

# Эффективность и безопасность применения магнитотерапии при остеоартрите.

## Совет экспертов (3 июня 2020 г., Москва)

А.Е. Каратеев<sup>1</sup>, А.М. Лиля<sup>1,3</sup>, А.Л. Верткин<sup>2</sup>, Л.И. Алексеева<sup>1</sup>, М.Ю. Герасименко<sup>3</sup>,  
В.В. Арьков<sup>4</sup>, С.Н. Смирнова<sup>5</sup>, М.Л. Сухарева<sup>1</sup>, М.Б. Цыкунов<sup>6,7</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Научно-исследовательский институт ревматологии им В.А. Насоновой» 115522, Российская Федерация, Москва, Каширское шоссе, 34А  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный медицинский университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России 127473, Российская Федерация, Москва, ул. Делегатская, 20, стр. 1

<sup>3</sup>ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России 125993, Российская Федерация, Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1

<sup>4</sup>ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения г. Москвы 105120, Российская Федерация, Москва, ул. Земляной Вал, 53, стр. 1

<sup>5</sup>ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского»

<sup>6</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава России 127299, Российская Федерация, Москва, ул. Приорова, 10

<sup>7</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» Минздрава России 125009, Российская Федерация, Москва, ул. Ломоносовский проспект, 28/29, стр. 1

Современная концепция лечения остеоартрита (ОА) основана на комплексном применении лекарственных препаратов, немедикаментозных методов, медицинской и социальной реабилитации. При этом немедикаментозные методы играют важнейшую роль, учитывая закономерное сочетание ОА и серьезных коморбидных заболеваний, значительно повышающих риск развития опасных лекарственных осложнений. Одним из наиболее распространенных немедикаментозных методов, который широко используется при стационарном и амбулаторном лечении ОА, является магнитотерапия. В ходе Совета Экспертов, с участием терапевтов, ревматологов, реабилитологов и физиотерапевтов, были обсуждены вопросы научного обоснования применения магнитотерапии в клинической практике, методологии данного метода лечения, наличия доказательной базы его эффективности и безопасности, а также целесообразности включения магнитотерапии в национальные рекомендации по лечению ОА.

**Ключевые слова:** остеоартрит, немедикаментозное лечение, магнитотерапия, транскраниальная магнитная стимуляция, эффективность, безопасность

**Для цитирования:** Каратеев АЕ, Лила АМ, Верткин АЛ, Алексеева ЛИ, Герасименко МЮ, Арьков ВВ, Смирнова СН, Сухарева МЛ, Цыкунов МБ. Эффективность и безопасность применения магнитотерапии при остеоартрите. Совет экспертов (03 июня 2020 г., Москва). *Научно-практическая ревматология*. 2020;58(6):734–742.

### EFFICIENCY AND SAFETY OF MAGNETOTHERAPY IN THE TREATMENT OF OSTEOARTHRITIS. EXPERT COUNCIL (3 JUNE 2020, MOSCOW)

Andrey E. Karateev<sup>1</sup>, Alexander M. Lila<sup>1,3</sup>, Arkady L. Vertkin<sup>2</sup>, Lyudmila I. Alekseeva<sup>1</sup>, Marina Yu. Gerasimenko<sup>3</sup>, Vladimir V. Arkov<sup>4</sup>, Svetlana N. Smirnova<sup>5</sup>, Marina L. Sukhareva<sup>1</sup>, Mikhail B. Tsykunov<sup>6,7</sup>

The modern concept for the treatment of osteoarthritis is based on the complex use of drugs, non-drug methods, medical and social rehabilitation. At the same time, non-pharmacological methods play an important role, given the natural combination of osteoarthritis and serious comorbid diseases, which significantly increase the risk of developing dangerous drug complications. One of the most common non-drug methods that is widely used in inpatient and outpatient treatment of osteoarthritis is magnetic therapy. During the Council of Experts, with the participation of therapists, rheumatologists, rehabilitologists and physiotherapists, the issues of the scientific substantiation of the use of magnetic therapy in clinical practice, the methodology of this method of treatment, the existence of an evidence base for its effectiveness and safety, as well as the advisability of including magnetic therapy in the national recommendations for the treatment of osteoarthritis were discussed.

**Keywords:** osteoarthritis, non-drug treatment, magnetotherapy, transcranial magnetic stimulation, efficacy, safety

**For citation:** Karateev AE, Lila AM, Vertkin AL, Alekseeva LI, Gerasimenko MYu, Arkov VV, Smirnova SN, Sukhareva ML, Tsykunov MB. Efficiency and safety of magnetotherapy in the treatment of osteoarthritis. Expert Council (3 June 2020, Moscow). *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya = Rheumatology Science and Practice*. 2020;58(6):734–742 (In Russ.).

doi: 10.47360/1995-4484-2020-734-742

Остеоартрит (ОА) — наиболее распространенное прогрессирующее заболевание суставов, с которым связаны тяжелые страдания, инвалидизация и потеря социальной активности миллионов людей [1–3]. По официальной статистике Минздрава РФ, в нашей стране в 2015 г. было зарегистрировано около 4,35 млн больных ОА [4], однако данные популяционных исследований свидетельствуют о существенно большей распространенности этого заболевания, достигающей 13% популяции [5]. ОА не только ухудшает качество жизни, но и приводит к снижению ее продолжительности. Хроническая боль, метаболические нарушения, значительное снижение физической активности и депрессия, возникающие

при этом заболевании, способствуют прогрессированию коморбидной патологии сердечно-сосудистой системы (ССС), что существенно повышает риск развития кардиоваскулярных катастроф [1, 3, 6]. По данным обзора серии популяционных исследований, проведенного R. Cleveland и соавт. [7], вероятность летального исхода среди больных ОА коленного (КС) и тазобедренного суставов (ТБС) в 1,6 раза выше, чем в популяции.

Современная концепция терапии ОА заключается в комплексном подходе, направленном на устранение симптомов болезни (боли, скованности, нарушения функции суставов, утомляемости, гипотрофии околосуставных мышц, синовита и др.)

и замедление ее прогрессирования, связанного с воспалительными и дегенеративными изменениями хряща, субхондральной кости. Принципиальное значение имеет медицинская реабилитация, направленная на устранение боли, нормализацию трофики суставных и околосуставных структур, восстановление амплитуды движений в суставе, опорной и локомоторной функции нижней конечности, а также психологического состояния пациентов [1, 8–10].

Одну из основных позиций при лечении ОА занимают нефармакологические методы, которые оказывают обезболивающее и противовоспалительное действие, улучшают трофику тканей и способствуют активации репаративных процессов [10–12]. Нефармакологические методы снижают потребность в анальгетических средствах — нестероидных противовоспалительных препаратах (НПВП) и внутрисуставном введении глюкокортикоидов, которые могут вызывать опасные нежелательные реакции (НР) и представлять серьезную угрозу для больных. Это представляется особенно важным, поскольку подавляющее большинство пациентов с ОА относятся к старшим возрастным группам и часто имеют нескольких коморбидных заболеваний [6, 7].

Среди нефармакологических методов лечения ОА следует выделить магнитотерапию (МТ), которая широко используется в российской и мировой медицинской практике и обладает серьезной доказательной базой [13]. Так, в недавно опубликованном обзоре экспертов EULAR (Европейской Антиревматической Лиги), посвященном немедикаментозным методам лечения боли при ОА и воспалительных артритах, доказательность применения электромагнитного воздействия определена по системе GRADE как 2–3 («умеренная») [12].

### Биологические эффекты магнитотерапии

Применение МТ для лечения больных ОА основано на благоприятных эффектах электромагнитного воздействия на биологические системы [14]. Человеческий организм восприимчив к магнитным полям вследствие ферромагнитных свойств крови, наличия трансмембранного электрического потенциала клеток, связанного с градиентом концентрации ионов  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  во вне- и внутриклеточном пространстве, и появления электрических токов, сопровождающих передачу афферентных и эфферентных сигналов по нервной системе, а также при сокращении мышечных волокон [15–17]. Переменное магнитное поле вызывает слабый нагрев тканей человеческого организма, что приводит к ускорению обменных процессов и способствует активации ряда

медиаторных систем, в частности, связанных с белками теплового шока и пуриnergическими рецепторами [18–20]. По данным экспериментальных исследований, МТ снижает активность макрофагов и моноцитов, подавляет продукцию провоспалительных цитокинов и медиаторов (в т. ч. путем стимуляции рецепторов  $A_2A$  и  $A_3$ ) [20, 21], уменьшает активацию периферических ноцицепторов и афферентных нейронов болевой системы (в т. ч. за счет влияния на потенциал-зависимые ионные каналы VGSCs, VGKCs, VGCCs, TRPV, TRPA и др.) [22–24]. Таким образом, МТ может оказывать противовоспалительное и анальгетическое действие.

Исследования, выполненные с использованием биологических моделей, продемонстрировали способность МТ ускорять пролиферацию мезенхимальных клеток и дифференцировку хондроцитов и остеоцитов за счет повышения синтеза факторов роста (таких как TGF- $\beta$  и BMPs), стимулируя тем самым ремоделирование и репарацию ткани сустава, в т. ч. при экспериментальном ОА [25–27]. Применение кратковременного «пульсирующего» высокоинтенсивного (от 0,5 до 4,0 Тл) низкочастотного переменного магнитного поля на область головы и шеи приводит к торможению работы нейронов коры головного мозга, особенно в областях с патологически повышенной нейрональной активностью. Этот механизм ингибирующего влияния на центральную нервную систему лежит в основе методики транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС), которая широко используется для лечения неврологических заболеваний и психических расстройств [28–30].

### Методология магнитотерапии

В медицинской практике используют различные модальности магнитного поля, которые определяются его постоянством или динамикой во времени, частотой изменения направления вектора магнитной индукции, формы индуцирующего электрического тока, а также интенсивностью магнитного потока [14, 31]. Так, при использовании источников постоянного магнитного поля магнитная индукция стабильна во времени, ее вектор остается постоянным по значению и направлению в каждой точке биологического объекта. Переменное магнитное поле (ПеМП) индуцируется источниками переменного электрического тока, при этом значение и направление магнитной индукции постепенно изменяются в каждой области воздействия. Именно ПеМП в разных модификациях наиболее часто применяется в качестве метода МТ, поскольку оно обладает более выраженным биологическим эффектом. К ПеМП относится *пульсирующее магнитное поле*,

<sup>7</sup>ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России 117997, Российская Федерация, Москва, ул. Островитянова, 1

<sup>1</sup>V.A. Nasonova Research Institute of Rheumatology 115522, Russian Federation, Moscow, Kashirskoye Highway, 34A  
<sup>2</sup>A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry 127473, Russian Federation, Moscow, Delegatskaya str., 20, building 1

<sup>3</sup>Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation 125993, Russian Federation, Moscow, Barrikadnaya str., 2/1, building 1

<sup>4</sup>Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department 105120, Russian Federation, Moscow, Zemlyanoy Val str., 53, building 1

<sup>5</sup>Moscow Regional Research and Clinical Institute ("MONIKI") 129110, Russian Federation, Moscow, Shchepkina, 61/2, korpus 1

<sup>6</sup>N.N. Priorov Central Research Institute of Traumatology and Orthopedics 127299, Russian Federation, Moscow, Priorova str., 10

<sup>7</sup>N.I. Pirogov Russian National Research Medical University 117997, Russian Federation, Moscow, Ostrovitianova str., 1

**Контакты:** Каратеев Андрей Евгеньевич, [aekarat@yandex.ru](mailto:aekarat@yandex.ru)

**Contacts:** Andrey Karateev, [aekarat@yandex.ru](mailto:aekarat@yandex.ru)

**Поступила** 26.10.2020  
**Принята** 13.11.2020

у которого вектор магнитной индукции изменяется по величине, но не по направлению; *импульсное магнитное поле*, которое возникает от индуктора с различной формой импульсов тока (синусоидальная, прямоугольная, треугольная); *импульсное бегущее магнитное поле*, перемещающееся в пространстве относительно пациента и быстро изменяющееся во времени; и *вращающееся магнитное поле*, вектор магнитной индукции которого перемещается в пространстве. По интенсивности потока магнитные поля подразделяют на слабые ( $<0,5$  мТл), средние ( $0,5–50$  мТл), сильные ( $50–500$  мТл) и сверхсильные ( $>500$  мТл), по частоте — на низкочастотные ( $<1000$  Гц), среднечастотные (от  $1$  кГц до  $1$  МГц) и высокочастотные ( $>1$  МГц). Различные модальности МТ позволяют дифференцировать воздействие в зависимости от области тела, локализации патологического процесса в той или иной ткани, характера заболевания и др. МТ может носить характер локального (на ограниченную часть тела) или общего воздействия (на площадь  $>400$  см<sup>2</sup> или все тело). При этом для общей МТ используются слабые и средние, для локальных воздействий — средние и сильные, а в методике ТМС — сверхсильные магнитные поля [31].

Многие аппараты, используемые для МТ, способны создавать несколько модальностей магнитного поля, что позволяет подбирать индивидуальный режим воздействия в зависимости от клинической ситуации, пораженной области и телосложения пациента. Так, медицинское изделие «АЛМАГ+» способно работать в двух режимах импульсного бегущего магнитного поля с частотой  $6,25$  Гц, длительностью импульса от  $1,2$  до  $2$  мс и интенсивностью воздействия от  $8$  до  $20$  мТл, а также в режиме статического магнитного поля. «Полимаг-02М» может создавать импульсное бегущее магнитное поле с интенсивностью от  $2$  до  $25$  мТл, статичное магнитное поле — от  $2$  до  $6$  мТл, локальное магнитное излучение для офтальмологической практики с интенсивностью до  $45$  мТл.

### Эффективность магнитотерапии

Проведена серия рандомизированных клинических исследований (РКИ), подтвердивших анальгетическое действие МТ при ОА. Так, S. Li и соавт. [32] провели по системе Cochrane мета-анализ 9 РКИ ( $n=636$ ), в которых истинная МТ (и-МТ) сравнивалась с ложной (л-МТ, плацебо). Было показано достоверное различие в динамике боли в группах активной терапии, по сравнению с плацебо — в среднем на  $15,1$  (95% доверительный интервал (ДИ):  $9,08–21,13$ ) мм по визуальной аналоговой шкале (ВАШ); абсолютное улучшение у получавших и-МТ составило 15% от исходного уровня. В работе Z. Wu и соавт. [33], представляющей мета-анализ 12 РКИ МТ (из них 10 — при ОА КС,  $n=799$ ), также было показано преимущество активной терапии в сравнении с плацебо. Стандартизированное различие средних (СРС) составило для боли при ОА КС  $0,54$  (95% ДИ:  $-1,04 \div -0,04$ ,  $p=0,03$ ), при ОА суставов кистей —  $-2,85$  (95% ДИ:  $-3,65 \div -2,04$ ,  $p<0,00001$ ). Аналогично, достоверным было отличие влияния и-МТ на функциональный статус. Еще одним веским подтверждением эффективности МТ стал опубликованный в апреле 2020 г. X. Yang и соавт. [34] обзор 16 РКИ, в которых оценивалось влияние данного метода лечения на клинику и качество жизни пациентов с ОА. Было показано, что и-МТ, в сравнении с плацебо, обеспечивала более значимое снижение

интенсивности болевых ощущений, скованности и функциональных нарушений.

В качестве примера успешного использования МТ при ОА можно привести недавнее РКИ G. Bagnato и соавт. [35], которые сравнили и-МТ и л-МТ у 60 больных ОА КС. Через 30 дней интенсивность боли в группе и-МТ снизилась в среднем на  $13,6$ , в группе л-МТ — на  $7,5$  мм ВАШ ( $p<0,05$ ); индекс боли по WOMAC — на  $23,4$  и  $14,4\%$  ( $p<0,05$ ). Аналогичные данные были получены H. Wuschek и соавт. [36], применивших МТ у 58 больных ОА КС. Через 48 дней уровень индекса боли по WOMAC составил в группах и-МТ и л-МТ  $8,8$  и  $11,3$  ( $p<0,05$ ), WOMAC общий —  $42,9$  и  $56,2$  соответственно ( $p<0,05$ ). В двухлетнем исследовании A. Gobbi и соавт. [37] применение МТ обеспечило успешный контроль боли у пациентов с ОА КС — так, если исходно ее уровень составлял в среднем  $5,6$  см ВАШ, то через 12 мес. только  $1,3$ , а через 24 мес. —  $2,2$  см ВАШ.

Учитывая, что существенная часть случаев хронической неспецифической боли в спине (НБС) у лиц старших возрастных групп связана с ОА фасеточных суставов, следует упомянуть о доказательствах эффективности МТ при НБС. Так, недавно R. Andrade и соавт. [38] представили мета-анализ 6 РКИ, в которых оценивалось действие МТ при НБС. Хотя в целом расчеты показали спорный результат, суммарное снижение интенсивности боли варьировало от  $2,1$  до  $6,4$  см  $10$ -сантиметровой ВАШ.

Недавно были проведены исследования, в которых проводилось сравнение и-МТ и л-МТ при боли в нижней части спины. A. Lisi и соавт. [39] показали достоверно большее уменьшение выраженности функциональных нарушений в группе активного лечения ( $n=42$ ), в сравнении с плацебо: через 12 нед. индекс Освестри снизился в среднем с  $38$  до  $15$  и с  $35$  до  $27$  ( $p<0,05$ ). A. Elshawi и соавт. [40] сравнили результаты применения и-МТ и л-МТ у 50 больных хронической НБС. Динамика интенсивности боли оказалась достоверно выше в группе активной терапии — через 4 нед. на фоне лечения она снизилась в среднем с  $8,1$  до  $4,1$ , а в группе плацебо — с  $7,7$  до  $5,2$  см ВАШ.

Метод транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) хорошо известен при лечении неврологических заболеваний, в том числе при болезни Паркинсона [41, 42] и депрессии [43, 44]. Была проведена серия исследований, в которых изучалась эффективность ТМС при хронической боли различного генеза [45]. Недавно M. Ambriz-Tututi и соавт. [46] сравнили действие и-ТМС, л-ТМС (по 5 сеансов) и лечебной физкультуры (ЛФК) у 82 больных с рефрактерной к стандартному лечению хронической НБС. Через 4 нед. динамика боли оказалась существенно выше в группе и-ТМС, чем в группе л-ТМС. В открытой фазе исследования, через 36 нед., результаты применения и-ТМС оказались лучше, по сравнению с занятиями ЛФК.

### Российский опыт исследований эффективности магнитотерапии

В нашей стране был проведен ряд клинических исследований, демонстрирующих хороший терапевтический потенциал МТ при ОА [47–54]. Результаты основных исследований представлена в таблице. Согласно полученным данным, применение и-МТ (аппарат «АЛМАГ-01»), как в виде монотерапии, так и в комбинации с методами

немедикаментозного лечения (в частности, ЛФК) и фармакологическими средствами, такими как НПВП и медленнодействующие симптоматические средства (МДСС), обеспечивало существенное уменьшение боли, улучшение функции пораженных суставов и снижение потребности в использовании НПВП. При этом эффективность и-МТ достоверно превосходила действие л-МТ. Следует отметить успешное применение метода магнитофореза локальных форм НПВП и МДСС (хондроитин, глюкозамин).

Недавно было проведено многоцентровое слепое РКИ КОСМО, в ходе которого сравнивался результат использования и-МТ (аппарат «АЛМАГ+») и л-МТ (модифицированный аппарат «АЛМАГ+», внешне не отличающийся от обычного, но не индуцирующий магнитное поле) у 231 пациента с ОА КС, испытывающих умеренную или выраженную боль ( $\geq 40$  мм ВАШ) и нуждающихся в регулярном приеме НПВП. Через 2 нед. уменьшение выраженности боли оказалось достоверно выше в группе и-МТ, чем в группе плацебо: снижение ( $Me$  [25%; 75% перцентили]) ее средней интенсивности с 47 [27,8; 60] до 20 [10; 30] и с 40 [20; 57,5] до 20 [7,5; 40] соответственно ( $p < 0,001$ ). Также отмечалось достоверное снижение потребности в приеме НПВП: в группе 1 препарат был отменен или снижена его доза у 33,1% больных, в группе 2 – у 16,8% ( $p = 0,006$ ). Преимущество и-МТ, отмеченное в РКИ КОСМО, отчетливо проявилось в динамике индекса WOMAC [55] (рис.).

### Использование магнитотерапии при других заболеваниях и травмах скелетно-мышечной системы

МТ используется в составе комплексных программ реабилитации пациентов после травм и ортопедических операций для уменьшения боли, воспалительных явлений и способствует оптимизации процесса репарации костной ткани [56–60]. Имеются данные, что МТ может ускорять процессы восстановления после патологических переломов на фоне остеопороза и способствовать нормализации минеральной плотности костей [61–63]. Данные ряда клинических исследований свидетельствуют о целесообразности применения МТ для контроля боли и комплексной реабилитации при хронических иммуновоспалительных ревматических заболеваниях, таких как ревматоидный артрит [64–66] и анкилозирующий спондилит [67, 68].

### Безопасность МТ

МТ считается достаточно безопасным методом – магнитные поля слабой или умеренной интенсивности не оказывают каких-либо негативных биологических эффектов [69, 70]. В цитированных выше работах, включая метаанализы серии РКИ, отмечается низкий риск нежелательных реакций (НР), соответствующий уровню плацебо [32–55]. Даже при многократном проведении ТМС у пациентов с неврологическими заболеваниями (обычно на курс назначают 20–30 процедур), при интенсивности

**Таблица. Российские исследования эффективности МТ при ОА**

| Исследования                       | n       | Аппарат МТ | Исследуемые группы   | Срок    | Результат   |
|------------------------------------|---------|------------|--|---------|---|
| Основина И.П. и соавт., 2020 [47]  | 62      | АЛМАГ+     | Группа 1: и-МТ + местно гель ХС+ДМСО;<br>Группа 2: л-МТ* + гель ХС+ДМСО;<br>Группа 3: и-МТ   | 15 дней | Уменьшение боли в покое: 52,2, 25,9 и 40,0%; боли при движении: 68,1, 34,5 и 19,1% (достоверное преимущество комбинированной терапии)   |
| Основина И.П. и соавт., 2019 [48]  | 65      | АЛМАГ+     | Группа 1: и-МТ + местно гель диклофенак;<br>Группа 2: л-МТ + гель диклофенак;<br>Группа 3: и-МТ  | 15 дней | Уменьшение боли при движении: 68, 35,9 и 19,1% (достоверно преимущество комбинированной терапии)  |
| Алексеева Н.В. и соавт., 2018 [49] | 30 и 53 | АЛМАГ+     | <i>Часть 1</i><br>Группа 1: местно гель нимесулид;<br>Группа 2: и-МТ + гель нимесулид;<br>Группа 3: и-МТ.<br><i>Часть 2</i><br>Группа 1: и-МТ + местно гель глюкозамина;<br>Группа 2: контроль;<br>Группа 3: л-МТ+ местно гель глюкозамина | 15 дней | <i>Часть 1.</i> Снижение индекса Лекена до 2,7, 3,8 и 4,5 (достоверно преимущество комбинированной терапии)<br><i>Часть 2.</i> Уменьшение боли при движении до 22,5, 51,3 и 52,7 мм ВАШ (достоверно преимущество комбинированной терапии) |
| Бодрова Р. и соавт., 2014 [50]     | 170     | АЛМАГ+     | Группа 1: и-МТ, Группа 2: л-МТ   | 21 день | Число больных с отсутствием или легкими нарушениями по МШФН: функция подвижности – 56,0 и 44,2% (достоверное преимущество и-МТ)   |
| Бяловский Ю.Ю. и соавт., 2018 [51] | 50      | АЛМАГ+     | Группа 1: и-МТ + НПВП;<br>Группа 2: НПВП   | 3 мес.  | Снижение боли через 2 нед. и 3 мес.: группа 1 – с 6,0 до 3,2 и 4,0, группа 2 – с 6,9 до 5,9 и 6,0 (достоверное преимущество МТ+НПВП)  |
| Бяловский Ю.Ю. и соавт., 2018 [52] | 102     | АЛМАГ-02   | Группа 1: и-МТ+ЛФК;<br>Группа 2: ЛФК + НПВП + НСАС   | 30 дней | Динамика боли при движении: снижение с 75,1 до 32,5 и с 40,1 до 54,8 мм ВАШ (достоверное преимущество и-МТ+ЛФК)   |
| Бяловский Ю.Ю. и соавт., 2017 [53] | 125     | АЛМАГ-01   | Группа 1: л-МТ + НПВП;<br>Группа 2: и-МТ на поясничную область;<br>Группа 3: и-МТ на воротниковую зону;<br>Группа 4: и-МТ на поясничную область + НПВП;<br>Группа 5: и-МТ на воротниковую зону + НПВП                                      | 3 мес.  | Максимальное уменьшение боли в группах 4 и 5 (комбинированная терапия) – на 46 и 44%, (достоверное отличие от группы 1)   |
| Бяловский Ю.Ю. и соавт., 2012 [54] | 96      | АЛМАГ-01   | Группа 1: и-МТ+ЛФК;<br>Группа 2: л-МТ+ЛФК  | 15 дней | Динамика боли: группа 1 – с 62,3 до 30,6, группа 2 – с 68,7 до 41,3 (достоверное преимущество и-МТ)   |

**Примечание:** и-МТ – истинная магнитотерапия, л-МТ – ложная магнитотерапия (плацебо), ХС+ДМСО – хондроитин сульфат + диметилсульфоксид, МШФН – международная шкала функциональных нарушений, НСАС – неомыляемые соединения авокадо и сои.

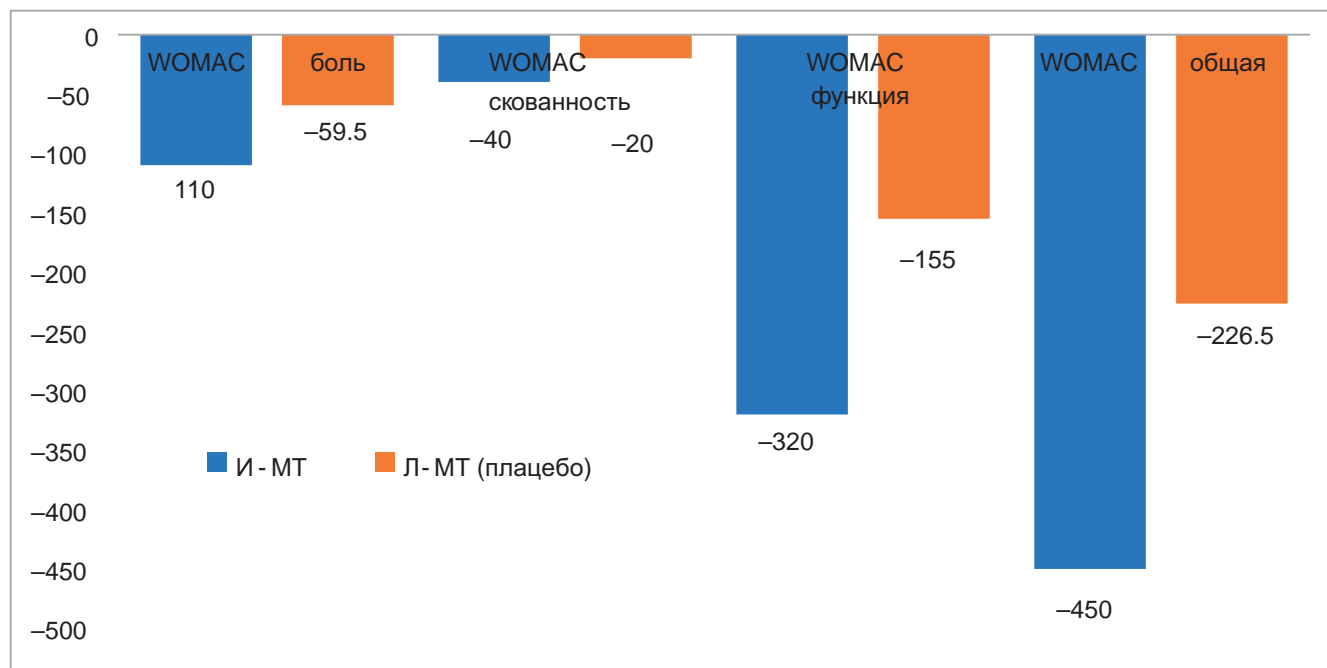


Рис. Динамика индекса WOMAC на фоне применения и-МТ и л-МТ у 231 пациента с ОА КС (РКИ КОСМО, адаптировано из статьи [55])

магнитного потока  $>0,5$  Тл, частота НР практически не отличается от частоты осложнений, наблюдаемых на фоне применения л-ТМС (плацебо) [41–44, 71].

Важно отметить, что при использовании МТ у пациентов не отмечается негативной динамики гемодинамических показателей. Напротив, применение этого физиотерапевтического метода у лиц с артериальной гипертензией приводит к нормализации артериального давления, что лежит в основе использования системной МТ для лечения гипертонической болезни [72–74].

Следует подчеркнуть, что в практике современной медицины имеется весьма наглядная «модель» результатов воздействия мощных магнитных полей на человеческий организм. Это огромный опыт проведения магнитно-резонансной томографии (МРТ), которая сегодня используется повсеместно как рутинный диагностический метод [75, 76]. Например, в США частота выполнения МРТ составляет 118,9 процедуры на 1000 человек в год (данные 2018 г.) [77]. При проведении МРТ, длительность которой составляет от 30 мин до 1,5 часов (в зависимости от объема и области исследования), используется магнитное поле с интенсивностью от 0,5 Тл; многие медицинские центры сегодня оснащены томографами, создающими магнитный поток с интенсивностью 1,5–3 Тл. Более того, в настоящее время для использования в медицинской практике одобрены аппараты МРТ, «мощность» которых достигает 7 Тл [78]. Разумеется, в ходе МРТ могут возникать потенциально опасные осложнения, связанными с *ошибочным* проведением этой процедуры лицам, в теле которых имеются металлические предметы (эндопротезы, зубные протезы, кардиостимуляторы, видеокапсулы, металлические осколки после ранений и др.), а также пациентам с фобиями, связанными с длительным нахождением в узком пространстве. Но собственно биологические эффекты, вызванные действием интенсивного магнитного потока — головокружение, тошнота, головная боль, кратковременная дезориентация, фотопсии, боли в мышцах и чувствительные нарушения — возникают

редко, обычно не вызывают значительного беспокойства пациентов и не требуют специального лечения. Правда, при использовании особо мощных МРТ (упомянутые выше 7 Тл) эти неприятные симптомы возникают достоверно чаще [75, 76, 78].

Хорошая переносимость и низкий риск серьезных нежелательных реакций, в т. ч. у лиц с серьезной коморбидной патологией, представляются одними из наиболее важных достоинств МТ. Более того, рациональное использование МТ у пациентов с ОА может позволить снизить потребность в обезболивающих препаратах (прежде всего НПВП), и тем самым значительно уменьшить опасность развития лекарственных осложнений.

### Заключение

Применение МТ в комплексном лечении и реабилитации ОА представляется хорошо обоснованным данными многочисленных фундаментальных исследований, показавших способность магнитного поля оказывать анальгетическое и противовоспалительное действие, стимулировать процессы клеточной пролиферации, а также метаболическую активность хондроцитов и остеоцитов. Имеются серьезные доказательства эффективности и безопасности МТ при ОА, полученные в ходе серии контролируемых клинических исследований, выполненных российскими и зарубежными учеными. Имеющиеся данные позволяют рекомендовать широкое использование МТ (различных модификаций этого метода) для лечения заболеваний суставов и включение МТ в национальные рекомендации по диагностике и лечению ОА.

### Основные положения по клиническому применению магнитотерапии при ОА:

1. Магнитотерапия представляет собой метод немедикаментозного терапевтического воздействия, благоприятный эффект которого связан со снижением активности

клеток «воспалительного ответа» и уменьшением возбудимости периферических и центральных отделов нервной системы под влиянием магнитного поля.

2. Существуют различные модификации магнитотерапии, позволяющие как воздействовать на отдельные области человеческого тела, в частности пораженные суставы (локальная магнитотерапия), так и оказывать системное действие, в т. ч. на структуры центральной нервной системы. Возможность использования широкого спектра модуляций и дифференцированной интенсивности магнитного поля, воздействия на различные области человеческого тела (в т. ч. комбинированного) позволяет создать персонализированную программу магнитотерапии в зависимости от особенностей клинической картины и наличия коморбидных заболеваний.

3. Эффективность и безопасность локальной магнитотерапии оценивались в ходе серии клинических исследований, в т. ч. двойных слепых плацебо контролируемых (в качестве плацебо применялась «ложная» магнитотерапия). Согласно полученным данным, применение магнитотерапии при ОА приводило к статистически значимому уменьшению боли в пораженных суставах, улучшению функциональной способности и качества жизни пациентов. Действие магнитотерапии достоверно превосходило результаты применения плацебо. При этом количество нежелательных реакций при проведении магнитотерапии не отличалось от числа осложнений, возникающих при использовании плацебо.

4. Имеются ограниченные данные о благоприятном влиянии транскраниальной магнитотерапии на выраженность хронической боли и психоэмоциональные нарушения (депрессию и тревожность).

5. В нашей стране имеется большой опыт применения магнитотерапии при ОА, в т. ч. приборов, создающих переменное импульсное бегущее магнитное поле. Ряд российских контролируемых и наблюдательных исследований подтверждает позитивное влияние магнитотерапии при этом заболевании — уменьшение боли, улучшение функции пораженных суставов, снижение потребности в анальгетиках (НПВП). При использовании данного метода не было зафиксировано неблагоприятных явлений, потребовавших специальной терапии или госпитализации пациентов.

6. На основании имеющихся в настоящее время российских и международных данных, свидетельствующих о хорошем анальгетическом потенциале и благоприятном профиле безопасности магнитотерапии при ОА, целесообразно включить магнитотерапию в клинические рекомендации по лечению этого заболевания.

7. Представляется целесообразным дальнейшее изучение терапевтических возможностей магнитотерапии при лечении ОА и других скелетно-мышечных заболеваний, в т. ч. проведение многоцентровых контролируемых и наблюдательных исследований при ОА суставов кистей, ревматоидном артрите, неспецифической боли в спине, анкилозирующем спондилоартрите и др., с использованием различных технических модификаций данной методики.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ревматология. Российские клинические рекомендации. Под ред. ЕЛ Насонова. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2017:456. [Rheumatology. Clinical guidelines. Edited by Nasonov EL. Moscow: GEOTAR-Media; 2017:456. (In Russ.)].
2. Grässel S, Muschter D. Recent advances in the treatment of osteoarthritis. F1000Res. 2020;9 F1000FacultyRev-325. DOI: 10.12688/f1000research.22115.1
3. Hawker GA. Osteoarthritis is a serious disease. Clin Exp Rheumatol. 2019;37 (Suppl 120):S3–S6.
4. Балабанова РМ, Дубинина ТВ, Демина АВ, Кричевская ОА. Заболеваемость болезнями костно-мышечной системы в Российской Федерации за 2015–2016 гг. Научно-практическая ревматология. 2018; 56(1):15–21. [Balabanova RM, Dubinina TV, Demina AV, Krichevskaya OA. The incidence of diseases of the musculoskeletal system in the Russian Federation in the 2015–2016. Nauchno-prakticheskaya revmatologiya = Rheumatology Science and Practice. 2018;56(1):15–21 (In Russ.)]. DOI: 10.14412/1995-4484-2018-15-21
5. Галушко ЕА, Насонов ЕЛ. Распространенность ревматических заболеваний в России. Альманах клинической медицины. 2018;46(1):32–39. [Galushko EA, Nasonov EL. Prevalence of rheumatic diseases in Russia. Almanac of Clinical Medicine. 2018;46(1):32–39 (In Russ.)]. DOI: 10.18786/2072-0505-2018-46-1-32-39
6. Calders P, Van Ginckel A. Presence of comorbidities and prognosis of clinical symptoms in knee and/or hip osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. Semin Arthritis Rheum. 2018;47(6):805–813. DOI: 10.1016/j.semarthrit.2017.10.016
7. Cleveland R, Nelson A, Callahan L. Knee and hip osteoarthritis as predictors of premature death: A review of the evidence. Clin Exp Rheumatol. 2019;37 Suppl 120(5):24–30.
8. Kolasiński SL, Neogi T, Hochberg MC, et al. 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation Guideline for the management of osteoarthritis of the hand, hip, and knee. Arthritis Rheumatol. 2020;72(2):220–233. DOI: 10.1002/art.41142
9. Bannuru RR, Osani MC, Vaysbrot EE, et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage. 2019;27(11):1578–1589. DOI: 10.1016/j.joca.2019.06.011
10. Bruyère O, Honvo G, Veronese N, et al. An updated algorithm recommendation for the management of knee osteoarthritis from the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO). Semin Arthritis Rheum. 2019;49(3):337–350. DOI: 10.1016/j.semarthrit.2019.04.008
11. Chen AT, Shrestha S, Collins JE, et al. Estimating contextual effect in nonpharmacological therapies for pain in knee osteoarthritis: A systematic analytic review. Osteoarthritis Cartilage. 2020;28(9):1154–1169. DOI: 10.1016/j.joca.2020.05.007
12. Geenen R, Overman CL, Christensen R, et al. EULAR recommendations for the health professional's approach to pain management in inflammatory arthritis and osteoarthritis. Ann Rheum Dis. 2018;77(6):797–807. DOI: 10.1136/annrheumdis-2017-212662
13. Абусева ГР, Ковлен ДВ, Пономаренко ГН, и др. Физические методы реабилитации пациентов с остеоартрозом: наукометрический анализ доказательных исследований. Травматология и ортопедия России. 2020;26(1):190–200. [Abuseva GR, Kovlen DV, Ponomarenko GN, et al. Physical methods of rehabilitation of patients with osteoarthritis: a scientometric analysis of evidence-based studies. Traumatology and Orthopedics of Russia. 2020;26(1):190–200 (In Russ.)]. DOI: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-190-200
14. Ушаков АА. Практическая физиотерапия: руководство для врачей; М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2013;688. [Ushakov AA. Practical Physiotherapy: A Guide for Physicians; Moscow: ООО «Медицинское информационное агентство», 2013;688. (In Russ.)].
15. Waldorff EI, Zhang N, Ryaby JT. Pulsed electromagnetic field applications: A corporate perspective. J Orthop Translat. 2017;9:60–68. DOI: 10.1016/j.jot.2017.02.006

16. Murabayashi S. Application of magnetic field for biological response modification. *Biomed Mater Eng.* 2013;23(1–2):117–128. DOI: 10.3233/BME-120737
17. Albuquerque WW, Costa RM, Fernandes Tde S, Porto AL. Evidences of the static magnetic field influence on cellular systems. *Prog Biophys Mol Biol.* 2016;121(1):16–28. DOI: 10.1016/j.pbiomolbio.2016.03.003
18. Zeni O, Simkó M, Scarfi MR, Mattsson MO. Cellular response to ELF-MF and heat: Evidence for a common involvement of heat shock proteins? *Front Public Health.* 2017;5:280. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00280
19. Ross CL, Harrison BS. The use of magnetic field for the reduction of inflammation: A review of the history and therapeutic results. *Altern Ther Health Med.* 2013;19(2):47–54.
20. Varani K, Vincenzi F, Ravani A, et al. Adenosine receptors as a biological pathway for the anti-inflammatory and beneficial effects of low frequency low energy pulsed electromagnetic fields. *Mediators Inflamm.* 2017;2017:2740963. DOI: 10.1155/2017/2740963
21. Guerriero F, Ricevuti G. Extremely low frequency electromagnetic fields stimulation modulates autoimmunity and immune responses: A possible immuno-modulatory therapeutic effect in neurodegenerative diseases. *Review Neural Regen Res.* 2016;11(12):1888–1895. DOI: 10.4103/1673-5374.195277
22. Premi E, Benussi A, La Gatta A, et al. Modulation of long-term potentiation-like cortical plasticity in the healthy brain with low frequency-pulsed electromagnetic fields. *BMC Neurosci.* 2018;19(1):34. DOI: 10.1186/s12868-018-0434-z
23. Li Y, Yan X, Liu J, et al. Pulsed electromagnetic field enhances brain-derived neurotrophic factor expression through L-type voltage-gated calcium channel- and Erk-dependent signaling pathways in neonatal rat dorsal root ganglion neurons. *Neurochem Int.* 2014;75:96–104. DOI: 10.1016/j.neuint.2014.06.004
24. Gajda GB, Bly SH. Magnetic field reference levels for arbitrary periodic waveforms for prevention of peripheral nerve stimulation. *Health Phys.* 2017;112(6):501–511. DOI: 10.1097/HP.0000000000000663
25. Iwasa K, Reddi AH. Pulsed electromagnetic fields and tissue engineering of the joints. *Tissue Eng Part B Rev.* 2018;24(2):144–154. DOI: 10.1089/ten.TEB.2017.0294
26. Wang T, Xie W, Ye W, He C. Effects of electromagnetic fields on osteoarthritis. *Biomed Pharmacother.* 2019;118:109282. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.109282
27. Massari L, Benazzo F, Falez F, et al. Biophysical stimulation of bone and cartilage: state of the art and future perspectives. *Int Orthop.* 2019;43(3):539–551. DOI: 10.1007/s00264-018-4274-3
28. Klomjai W, Katz R, Lackmy-Vallée A. Basic principles of transcranial magnetic stimulation (TMS) and repetitive TMS (rTMS). *Ann Phys Rehabil Med.* 2015;58(4):208–213. DOI: 10.1016/j.rehab.2015.05.005
29. Neggers SF, Petrov PI, Mandija S, et al. Understanding the biophysical effects of transcranial magnetic stimulation on brain tissue: the bridge between brain stimulation and cognition. *Prog Brain Res.* 2015;222:229–259. DOI: 10.1016/bs.pbr.2015.06.015
30. van Belkum SM, Bosker FJ, Kortekaas R, Beersma DG, Schoevers RA. Treatment of depression with low-strength transcranial pulsed electromagnetic fields: A mechanistic point of view. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2016;71:137–143. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2016.07.006
31. Физиотерапия и курортология. Книга 1. Под ред. ВМ Боголюбова. М.: БИНОМ, 2008;408. [Physiotherapy and balneology. Vol. 1. Edited by Bogolyubov VM. Moscow: BINOM, 2008;408. (In Russ.)].
32. Li S, Yu B, Zhou D, et al. Electromagnetic fields for treating osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;(12):CD003523. DOI: 10.1002/14651858.CD003523.pub2
33. Wu Z, Ding X, Lei G, Zeng C, et al. Efficacy and safety of the pulsed electromagnetic field in osteoarthritis: a meta-analysis. *BMJ Open.* 2018;8(12):e022879. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-022879
34. Yang X., He H., Ye W., et al. Effects of pulsed electromagnetic field therapy on pain, stiffness, physical function, and quality of life in patients with osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. *Physical Therapy.* 2020;100(7):1118–1131. DOI: 10.1093/PTJ/PZAA054
35. Bagnato GL, Miceli G, Marino N, et al. Pulsed electromagnetic fields in knee osteoarthritis: A double blind, placebo-controlled, randomized clinical trial. *Rheumatology (Oxford).* 2016;55(4):755–762. DOI: 10.1093/rheumatology/kev426
36. Wuschech H, von Hehn U, Mikus E, Funk RH. Effects of PEMF on patients with osteoarthritis: Results of a prospective, placebo-controlled, double-blind study. *Bioelectromagnetics.* 2015;36(8):576–585. DOI: 10.1002/bem.21942
37. Gobbi A, Lad D, Petrera M, Karnatzikos G. Symptomatic early osteoarthritis of the knee treated with pulsed electromagnetic fields: Two-year follow-up. *Cartilage.* 2014;5(2):78–85. DOI: 10.1177/1947603513515904
38. Andrade R, Duarte H, Pereira R, et al. Pulsed electromagnetic field therapy effectiveness in low back pain: A systematic review of randomized controlled trials. *Porto Biomed J.* 2016;1(5):156–163. DOI: 10.1016/j.pbj.2016.09.001
39. Lisi AJ, Scheinowitz M, Saporito R, Onorato A. A pulsed electromagnetic field therapy device for non-specific low back pain: A pilot randomized controlled trial. *Pain Ther.* 2019;8(1):133–140. DOI: 10.1007/s40122-019-0119-z
40. Elshawi A, Hamada H, Mosaad D, et al. Effect of pulsed electromagnetic field on nonspecific low back pain patients: A randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* 2019;23(3):244–249. DOI: 10.1016/j.bjpt.2018.08.004
41. Xie YJ, Gao Q, He CQ, Bian R. Effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on gait and freezing of gait in Parkinson disease: A systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2020;101(1):130–140. DOI: 10.1016/j.apmr.2019.07.013
42. Li S, Jiao R, Zhou X, Chen S. Motor recovery and antidepressant effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on Parkinson disease: A PRISMA-compliant meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(18):e19642. DOI: 10.1097/MD.00000000000019642
43. Liu C, Wang M, Liang X, Xue J, Zhang G. Efficacy and safety of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for poststroke depression: A systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2019;100(10):1964–1975. DOI: 10.1016/j.apmr.2019.03.012
44. Teng S, Guo Z, Peng H, et al. High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation over the left DLPFC for major depression: Session-dependent efficacy: A meta-analysis. *Eur Psychiatry.* 2017;41:75–84. DOI: 10.1016/j.eurpsy.2016.11.002
45. O'Connell NE, Marston L, Spencer S, DeSouza LH, Wand BM. Non-invasive brain stimulation techniques for chronic pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2018;4(4):CD008208. DOI: 10.1002/14651858.CD008208.pub5
46. Ambriz-Tututi M, Alvarado-Reynoso B, Drucker-Colín R. Analgesic effect of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) in patients with chronic low back pain. *Bioelectromagnetics.* 2016;37(8):527–535. DOI: 10.1002/bem.22001
47. Основина ИП, Алексеева НВ, Герасименко МЮ. Трансдермальный магнитофорез хондропротектора при остеоартрите коленных суставов. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 2020;97(1):42–50. [Osnovina IP, Alekseeva NV, Gerasimenko MYu. Chondroprotective transdermal magnetophoresis for osteoarthritis of the knee joints. Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy. 2020;97(1):42–50. (In Russ.)]. DOI: 10.17116/kurort2020970142
48. Основина ИП, Алексеева НВ, Иванов АВ, Секирин АВ. Оценка эффективности применения магнитофореза трансдермальной формы диклофенака у пациентов с остеоартритом коленного сустава. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 2019;96(5):36–43. [Osnovina IP,

- Alekseeva NV, Ivanov AV, Sekirin AB. Evaluation of the effectiveness of the use of magnetophoresis of the transdermal form of diclofenac in patients with osteoarthritis of the knee joint. Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy. 2019;96(5):36–43. (In Russ.). DOI: 10.17116/kurort201996045136
49. Алексеева НВ, Основина ИП, Владимирцева ЕЛ, Иванов АВ. Обоснование возможности применения магнитофореза при патологии суставов. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 2018;95(3):49–56. [Alekseeva NV, Osnovina IP, Vladimirceva EL, Ivanov AV. Substantiation of the possibility of using magnetophoresis in joint pathology. Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy. 2018;95(3):49–56. (In Russ.). DOI: 10.17116/kurort201895349]
  50. Бодрова Р, Бяловский ЮЮ, Иванов АВ, Ларинский НЕ. Экономическая целесообразность включения магнитотерапии в комплексное лечение остеоартрита. Врач. 2014;4:59–63. [Bodrova R, Byalovskij YuYu, Ivanov AV, Larinskij NE. Economic feasibility of including magnetotherapy in the complex treatment of osteoarthritis. Vrach (The Doctor). 2014;4:59–63. (In Russ.).]
  51. Бяловский ЮЮ, Иванов АВ, Ларинский НЕ, Секирин АБ. Локальная импульсная магнитотерапия аппаратом «АЛМАГ+» в комплексном лечении больных остеоартрозом. Врач. 2018;29(12):3–5. [Byalovskij YuYu, Ivanov AV, Larinskij NE, Sekirin AB. Local impulse magnetic therapy with the “ALMAG +” apparatus in the complex treatment of patients with osteoarthritis. Vrach (The Doctor). 2018;29(12):3–5. (In Russ.). DOI: 10.29296/25877305-2018-12-19]
  52. Бяловский ЮЮ, Секирин АБ, Смирнова СН. Эффективность низкочастотной магнитотерапии «бегущим» магнитным полем в комплексном лечении коксартроза. Врач. 2018;29(3):75–79. [Byalovskij YuYu, Sekirin AB, Smirnova SN. The effectiveness of low-frequency magnetic therapy with a running magnetic field in the complex treatment of coxarthrosis. Vrach (The Doctor). 2018;29(3):75–79. (In Russ.). DOI: 10.29296/25877305-2018-03-19]
  53. Бяловский ЮЮ, Иванов АВ, Булатецкий СВ. Оптимизация терапии гонартроза путем управления адаптационными возможностями организма. Врач. 2017;12:63–66. [Byalovskij YuYu, Ivanov AV, Bulateckij SV. Optimization of gonarthrosis therapy by managing the adaptive capabilities of the body. Vrach (The Doctor). 2017;12:63–66. (In Russ.).]
  54. Бяловский ЮЮ, Ларинский НЕ, Иванов АВ. Применение низкочастотного бегущего магнитного поля в лечении остеоартроза коленных суставов. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2012;3:16–18. [Byalovskij YuYu, Larinskij NE, Ivanov AV. Application of a low-frequency running magnetic field in the treatment of osteoarthritis of the knee joints. Russian Journal of the Physical Therapy, Balneology and Rehabilitation. 2012;3:16–18 (In Russ.).]
  55. Каратеев АЕ, Погожева ЕЮ, Сухарева МЛ, и др. Оценка эффективности и безопасности магнитотерапии при остеоартрите. Результаты многоцентрового слепого плацебоконтролируемого исследования КОСМО (Клиническая Оценка Современной Магнитотерапии при Остеоартрите). Научно-практическая ревматология. 2020;58(1):55–61. [Karateev AE, Pogozheva EYu, Suhareva ML, et al. Evaluation of the effectiveness and safety of magnetotherapy in osteoarthritis. Results of the multicenter, blind, placebo-controlled study COSMO (Clinical Evaluation of Modern Magnetic Therapy for Osteoarthritis). Nauchnoprakticheskaya revmatologiya = Rheumatology Science and Practice. 2020;58(1):55–61 (In Russ.). DOI: 10.14412/1995-4484-2020-55-61]
  56. Кончугова ТВ, Кульчицкая ДБ, Иванов АВ. Эффективность методов магнитотерапии в лечении и реабилитации пациентов с заболеваниями суставов с позиции доказательной медицины. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2019;96(4):63–68. [Konchugova TV, Kul'chickaya DB, Ivanov AV. The effectiveness of magnetic therapy methods in the treatment and rehabilitation of patients with joint diseases from the standpoint of evidence-based medicine. Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy. 2019;96(4):63–68 (In Russ.). DOI: 10.17116/kurort2019960463]
  57. Moretti B, Notarnicola A, Moretti L, et al. I-ONE therapy in patients undergoing total knee arthroplasty: a prospective, randomized and controlled study. BMC Musculoskelet Disord. 2012;13:88. DOI: 10.1186/1471-2474-13-88
  58. Krastanova MS, Ilieva EM, Vacheva DE. Rehabilitation of patients with hip joint arthroplasty (late post-surgery period – hospital rehabilitation). Folia Med (Plovdiv). 2017;59(2):217–221. DOI: 10.1515/folmed-2017-0016
  59. Mohajerani H, Tabeie F, Vossoughi F, Jafari E, Assadi M. Effect of pulsed electromagnetic field on mandibular fracture healing: A randomized control trial, (RCT). J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2019;120(5):390–396. doi: 10.1016/j.jormas.2019.02.022
  60. Phillips M, Baumhauer J, Sprague S, Zoltan J. Use of combined magnetic field treatment for fracture nonunion. J Long Term Eff Med Implants. 2016;26(3):277–284. DOI: 10.1615/JLongTermEffMedImplants.2016016818
  61. Wang T, Yang L, Jiang J, et al. Pulsed electromagnetic fields: promising treatment for osteoporosis. Osteoporos Int. 2019;30(2):267–276. DOI: 10.1007/s00198-018-04822-6
  62. Pagani S, Veronesi F, Aldini NN, Fini M. Complex regional pain syndrome type I, a debilitating and poorly understood syndrome. Possible role for pulsed electromagnetic fields: A narrative review. Pain Physician. 2017;20(6):E807–E822.
  63. Elsis HF, Mousa GS, ELdesoky MT. Electromagnetic field versus circuit weight training on bone mineral density in elderly women. Clin Interv Aging. 2015;10:539–547. DOI: 10.2147/CIA.S78485
  64. Zwolińska J, Gašior M, Śniezek E, Kwolek A. The use of magnetic fields in treatment of patients with rheumatoid arthritis. Review of the literature. Reumatologia. 2016;54(4):201–206. DOI: 10.5114/reum.2016.62475
  65. Shupak NM, McKay JC, Nielson WR, et al. Exposure to a specific pulsed low-frequency magnetic field: A double-blind placebo-controlled study of effects on pain ratings in rheumatoid arthritis and fibromyalgia patients. Pain Res Manag. 2006;11(2):85–90. DOI: 10.1155/2006/842162
  66. Macfarlane GJ, Paudyal P, Doherty M, et al. A systematic review of evidence for the effectiveness of practitioner-based complementary and alternative therapies in the management of rheumatic diseases: Rheumatoid arthritis. Rheumatology (Oxford). 2012;51(9):1707–1713. DOI: 10.1093/rheumatology/kes133
  67. Turan Y, Bayraktar K, Kahvecioglu F, et al. Is magnetotherapy applied to bilateral hips effective in ankylosing spondylitis patients? A randomized, double-blind, controlled study. Rheumatol Int. 2014;34(3):357–365. DOI: 10.1007/s00296-013-2941-7
  68. Черкашина ИВ, Ненасева НВ, Волчок АВ. Влияние хрономангнитотерапии на показатели качества жизни пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата на санаторно-курортном этапе реабилитации. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016;2:13–16. [Cherkashina IV, Nenasheva NV, Volchok AV. The influence of chronomagnetotherapy on the indicators of the quality of life of patients with diseases of the musculoskeletal system at the sanatorium-resort stage of rehabilitation. Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy, 2016;2:13–16 (In Russ.). DOI: 10.17116/kurort2016213-16]
  69. Основина ИП, Алексеева НВ. Методические подходы к назначению магнитотерапии у лиц пожилого возраста. Врач. 2018;29(6):55–59. [Osnovina IP, Alekseeva NV. Methodical approaches to the appointment of magnetotherapy in the elderly. Vrach (The Doctor). 2018;29(6):55–59 (In Russ.). DOI: 10.29296/25877305-2018-06-12]
  70. Formica D, Silvestri S. Biological effects of exposure to magnetic resonance imaging: An overview. Biomed Eng Online. 2004;3:11. DOI: 10.1186/1475-925X-3-11
  71. Sakai K, Yasufuku Y, Kamo T, Ota E, Momosaki R. Repetitive peripheral magnetic stimulation for impairment and disability

- in people after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;11(11):CD011968. DOI: 10.1002/14651858.CD011968.pub3
72. Nishimura T, Tada H, Guo X, et al. A 1- $\mu$ T extremely low-frequency electromagnetic field vs. sham control for mild-to-moderate hypertension: A double-blind, randomized study. *Hypertens Res*. 2011;34(3):372–377. DOI: 10.1038/hr.2010.246
  73. Абрамович СГ, Куликов АГ, Долбилкин АЮ. Общая магнитотерапия при артериальной гипертензии. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2014;5:50–55. [Abramovich SG, Kulikov AG, Dolbilkin AYU. General magnetotherapy for arterial hypertension. *Russian Journal of the Physical Therapy, Balneology and Rehabilitation*. 2014;5:50–55 (In Russ.)].
  74. Бяловский ЮЮ, Кедрова ЛЛ. Магнитотерапия аппаратом «ПОЛИМАГ-01» в комплексной лечении артериальной гипертензии. *Здравоохранение*. 2008;1:171–174. [Byalovskij YuYu, Kedrova LL. Magnetic therapy by the device “POLIMAG-01” in the complex treatment of arterial hypertension. *Healthcare*. 2008;1:171–174 (In Russ.)].
  75. Sammet S. Magnetic resonance safety. *Abdom Radiol (NY)*. 2016;41(3):444–451. DOI: 10.1007/s00261-016-0680-4
  76. Kim SJ, Kim KA. Safety issues and updates under MR environments. *Eur J Radiol*. 2017;89:7–13. DOI: 10.1016/j.ejrad.2017.01.010
  77. [https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/magnetic-resonance-imaging-mri-exams/indicator/english\\_1d89353f-en](https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/magnetic-resonance-imaging-mri-exams/indicator/english_1d89353f-en)
  78. Hoff MN, McKinney A 4th, Shellock FG, et al. Safety considerations of 7-T MRI in clinical practice. *Radiology*. 2019;292(3):509–518. DOI: 10.1148/radiol.2019182742

**Каратеев А.Е.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1391-0711>  
**Лиля А.М.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6068-3080>  
**Верткин А.Л.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8975-8608>  
**Алексеева Л.И.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7017-0898>  
**Герасименко М.Ю.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1741-7246>  
**Арьков В.В.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2109-7510>  
**Смирнова С.Н.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4754-9784>  
**Сухарева М.Л.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3871-0273>  
**Цыкунов М.Б.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-8602>