

## Применение аппарата высокоинтенсивной магнитной стимуляции в реабилитации после эндопротезирования коленного сустава у пациентов с саркопенией

*И.Л. Филонов<sup>1</sup>, А.В. Алабут<sup>1</sup>, В.Д. Сикилинда<sup>1</sup>, А.Г.Сухов<sup>2</sup>, А.В. Пилиева<sup>1</sup>,*

*А.А.Пушкин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Ростовский государственный медицинский университет, Ростов – на – Дону

<sup>2</sup> Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

**Аннотация:** В статье описано применение аппарата высокоинтенсивной магнитной стимуляции (ВМС) у пациентов с саркопенией, перенесших тотальное эндопротезирование коленного сустава. С этой целью использовали магнитный стимулятор «Нейро-МС» и электроэнцефалографическую установку «Нейрон-Спектр-5». На основании электроэнцефалографии определяли доминирующий спектральный пик (ДСП) альфа-ритма и тета-ритма моторной зоны головного мозга пациента. Использование аппарата позволяет уменьшить отек, интенсивность болевого синдрома, восстановить силу мышц, увеличить объем движений в оперированном суставе.

**Ключевые слова:** Высокоинтенсивная магнитная стимуляция, ВМС, саркопения, тотальное эндопротезирование коленного сустава, ТЭКС.

**Актуальность.** Приборостроение, в том числе медицинское – это кластер технологий диагностики и неинвазивного лечения пациентов с различными заболеваниями систем, органов и тканей [1,2]. Актуальной задачей аппаратного воздействия на организм человека является купирование боли и восстановление утраченных функций. Одним из перспективных методов в травматологии и ортопедии является высокоинтенсивная магнитная стимуляция (ВМС).

Стимулятор «Нейро-МС» предназначен для диагностического и лечебного воздействия магнитными импульсами на моторные зоны головного мозга и периферическую нервную систему.

В стимуляторе используются кратковременные магнитные импульсы, свободно проникающие сквозь одежду, кости черепа и мягкие ткани и воздействующие на глубокие периферические нервы, головной и спинной мозг, недоступные для других способов стимуляции.

Остеоартроз (ОА) коленного сустава является одной из важных проблем общественного здравоохранения, и его лечение имеет немалое значение для снижения бремени болезней в развитых странах [4-6]

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) является наиболее эффективным методом купирования болевого синдрома и восстановления функции сустава у больных с терминальной стадией ОА[8]. ОА коленного сустава страдает один процент людей в возрасте 25-34 лет, в возрасте старше 45 лет распространенность ОА коленного сустава составляет 19,2%, а в возрасте более 80 лет эта цифра увеличивается до 43,7% [9].

В пожилом и старческом возрасте у пациентов также развивается саркопения. Саркопения - это комплекс возрастных атрофических дегенеративных изменений скелетной мускулатуры, выражающийся в постепенном снижении как мышечной массы, так и силы, а также функциональной способности скелетных мышц [10-12]. По данным американского центра контроля заболеваемости (Centerfor Disease Controland Prevention, CDC) саркопения признана одним из пяти основных факторов риска заболеваемости и смертности у лиц старше 65 лет.

**Цели и задачи исследования.** Изучить возможность применения аппарата магнитной стимуляции «Нейро-МС» и разработать способ реабилитации пациентов, перенесших ТЭКС с включением ВМС в стандартный протокол. В рамках поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: на основании эксперимента определить оптимальные точки воздействия ВМС, кратность, частоту и интенсивность воздействия, разработать метод диагностики эффективности воздействия.

## **Материалы и методы.**

---

У пациентов с саркопенией в первые сутки после операции тотального эндопротезирования коленного сустава начинали воздействие высокочастотным высокоинтенсивным магнитным полем с импульсами малой длительности (100 мкс) и максимальной индукцией 4 Тл. С этой целью использовали магнитный стимулятор «Нейро-МС/Д» (г. Иваново, Россия), с плоской катушкой индуктивности диаметром 150 мм – индуктор «кольцевой большой» ИК-02-150.

Предварительно, на основании электроэнцефалографии определяют доминирующий спектральный пик (ДСП) ритма альфа волн (альфа-ритма) моторной зоны головного мозга пациента. С целью определения ДСП альфа-ритма производят регистрацию электроэнцефалограммы (ЭЭГ) монополярно с использованием 41 канального усилителя «Нейрон-Спектр 5» (Нейрософт, Россия) от 2-х отведений хлорсеребряных (Ag/AgCl) электродов по системе 10/20 Джаспера (C4, C3). Объединенные индифферентные электроды помещают на мочки ушей. При помощи программного обеспечения «Нейрон-Спектр.Net» энцефалографические сигналы фильтруются в частотном диапазоне 1–70 Гц и оцифровываются с частотой 500 Гц по каждому каналу. Все исследования проводятся в дневное время суток в слабо освещенной экранированной камере со звукоизоляцией. При анализе электроэнцефалограмм, для каждого из отведений проводят спектральный частотный анализ в диапазоне частот 0,5-35 Гц с шагом по частоте 4 Гц (спектральное окно 4 Гц). В соответствии с ДСП устанавливают индивидуальную частоту ритмической магнитной стимуляции.

Магнитный импульс генерируется плоской катушкой индуктивности диаметром 150 мм – индуктор «кольцевой большой» ИК-02-150 в течение 100 мкс. Магнитную стимуляцию начинают проводить с магнитной индукцией (МИ) 20-30% от максимальной 4 ТЛ и увеличивают постепенно равными промежутками от 1-й к 5-й процедуре до 55-60% от максимальной.

---

Частоту воздействия подбирают индивидуально для каждого пациента.

Режим воздействия в 1-3 сутки подбирается согласно альфа-ритма моторной зоны коры головного мозга пациента: в диапазоне частот 8-13 Гц, длительность стимула — 100 мкс, длительность серии — 5 мин, межимпульсный интервал — 0,1 с, воздействие на каждую область осуществляется течение 5 мин.

Режим воздействия в 4-10 сутки производится согласно ритму тета-ритму моторной зоны коры головного мозга частотой 4 Гц, длительность стимула — 100 мкс, длительность серии — 5 мин, межимпульсный интервал — 0,1 с (1 мс), воздействие на каждую область осуществляется течение 5 мин.

Высокочастотное высокоинтенсивное воздействие магнитным стимулятором «Нейро-МС/Д» осуществляют в трех областях нижней конечности. Для обеспечения адаптации тканей, для достижения обезболивающего и репаративного эффекта тканей передней области коленного сустава и передней группы мышц бедра по антеградному току нервного импульса, верхний край индуктора «кольцевого большого» (ИК-02-150) располагают в проекции выхода бедренного нерва из канала Гюнтера на границе средней и нижней трети бедра по медиальной поверхности между большой приводящей мышцей и медиальной порцией четырехглавой мышцы бедра. Для адаптационного и обезболивающего эффекта задней группы мягких тканей области коленного сустава и задней группы мышц бедра по антеградному току индуктор «кольцевой большой» (ИК-02-150) располагают в проекции хода седалищного нерва в середине треугольника, образованного задней верхней остью подвздошной кости, седалищным бугром и большим вертелом. Для адаптации, обезболивания, репарации области голени и икроножных мышц по ретроградному току нервного импульса индуктор «кольцевой большой» (ИК-02-150) располагают между медиальной и

---

латеральной головкой икроножной мышцы, по центру голени в проекции хода большеберцового нерва и общего малоберцового нерва.

В 4-10 день воздействие осуществляется в тех же трех областях. Для обеспечения мышечно-тонического эффекта передней группы мышц бедра и снижения выраженности послеоперационного отека по антеградному току нервного импульса верхний край индуктора «кольцевого большого» (ИК-02-150) располагают в проекции выхода бедренного нерва из канала Гюнтера на границе средней и нижней трети бедра по медиальной поверхности между большой приводящей мышцей и медиальной порцией четырехглавой мышцы бедра. Для обеспечения мышечно-тонического эффекта задней группы по антеградному току нервного импульса производится стимуляция мягких тканей области коленного сустава и задней группы мышц бедра току индуктор «кольцевой большой» (ИК- 02-150) располагают в проекции хода седалищного нерва в середине треугольника, образованного задней верхней остью подвздошной кости, седалищным бугром и большим вертелом. Для обеспечения мышечно-тонического эффекта по ретроградному току икроножных мышц индуктор «кольцевой большой» (ИК-02-150) располагают между медиальной и латеральной головкой икроножной мышцы, по центру голени в проекции хода большеберцового нерва и общего малоберцового нерва.

Для назначения ВМС имеются следующие противопоказания: неконтролируемая артериальная гипотензия, системные заболевания крови, склонность к кровотечениям, тромбофлебит и тромбоемболические осложнения, диффузный токсический зоб III ст., острые гнойные воспалительные процессы (абсцессы и флегмоны до вскрытия и дренирования полостей), желчекаменная болезнь, эпилепсия, наличие имплантированного кардиостимулятора и пр.

---

**Результаты и обсуждение.** Индукционные электрические токи, возникающие при действии высокоинтенсивных импульсных магнитных полей, имеют высокую плотность, на два-три порядка выше, чем при использовании низкочастотной магнитотерапии. Вызываемый ток ионов ведет к активации или возбуждению нервных клеток. От интернейронов возбуждение передается на мотонейрон и по эфферентным путям достигает соответствующего эффектора-мышцы. Наведенные электрические токи большой плотности вызывают возбуждение волокон периферических нервов и ритмическое сокращение миофибрилл. Проникающая способность импульсного магнитного поля превышает 4-5 см, поэтому, индуцированные им токи воздействуют на глубоко расположенные возбудимые структуры и внутренние органы. Глубина проникновения пропорциональна диаметру используемых индуктора и магнитного поля. Последнее является фактором активации ферментов антиоксидантной защиты. Под воздействием импульсных магнитных полей высокой интенсивности изменяется заряд клеток, дисперсность коллоидов и проницаемость клеточных мембран, что сопровождается различными как физиологическими, так и терапевтическими эффектами: нейро-миостимулирующим, сосудорасширяющим, трофикорегенераторным, обезболивающим и противовоспалительным.

Высокоинтенсивная магнитная стимуляция (ВМС) была применена нами у 17 пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава, предпринятого по поводу гонартроза. Саркопения у пациентов была диагностирована на основании снижения следующих показателей: мышечной массы с помощью денситометрии, мышечной силы (динамометрия) и мышечной функции (скорость ходьбы). Магнитная стимуляция проводилась по описанной выше методике. Обобщенные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Динамика реабилитационных показателей до и после  
высокоинтенсивной магнитной стимуляции у больных после ТЭКС

Параметры	Интенсивность боли по ВАШ, балл	Окружность коленного сустава, см	Окружность бедра, см	Окружность голени, см	Амплитуда М-ответа при электромиографии четырехглавой мышцы бедра, мV	Сгибание в коленном суставе, °	Разгибание в коленном суставе, °
До ВМС	7,5 ±1,8	50,7 ±2,0	54,2±1,9	47,6±2,3	3,9±0,6	120±3,2	160±2,2°
После ВМС	3,2 ±1,8	48,8 ±2,0	58,7±1,9	52,3± 2,3	4,1±0,8	90±3,2	175±2,2°

На основании исследования нами предложен способ реабилитации после ТЭКС с помощью применение аппарата магнитной стимуляции у пациентов с саркопенией (Свидетельство гос. регистрации №2018127394 от 27.07.2018).

**Выводы.** Применение магнитного стимулятора «Нейро-МС» в избранных нами точках по ходу бедренного, седалищного и большеберцового нервов позволяет добиться уменьшения отека, снижения интенсивности болевого синдрома, восстановления силовых характеристик скелетных мышц и расширение объема движений в оперированном суставе.

### Литература

1. Алабут А.В., Сикилинда В.Д., Клименко Н.Б. Современные технологии повышения точности имплантации при малоинвазивном

эндопротезировании коленного сустава на основании математического моделирования // Инженерный вестник Дона, 2013, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1533

2. Дубинский А.В. Способ проведения винтов при остеосинтезе переломов пяточных костей в заданные координаты // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 1) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1219

3. Бадокин В. В. Целесообразность применения нестероидных противовоспалительных препаратов в терапии остеоартроза // Трудный пациент. 2010. Т. 8, № 11. С. 25–30.

4. Чичасова Н. В. Клиническое обоснование применения различных форм препарата Терафлекс при остеоартрозе // Современная ревматология. 2010. № 4. С. 59–64.

5. Huskisson E. C. Modern management of mild-to-moderate joint pain due to osteoarthritis: a holistic approach // J. Int. Med. Res. 2010. Vol. 38, N 4. pp. 1175–1212.

6. Skou ST, Roos EM, Laursen MB, Rathleff MS, Arendt-Nielsen L, Simonsen O, et al. A Randomized, Controlled Trial of Total Knee Replacement. N Engl J Med. 2015;373 (17): pp. 1597–606.

7. Bijlsma J. Strategies for the prevention and management of osteoarthritis of the hip and knee. Best Pract Res Clin Rheumatol. 2007; Vol. 21(No. 1): pp. 59-76

8. Cruz-Jentoft A.J., Baeyens J.P., Bauer J.M, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. Age and Ageing. 2010;39(4): pp. 412-423.

9. Kim S.H., Kim T.H, Hwang H.J. The relationship of physical activity (PA) and walking with sarcopenia in Korean males aged 60 years and older using the Fourth Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV-2, 3), 2008-2009. Arch Gerontol Geriatr. 2013; 56(3): pp. 472–477.

---



10. Ji H.M., Han J., Jin D.S., Suh H., Chung Y.S., Won Y.Y. Sarcopenia and Sarcopenic Obesity in Patients Undergoing Orthopedic Surgery. ClinOrthop Surg. 2016;8(2): pp. 194-202.

### References

1. A.V. Alabut, V.D. Sikilinda, N.B. Klimenko. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1533](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1533)
2. Dubinskij A.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4 (part 1). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1219](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1219)
3. Badokin V. V. Trudnyj pacient. 2010. V. 8, № 11. pp. 25–30.
4. Chichasova N. V. Sovremennaja revmatologija. 2010. №4. pp. 59–64.
5. Huskisson E. C. J. Int. Med. Res. 2010. Vol. 38, N 4. pp. 1175–1212.
6. Skou ST, Roos EM, Laursen MB, Rathleff MS, Arendt-Nielsen L, Simonsen O, et al. N Engl J Med. 2015; 373(17): pp. 1597–606.
7. Bijlsma J. Best Pract Res ClinRheumatol. 2007;Vol. 21(No. 1): pp. 59-76
8. Cruz-Jentoft A.J., Baeyens J.P., Bauer J.M, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. Age and Ageing.2010; 39 (4): pp. 412-423.
9. Kim S.H., Kim T.H, Hwang H.J. Arch Gerontol Geriatr. 2013; 56(3): pp. 472–477.
10. Ji H.M., Han J., Jin D.S., Suh H., Chung Y.S., Won Y.Y. ClinOrthop Surg. 2016; 8(2): pp. 194-202.