magnetically induced muscle contraction is caused by motor nerve stimulation and not by direct muscle activation. *Muscle & Nerve*. – 1994; 17, 1170-1175.
16. Ness J., Suciu N., Bridoux V. et al. Are digestive symptoms in women presenting with pelvic endometriosis specific to lesion localizations? A preliminary prospective study. *Human Reproduction*. – 2012; 27 (12): 3440-3449.
17. Norton C., Gibbs A., Kamm M.A. Randomized, Controlled Trial of Anal Electrical Stimulation for Fecal Incontinence. *Dis. Colon Rectum*. – 2006; 49: 190-196.
18. Peinemann A., Reimer B., Lör C. et al. Long-lasting increase in corticospinal excitability after 1800 pulses of subthreshold 5 Hz repetitive TMS to the primary motor cortex. *Clin. Neurophysiol.* – 2004 Jul; 115 (7): 1519-1526.
19. Sabbour A., Shafik A. The Effect of Magnetic Stimulation of Pelvic Floor on Treating Postpartum Fecal Incontinence. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy Cairo University*. – 2009. 14 (2), 155-164.
20. Shafik A. Effect of magnetic stimulation on the contractile activity of the rectum in the dog. *Eur. Surg.*

Res. – 1998. 30: 268-272.

21. Shafik A. Magnetic stimulation: a novel method for inducing evacuation of the neuropathic rectum and urinary bladder in a canine model. *Urology*. – 1999. 54: 368-372.

22. Shafik A. Treatment of fecal and urinary incontinent patients by functional magnetic stimulation of the pudendal nerve. *Coloproctology*. – 1999. – 21: 45-49.

23. Shobeiri S.A., Chesson R.R., West E.C. et al. A Pilot Study of Extracorporeal Magnetic Stimulation of the Pelvic Floor for the Treatment of Women With Fecal Incontinence and Underactive Pelvic Floor Muscles. *PELVIC MEDICINE & SURGERY*. – 2007. – v. 13, № 1. – Jan./Feb. 19-26.

24. Smania N., Corato E., Fiaschi A. et al. Therapeutic effects of peripheral repetitive magnetic stimulation on myofascial pain syndrome. *Clin. Neurophysiol.* – 2003 Feb; 114 (2): 350-358.

25. Struppler A., Angerer B., Gundisch C. et al. Modulatory effect of repetitive peripheral magnetic stimulation on skeletal muscle tone in healthy subjects: stabilization of the elbow joint. *Exp. Brain Res.* – 2004; 157 (1): 59-66.

26. Struppler A., Havel P., Muller-Barna P. Facilitation of skilled finger movements by repetitive peripheral magnetic stimulation (RPMS) – a new approach in central paresis. *NeuroRehabilitation*. – 2003; 18 (1): 69-82.

27. Suduca J.M. The value and limitations of biofeedback in ano-rectal pathology. *Ann. Gastroenterol. Hepatol. (Paris)*. – 1993 Mar-Apr; 29 (2): 68-80.

28. Tsai Po-Yi, Wang Chih-Pin, Chiu Fang-Yao et al. Efficacy of functional magnetic stimulation in neurogenic bowel dysfunction after spinal cord injury. *J.Rehabil. Med.* – 2009; 41: 41-47.

29. Tsai P.Y., Wang C.P. et al. Efficacy of spinal magnetic stimulation in elderly persons with chronic constipation. *J. Chin. Med. Assoc.* – 2012 Mar; 75 (3): 127-31.

30. Wald A. Biofeedback therapy for fecal incontinence. *Ann.. Intern. Med.* – 1981 Aug; 95 (2): 146-149.

31. Yamanishi T., Yasuda K., Suda S. et al. Effect of functional continuous magnetic stimulation on urethral losure in healthy volunteers. *Urology*. – 1999. 54: 652-655.