

14. Давыдкин Н. Ф., Матвеев А. Л. Имитация ходьбы у ортопедо-травматологических больных. В кн.: Материалы первого пленума ассоциации травматологов и ортопедов Российской Федерации. Самара; 1994; 145—6.
15. Давыдкин Н. Ф. Рентгено-морфологические особенности формирования костной мозоли при гипербарооксигенотерапии. В кн.: "Репаративная регенерация и направленная ее регуляция". Ленинград; 1976; 39—43.
16. Давыдкин Н. Ф. Изменение pO_2 и pH в гематоме, окружающей костные фрагменты при гипербарической оксигенации. Ортопедия, травматология и протезирование. 1980; 5: 52—3.
17. Давыдкин Н. Ф. Клинико-экспериментальные аспекты применения гипербарической оксигенации при лечении переломов костей: Автореферат дис. ... д-ра мед. наук. Куйбышев; 1983.
18. Давыдкин Н. Ф. Применение гипербарической оксигенации для оптимизации условий репаративного остеогенеза. Метод. рекомендации по терапии, утвержденные Главным управлением лечебно-профилактической помощи СССР. М.; 1981.
19. Давыдкин Н. Ф. Основные принципы применения физических факторов в травматологии и ортопедии. Анналы травматологии и ортопедии. 1994; 2: 21—2.
7. Vinogradova T. P., Lavrishcheva G. I. Regeneratsiya i peresadka kosti. Moscow; 1974 (in Russian).
8. Rusanov G. A. Vosstanovlenie kosti posle poperechnykh rezektsiy diafiza. Leningrad; 1969 (in Russian).
9. Golovin V. G. Sposoby uskoreniya zazhivleniya kostey. Leningrad; 1959 (in Russian).
10. Bogdanov F. R., Rokityanskiy V. I., Finogenov S. N. Fizicheskie metody lecheniya v travmatologii i ortopedii. Kiev; 1970 (in Russian).
11. Sosin I. N., Lantsman Yu. V. Fizioterapiya v travmatologii i ortopedii. Tomsk; 1981 (in Russian).
12. Krasnov A. F., Davydkin N. F. Giperbaricheskaya oksigenatsiya pri lechenii perelomov. Saratov; 1991 (in Russian).
13. Kotelnikov G. P., Yashkov A. V. Gravitatsionnaya terapiya. Moscow: Meditsina; 2003 (in Russian).
14. Davydkin N. F., Matveev A. L. Imitatsiya khod'by u ortopedo-travmatologicheskikh bol'nykh. V kn.: Materialy pervogo plenuma assotsiatsii travmatologov i ortopedov Rossiyskoy Federatsii. Samara; 1994; 145—6 (in Russian).
15. Davydkin N. F. Rentgeno-morfologicheskie osobennosti formirovaniya kostnoy mozoli pri giperbarooksigenoterapii. V kn.: Reparativnaya regeneratsiya i napravennaya ee regulatsiya. Leningrad; 1976; 39—43 (in Russian).
16. Davydkin N. F. Izmenenie rO_2 i rN v gematome, okruzhayushchey kostnye fragmenty pri giperbaricheskoy oksigenatsii. Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye. 1980; 5: 52—3 (in Russian).
17. Davydkin N. F. Kliniko-eksperimental'nye aspekty primeneniya giperbaricheskoy oksigenatsii pri lechenii perelomov kostey: Avtoreferat dis. ... dokt. med. nauk. Kuybyshev; 1983 (in Russian).
18. Davydkin N. F. Primenenie giperbaricheskoy oksigenatsii dlya optimizatsii usloviy reпаративного osteogeneza. Metod. rekomendatsii po terapii, utverzhdennye Glavnym upravleniem lechebno-profilakticheskoy pomoshchi SSSR. Moscow; 1981 (in Russian).
19. Davydkin N. F. Osnovnye printsipy primeneniya fizicheskikh faktorov v travmatologii i ortopedii. Annaly travmatologii i ortopedii. 1994; 2: 21—2 (in Russian).

REFERENCES

1. Kasavina B. S., Torbenko V. P. Zhizn' kostnoy tkani. Moscow; 1972 (in Russian).
2. Skoblin A. P., Belous A. M. Makroelementy v kostnoy tkani. M.; 1968 (in Russian).
3. Khmel'nitskiy O. K., Nekachalov V. V., Zinov'ev A. S. Obshchaya patomorfologiya kostno-sustavnogo apparata. Novosibirsk; 1983 (in Russian).
4. Torbenko V. P., Kasavina B. S. Funktsional'naya biokhimiya kostnoy tkani. Moscow; 1977 (in Russian).
5. Marks V. O. Zazhivlenie zakrytogo pereloma kosti. Minsk; 1962 (in Russian).
6. Korzh A. A., Belous A. M., Pankov E. Ya. Reparativnaya regeneratsiya kosti. Moscow; 1972 (in Russian).

Поступила 11.02.13

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2013

УДК 615.847.8.03

Лечебное применение магнитных полей

А. В. Максимов, В. В. Кирьянова, М. А. Максимова

Кафедра физиотерапии и медицинской реабилитации Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

A.V. Maksimov, V.V. Kiryanova, M.A. Maksimova

THE THERAPEUTIC APPLICATION OF MAGNETIC FIELDS

Department of Physiotherapy and Medical Rehabilitation, I.I. Mechnikov North-West State Medical University, St. Petersburg, Russia

В статье показана возможность применения магнитных полей в клинической практике. Приведены экспериментальные данные по первичным биофизическим процессам, возникающим под влиянием магнитных полей. Представлено влияние магнитных полей на различные органы и системы организма. Определены нейротропные и периферические лечебные эффекты, механизм их возникновения. Даны рекомендации по применению магнитотерапии при различных патологических состояниях. Указаны показания и противопоказания магнитотерапии.

Ключевые слова: магнитотерапия, физические характеристики, механическое действие, физиологическое действие, центральные и периферические эффекты, показания и противопоказания

This paper illustrates the possibility of application of magnetic fields in clinical practice as exemplified by the available experimental data on the primary biophysical process initiated by magnetic fields. The action of the magnetic fields on various organs is described. Their neurotropic and peripheral therapeutic effects are discussed along with the mechanisms underlying them. Recommendations for the application of magnetic therapy in different pathological conditions are proposed. The indications and contraindications for their use are considered.

Key words: magnetic therapy, physical characteristics, mechanical action, physiological action, central and peripheral

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

Магнитотерапия — это метод физического лечения, действующим фактором которого являются постоянные магнитные поля (ПМП), а также низкочастотные переменные магнитные поля (ПеМП) и импульсные магнитные поля (ИМП). Магнитное поле (МП) не существует как самостоятельное физическое явление. Наряду с электрическим полем оно составляет единое электромагнитное поле. Электромагнитные поля низкой, высокой, ультравысокой, сверхвысокой и крайне высокой частоты находят широкое применение в клинической практике. Физическая природа электромагнитных полей двуединая — их неразделимыми составляющими являются электрический 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 компонент [1].

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. ПМП индуцирует разность электрических потенциалов и короткозамкнутые вихревые токи в движущихся жидкостях организма (кровь, лимфа, тканевая жидкость, цитоплазма клеток), основу которых составляют электролиты (ионы Na^+ и Cl^-), являющиеся электрическими проводниками II рода. ПеМП и ИМП индуцируют разность электрических потенциалов и короткозамкнутые вихревые токи не только в движущихся, но и в покоящихся тканевых жидкостях, что может являться 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 высокоинтенсивных импульсных МП с магнитной индукцией более 0,8 Тл в токопроводящих средах организма происходит наве-

дение токов, сила которых превышает порог возбуждения нервных и мышечных структур, в результате чего происходят лавинообразная деполяризация нервов и мышц, мышечные сокращения [2].

Эффект Лоренца (магнитомеханический) заключается в том, что между двумя источниками МП действуют механические силы притяжения и отталкивания. Модальность магнитомеханического взаимодействия (направление силы Лоренца) зависит от направления силовых линий (полярности) МП. 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 неспаренные 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 АТФаза 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 α -адренорецепторов периферических артерий и β -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, а также

ослабляет взаимодействие дипольных молекул воды между собой, способствуя возникновению мономеров H_2O , обладающих высокой физической и химической активностью (эффект магнитной модификации воды). Изменяется течение внутриклеточных биохимических реакций с участием металлосодержащих ферментов, МП повышает O_2 -транспортную функцию гемоглобина [2].

Биологическое и лечебное действие МП комплексное и многообразное. Перечень лечебных эффектов 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 при развитии человека как биологического вида, происходит индивидуальное развитие организма человека. Будучи физическим фактором абсолютно проникающего свойства, геомагнитное поле взаимодействует с множественными молекулярными, субклеточными, клеточными, тканевыми и органными мишенями в организме человека. Эти взаимодействия носят слабоэнергетический, 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 переклочениям 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, т. е. необходимо накопление курсовой дозы магнитной терапии [3, 4].

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 обладает центральная 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 [2, 3].

К числу центральных (обусловленных воздействием на ЦНС) нейротропных 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 $C_1—Th_v$, 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) [2].

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 зоны, 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 АТФазы мембраны нейронов, а также торможение проведения возбуждения по восходящим путям ретикулярной формации. Седативное действие в наибольшей степени присуще ПМП и ПеМП частотой около 100 с^{-1} . Клинические проявления седативного эффекта МП достаточно характерны: у больных улучшаются 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 невротозами, а также с вторичными соматогенными невротозами [4, 5].

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 экспериментальных 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 не развивается, имеет место только седативное действие. Магнитотерапия показана больным с гипертонической болезнью I—II стадии, нейроциркуляторной дистонией по гипертоническому типу [2, 5].

Нейроэндокринный эффект проявляется усилением выработки 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 варьирует 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 [2, 5].

Воздействие МП на сердце, метаболизм миокарда, сердечный ритм и венечное кровообращение (т. е. комплексный кардиальный эффект) выражено в наибольшей степени при размещении источника поля в прекардиальной области или в паравертебральных зонах C_{IV} — Th_{II} (сегментарно-рефлекторные зоны сердца). В течение первых 8—10 процедурных дней постепенно замедляется сердечный ритм, происходит удлинение интервала PQ на ЭКГ, а 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 β -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 венечного кровообращения, а уменьшение захвата катехоламинов сердечной мышцей способствует понижению затрат энергии миокардом и нормализации метаболизма миокардиоцитов. Магнитотерапия показана больным ИБС при стабильной стенокардии напряжения, постинфарктным кардиосклерозом, а также при неосложненном течении острого инфаркта миокарда на II (санаторно-курортной) стадии реабилитации [2, 3, 6].

Периферические (тканевые) биологические и ле-

чебные 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 [2, 4]. Периферические эффекты МП обычно являются среднесрочными или отдаленными, для их возникновения требуется накопление курсовой дозы 8—10 процедур. Возникшие морфофункциональные изменения длительно сохраняются после курса лечения (до 3—5 мес), что позволяет рекомендовать проведение повторных курсов магнитотерапии при хронических рецидивирующих заболеваниях не чаще чем 2 раза в год. Основными периферическими биологическими и лечебными эффектами МП являются:

- трофический (он же метаболический, репаративный, дедистрофический);
- 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 усиление синтеза белка, ускорение течения внутриклеточных биохимических реакций с участием свободных радикалов и металлосодержащих ферментов. Большое значение в развитии трофического эффекта МП имеют усиление периферического кровообращения, интенсификация транскапиллярного обмена [1, 2, 4].

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 [7, 12]. Значительно повышается темп прорастания поврежденного нерва по осевому цилиндру миелиновой оболочки после травмы, ишемии, воспаления. В эксперименте и в клинике показаны 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, межпозвоночных

дисках. В экспериментах на животных показано, что под действием МП увеличивается число делящихся клеток, находящихся в различных стадиях митоза [2, 7, 8].

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 [8, 9].

Под действием МП происходят усиление артериального и капиллярного кровообращения, а также рост новых коллатеральных сосудов. Предположительным механизмом расширения артерий мышечного типа и артериол является понижение чувствительности α -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 трансапикалярного обмена между плазмой крови и тканевыми жидкостями. Сосудорасширяющее действие МП проявляется в наибольшей степени при заболеваниях, в основе которых лежат 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 [2, 3, 9].

При проведении курса магнитотерапии отмечаются фазовые изменения 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-го дня 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 [10, 11].

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 АТФазы мембран клеток, а также явление магнитной модификации воды. K^+ , Na^+ -зависимая АТФаза 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.

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.

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 2 раза в год. Противовоспалительное действие МП имеет многофакторный характер. Не в последнюю очередь оно обусловлено усилением местного кровообращения и микроциркуляции, активацией трансапикалярной 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 [2, 3, 12].

Десенсибилизирующий эффект МП проявляется при аллергических реакциях немедленного типа и при лечении больных с заболеваниями, патогенез которых связан с такими реакциями (аллергический риносинусит, бронхиальная астма, атопический дерматит, отек Квинке). Наиболее вероятной причиной неспецифической магнитной десенсибилизации является стабилизация мембраны тучных клеток (мастоцитов, лаброцитов), 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, IgG₄), обладающих 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, массивный выброс в межклеточную жидкость гистамина и других медиаторов аллергии, что и приводит 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 лечения.

Болеутоляющий эффект связан с понижением чувствительности рецепторов покровов тела различной модальности. 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, обусловленного активацией K⁺, Na⁺-зависимой АТФазы 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. Вероятными механизмами спазмолитического действия является понижение чувствительности рецепторов гладкой мускулатуры внутренних органов к активирующим воздействиям специфических медиаторов [13, 14].

Магнитотерапия не противопоказана больным, у которых в качестве сопутствующего заболевания имеются доброкачественные новообразования, не имеющие тенденции к прогрессивному росту. Под действием МП нередко отмечается регрессия опухолевых узлов [2, 4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбов В. М., Пономаренко Г. Н. Общая физиотерапия: Учебник. 3-е изд. М.; СПб.: СЛП; 1998.
2. Максимов А. В. Магнитотерапия. В кн.: Боголюбов В. М., ред. Физиотерапия и курортология. кн. 1. М.; 2012: 276—92.
3. Максимов А. В., Кирьянова В. В. Магнитотерапия. Лечебное применение магнитных полей. СПб.: СПб МАПО; 2001.
4. Улащик В. С. Очерки общей физиотерапии. Минск; 1994.
5. Сосин И. Н., ред. Клиническая физиотерапия. Киев: Здоровья; 1996.

6. Сорокина Е. И. Физические методы лечения в кардиологии. М.; 1989.
7. Wilson D. H., Jagadeesh P. Experimental regeneration in peripheral nerves and the spinal cord in laboratory animals exposed to a pulsed electromagnetic field. Paraplegia. 1976; 14: 12—20.
8. Hiraku Takebe, Takeshi Shiga, Masamichi Kato, Eisuke Masada, eds. Biological and health effects from exposure to power-line frequency electromagnetic fields: confirmation of absence of any effects at environmental field strengths. 2001.
9. Marks R. A. Spine fusion for discogenic low back pain: outcomes in patients treated with or without pulsed electromagnetic field stimulation. Adv. Ther. 2000; 17 (2): 57—67.
10. Richards T. L., Lappin M. S., Acosta-Urquidi J., Kraft G. H., Heide A. C., Lawrie F. W. et al. Double-blind study of pulsing magnetic field effects on multiple sclerosis. J. Altern. Compl. Med. 1997; 3 (1): 21—9.
11. Sadlonova J., Korpas J., Vrabec M., Salat D., Buchancova J., Kudlicka J. The effect of the pulsatile electromagnetic field in patients suffering from chronic obstructive pulmonary disease and bronchial asthma. Bratisl. Lek. Listy. 2002; 103 (7—8): 260—5.
12. Tabrah F., Hoffmeier M., Gilbert F. Jr., Batkin S., Bassett C. A. L. Bone density changes in osteoporosis prone women exposed to pulsed electromagnetic fields (PEMFs). J Bone Miner. Res. 1990; 5 (5): 437—42.
13. Darendeliler M. A., Darendeliler A., Sinclair P. M. Effects of static magnetic and pulsed electromagnetic fields on bone healing. Int. J. Adult Orthod. Orthognathic Surg. 1997; 12 (1): 43—53.
14. Fleming J. L., Persinger M. A., Koren S. A. Magnetic pulses elevate nociceptive thresholds: comparisons with opiate receptor compounds in normal and seizure-induced brain-damaged rats. Electro- and Magnetobiology. 1994; 13 (1): 67—75.

REFERENCES

1. Bogolyubov V. M., Ponomarenko G. N. The general physiotherapy: Textbook. Moscow; SPb.: SLP; 1998. (in Russian)
2. Maksimov A. V. Magnitotherapy. In: Bogolyubov V. M., Physiotherapy and balneology. Moscow: BINOM; 2012. (in Russian)
3. Maksimov A. V., Kir'janova V. V. Magnitotherapy. Medical application of magnetic fields. Spb.: MAPO; 2001. (in Russian)
4. Ulashchik V. S. Essays of the general physiotherapy. Minsk; 1994. (in Russian)
5. Sosin I. N., ed. Clinical physiotherapy. Kiev: Zdorov'ja; 1996. (in Russian)
6. Sorokina E. I. Physical methods of treatment in cardiology. Moscow: Medicina; 1989.
7. Wilson D. H., Jagadeesh P. Experimental regeneration in peripheral nerves and the spinal cord in laboratory animals exposed to a pulsed electromagnetic field. Paraplegia. 1976; 14: 12—20.
8. Hiraku Takebe, Takeshi Shiga, Masamichi Kato, Eisuke Masada, eds. Biological and health effects from exposure to power-line frequency electromagnetic fields: confirmation of absence of any effects at environmental field strengths. 2001.
9. Marks R. A. Spine fusion for discogenic low back pain: outcomes in patients treated with or without pulsed electromagnetic field stimulation. Adv. Ther. 2000; 17 (2): 57—67.
10. Richards T. L., Lappin M. S., Acosta-Urquidi J., Kraft G. H., Heide A. C., Lawrie F. W. et al. Double-blind study of pulsing magnetic field effects on multiple sclerosis. J. Altern. Compl. Med. 1997; 3 (1): 21—9.
11. Sadlonova J., Korpas J., Vrabec M., Salat D., Buchancova J., Kudlicka J. The effect of the pulsatile electromagnetic field in patients suffering from chronic obstructive pulmonary disease and bronchial asthma. Bratisl. Lek. Listy. 2002; 103 (7—8): 260—5.
12. Tabrah F., Hoffmeier M., Gilbert F. Jr., Batkin S., Bassett C. A. L. Bone density changes in osteoporosis prone women exposed to pulsed electromagnetic fields (PEMFs). J Bone Miner. Res. 1990; 5 (5): 437—42.
13. Darendeliler M. A., Darendeliler A., Sinclair P. M. Effects of static magnetic and pulsed electromagnetic fields on bone healing. Int. J. Adult Orthod. Orthognathic Surg. 1997; 12 (1): 43—53.
14. Fleming J. L., Persinger M. A., Koren S. A. Magnetic pulses elevate nociceptive thresholds: comparisons with opiate receptor compounds in normal and seizure-induced brain-damaged rats. Electro- and Magnetobiology. 1994; 13 (1): 67—75.