МАГНИТОТЕРАПИЯ И ЕЕ МЕСТО В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ

М.Ю. Готовский

Центр интеллектуальных медицинских систем «ИМЕДИС» (г. Москва)

РЕЗЮМЕ

Рассматриваются вопросы магнитотерапии – применение переменных магнитных полей в лечебных и профилактических целях. Анализируются основные физические принципы магнитотерапии и биофизические механизмы действия переменных магнитных полей с позиций дозиметрии. Обращено внимание на особенности применения в терапии переменных магнитных полей низкой интенсивности в импульсном режиме.

Ключевые слова: *магнитотерапия, переменные магнитные поля, дозиметрия, переменные магнитные поля низкой интенсивности, переменные магнитные поля в импульсном режиме.*

RESUME

The use of alternating magnetic fields for therapeutic and prophylactic purposes- magnet therapy is discussed. Basic physical principles of magnetic therapy and biophysical mechanisms of action of alternating magnetic fields from the standpoint of dosimetry are analyzed. The detailed attention is given to therapeutic application of alternating magnetic fields of low intensity in pulsed mode.

Keywords: *magnet therapy, alternating magnetic fields, dosimetry, alternating magnetic field of low intensity, alternating magnetic field in pulsed mode.*

ВВЕДЕНИЕ

Магнитотерапия представляет собой метод, в основе которого лежит воздействие на организм человека магнитными полями, преследующее лечебные или профилактические цели [1]. Вся история существования магнитотерапии характеризуется множеством подъемов, сменяющихся спадами. В последние годы интерес к магнитотерапии непрерывно растет, что обусловлено развитием медицинской техники, позволившей создать новые устройства для воздействия магнитными полями с различными параметрами [2]. В развитии магнитотерапии большую роль сыграл прогресс в методах клинической диагностики, благодаря которым получены достоверные доказательства наличия магнитных полей выраженного лечебного и профилактического действия.

В настоящее время основное внимание к биологическому действию ПеМП сосредоточено в области промышленных частот (50/60 Гц), для которых подразумевается, что поле монохроматично и изменяется по гармоническому закону: $B = B_f sin2\pi ft$, где B_f – амплитуда, а f – частота [3]. Подобные исследования направлены на выявление возможности неблагоприятного влияния на здоровье человека, в особенности на возникновение онкологии, что порождает необходимость располагать достоверными фактическими данными из области биологии и эпидемиологии [4, 5].

Однако в магнитотерапии на больного воздействуют постоянным, переменным, импульсным, а также бегущим или вращающимся магнитным полем, что значительно расширяет лечебные возможности этого физического фактора [6]. Однако, по сравнению с объемом исследований биологического действия магнитных полей промышленных частот, ПеМП используемые в магнитотерапии изучены несравнимо меньше. Таким образом, и в настоящее время пока еще остается много неясного как в механизмах взаимодействия магнитных полей с клетками и органами, так и в путях трансформации энергии магнитного поля в ответную реакцию организма.

Современные представления о дозиметрии ПеМП

Концепция дозиметрии для ПеМП заключается в количественной оценке их воздействия на биологические объекты и системы различных уровней организации и, соответственно, сложности [7, 8]. Для детальной оценки данных, полученных при изучении биологических эффектов ПеМП, условий параметры воздействия необходимо тщательно контролировать и измерять. В этих случаях дозиметрия ПеМП

очень сложна, так как необходимо учитывать очень многие, часто неоднозначные факторы. Точность и достоверность дозиметрии необходимо соотносить с существующими условиями и реальными или потенциально возможными отрицательными последствиями воздействия или нетерапевтическими эффектами ПеМП.

В прошлом большая часть исследований в области дозиметрии основывалась на наведенных в организме электрических токах в качестве основного измеряемого параметра, и поэтому дозиметрические показатели определялись этим количественным параметром. Сравнительно недавно получило признание изучение взаимосвязи между воздействием внешнего ПеМП и индуцированными электрическими токами. Чтобы лучше понимать биологические эффекты, и, как следствие, получить более углубленные представления о терапевтическом действии, необходимо иметь больше данных о внутренних электрических полях, возникающих при внешних воздействиях ПеМП. Одним из наиболее перспективных методов расчета внутренних электрических полей, вызываемых совместным воздействием внешних ПеМП в применении к магнитотерапии является численная дозиметрия [9]. Расчеты векторного сложения колебаний в различной фазе и воздействия магнитных полей в соответствии с их пространственным изменением необходимы для оценки основных вопросов дозиметрии ПеМП. Вместе с этим, налицо необходимость дополнительного совершенствования микродозиметрических моделей, учитывающих клеточную архитектуру нейронных сетей и других сложных систем органов, которые наиболее чувствительны к воздействию наведенных электрических токов.

Организм человека не оказывает заметного искажающего воздействия на распространение и структуру магнитного поля. ПеМП индуцирует в организме человека токи, величины которых определяются радиусом пути тока, частотой поля и его интенсивностью в данном месте или точке организма. Плотность потока ПеМП внутри организма практически такая же, как и вовне. Напряженности индуцированного ПеМП электрического поля и соответствующие плотности тока максимальны на периферии тела, где пути тока самые протяженные. На величину плотности тока также влияет и электрическая проводимость тканей, поскольку конкретные пути прохождения тока сложным образом зависят от их проводящих свойств, существенно отличающихся в различных тканях в зависимости от содержания в них воды [10].

Современные знания о механизмах взаимодействия недостаточно полны, в связи с чем, условия терапевтического воздействия часто количественно выражаются в терминах, характеризующих напряженность внешнего ПеМП и продолжительность воздействия, что и рассматривается как доза. При этом необходимо учитывать ряд факторов, некоторые из которых, влияющие на взаимодействие ПеМП с организмом, могут быть обобщены в следующем виде.

Характеристики ПеМП:

1. Частота.
2. Модуляция (импульсная, амплитудная, частотная), время подъема и спада (dB/dt).
3. Поляризация.
4. Напряженность поля.
5. Характер поля (гомогенность).
6. Свойства окружающих материалов.

Параметры, имеющие отношение к воздействию:

1. Свойства ткани (электрическая проводимость, магнитная проницаемость и их анизотропия).
2. Размеры (геометрия).
3. Ориентация относительно поляризации (вектора).
4. Характер воздействия (местное, общее).

Современное состояние знаний о механизмах взаимодействия магнитных полей с живыми системами и возникающих при этом биологических эффектах позволяет рассматривать некоторые физические механизмы взаимодействия ПеМП низкой частоты с биологическими системами [4, 7, 8].

Ведущий механизм взаимодействия – это магнитная индукция, в соответствии с которой по закону Фарадея изменяющиеся во времени магнитные поля вызывают потенциалы и циркулирующие токи в биологических системах: $J=E\sigma=(\pi r^2/2\pi r)\times(dB/dt)\times\sigma=(\sigma r/2)\times(dB/dt)$, где J – плотность тока (А/м^2), E – вызванный потенциал (В/м), r – радиус индукционного контура (м), σ – электрическая проводимость тканей (См/м), dB/dt – скорость изменения плотности магнитного потока. Для синусоидальных полей с частотой f вышеприведенное уравнение приобретает вид $J = \pi r f \sigma B_0$, где B_0 – амплитуда магнитного поля.

Таким образом, величины индуцированного электрического поля и плотности тока пропор-

циональны радиусу контура, проводимости тканей и скорости изменения плотности магнитного потока. Зависимость индуцированного поля и тока от радиуса контура, через который происходит потокосцепление, является очень важным фактором для биологических систем. ПеМП умеренной интенсивности на макроскопическом уровне могут возбуждать значительные циркулирующие токи, однако на клеточном уровне токи характеризуются существенно меньшими величинами [11, 12].

Поскольку ПеМП индуцируют в биологическом объекте (организме) внутренние электрические (вихревые) токи, то оценка может быть основана на плотности электрического вихревого тока (напряженность электрического поля) в жизненно важных органах. При этом следует учитывать напряженность поля, форму импульсов (время подъема и спада) и их частоту, ориентацию тела и продолжительность воздействия.

Плотность индуцированного тока может быть использована как один из наиболее показательных параметров в оценке биологических эффектов воздействия как на клеточном уровне, так и на уровне целого организма. Однако поиск оптимальной терапевтической дозы для человека путем сопоставления плотность тока в тканях с напряженностью внешнего ПеМП применительно к магнитотерапии достаточно сложен. В настоящее время установлены следующие зависимости между величинами плотности индуцированного тока и соответствующими значениями плотности магнитного потока синусоидального однородного ПеМП, причем преимущественно для частот 50/60 Гц, которые вызывают биологические эффекты при воздействии на организм в целом [4]:

– при плотности индуцированного тока 1–10 мА/м^2 (индуцированных магнитными потоками с плотностью 0,5–5 мТл при 50/60 Гц или 10–100 мТл при 3 Гц) наблюдаются минимальные биологические эффекты;

– при плотности индуцированного тока 10–100 мА/м^2 (5–50 мТл при 50/60 Гц или 100–1000 мТл при 3 Гц) отмечаются выраженные биологические эффекты, в том числе со стороны зрительной и нервной систем;

– при плотности индуцированного тока 100–1000 мА/м^2 (50–500 мТл при 50/60 Гц или 1–10 Тл при 3 Гц) происходит стимуляция возбудимых тканей и существует вероятность опасности для здоровья;

– при плотности индуцированного тока выше 1000 мА/м^2 (более 500 мТл при 50/60 Гц или 10 Тл при 3 Гц) возникают острые нарушения здоровья, в том числе экстрасистолы и фибрилляция желудочков сердца.

Следует особенно подчеркнуть, что для ПеМП с другим характером сигнала (несинусоидальных или импульсных) с кратковременными импульсами полей следует учитывать скорость изменения во времени плотности магнитного потока. В этом случае в анализе некоторых биологических эффектов, возникающих при действии импульсных магнитных полей, необходимо принимать во внимание амплитудные (пиковые) значения плотности индуцированного тока, величины которых будут иными.

Общие механизмы биологического действия ПеМП

Вопрос о воздействии ПеМП на биологические объекты дискутируется на протяжении многих лет, однако окончательное мнение относительно первичных физических механизмов, ответственных за эти взаимодействия в настоящее время окончательно не сформировалось [11–14]. Выделяют следующие механизмы первичного действия постоянных и переменных магнитных полей на биологические объекты.

Между магнитными полями и живой тканью может иметь место широкий спектр физических механизмов взаимодействия. На уровне макромолекул и более крупных структур взаимодействие ПеМП с биологическими системами можно охарактеризовать как электродинамическое или магнитомеханическое. Электродинамические эффекты возникают при взаимодействии магнитных полей с движущимися электролитами, что способствует индуцированию электрических потенциалов и токов. Магнитомеханические явления включают ориентационные воздействия на ансамбли макромолекул в гомогенных полях и трансляцию парамагнитных и ферромагнитных молекул в сильных градиентных полях. ПеМП также взаимодействуют с живыми тканями на макро- и микроскопических уровнях, способствуя образованию циркулирующих токов посредством механизма магнитной индукции. Взаимодействие ПеМП с биологическими тканями путем магнитной индукции осуществляется по следующим путям [4].

Электродинамические взаимодействия с электролитами

В подвижных носителях заряда (ионах) ПеМП возбуждают силы Лоренца и, следовательно, усиливают индуцированные поля и токи. Такое взаимодействие является основой магнитоиндуцированных потенциалов в системе кровотока, которые были изучены как при воздействии низкочастотных ПеМП. Этот же механизм является физической основой появления слабых вызванных потенциалов, создающих сенсорные сигналы у некоторых животных при пересечении ими магнитных силовых линий.

Токи Фарадея

Низкочастотные ПеМП индуцируют токи в живых тканях в соответствии с законом индукции Фарадея. Предполагается, что этот механизм может лежать в основе зрительно-сенсорной стимуляции, вызывающей образование магнитофосфенов и других эффектов в электрически возбудимых тканях. Кроме того, косвенные данные позволяют считать, что быстро меняющиеся магнитные поля могут оказывать воздействие на многие клеточные и тканевые системы путем индуцирования местных токов, уровни которых превышают те, которые встречаются в естественных условиях. Этот эффект может служить основой широкого спектра биологических изменений, наблюдаемых при воздействии импульсных магнитных полей.

Важным фактором, который следует учитывать при оценке реакции биологических систем на действие ПеМП, является форма волны, которая может быть синусоидальной, прямоугольной, экспоненциальной или импульсной. Для этих полей ключевое значение имеют два параметра: время нарастания и спада сигнала, которое определяет максимальную скорость изменения поля во времени (dB/dt) и, соответственно, максимальные мгновенные (пиковые) величины плотности возбуждаемых в тканях токов. Большое значение имеет проводимость ткани, которая, в свою очередь, зависит от частоты и различна для разных тканей.

Экспериментальные данные о реакциях организмов на действие ПеМП указывают, что феноменологически они могут быть объяснены тремя биологическими эффектами:

а) индуцированием электрических потенциалов в системе кровообращения;

б) индуцированием магнитофосфена низкочастотными импульсными и ПеМП с временными показателями изменений, составляющими более 1,3 Тл/с, или синусоидальными полями 15–60 Гц и напряженностью от 2 до 10 мТл, причем в последнем случае отмечается частотная зависимость;

в) индуцированием ПеМП широкого спектра изменений на клеточном и тканевом уровнях при плотности индуцированного тока свыше 10 мА/м^2, когда многие из этих эффектов, вероятно, являются следствием взаимодействий с компонентами клеточной мембраны.

Среди многочисленных предлагаемых биофизических механизмов прямого взаимодействия ПеМП с организмом человека в качестве наиболее вероятных выделяют три: индуцированные электрические поля в нейронных сетях, свободнорадикальные пары и биогенный магнетит.

Электрические поля, наведенные в тканях ПеМП, непосредственно стимулируют одиночные миелиновые нервные волокна, когда напряженность внутреннего поля превышает несколько В/м. В отличие от отдельных клеток, влияние на синаптическую передачу в нейронных сетях могут оказывать значительно более слабые поля. Подобная обработка сигналов нервными системами обычно используется многоклеточными организмами для выявления слабых сигналов окружающей среды [14]. Высказывалось предположение, что нижним пределом интенсивности сигнала, различаемого нейронной сетью, является 1 мВ/м, однако, учитывая последние данные, более вероятными представляются пороговые значения в диапазоне 10–100 мВ/м [4].

Механизм свободнорадикальных пар является одним из более вероятных механизмов действия ПеМП на специальные виды химических реакций. Такие изменения проявляются в магнитных полях с индукцией менее 1 мТл и могут рассматриваться как один из вероятных механизмов биологического действия [15]. Однако способность такого взаимодействия вызывать значительные изменения в клеточном метаболизме и функциях иногда ставится под сомнение. Особенно спорным является нижний предел воздействия ПеМП, на основании которого можно судить о том, может или нет этот механизм являться ведущим в биологических эффектах.

Магнетитовые кристаллы, мелкие ферромагнитные кристаллы оксидов железа различной формы (ферромагнитный материал биоло-

гического происхождения – биогенный магнетит Fe_3O_4), присутствуют в тканях животных и человека и накапливаются внутри клеток в виде магнитосом [16]. Расчеты, основанные на крайних предположениях, позволяют сделать вывод о том, что нижний предел эффектов воздействия ПеМП на магнетитовые кристаллы составляет 5 мкТл [17]. На основании этих результатов было высказано предположение, что воздействие внешних ПеМП на клетки организма может также реализовываться через этот механизм. Попытки выяснить локализацию магниторецепторов у животных и человека были направлены на поиск отложений магнетита в тканях, а также на выявление тех структур нервной системы, которые могут участвовать в восприятии или передаче сигналов. В экспериментах на животных было установлено широкое распространение отложений магнетита в голове и других частях тела грызунов. Отсутствие в настоящее время каких-либо сведений о присутствии в эпифизе частиц магнетита не позволяет утверждать, что сами клетки воспринимают ПеМП, скорее всего эти реакции шишковидной железы являются опосредованными через нейроэндокринную систему [18]. Согласно современным данным наличие магнетитовых кристаллов в головном мозге человека не позволяет однозначно утверждать о какой-либо избирательной чувствительности к внешним ПеМП, но в определенных условиях подобные сведения могут иметь ключевое значение.

В последнее время рассматриваются и другие виды прямого биофизического воздействия ПеМП, такие как: нарушение химических связей, воздействие на заряженные частицы, белков теплового шока (HSP-70) и различные механизмы узкополосного «резонанса», связанные с участием собственных клеточных магнитных полей [19, 20].

Следует особо отметить, что воздействию низкочастотных ПеМП, за исключением полей промышленных частот 50/60 Гц, посвящено слишком мало систематических исследований, чтобы можно было определить те пороговые характеристики поля, а также и частоты, которые вызывают достоверные и однозначно направленные изменения биологических функций.

Магнитотерапевтические аспекты биологического действия ПеМП

В количественной оценке воздействия ПеМП на человека и определения терапевтической дозы используются соответствующие обладающие размерностью величины. Термин «соответствующие» означает, что эти величины должны как можно точнее отражать те физические процессы, которые наиболее тесно связаны с биологическими эффектами ПеМП.

В качестве основного параметра оценки воздействия на человека ПеМП частотой от 10 Гц до 100 кГц принимается плотность электрического вихревого тока. Путем сравнения плотности тока можно прогнозировать биологические эффекты в организме человека по аналогии с теми, которые были выявлены в исследованиях на животных и изолированных клетках. Методика оценки воздействия на человека, в рамках которой используется плотность тока, основана в первую очередь на концепции дозы, основные величины которой можно выразить в показателях допустимой плотности тока, а их производные – в показателях воздействия внешних ПеМП, для чего следует уточнить напряженность поля, частоту, ориентацию тела и экспозицию. Уточняющими параметрами являются величины градиентов поля, частичное воздействие на организм и т.д. Наведенные вихревые токи в органах в настоящее время не поддаются измерению в практических условиях. Таким образом, единственными значащими параметрами, которые можно практически использовать в целях оценки воздействия ПеМП, являются теоретическая оценка распределения плотности магнитного потока поля в организме человека и значений плотностей индуцированных токов.

Магнитотерапия является одной из составляющих биорезонансной терапии (БРТ), точнее экзогенной БРТ, в которой используются воздействие ПеМП фиксированными частотами [21]. Лечебное действие экзогенной БРТ обусловлено внесением в биологическую систему внешнего сигнала, который, действуя стохастическим образом, осуществляет захват частоты и фазы эндогенных ритмов, что формирует разнообразные связи между самим сигналом и спонтанно осциллирующими физиологическими процессами в организме. Исходя из этого, для экзогенной БРТ очень важен выбор биологически эффективных частот, результирующее действие которых приводит к лечебному эффекту. Такой подход может быть реализован эмпирическим путем на основании клинических результатов, полученных при терапевтическом применении выбранных частот.

В экзогенной БРТ используются импульсные ПеМП, поскольку воздействие в ритмическом (импульсном) режиме наиболее приближено к имеющимся в организме и легче усваивается функциональными системами организма. Помимо этого, к ПеМП в импульсном режиме в значительно меньшей степени развивается адаптация, появляется возможность значительно разнообразить воздействие по своим физическим характеристикам, что значительно облегчает индивидуализацию лечения.

Для реализации терапевтического воздействия ПеМП к аппаратам для проведения экзогенной БРТ («ИМЕДИС-ЭКСПЕРТ», «МИНИ-ЭКМПЕРТ») подключаются устройства для магнитной терапии, выполненные в виде соленоида или рамочного индуктора. Лечебное воздействие оказывается импульсным ПеМП в диапазоне частот от 0,1 Гц до 15 кГц, интенсивность магнитного поля в центре устройства для магнитной терапии в диапазоне от 0 до 5 мТл.

Центром «Имедис» проведена большая научно-практическая работа по подбору как индивидуальных частот, так и сочетаний частот обладающих конкретными терапевтическими эффектами. [26, 27, 28]. В ряде работ [29, 30, 31] показана их эффективность в клинике и на экспериментальных моделях. Важной особенностью проведения экзогенной БРТ является индивидуальный подбор терапевтического воздействия, его интенсивности, продолжительности и области приложения устройств для магнитной терапии методами электропунктурной диагностики.

Вместе с этим, нельзя не отметить, что, несмотря на имеющиеся публикации, лечебное применение ПеМП в импульсном режиме требует дальнейшего изучения, в особенности взаимоотношения между лечебным эффектом и действующей дозой [22]. Вполне вероятно, что подобные исследования осложняет спектральный состав импульсных сигналов, причем особенно при малых величинах плотности магнитного потока, хотя именно эти ПеМП и используются в экзогенной БРТ.

В последнее время интерес к применению ПеМП в импульсном режиме в медико-биологических исследованиях значительно возрос. Опубликованы данные, свидетельствующие, что ПеМП частотой 75 Гц при 3 мТл в импульсном режиме оказывает защитное действие при локальной ишемии мозга и развитии острого инфаркта миокарда у животных в эксперименте [23, 24]. Согласно результатам других экспериментальных исследований, ПеМП в импульсном режиме с частотой 15,95–16 Гц при 80 мТл предотвращает развитие экспериментального инфаркта миокарда [24]. Однако в цитируемых публикациях приведены только величины частот и индукции ПеМП, и отсутствуют какие-либо сведения о величине действующей дозы в контексте плотности тока, индуцированного используемым в эксперименте магнитным потоком.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассматривая вопросы биологической оценки ПеМП сложного спектрального состава, можно предположить, что последовательный путь решения этой задачи состоит в экспериментальном установлении закономерностей действия полей конкретных частот с обращением особого внимания на вопросы дозиметрии. Следует особо отметить, что в настоящее время комплексные исследования по этому вопросу практически полностью отсутствуют. Можно полагать, что такие исследования биологического действия ПеМП в импульсном режиме, обладающих сложным спектральным составом, будут способствовать оптимальному выбору параметров действующего фактора и индивидуальной восприимчивости к нему организма больного. Оценивая результаты имеющихся исследований, можно заключить, что подобный подход весьма перспективен с точки зрения резонансного воздействия на органы и ткани с учетом ритмического характера протекающих в них процессов и может быть с успехом использован в практике традиционной медицины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Todorov N. Magnetotherapy. – Sofia: Meditzina i Physcultura Publishing House, 1982.

2. Соловьева Г.Р. Магнитотерапевтическая аппаратура. – М.: Медицина, 1991.

3. Valberg P.A., Kavet R., Rafferty C.N. Can low-lewel 50/60 Hz electric and magnetic fields cause biological effects? // Radiat. Res. – 1997. – V.148, N.1. – P. 2–21.

4. Extremely Low Frequency Fields. (Environmental health criteria; 238). – World Health Organization, 2007.

5. Михайленко П.М., Михайленко В.М. Электромагнитные поля бытовых частот – повышение канцерогенной опасности или противоопухолевое действие? // Онкология. – 2001. – Т.3, №1. – С. 4–10.

6. Системы комплексной электромагнитотерапии / Под ред. А.М. Беркутова, В.И. Жулева, Г.А. Кураева,

Е.М. Прошина. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2000.

7. Tenford T.S., Kaune W.T. Interaction of extremly low frequency electric and magnetic fields with humans // Health Phys. 1987. – V.53, N.6. – P. 585–606.

8. Stuchly M.A., Dawson T.W. Interaction of low-frequency electric and magnetic fields with the human body // Proc. IEEE. – 2000. – V.88, N.5. – P. 643–664.

9. Готовский М.Ю., Перов С.Ю. Возможности использования численных методов теоретической дозиметрии в импульсной магнитотерапии // Традиционная медицина. – 2010. – №2. – С. 4–8.

10. Foster K.R., Schwan H.P. Dielectric properties of tissues // CRC Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields. – CRC Press, Inc., Boca Ration, Florida, 1986. – P. 27–96.

11. Polk C. Biological effects of low-level low-frequency electric and magnetic fields // IEEE Tras. Educ. – 1991. –V.34, N.3. – P. 243–249.

12. Liburdy R.P. Cellular studies and interaction mechanisms of extremly low frequency fields // Radio Sci. – 1995. – V.30, N.1. – P. 179–203.

13. Плеханов Г.Ф. Основные закономерности низкочастотной электромагнитобиологии. – Томск, Изд-во ТГУ, 1990.

14. Barnes F.S. Some engineering models for interactions of electric and magnetic fields with biological systems // Bioelectrornagnetics. – 1992. – V.13, S1. – P. 67–85.

15. Scaiano J.C., Cozens F.L., McLean J. Model for the rationalization of magnetic field effects in vivo. Application of the radical-pair mechanism to biological systems // Photochem.&Photobiol. – 1994. – V.59, N.6. – P. 585–589.

16. Уокер М.М., Киршвинк Дж.Л., Перри А., Дайзон А. Обнаружение, выделение и характеристика биогенного магнетита // Биогенный магнетит и магниторецепция. Новое о биомагнетизме: В 2-х т. Т.1. – М.: Мир, 1989. – С. 209–224.

17. Kirschvink J.L., Kobayashi-Kirschvink A., Dias-Ricci J., Kirschvink S.J. Magnetit in human tissue: a mechanism for the biological effects of weak ELF magnetic fields // Bioelectromagnetics. – 1992. – V.13, S.1. – P. 101–113.

18. Темурьянц Н.А., Шехоткин А.В., Насилевич В.А. Магниточувствительность эпифиза // Биофизика. – 1998. – Т.43, вып.5. – С. 761–765.

19. Goodman R., Blank M. Insights into electromagnetic interaction mechanisms // J. Cell. Physiol. – 2002. – V.192, N.1. – P. 16–22.

20. Foletti A., Lisi A., Ledda M., De Carlo F., Grimaldi S. Cellular ELF signals as a possible tool in informative medicine // Electromagn. Biol. Med. – 2009. – V.28, N.1. – P. 71–79.

21. Готовский М.Ю., Перов Ю.Ф., Чернецова Л.В. Биорезонансная терапия. – М.: ИМЕДИС, 2010.

22. Shupak N., Prato F.S., Thomas A.W. Therapeutic uses of pulsed magnetic-fields expose: A review // Radio Sci. Bull. – 2003, N.307. – P. 9–32.

23. Grant G., Cadossi R., Steinberg G. Protection against focal cerebral ischemia following exposure to a pulsed electromagnetic field // Bioelectrornagnetics. – 1994. – V.15, N.3. – P. 205–216.

24. Albertini A., Zucchini P., Noera G., Cadossi R., Napoleone C.P., Pierangeli A. Protective effect of low frequency low energy pulsing electromagnetic fields on acute experimental myocardial infarcts in rats // Ibid. – 1999. – V.20, N.6. – P. 372–377.

25. Barzelai S., Dayan A., Feinberg M.S., Holbova R., Laniado S., Scheinowitz M. Electromagnetic field at 15,95-16 Hz is cardio protective following acute myocardial infarction // Ann. Biomed. Eng. – 2009. – V.37, N.10. – P. 2093–2104.

26. 1. Готовский Ю.В., Косарева Л.Б., Фролова Л.А. Резонансночастотная диагностика и терапия грибков, вирусов, бактерий, простейших и гельминтов: Методические рекомендации. 3¬е изд., перераб. и доп.– М.: ИМЕДИС, 2000. – 72 с.

27. Готовский Ю.В., Косарева Л.Б., Фролова Л.А. Краткое руководство по индукционной терапии. – М.: ИМЕДИС, 1999. – 24 с.

28. Готовский Ю.В., Косарева Л.Б., Блинков И.Л., Самохин А.В. Экзогенная биорезонансная терапия фиксированными частотами. Методические рекомендации. – М.: ИМЕДИС, 2000 – 96 с.

29. Адашинская Г.А., Мейзеров Е.Е. Влияние индукционной терапии на динамику объема кратковременной памяти // VI Международная конференция «Теоретические и клинические аспекты применения биорезонансной и мультирезонансной терапии» – М.: ИМЕДИС, 2000, т.1 – С.178–182

30. Осипова О.В., Алимбарова Л.М., Подчерняева Р.Я., Баринский И.Ф. Влияние биорезонасного электромагнитного излучения на репродукцию вируса простого герпеса в опытах in vitro // VIII Международная конференция «Теоретические и клинические аспекты применения биорезонансной и мультирезонансной терапии» – М.: ИМЕДИС, 2002, т.2 – С.352–355

31. М.Ю. Готовский, А.В. Самохин Клинико-статистический анализ частоты использования фиксированных ЭМ-колебаний в лечении болезней с различным этиопатогенезом // XIV Международная конференция «Теоретические и клинические аспекты применения биорезонансной и мультирезонансной терапии» – М.: ИМЕДИС, 2008, т.1 – С.132–138

Адрес автора

К.т.н. Готовский М.Ю.
Ген. директор ООО «ЦИМС «ИМЕДИС»
info@imedis.ru