

КЛИНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

МАГНИТНАЯ ТЕРАПИЯ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

© А.В. Максимов, В.В. Кирьянова

Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Рассматриваются механизмы физиологического и лечебного действия магнитных полей, особенности воздействия магнитных полей на основные функциональные и регуляторные системы организма человека, лечебные методики, показания и противопоказания к лечебному применению, основы физики и биофизики магнетизма. Представлены современные аппараты магнитотерапии, техника и методики проведения лечебных процедур.

Ключевые слова: магнитное поле, магнетизм, магнитотерапия.

Для цитирования: Максимов А.В., Кирьянова В.В. Магнитная терапия в клинической практике. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2019;18(6):412-426.

DOI: <https://doi.org/10.17816/1681-3456-2019-18-6-412-426>

Для корреспонденции: Максимов А.В., e-mail: maximov_av@mail.ru

Поступила 10.10.2019

Принята в печать 12.12.2019

MAGNETOTHERAPY IN CLINICAL PRACTICE

© A. V. Maksimov, V. V. Kiryanova

This article discusses mechanisms of physiological and therapeutic effects of magnetic fields, characteristics of magnetic fields effect on main functional and regulatory systems of the human body, as well as therapeutic techniques, indications and contraindications for therapeutic use, fundamentals of physics, and biophysics of magnetism. It also presents modern magnetic therapy devices, equipment, and methods of performing medical procedures.

Keywords: magnetic field, magnetism, magnetotherapy.

For citation: Maksimov AV, Kiryanova VV. Magnetotherapy in clinical practice. *Russian Journal of the Physial Therapy, Balneotherapy and Rehabilitation*. 2019;18(6):412-426. (In Russ.)

DOI: <https://doi.org/10.17816/1681-3456-2019-18-6-412-426>

For correspondence: Aleksandr V. Maksimov, e-mail: maximov_av@mail.ru

Received 10.10.2019

Accepted 12.12.2019

ВВЕДЕНИЕ

Магнитное поле является одним из широко используемых лечебных физических факторов, отличительной особенностью которого является мягкое и щадящее действие на организм человека и животных, отсутствие резких сдвигов в деятельности основных физиологических систем организма, хорошая переносимость лечебных процедур, малый перечень противопоказаний к лечебному применению и редкое возникновение неблагоприятных побочных эффектов. Физиологические и лечебные эффекты магнитных полей развиваются постепенно, исподволь, для их полного проявления и развития обычно требуется продолжительный курс (10–15 процедур), однако они длительно сохраняются после проведенного курса магнитной терапии.

Магнитная терапия имеет широкие возрастные рамки применения и может успешно использоваться как у лиц пожилого и старческого возраста, так

и в неонатологии. Может включаться в комплексную физиотерапию с разнообразными лечебными физическими факторами, при этом во многих случаях наблюдается не только эффект суммирования, но и эффект потенциации лечебных эффектов.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАГНИТОТЕРАПИИ

Магнитотерапия представляет собой метод физического лечения, действующим фактором которого является постоянное магнитное поле (ПМП), а также низкочастотное переменное магнитное поле (ПеМП) и импульсное магнитное поле (ИМП). Магнитное поле (МП) не существует как самостоятельное физическое явление, а находится в неразрывной связи с электрическим полем (ЭП) как составляющая электромагнитного поля. Физическая природа электромагнитных полей двуедина — их неразделимыми составляющими являются электри-

ческий и магнитный компоненты. В зависимости от частоты электромагнитных колебаний и параметров их модуляции, а также от конструкции лечебного терминала, воздействующего на пациента (электроды, излучатели, индукторы), в структуре поля преобладает электрический или магнитный компоненты. Электромагнитные поля низкой, высокой, ультравысокой, сверхвысокой и крайневисокой частоты находят широкое применение в клинической практике.

Покоящийся электрический заряд является источником постоянного ЭП, при этом магнитная составляющая поля равняется нулю. Силовые линии постоянного ЭП начинаются на положительном электрическом заряде, распространяются радиально и завершаются на отрицательном электрическом заряде.

Движущийся электрический заряд является источником не только ЭП, но и МП. Силовые линии МП перпендикулярны линиям ЭП, они имеют форму concentрических замкнутых колец, окружающих траекторию движения электрического заряда, при этом максимальная плотность силовых линий имеет место непосредственно возле движущегося заряда. Направление силовых линий МП определяется по правилу буравчика: рукоятка буравчика правого вращения при поступательном перемещении буравчика вдоль траектории движения электрического заряда описывает круги, совпадающие с направлением силовых линий поля (рис. 1).

Если электрический заряд движется с постоянной скоростью (постоянный непрерывный электрический ток), то магнитная составляющая поля равна максимуму, а электрическая равна нулю. При толчкообразном движении электрического заряда (импульсный ток) или при его возвратно-поступательном движении (переменный ток) преобладает магнитная составляющая поля, а электрическая составляющая пропорциональна первой производной силы тока.

Наиболее простым источником МП является линейный проводник, по которому идет электрический ток. Вокруг такого проводника возникает

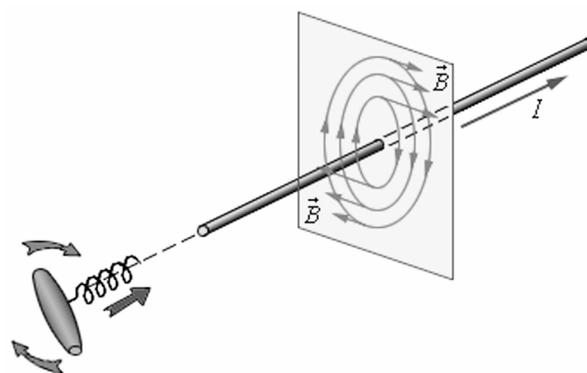


Рис. 1. Направление вектора магнитного поля — правило буравчика

МП, силовые линии которого представляют собой множественные замкнутые concentрические кольца, расположенные в плоскости, перпендикулярной электрическому вектору (рис. 2). Касательные к силовым линиям указывают направление вектора напряженности в любой точке поля.

В технических и медицинских магнитных устройствах источником МП является токопроводящая проволочная катушка, находящаяся под электрическим напряжением. Каждый виток катушки является единичным источником МП (рис. 3).

МП катушки является суммой полей отдельных витков. Силовые линии поля катушки представляют собой concentрические замкнутые кольца. Они проходят через полость катушки, выходят из ее апертуры, огибают катушку снаружи и замыкаются в противоположной апертуре (рис. 4). Направление магнитных силовых линий зависит от направления тока в катушке и определяется по правилу буравчика. Апертура катушки, из которой выходят силовые линии МП соответствует ее северному полюсу (N), а противоположная апертура, в которую входят силовые линии — ее южному полюсу (S). Наибольшая плотность силовых линий (напряженность) поля имеет место в полости катушки и в ее апертурах. Величина напряженности МП катушки кратна числу ее витков.

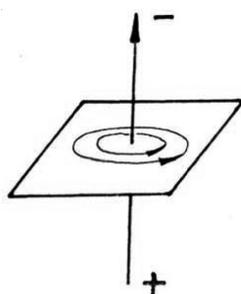


Рис. 2. Магнитное поле линейного проводника

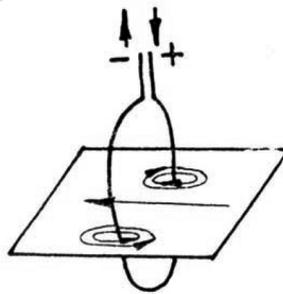


Рис. 3. Магнитное поле кольцевого тока

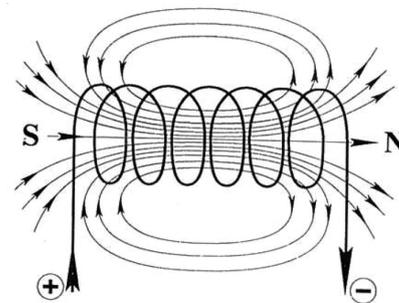


Рис. 4. Магнитное поле катушки

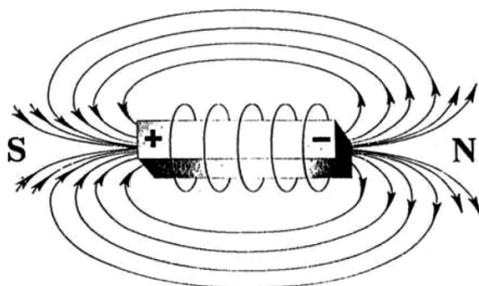


Рис. 5. Магнитное поле катушки-электромагнита

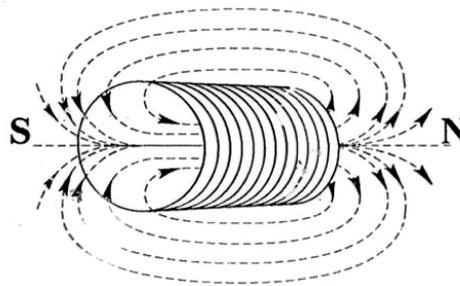


Рис. 6. Магнитное поле катушки-соленоида

Различается два типа катушек — электромагниты и соленоиды. У катушки электромагнита имеется ферромагнитный сердечник (рис. 5). К ферромагнетикам относятся такие химические элементы, как железо, кобальт, никель, самарий, иридий, а также некоторые редкоземельные металлы и химические соединения. Ферромагнетики сильно втягиваются во внешние магнитные поля, усиливают их многократно и обладают свойством остаточного намагничивания — становятся источниками постоянного МП после нахождения во внешнем МП. Ферромагнитный сердечник повышает напряженность поля катушки при прохождении по ней электрического тока в 8–10 раз. Рабочими частями катушки-электромагнита являются ее торцы, на которых плотность силовых линий (напряженность) максимальна. Катушки-электромагниты используются для местных (очаговых, рефлекторных) методик магнитотерапии. Поле электромагнита неоднородное, оно характеризуется высоким градиентом напряженности. Поэтому проникающее действие МП электромагнитов, используемых в лечебных аппаратах, не превышает 8–10 см.

У катушек-соленоидов отсутствует сердечник, они имеют форму тора (кольцо, муфта). Наибольшая плотность силовых линий (напряженность) поля имеется в полости соленоида (рис. 6). Максимальная напряженность поля имеется у витков катушки, а минимальная — в ее центре. Полость является рабочей частью соленоида. Соленоиды малого диаметра используются для местных воздействий МП на конечности (рука, нога), а соленоиды большого диаметра — для общего воздействия на организм пациента («магнитная ванна»).

Катушки электромагниты и соленоиды являются лечебными терминалами (индукторами) аппаратов для магнитотерапии, которые представляют собой электрические генераторы, преобразующими сетевой ток (220 В, 50 Гц).

Помимо аппаратов, лечебными источниками МП являются устройства для магнитотерапии. Основа лечебных магнитных устройств — ферромагнитные материалы различного вида и размера, помещенные во внешнюю оболочку (кожух, корпус), которая со-

стоит из материалов, разрешенных для контакта с покровами тела, и намагниченные при помощи внешнего постоянного магнитного поля.

Источником магнетизма ферромагнетиков являются валентные электроны на внешних орбитах составляющих их атомов. Не спаренные валентные электроны обладают некомпенсированным магнитным моментом. Вещество ферромагнетика разделено на области (домены), внутри которых расположены атомы, валентные электроны которых вращаются упорядоченно. Под воздействием внешнего постоянного МП происходит упорядочение (синхронизация) вращения внешних валентных электронов во всех доменах, в результате чего домены «объединяются», и на границах ферромагнетика возникает так называемый молекулярный ток Ампера, который является источником постоянного МП.

Основные физические параметры, которые определяют характер биологического и лечебного действия МП:

- напряженность МП,
- магнитная индукция,
- форма МП,
- частота МП.

Напряженность и магнитная индукция являются силовыми характеристиками МП. Напряженность поля измеряется в безвоздушном пространстве, а магнитная индукция — в реальных физических средах (воздух, вода, биологические ткани). Поскольку магнитная проницаемость большинства предметов неорганического и органического мира, в том числе тканей организма человека близка к магнитной проницаемости вакуума, отличия между значениями напряженности МП и магнитной индукции в пределах задач биологического и медицинского характера несущественны. Напряженность используется для характеристики физических свойств лечебного источника МП, а магнитная индукция — при описании биофизических и лечебных феноменов.

Изменение величины магнитной индукции поля невозможно оценить субъективно, поскольку у человека отсутствуют специализированные магнитные рецепторы в покровах тела. Численное значение на-

пряженности МП и магнитной индукции определяются специальными измерительными приборами — тесламетрами (магнитометрами). Напряженность и индукция МП убывают прямо пропорционально квадрату расстояния от источника.

Напряженность МП в системе единиц СГС измеряется в эрстедах (Э), а в международной системе (СИ) — в амперах на метр (А/м).

$$1 \text{ Э} = 79,58 \text{ А/м} \\ 1 \text{ А/м} = 0,01256 \text{ Э.}$$

Магнитная индукция в системе единиц СГС измеряется в гауссах (Гс), а в международной системе (СИ) в теслах (Тл).

$$1 \text{ Гс} = 0,0001 \text{ Тл} \\ 1 \text{ Тл} = 10^4 \text{ Гс.}$$

В практике физиотерапии в качестве основной единицы измерения и дозирования магнитной индукции используется миллитесла (мТл).

$$1 \text{ мТл} = 10^{-3} \text{ Тл.}$$

Удобство использования данной единицы измерения обуславливается тем, что величина магнитной индукции лечебных МП измеряется в единицах и десятках мТл (до 100 мТл), а пороговое терапевтическое значение магнитной индукции в области патологического очага составляет не менее 1–1,5 мТл. Расстояние от источника МП, на котором магнитная индукция понижается до уровня 1–1,5 мТл принято называть проникающим действием поля.

Форма МП — это параметр, характеризующий пространственно-временные свойства вектора МП. Форма МП зависит от формы электрического тока, возбуждающего МП. В физиотерапии применяется пять основных форм МП: постоянное, переменное, импульсное, высокоамплитудное импульсное, бегущее импульсное.

Постоянное магнитное поле возникает при пропускании постоянного непрерывного тока через токопроводящую катушку. Для ПМП характерно постоянство направления силовых линий, наименования полюсов катушки, напряженности МП.

ПМП оказывает мягкое, щадящее лечебное действие, которое развивается постепенно. Большая продолжительность процедуры (20–60 мин) и высокая курсовая доза (15–30 процедур) обуславливают преимущественное использование ПМП в практике домашней (индивидуальной) физиотерапии.

Переменное магнитное поле (ПеМП) возникает при пропускании переменного тока через токопроводящую катушку. Направление силовых линий поля и наименование полюсов постоянно изменяется

со сменой направления тока, напряженность поля зависит от постоянно изменяющейся силы тока.

Переменное магнитное поле вызывает отчетливые лечебные эффекты при небольшой продолжительности процедуры (15–30 мин) и малой курсовой дозе (10–15 процедур). ПеМП используется в клинической физиотерапии, в том числе для воздействия на голову, область сердца, рефлексогенные зоны, а также при острой боли и выраженном экссудативном воспалении. При воздействии на голову, рефлексогенные зоны, связанные с шейными и грудными сегментами спинного мозга, оказывает седативное и гипотензивное действие.

Переменное магнитное поле, как правило, применяется в начале курса магнитотерапии или в течение всего курса, если не показано использование ИМП.

Импульсное магнитное поле возникает при пропускании постоянного или переменного импульсного тока через токопроводящую катушку. Направление силовых линий поля и наименование полюсов постоянное или переменное, поле возбуждается в виде импульсов (толчков), между которыми имеются паузы. Напряженность поля зависит от изменяющейся силы тока, а в интервалах между импульсами равна 0.

ИМП оказывает выраженное лечебное действие при короткой продолжительности процедуры (12–20 мин) и малой курсовой дозе (10–15 процедур). Обладает выраженным местным трофическим, сосудистым, противоотечным, противовоспалительным действием. ИМП не рекомендуется использовать для воздействия на голову, область сердца, рефлексогенные зоны, а также при острой боли и выраженном экссудативном воспалении и в начале курса магнитотерапии.

Высокоамплитудное импульсное магнитное поле (ВИМП) возникает при пропускании постоянного импульсного тока высокого напряжения со сверхкороткой продолжительностью импульсов (около 100 мкс) через токопроводящую катушку. Направление силовых линий поля и наименование полюсов постоянное, поле возбуждается в виде сверхкоротких импульсов (около 100 мкс) с высокой амплитудой (до 2–3 Тл), между импульсами имеются паузы, продолжительность которых на 3–4 порядка больше импульсов. Напряженность поля зависит от изменяющейся силы тока, а в интервалах между импульсами равна 0.

ВИМП характеризуется особенностями от прочих форм МП физиологическими и лечебными свойствами. При амплитуде импульсов 0,8–1,0 Тл и более поле возбуждает нервные волокна и стимулирует мышцы. ВИМП используется для стимуляции поврежденных нервов и частично денервированных мышц. При напряженности менее 0,8 Тл ВИМП

оказывает трофическое, сосудистое, противоотечное, противовоспалительное действие.

Бегущее импульсное магнитное поле (БИМП) возникает при перемещении источника поля в пространстве. Имитация перемещения источника МП достигается использованием серии катушек-индукторов, в каждую из которых электрические импульсы подаются последовательно. Правильное размещение катушек-индукторов обеспечивает распространение поля в виде бегущей волны. Разновидностью БИМП является вращающееся поле (ВрМП).

БИМП и ВрМП обладают дополнительными биологическими и лечебными эффектами по сравнению с ПеМП и ИМП, что связано с наличием еще одного параметра модуляции поля — пространственного.

Частота МП — параметр, служащий для характеристики ПеМП и ИМП, их дифференцированного применения и дозирования. Частотой определяется кратность смены наименования полюсов ПеМП и кратность импульсов ИМП в единицу времени — секунду. Частота измеряется в с^{-1} или в герцах (Гц). В лечебной практике применяются МП низкой частоты (0–1000 Гц), причем наибольший эффект достигается при использовании нижнего регистра частот данного диапазона (0–100–200 с^{-1}). МП с частотой около 100 с^{-1} оказывают выраженное центральное нейротропное лечебное действие (седативное, гипотензивное). При инфразвуковой частоте (0–20 с^{-1}) МП дают наиболее отчетливые местные лечебные эффекты — трофический, сосудистый, противовоспалительный, противоотечный, десенсибилизирующий, болеутоляющий.

ПЕРВИЧНЫЕ БИОФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Механизмы действия МП на биологические объекты и на течение патологических процессов в живом организме не изучены в полной мере. Существующие объяснения и концепции во многом носят предположительный характер, однако не вызывает сомнения то, что все многообразие физиологических и лечебных эффектов МП обусловлено двумя первичными биофизическими феноменами — эффектом Холла (магнитоэлектрическим) и эффектом Лоренца (магнитомеханическим).

Эффект Холла заключается в том, что в движущихся проводниках, пересекающих силовые линии МП возникает электрическая разность потенциалов, а если движущийся проводник представляет собой замкнутый контур — в нем возникает электрический ток. МП индуцирует разность электрических потенциалов и короткозамкнутые вихревые токи в движущихся жидкостях организма (кровь, лимфа, тканевая жидкость, цитоплазма клеток), основу ко-

торых составляют электролиты (NaCl), являющиеся электрическими проводниками второго рода. ПеМП и ИМП индуцируют разность электрических потенциалов и короткозамкнутые вихревые токи не только в движущихся, но и в покоящихся тканевых жидкостях, что является одной из основных причин более интенсивного биологического и лечебного действия этих форм МП по сравнению с ПМП. Под действием МП с невысокими значениями магнитной индукции (до 100 мТл) в жидких средах организма наводятся токи малой силы (микротоки), которые не способны вызвать возбуждение нервных и мышечных клеток, однако влияют на функцию возбудимости и проводимости нервных волокон, чувствительность рецепторных окончаний, синаптическую передачу. В основе биологического и лечебного действия индукционных микротоков лежит вызываемое ими изменение состояния клеточных мембран и связанных с мембранами ферментативных и рецепторных молекул, повышение проницаемости плазмолеммы клеток. Под действием ВИМП с магнитной индукцией более 0,8 Тл в токопроводящих средах организма происходит наведение токов, сила которых превышает порог возбуждения нервных и мышечных структур, в результате чего происходит лавинообразная деполаризация нервов и мышц, мышечные сокращения.

Эффект Лоренца (магнитомеханический) заключается в том, что между двумя источниками магнитного поля действуют механические силы притяжения и механические силы отталкивания. Модальность магнитомеханического взаимодействия (направление силы Лоренца) зависит от направления силовых линий (полярности) магнитных полей. Если магнитные силовые линии полей двух источников МП имеют встречное направление, то между ними возникают механические силы отталкивания. Если магнитные силовые линии полей двух источников МП имеют одинаковое (параллельное) направление, то между ними возникают механические силы притяжения.

Эффектом Лоренца объясняются многие из биологических и лечебных эффектов МП. Изменяется специфическая активность некоторых внутриклеточных ферментов и мембранных рецепторов, опосредующих действие гормонов и медиаторов. Это связано с наличием некомпенсированного магнитного момента у молекул, входящих в активный центр этих биологически активных макромолекул. В результате внешнего магнитного воздействия в атомах, имеющих не спаренные валентные электроны, происходит сдвиг электронных облаков, что приводит к изменению конформации активного центра фермента или рецептора. Изменяется чувствительность рецепторов к лигандам (гормонам, медиаторам), изменяется характер взаимодействия фермента с субстратом,

результатом чего становится ускорение или замедление внутриклеточных биохимических реакций. Есть основания полагать, что МП усиливает активность таких ферментов как K^+ - Na^+ -зависимая аденозинтрифосфатаза (АТФ-аза) клеточных мембран, контролирующая баланс ионов K^+ и Na^+ на границах клеток, РНК-полимераза, обеспечивающая транскрипцию ядерной ДНК клетки в молекулы информационной РНК. Ускорение транспорта электронов по цепи дыхательных ферментов (цитохромов) в митохондриях клеток стимулирует процессы окислительного фосфорилирования глюкозы, что приводит к накоплению АТФ в клетках. Под действием МП снижается чувствительность альфа-адренорецепторов периферических артерий и бета-адренорецепторов миокарда к катехоламинам. Магнитомеханическая сила обуславливает разнонаправленное действие МП на внутриклеточные молекулы и органеллы и внеклеточные структуры, относящиеся к парамагнетикам (вещества, слабо втягивающиеся во внешние МП) и диамагнетикам (вещества, слабо выталкивающиеся из внешних МП). Возникает направленная ориентация пара- и диамагнитных молекул жидкокристаллических структур клетки (мембраны клетки, цитоплазматический ретикулум, митохондрии) в МП. Свободные радикалы, играющие ключевую роль в подавляющем большинстве внутриклеточных биохимических реакций, имеют некомпенсированный магнитный момент и высокую магнитную чувствительность. Сила Лоренца влияет на слабые координационные и ван-дер-ваальсовы силы межмолекулярного взаимодействия, в том числе взаимодействие дипольных молекул воды между собой. Известно, что молекула воды (H_2O) является диполем. У нее имеется положительный и отрицательный электрические полюса. Поэтому в жидком агрегатном состоянии молекулы воды электрически взаимодействуют и формируют квазиполимерные цепи. Явление магнитной модификации воды заключается в том, что под действием силы Лоренца происходит смещение электронных облаков в молекулах воды и квазиполимерные цепи распадаются на мономерные молекулы H_2O , которые обладают высокой физико-химической активностью, текучестью, легко покидают клетку через клеточные поры, хорошо проникают через тканевые щели (эффект магнитной модификации воды).

Изменяется течение внутриклеточных биохимических реакций с участием металлосодержащих ферментов, МП повышает O_2 -транспортную функцию гемоглобина.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ И ЛЕЧЕБНОЕ ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Биологическое и лечебное действие МП комплексное и многообразное. Перечень лечебных эф-

фектов этого физического фактора достаточно обширен, что вполне объяснимо, если принять во внимание, что МП — природный фактор. Геомагнитное поле напряженностью 0,5–0,7 Гс постоянно воздействует на всю биосферу Земли, в том числе на человека. В геомагнитном поле происходило развитие человека как биологического вида, происходит индивидуальное развитие организма человека. Будучи физическим фактором абсолютно проникающего свойства, геомагнитное поле способно взаимодействовать с великим многообразием молекулярных, субклеточных, клеточных, тканевых и органных мишеней в организме человека. Эти взаимодействия носят слабознергетический, нетепловой характер, не приводят к быстрым и драматическим изменениям в состоянии мишеневых молекул, клеток, тканей и организма в целом. Эти изменения являются по своей сути триггерными и приводят к множественным переключениям течения различных биохимических реакций, модификации состояния фосфолипидных мембран и коллоидов клеток, повышению или понижению интенсивности межмолекулярных взаимодействий. Для достижения заметных физиологических и лечебных результатов требуется накопление количественных изменений на измененных МП путях метаболизма, то есть необходимо накопление курсовой дозы магнитной терапии.

Некоторые из лечебных эффектов развиваются только при определенных локализациях воздействия МП, другие — независимо от локализации воздействия. К числу первых относятся центральные нейротропные эффекты МП, а также комплексный кардиальный эффект. Ко второй группе относятся периферические (тканевые) эффекты МП.

Наиболее высокой чувствительностью к МП обладают центральная нервная система (ЦНС) и периферическая нервная система, а также сердечно-сосудистая система. Это обусловлено высокой биоэлектрической и биомагнитной активностью структур центральной и периферической нервной системы, центров вегетативной регуляции центральной и общей гемодинамики, миокарда и коронарных сосудов.

К числу центральных (обусловленных воздействием на ЦНС) клинических эффектов МП относятся:

- седативный,
- гипотензивный,
- нейроэндокринный.

Центральные эффекты магнитотерапии выражены в наибольшей степени при воздействии МП на голову (область как церебрального, так и висцерального черепа), а также на рефлексогенные зоны, расположенные в шейном и верхнем грудном метамерах (паравертебральные зоны C_1 – Th_5 , воротниковая область, подчелюстные и яремная зоны).

Центральные эффекты МП возникают и развиваются в ранние сроки после начала курса магнитотерапии (1–3 процедуры), усиливаются по мере продолжения курса лечения, однако после его завершения сохраняются недолго (2–4 нед).

Седативное действие МП обусловлено высокой чувствительностью нервной ткани к магнитным воздействиям. Чем выше морфофункциональное развитие и электрофизиологическая лабильность нервных клеток, тем более они подвержены магнитным воздействиям. Нейроны серого вещества коры головного мозга отличаются наиболее высокой магнитной чувствительностью, за ними следуют нервные клетки базальных ядер головного мозга таламической и гипоталамической зон, гиппокампа, ретикулярной формации. Под действием МП усиливаются тормозные процессы в ЦНС. Основными нейрофизиологическими механизмами седативного действия МП являются повышение трансмембранного потенциала покоя нейронов коры головного мозга, вследствие усиления активности K^+ - Na^+ -зависимой АТФ-азы мембраны нейронов, а также торможение проведения возбуждения по восходящим путям ретикулярной формации. Седативное действие в наибольшей степени присуще ПМП и ПеМП с частотой около 100 с^{-1} . Клинические проявления седативного эффекта МП достаточно характерны: у больных улучшается настроение, ночной сон, аппетит, уменьшается аффективная слабость и неустойчивость аффекта, снижается ощущение неуверенности и чувство тревоги. Седативное действие МП в наибольшей степени проявляется у больных с функциональными расстройствами ЦНС, а также у детей и лиц пожилого и старческого возраста. Магнитотерапия используется для лечения больных с идиопатическими неврозами, а также с вторичными соматогенными неврозами.

Гипотензивное действие. МП вызывает понижение систолического и диастолического артериального давления на 5–15 мм рт. ст. Наиболее вероятным механизмом развивающейся гипотензии является центральный симпатолитический эффект. На это указывают экспериментальные данные (понижение содержания катехоламинов в подкорковых нервных образованиях головного мозга подопытных животных) и клинические наблюдения (синергизм и взаимная потенциация действия МП и лекарственных препаратов центрального симпатолитического действия, таких как резерпин, октадин, орнид). В результате ослабляется вазопрессорное действие центральных структур, ответственных за поддержание системного артериального давления, развивается гипотензивный эффект. Понижение артериального давления происходит у лиц с его исходно повышенным, но не стабильным уровнем (нейроциркуляторная дистония по гипертоническому типу, гипертоническая

болезнь I–II стадии), а также у лиц с нормальным и пониженным уровнем давления. При проведении процедур магнитотерапии больным с артериальной гипотонией нередко развиваются побочные эффекты в виде острой сосудистой недостаточности, эпизодов ортостатической гипотензии, обмороков. В то же время у больных с гипертонической болезнью II стадии с устойчиво повышенным уровнем артериального давления гипотензивный эффект в большинстве случаев отсутствует, отмечается только седативное воздействие. Магнитотерапия показана больным с гипертонической болезнью I–II стадии, нейроциркуляторной дистонией по гипертоническому типу.

Нейроэндокринный эффект проявляется усилением выработки некоторых гормонов аденогипофиза (ТТГ, АКТГ, ФСГ, ЛГ). В наибольшей степени повышается выработка ТТГ, что сопровождается усилением функции щитовидной железы и синтеза в ней тироксина и трийодтиронина. Вероятной причиной усиления функции аденогипофиза является высокая чувствительность к МП ядер переднего гипоталамуса, в которых вырабатываются либерины (тиролиберин, кортиколиберин, гонадолиберин и др.), которые усиливают выработку гормонов гипофиза. Выраженность нейроэндокринного эффекта МП значительно варьируется у пациентов и зависит, по-видимому, от индивидуального наследственно-обусловленного нейрогормонального статуса организма. Проведение процедур магнитотерапии у лиц с неустойчивой функцией желез внутренней секреции, в частности щитовидной железы, может приводить к манифестации ранее скрытых форм заболеваний.

Воздействие МП на сердце, метаболизм миокарда, сердечный ритм и венозное кровообращение, то есть *комплексный кардиальный эффект*, выражено в наибольшей степени при размещении источника поля в прекардиальной области или в паравертебральных зонах C_4 – Th_2 (сегментарно-рефлекторные зоны сердца). В течение первых 8–10 процедурных дней постепенное замедляется сердечный ритм, у больных со стабильной стенокардией напряжения снижается потребность в нитроглицерине и повышается толерантность к физической нагрузке. У экспериментальных животных, подвергнутых магнитному воздействию, понижается депонирование катехоламинов в миокарде. С большой долей уверенности можно предполагать, что механизмом кардиального действия МП является торможение чувствительности бета-адренорецепторов миокарда, вследствие индуцированного МП изменения конформации его активного центра, взаимодействующего с адреналином. Понижение частоты сердечных сокращений приводит к удлинению диастолы, что обеспечивает улучшение условий венозного

кровообращения, а уменьшение захвата катехоламинов сердечной мышцей способствует понижению затрат энергии миокардом и нормализации метаболизма миокардиоцитов. Магнитотерапия показана больным с ишемической болезнью сердца (ИБС) при стабильной стенокардии напряжения, постинфарктным кардиосклерозом, а также при несложненном течении острого инфаркта миокарда на II (санаторно-курортной) стадии реабилитации.

Периферические (тканевые) биологические и лечебные эффекты МП не связаны напрямую с влиянием этого лечебного физического фактора на структуры ЦНС и высшие вегетативные центры диэнцефальной области, их развитие практически не зависит от локализации лечебного источника МП. Периферические эффекты МП обычно являются среднесрочными или отдаленными, для их возникновения требуется накопление курсовой дозы — 8–10 процедур. Возникшие морфофункциональные изменения длительно сохраняются после проведенного курса лечения (до 3–5 мес), что позволяет рекомендовать проведение повторных курсов магнитотерапии при хронических рецидивирующих заболеваниях не чаще, чем 3 раза в год.

Основные периферические биологические и лечебные эффекты МП:

- трофический;
- сосудорасширяющий;
- гипокоагулирующий;
- противоотечный;
- противовоспалительный;
- десенсибилизирующий;
- болеутоляющий;
- спазмолитический.

Трофический эффект. МП оказывает непосредственное и фундаментальное воздействие на метаболизм клеток и трофику тканей, причем в наибольшей степени это касается поврежденных клеток и тканей, независимо от причины и характера повреждения (травма, ишемия, дистрофия). Основными механизмами трофического действия МП являются активация катаболизма глюкозы и липидов по пути окислительного фосфорилирования и синтеза белка, ускорение течения внутриклеточных биохимических реакций с участием свободных радикалов и металлосоодержащих ферментов. Большое значение в развитии трофического эффекта МП имеет усиление периферического кровообращения, интенсификация транкапиллярной фильтрации.

Имеется большое количество экспериментальных и клинических исследований, посвященных стимулирующему воздействию МП на процесс и динамику заживления асептических и септических ран, образование костной мозоли при переломах костей, восстановление поврежденного спинного мозга и периферических нервов. Показано, что

применение МП позволяет ускорить заживление костных переломов на 10–12 дней, при этом удается уменьшить или предотвратить атрофию мышц в области перелома. Значительно повышается темп прорастания поврежденного нерва по осевому цилиндру миелиновой оболочки после травмы, ишемии, воспаления. В эксперименте и в клинике показано благоприятное действие МП при спинальной травме, ускорение восстановления нарушенных функций и оптимизация исходов лечения. Регенерация трофических язв нижних конечностей, как венозного, так и артериального происхождения, приобретает новую ускоренную динамику. МП препятствует прогрессированию дегенеративно-дистрофических процессов в сочленениях опорно-двигательного аппарата — суставах конечностей, позвоночника, межпозвоковых дисках. В экспериментах на животных показано, что под действием МП увеличивается число делящихся клеток, находящихся в различных стадиях митоза.

МП широко применяется при лечении больных с различными повреждениями (травмами) тканей, язвенными и дегенеративно-дистрофическими патологическими процессами в хирургии, травматологии и ортопедии, дерматологии, невропатологии, внутренней медицине, гинекологии, а также в других клинических дисциплинах.

Сосудорасширяющий эффект. Под действием МП происходит усиление артериального и капиллярного кровообращения, а также рост новых коллатеральных сосудов. Предположительным механизмом расширения артерий мышечного типа и артериол является понижение чувствительности альфа-адренорецепторов сосудов к норадреналину. Расширение артериол сопровождается раскрытием прекапиллярных сфинктеров и многократным усилением капиллярного кровотока в области патологического очага. Значительное увеличение числа функционирующих капилляров приводит к неизмеримо большему увеличению суммарной площади функционирующего капиллярного эндотелия, интенсификации транкапиллярного обмена между плазмой крови и тканевыми жидкостями. Сосудорасширяющее действие МП проявляется в наибольшей степени при заболеваниях, в основе которых лежит нарушение артериального и капиллярного кровообращения, спазмы периферических сосудов. К числу таковых относятся облитерирующие заболевания сосудов конечностей, хроническая недостаточность мозгового кровообращения и целый ряд других заболеваний. Активация артериального и капиллярного кровообращения под действием МП обуславливает, в той или иной степени, большинство других лечебных эффектов МП.

Гипокоагулирующий эффект. При проведении курса магнитотерапии отмечаются фазовые изме-

нения свертывающей активности крови у больных. В течение первых 3–5 процедурных дней происходит, как правило, ее незначительное повышение, а во второй половине курса (начиная с 6–9 дней лечения) — понижение. Пониженная настройка механизмов гемокоагуляции сохраняется и усиливается в течение курса магнитотерапии. После завершения курса лечения МП гипокоагулирующий эффект сохраняется в течение 2–4 нед. МП воздействует как на клеточные, так и на гуморальные физиологические механизмы свертывания крови. С одной стороны, происходит понижение агрегационной способности тромбоцитов (предположительно, вследствие торможения активности тромбоцитарной циклооксигеназы), а с другой — повышение содержания гепарина в плазме крови. Понижение свертываемости крови, возникающее при проведении магнитотерапии способствует улучшению периферического кровообращения и микроциркуляции, венозного и мозгового кровообращения.

Противоотечный эффект возникает при острых отеках травматического (в том числе после хирургических операций) и воспалительного происхождения. Он проявляется уже после первых процедур, усиливается по мере продолжения лечения, позволяет ликвидировать отеки мягких тканей по завершении курса магнитотерапии. Существует два наиболее вероятных механизма противоотечного действия МП. Это активация K^+ - Na^+ -зависимой АТФ-азы мембран клеток, а также явление магнитной модификации воды.

K^+ - Na^+ -зависимая АТФ-аза обеспечивает выведение трех ионов Na^+ из клетки на каждые два введенных в клетку иона K^+ . Вместе с натрием из клетки в интерстициальное пространство, а затем в капилляры кровеносной и лимфатической системы уходят молекулы воды.

Вероятным результатом воздействия магнитного поля на среды и ткани, содержащие воду, становится образование мономеров H_2O , которые обладают способностью легко проникать через клеточные мембраны, перераспределяясь в интерстициальную жидкость, а затем в сосудистое пространство.

Противовоспалительный эффект относится к числу отдаленных лечебных результатов магнитотерапии, для достижения которого требуется курс из 8–10 процедур. Поэтому МП используется для лечения подострого и хронического воспаления. Достигнутый эффект длительно сохраняется (3–5 мес), поэтому повторные курсы лечения больных с хроническими рецидивирующими заболеваниями воспалительной природы проводятся не чаще, чем 3 раза в год. Противовоспалительное действие МП имеет многофакторный характер. Не в последнюю очередь оно обусловлено усилением местного кровообращения и микроциркуляции, активацией

транскапиллярной фильтрации, увеличением эмиграции фагоцитирующих клеток из сосудов в очаг воспаления, ликвидацией тканевого ацидоза и защелачиванием тканей. В очаге воспаления происходит торможение синтеза провоспалительных фракций простагландинов (салицилатоподобный эффект), повышается содержание гепарина, обладающего выраженным противовоспалительным действием, увеличивается выработка лизоцима. МП стимулирует местный иммунитет и механизмы естественной резистентности, что проявляется относительным и абсолютным увеличением числа дифференцированных Т-лимфоцитов, увеличением синтеза иммуноглобулинов всех классов, ростом числа вооруженных макрофагов и индекса завершенности фагоцитоза.

Десенсибилизирующий эффект МП проявляется при аллергических реакциях немедленного типа и при лечении больных с заболеваниями, патогенез связан с гистаминергической аллергией (аллергический риносинусит, бронхиальная астма, атопический дерматит, отек Квинке). Наиболее вероятной причиной неспецифической магнитной десенсибилизации является стабилизация мембраны тучных клеток и базофилов, которые играют ключевую роль в патогенезе реакций немедленного типа. Тучные клетки вырабатывают и депонируют вещества, являющиеся медиаторами аллергической реакции (гистамин, брадикинин, медленно реагирующая субстанция анафилаксии). На мембранах тучных клеток имеются рецепторы к *Fc*-фрагменту аллергических антител (IgE , IgG_4), обладающие специфичностью к причинному аллергену. При контакте аллергена с кожей или слизистыми оболочками происходит его связывание с *Fab*-фрагментами аллергических антител, фиксированных на мембранах, и образование иммунных комплексов. Это вызывает дегрануляцию тучных клеток, выброс в межклеточную жидкость гистамина и других медиаторов аллергии, что и проводит к клинической манифестации аллергии. МП стабилизирует мембраны тучных клеток подобно лекарственному препарату *Na*-хромогликату (инталу), препятствуя развитию аллергической реакции. По-видимому, это не единственный механизм противоаллергического действия МП, поскольку этот физический фактор эффективен не только для профилактики аллергии, но и для ее лечения.

Болеутоляющий эффект связан с понижением чувствительности различных рецепторов кожи и слизистых оболочек. Вследствие подавляющего численного преобладания рецепторов боли (свободные нервные окончания) наиболее очевидным результатом магнитного воздействия является уменьшение выраженности болевых ощущений. Увеличение порога возбуждения болевых рецепторов может

быть вызвано повышением трансмембранного потенциала покоя нервных окончаний, обусловленно-го активацией K^+ - Na^+ -зависимой АТФ-азы мембран клеток.

Спазмолитический эффект проявляется клинически снятием спазмов гладкой мускулатуры внутренних органов, уменьшением гипертонии сфинктеров и жомов желудочно-кишечного тракта, замедлением ускоренной перистальтики гладкой мускулатуры всех отделов пищеварительного канала. Спазмолитический эффект носит нормализующий характер, проявляется только при спазмах, повышенном тоне, избыточной перистальтике. Вероятным механизмом спазмолитического действия является понижение чувствительности рецепторов гладкой мускулатуры внутренних органов к активирующим воздействиям специфических медиаторов.

Магнитотерапия не противопоказана больным, у которых в качестве сопутствующего заболевания имеются доброкачественные новообразования, не проявляющие тенденции к прогрессивному росту. Под действием МП нередко отмечается регрессия опухолевых узлов.

Аппараты и оборудование. Для магнитотерапии используется два типа источников поля — аппараты и устройства. Аппараты представляют собой электрические преобразователи сетевого тока (220 В, 50 Гц), оснащенные в выходной части лечебными индукторами двух типов для воздействия на пациента — электромагнитами и соленоидами. В настоящее время отечественной промышленностью выпускается более 20 стационарных и портативных аппаратов, как для лечебных учреждений, так и для индивидуального применения. Все магнитолечебные аппараты выполнены по II классу защиты от поражения электрическим током, что позволяет эксплуатировать их в приспособленных условиях, а портативные аппараты — в домашних условиях.

Лечебные устройства для магнитотерапии представляют собой полностью автономные источники ПМП. Основной частью устройства является ферромагнитное рабочее тело, подвергнутое намагничиванию и сохраняющее свойства постоянного магнита неограниченно длительное время. Одним из наиболее широко распространенных устройств для магнитотерапии является аппликатор магнитостимулирующий «Невотон МК-37» (ООО НПФ «Невотон», Россия). Он представляет собой неразборную капсулу цилиндрической формы, внутри которой находится специально обработанный феррокерамический намагниченный материал, который создает на поверхности капсулы МП напряженностью 10–12 мТл. Вектор магнитного поля ориентирован вдоль капсулы. На торцах капсулы имеются резьбовые отверстия для присоединения массажных насадок. При проведении процедуры капсула

фиксируется в области патологического очага или биологически активной точки эластичным шнуром, входящим в состав комплекта. Уровень магнитной индукции на всех поверхностях капсулы обеспечивает полную безопасность пациента и защищает от возможных побочных эффектов. Аппликатор прост в эксплуатации, рекомендован не только к профессиональному, но и к индивидуальному применению, в том числе в домашних условиях. При очаговых методиках воздействия капсулу помещают в точках и зонах наибольшей болезненности. Продолжительность аппликации — до 2–4 ч. При проведении магнитопунктурной терапии по тонизирующей методике продолжительность аппликации 2–6 ч (капсулу размещают по ходу канала акупунктуры), по тормозной методике — 12–24 ч (капсулу размещают против хода канала акупунктуры). Массажные насадки используются для точечного и линейного массажа, массажа проекционных зон.

Наиболее широко распространенным универсальным передвижным отечественным аппаратом магнитотерапии является «Полюс-1». Аппарат двухканальный, представляет собой источник ПМП синусоидальной формы и ИМП полусинусоидальной формы с частотой 50 Гц. Обе формы поля генерируются в непрерывном режиме и в прерывистом режиме (продолжительность посылок и пауз — 2 с).

Имеется пять сменных индукторов-электромагнитов. Два парных цилиндрических индуктора диаметром 110 мм имеют подковообразный сердечник и единственную (торцевую) рабочую поверхность. Два парных прямоугольных индуктора длиной 160 мм имеют стержневой сердечник и две основные рабочие поверхности в области торцов. Непарный полостной (вагинальный) индуктор диаметром 25 мм и длиной 165 мм в качестве основной рабочей поверхности имеет торец. Напряженность поля понижается до пороговой терапевтической (1–1,5 мТл) на расстоянии 5–6 см от торцов сердечника индукторов. Магнитная индукция регулируется четырьмя ступенями ручки интенсивности в диапазоне 9–43 мТл. Аппарат «Полюс-1» серийно производился в СССР с 1975 г.

В настоящее время производится усовершенствованный универсальный передвижной аппарат «Полюс-2» (ЗАО «Завод ЭМА», Россия). Аппарат двухканальный, является источником ПМП синусоидальной формы с частотой 50 Гц, ИМП полусинусоидальной формы со сменной частотой 10, 17, 25, 50 Гц. Обе формы поля генерируются в непрерывном режиме и в прерывистом режиме (продолжительность посылок и пауз — 2 с). При инфразвуковой частоте (10, 17 Гц) усиливается трофическое, сосудистое, противовоспалительное действие ИМП. Имеется семь лечебных индукторов, в том числе пять индукторов-электромагнитов и два индукто-

ра-соленоида. Наличие индукторов-соленоидов позволяет полноценно воздействовать на ткани конечностей, прежде всего нижних конечностей, при заболеваниях и патологических состояниях в лечении которых показана магнитная терапия.

Комплект из пяти сменных индукторов-электромагнитов не имеет принципиальных отличий от комплекта индукторов-электромагнитов аппарата «Полюс-1». Наибольшая амплитуда магнитной индукции индукторов электромагнитов при ПемП синусоидальной формы — 50 мТл, а при ИМП полусинусоидальной формы — 75 мТл. Два парных индуктора-соленоида внутренним диаметром 240 мм и длиной по оси 150 мм предназначены для воздействия на конечности. Наибольшая амплитуда магнитной индукции на оси индуктора-соленоида в плоскости торца при ПемП синусоидальной формы 1,5 мТл, при ИМП полусинусоидальной формы — 5 мТл.

Переносной настольный аппарат «Полюс-101» (ЗАО «Завод ЭМА», Россия) является источником ПемП синусоидальной формы повышенной частоты (700 и 1000 Гц). Магнитные поля повышенной частоты уступают по лечебной эффективности магнитным полям низких и сверхнизких частот. Аппарат двухканальный, в один из каналов поступает переменный ток с частотой 700 Гц, а во второй — ток с частотой 1000 Гц. Аппарат состоит из блока питания и управления и двух практически одинаковых соленоидов внутренним диаметром 220 мм и длиной по оси 35 мм. Соленоиды укреплены на стойках, могут поворачиваться относительно стоек, фиксироваться в любом, необходимом для проведения процедуры положении. Аппарат работает в непрерывном и прерывистом режимах при продолжительности посылок и пауз по 1,5 с. При одновременном использовании двух индукторов режим прерывистый с попеременным подключением индукторов. Основное предназначение аппарата — воздействие на нижние конечности, однако соленоиды могут использоваться по плоскостным методикам для воздействия на туловище, область тазового и плечевого пояса.

Переносной аппарат АМТ-02 «Магнитер» является источником ПемП синусоидальной формы (50 Гц) и ИМП полусинусоидальной формы (50 Гц). Масса — не более 1,4 кг. Аппарат предназначен не только для профессиональной эксплуатации в условиях физиотерапевтического отделения, но и для индивидуального применения.

Переносной аппарат МАГ-30 (ОАО «Елатомский приборный завод», Россия) является источником ПемП синусоидальной формы с частотой 50 Гц. Питание аппарата осуществляется непосредственно от электрической сети (220 В, 50 Гц). Электрическая часть аппарата и индуктор-электро-

магнит с подковообразным сердечником размещены в пластмассовом корпусе, одна из плоскостей которого является рабочей поверхностью индуктора. На рабочей поверхности имеются два разноименных полюса. Наибольшая амплитуда магнитной индукции на рабочей поверхности составляет 30 мТл. Имеются модификации аппарата, отличающиеся внешним оформлением, габаритами и массой. Аппарат МАГ-30 предназначен для использования в физиотерапевтических и клинических отделениях лечебных учреждений, индивидуальными пользователями в приспособленных условиях.

На базе аппарата МАГ-30 разработан аппарат для магнитоакустической терапии портативный МАГОФОН-01 (ОАО «Елатомский приборный завод»), предназначенный для сочетанного магнитовиброакустического воздействия на организм человека в стационарных, амбулаторных и домашних условиях с целью профилактики и лечения заболеваний различных органов и систем. МАГОФОН-01 является источником ПемП синусоидальной формы с частотой 50 Гц и механических колебаний акустической частоты. Источником ПемП является индуктор-электромагнит с подковообразным сердечником, торцы которого подходят под рабочей поверхностью аппарата, на которой определяется два разноименных полюса. На рабочей поверхности располагается виброакустический излучатель — источник механических колебаний акустической частоты типа «белый шум». Механические колебания акустической частоты оказывают не только локальное воздействие на биологические мембраны, ткани и органы, но и центральное воздействие на слуховой анализатор, что является дополнительным ятрогенным фактором, повышающим эффективность лечения. О начале процедуры и окончании каждой ее минуты оповещает звуковой сигнал. Виброакустическое воздействие имеет фиксированную продолжительность 15 мин, после чего оно прекращается автоматически, генерация ПемП продолжается.

Аппарат «АЛИМП-2» (Украина) предназначен для лечебного воздействия БИМП в условиях физиотерапевтического отделения лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ). Преимущественная область использования — лечение больных с заболеваниями сосудов, нервов, суставов конечностей, периферической нервной системы.

Аппарат состоит из настольного блока питания и управления, выполненного по второму классу защиты от поражения электрическим током, имеющего восемь терапевтических разъемов для подключения двух соленоидных устройств, собранных из трех и из пяти больших соленоидов с внутренним диаметром 190 мм или восьми пар малых индукторов-соленоидов с внутренним диаметром

110 мм. Блок питания и управления аппарата является источником импульсного тока прямоугольной формы с частотой 10 Гц и 100 Гц, генерируемого в режиме меандра. Обеспечивается последовательная коммутация импульсов тока в терапевтические разъемы аппарата от 1-го до 8-го, причем в каждый из разъемов подается только один импульс. К каждому из терапевтических разъемов подключается один большой соленоид или два малых соленоида. При последовательной подаче электрического сигнала в восемь терапевтических разъемов аппарата в каждом из присоединенных к ним больших соленоидов или пары малых соленоидов возбуждается ИМП. Таким способом имитируется перемещение источника ИМП, в серии последовательно размещенных на теле пациента индукторов-соленоидов возбуждается волна БИМП. При частоте импульсов 10 Гц возникает «медленная волна» БИМП (1,25 Гц), при частоте импульсов 100 Гц — «быстрая волна» БИМП (12,5 Гц). Магнитная индукция дозируется двумя ступенями — 30% и 100%. Амплитудное значение магнитной индукции в центре больших соленоидов 5 мТл, в центре малых соленоидов — 3 мТл.

Универсальным передвижным аппаратом магнитотерапии нового поколения, предназначенным для проведения не только локальных, но и общих процедур магнитной терапии является аппарат «ПОЛИМАГ-02» (ОАО «Елатомский приборный завод»). Централизованное управление аппаратом осуществляется микропроцессорным блоком, который обеспечивает формирование непрерывных и прерывистых импульсных МП, бегущих, бегущих по диагонали, вращающихся МП, различающихся по конфигурации, интенсивности, направлению и скорости перемещения в пространстве.

Лечебное воздействие осуществляется при помощи основных и сменных излучателей. Излучатели устроены по фасеточному принципу, причем каждая фасетка излучателя представляет собой единичный плоский индуктор. Основной излучатель состоит из четырех гибких лент. На каждой ленте имеется шесть плоских индукторов, общее число плоских индукторов на основном излучателе 24. В комплект аппарата входит 2–4 основных излучателей. Сменный излучатель состоит из одной гибкой ленты, на которой имеется шесть плоских индукторов.

Основные лечебные программы аппарата «ПОЛИМАГ»:

- стабильное непрерывное («неподвижное») ИМП. Все индукторы в основных и в сменных излучателях работают одновременно. Магнитная индукция до 6 мТл. Частота 1–16 Гц;
- стабильное прерывистое («прерывистое») ИМП. Продолжительность посылок и пауз от 1 до 60 с. Магнитная индукция до 6 мТл;

- БИМП в горизонтальной плоскости. При магнитной индукции до 20 мТл частота импульсов 1–100 Гц. При магнитной индукции до 25 мТл частота импульсов 1–75 Гц;
- БИМП в вертикальной плоскости. При магнитной индукции до 20 мТл частота импульсов 1–100 Гц. При магнитной индукции до 25 мТл частота импульсов 1–75 Гц;
- БИМП по диагонали. При магнитной индукции до 20 мТл частота импульсов 1–100 Гц. При магнитной индукции до 25 мТл частота импульсов 1–75 Гц;
- вихревое вращающееся магнитное поле. При соединении концами двух основных излучателей образуется кольцевой соленоид. Используется БИМП в вертикальной плоскости.

Портативный аппарат «АЛМАГ-01» (ОАО «Елатомский приборный завод») предназначен для лечебного применения БИМП не только в физиотерапевтических отделениях ЛПУ, но также в домашних условиях. Воздействие БИМП осуществляется при помощи четырех соединенных между собой эластичным крепежом малогабаритных дисковых индукторов. Амплитудное значение магнитной индукции 20 ± 6 мТл, длительность импульса 1,5–2,5 мс, частота следования импульсов 6 Гц, частота волн БИМП 1,5 Гц. Проникающее действие поля в биологические ткани — не менее 6–8 см, что позволяет использовать данный аппарат для лечения заболеваний внутренних органов, воздействия на суставы среднего и крупного калибра, глубоко расположенные сосуды и нервные образования.

Усовершенствованная модель малогабаритного аппарата для лечения БИМП — АЛМАГ-01 Н (ОАО «Елатомский приборный завод») выгодно отличается от аппарата АЛМАГ-01 наличием сервисных функций, необходимых для использования в физиотерапевтических отделениях и кабинетах стационаров и поликлиник. АЛМАГ-01 Н оснащен настольным блоком питания и управления, имеет цифровой дисплей, выведенный на лицевую панель блока питания и управления, электронный таймер, позволяющий дозировать время процедуры в диапазоне от 1 до 22 мин.

Техника и методики проведения процедур. Лечение магнитными полями проводится в физиотерапевтическом отделении, а при отсутствии такой возможности — в клинических отделениях ЛПУ. В зависимости от локализации воздействия и общего состояния пациента процедуры проводятся при положении больного лежа на процедурной кушетке или сидя на стуле. Применяются общие и местные методики магнитной терапии. Местные методики, в зависимости от локализации воздействия, подразделяются на рефлекторные и сегментарно-рефлекторные и очаговые.

Для проведения общих методик магнитной терапии используются крупногабаритные стационарные установки, оснащенные соленоидами большого диаметра (600–800 мм) и длины (1800–2000 мм), которые размещаются в специально оборудованных кабинетах для общей магнитотерапии. Пациент во время процедуры располагается внутри соленоида на специально оборудованной процедурной кушетке. В России производятся установки для общего магнитного воздействия «Магнитор-АМП» (ООО «Алтаймедприбор»), «Мультимаг», Магнитотурботрон-2М» (Касимовский приборный завод), ЭОЛ «Магнитотурботрон» и УМТИ-3Ф «Колибри» (ООО НПФ «ММЦ МАДИН»).

ЭОЛ «Магнитотурботрон» создает вихревое магнитное поле максимальной индукцией 3 мТл вокруг всего тела пациента одновременно при вариативных настройках частоты, модуляции, продолжительности цикла и процедуры, направления вращения поля. УМТИ-3Ф «Колибри» и «Колибри-Эксперт» создают импульсы затухающего переменного магнитного поля с индукцией 3,5–32 мТл. Установка позволяет направить максимальную индукцию поля на определенные области тела. Специализированная кушетка обеспечивает комфорт пациента и эргономичность процедуры — возможность быстрого изменения конфигурации трех соленоидов для создания вращающегося импульсного поля («призма») или бегущего импульсного поля («цилиндр»), охватывающего все тело.

Для проведения процедур общей магнитной терапии, в том числе бегущим и вихревым вращающимся МП, используется аппарат «ПОЛИМАГ-02» (ОАО «Елатомский приборный завод»). Гибкая конструкция основных излучателей, возможность их сочленения в количестве 2–4 в единую функционирующую индукторную поверхность позволяет добиться главного для общей магнитной терапии условия — размещения всего тела пациента внутри излучающей поверхности. Аппарат «ПОЛИМАГ» эксплуатируется в процедурной кабине общего кабинета электролечения и не требует размещения в отдельном помещении.

Для проведения местных (рефлекторных, сегментарно-рефлекторных, очаговых) процедур используются обычные передвижные, переносные и портативные аппараты, в том числе аппараты магнитной терапии, описание которых приведено в предыдущем разделе.

Техника проведения процедур магнитотерапии при помощи индукторов-электромагнитов стабильная, контактная или дистанционная. Контактная техника является предпочтительной, ввиду неравномерности поля и его высокого градиента. Индуктор располагается неподвижно, без зазора на обнаженном теле пациента. Дистанционная техника приме-

няется как дополнительная (вынужденная) при невозможности контактного воздействия (рана, язва, экзантема, кожное раздражение). Индуктор располагается в зоне воздействия неподвижно с минимально возможным зазором (не более 1–1,5 см). Наличие в пространстве между индуктором хирургической повязки (в том числе влажной, сукровичной, мазевой), гипсовой повязки, металлических тракционно-дистракционных конструкций не препятствует проникновению магнитного поля в подлежащие ткани, не понижает магнитную индукцию поля и не является противопоказанием к проведению процедуры. Это позволяет широко использовать магнитные поля в лечении больных хирургического профиля.

Техника проведения процедур магнитотерапии при помощи индукторов-соленоидов отличается тем, что рабочей частью соленоида является его полость. Часть тела пациента, на которую производится лечебное воздействие (обычно конечность), помещается внутрь пространства индуктора-соленоида. Оптимальным местом внутри соленоида является его центр, где МП наиболее однородное.

Основные параметры дозирования процедур МП:

- магнитная индукция;
- форма МП;
- частота ПеМП (ИМП);
- режим генерации МП;
- длительность процедуры;
- продолжительность курса лечения.

Магнитная индукция. Магнитная индукция полей, применяемых в физиотерапии, не превышает 100 мТл. Данное ограничение справедливо для непрерывных или прерывистых ПМП, ПеМП, ИМП, воздействующих стабильно на процедурное поле (без перемещения по телу пациента) в течение времени, соответствующему общепринятой продолжительности процедуры магнитной терапии (10–30 мин). Воздействие полей с магнитной индукцией более 100 мТл может привести к неблагоприятным побочным эффектам, в частности к гиперплазии и фиброзу средней оболочки артерий и артериол, капиллярному стазу. Поле индукторов-электромагнитов отличается выраженной неоднородностью, высоким градиентом. Высокое номинальное значение магнитной индукции индукторов-электромагнитов измеряется на их рабочей поверхности в области торцов сердечника (десятки мТл). Однако интенсивность поля быстро убывает по мере удаления от индуктора и достигает порогового терапевтического уровня (1–1,5 мТл) на расстоянии 5–8 см. Номинальное значение магнитной индукции соленоидов, измеряемое в их геометрическом центре, значительно меньше (единицы мТл), однако оно является минимальным для данного вида источников МП. Магнитная индукция увеличивается при

перемещении по направлению от центра к виткам соленоида. Таким образом, весь объем индуктора соленоида является рабочим при проведении магнитной терапии.

Форма МП. При проведении процедур следует учитывать, что форма МП является важным биотропным параметром. Наиболее мягкое физиологическое и лечебное воздействие оказывает ПМП, применяемое преимущественно для индивидуальной (домашней) магнитной терапии. ПеМП может применяться для воздействия на различные участки тела, при остром болевом синдроме и экссудативном воспалении. ИМП не рекомендуется использовать для воздействия на рефлексогенные зоны, область сердца, голову пациента, а также при остром болевом синдроме, остром воспалении.

Частота ПеМП (ИМП). Инфразвуковые частоты МП (в особенности ИМП) оказывают наиболее выраженные местные (трофический, сосудистый, противовоспалительный) эффекты. Частоты МП (особенно ПеМП), близкие к 100 Гц, предпочтительны при гипотензивной и седативной терапии.

Режим генерации МП. Обычно прерывистый режим генерации МП усиливает ответную реакцию организма, физиологические и лечебные эффекты поля при высокой продолжительности посылки и при короткой паузе между посылками. Если величина скважности при прерывистом режиме генерации поля $\geq 3,0$, происходит ослабление физиологических и лечебных эффектов.

Длительность процедуры. Минимально необходимое время воздействия магнитным полем на одно процедурное поле 8–10 мин, оптимальное — 12–20 мин, максимальное — до 30 мин. При последовательном воздействии на 2–3 поля общая длительность процедуры не превышает 60 мин.

Продолжительность курса лечения. Физиологическое и лечебное действие магнитных полей обусловлено в значительной степени информационными (триггерными) механизмами. В течение лечебного курса происходит постепенное накопление и суммация изменений клеточного метаболизма, состояния рецепторов клеток, тканей и органов, активности ферментов. Большинство физиологических и лечебных эффектов МП в полной мере проявляются при проведении продолжительного курса из 10–20 процедур. Процедуры могут проводиться через день, так как следовой эффект однократной процедуры магнитной терапии составляет, по разным оценкам, от 2 до 5 дней.

Показания к лечебному применению магнитного поля

1. Кардиология:

- гипертоническая болезнь I–II стадии;
- нейроциркуляторная дистония по гипертониче-

скому типу;

- ИБС (стабильная стенокардия напряжения I–III функциональных классов, постинфарктный кардиосклероз).

2. Пульмонология:

- острая пневмония затяжного течения;
- бронхиальная астма (иммунологическая форма);

- хронический бронхит.

3. Гастроэнтерология:

- хронический гастрит;
- язвы желудка и двенадцатиперстной кишки;
- состояния по резекции желудка по поводу язвенной болезни;
- эзофагогастродуоденальные дискинезии;
- хронический панкреатит;
- дискинезии желчевыводящих путей, хронический холецистит;
- синдром раздраженной кишки.

4. Нефрология и урология:

- хронический пиелонефрит;
- хронический цистит;
- цисталгии;
- хронический простатит;
- хронический уретрит.

5. Ревматология:

- дегенеративно-дистрофические заболевания суставов (остеоартроз);
- спондилез;
- остеохондропатии;
- заболевания околосуставных тканей (бурсит, эпикондилит, синовит);
- остеохондроз позвоночника;
- асептические артриты различной этиологии;
- ревматоидный полиартрит;
- болезнь Бехтерева.

6. Неврология:

- невротиии периферических нервов различного происхождения;
- полиартриты;
- неврологические проявления остеохондроза позвоночника;
- плекситы, симпатоганглионаты.

7. Дерматология:

- нейродермит;
- экзема;
- дерматит атопический;
- псориаз.

8. Общая хирургия, травматология:

- облитерирующий атеросклероз, облитерирующий тромбангиит;
- последствия ожогов, отморожений, пролежни;
- медленно заживающие раны;
- трофические язвы;
- переломы костей;
- травмы мягких тканей.

9. Оториноларингология:

- аллергический риносинусит;
- хронический средний отит;
- хронический фарингит, ларингит;

10. Офтальмология:

- хронические воспалительные заболевания сред глаза;
- послеоперационные и посттравматические рубцы, синехии.

11. Стоматология:

- пародонтит;
- сиаладенит;
- глоссит, глассалгия, глоссодиния.

Противопоказания к лечебному применению магнитного поля

- Общие противопоказания к физиотерапии;
- артериальная гипотония;
- клинически выраженные эндокринопатии (в особенности гипертиреоз);
- беременность (первый триместр);
- кровотечения, кровоточивость;
- вживленный кардиостимулятор.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Широкий перечень показаний к лечебному применению, незначительное число противопоказаний и редкость неблагоприятных побочных эффектов, разнообразие лечебной аппаратуры и устройств для

магнитной терапии позволяют широко использовать данный метод в физиотерапевтической практике для лечения и реабилитации заболеваний и патологических состояний различных органов и функциональных систем организма человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максимов А.В., Максимова М.А. Эффективность использования магнитных полей в лечении больных с пилородуоденальными язвами // Нелекарственная медицина. 2006. № 4. С. 22–23.
2. Максимов А.В., Максимова М.А. Лечебное применение магнитных полей // Нелекарственная медицина. 2007. № 1. С. 13–24.
3. Максимов А.В. Опыт и перспективы лечебного применения динамических магнитных полей // Нелекарственная медицина. 2009. № 2. С. 66–68.
4. Медицинская реабилитация / под ред. В.М. Боголюбова. Кн. I. Изд. 3-е, испр. и доп. М.: БИНОМ, 2010. 416 с.
5. Физиотерапия и курортология / Под ред. В.М. Боголюбова. Кн. I. М.: БИНОМ, 2012. 408 с.

REFERENCES

1. Maksimov AV, Maksimova MA. E'ffektivnost' ispol'zovaniya magnitnykh polej v lechenii bol'nyh s piloroduodenal'nymi yazvami. *Nelekarstvennaya medicina*. 2006;(4):22-23.
2. Maksimov AV, Maksimova MA. Lechebnoe primeneniye magnitnykh polej. *Nelekarstvennaya medicina*. 2007;(1):13-24.
3. Maksimov AV. Opyt i perspektivy lechebnogo primeneniya dinami-cheskix magnitnykh polej. *Nelekarstvennaya medicina*. 2009;(2):66-68.
4. *Medicinskaya reabilitaciya [Medical rehabilitation]*. Ed. by VM Bogolyubov. Vol. I. 3d ed. Moscow: BINOM; 2010. 416 p.
5. *Fizioterapiya i kurortologiya [Physiotherapy and balneology]*. Ed. by VM Bogolyubova. Vol. I. Moscow: BINOM; 2012. 408 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Максимов Александр Васильевич [Aleksandr V. Maksimov, PhD]; eLibrary SPIN: 9052-9652; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6403-1146>

Кирьянова Вера Васильевна, д.м.н., профессор [Vera V. Kiryanova, DSc, Professor]; eLibrary SPIN: 1461-5963;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2412-7041>