

БИОФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ЛЕЧЕБНОГО ДЕЙСТВИЯ БИОРЕЗОНАНСНОЙ ТЕРАПИИ. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ

М.Ю. Готовский¹, Ю.Ф. Перов¹, Л.В. Чернецова²

¹Центр интеллектуальных медицинских систем «ИМЕДИС» (г. Москва)

²ГОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия» (г. Ижевск)

В предыдущей публикации с критических позиций рассматривались существующие концепции биофизических механизмов биорезонансной терапии (БРТ), основой которых являются высказанные Ф. Морелем эмпирические представления [1]. Проведенный анализ показал, что, несмотря на некоторые критические замечания, которые появились в последнее время в литературе, представления о механизмах лечебного действия БРТ даже в самом общем виде в настоящее время отсутствуют. В связи с этим становится актуальным более углубленное рассмотрение биофизических механизмов лечебного действия БРТ, чему посвящена настоящая статья.

Функционирование организма человека связано с возникновением в органах и тканях процессов возбуждения, сопровождающихся электрическими явлениями, все из которых, за исключением токов или потенциалов покоя, имеют колебательный характер. В связи с тем, что БРТ является методом лечения с использованием собственных электрических колебаний и электромагнитных полей человека, необходимо более подробно остановиться на анализе их характеристик.

Организм человека является источником биоэлектрических полей, что сопровождается формированием на поверхности тела сложной картины электрических потенциалов и созданием внешних электрических и магнитных полей [2]. Одновременно с регистрацией биоэлектрической активности стали проводиться исследования электрического поля организма человека. Первая попытка зарегистрировать электрическое поле мозга человека и передать его другому человеку была предпринята в 1928 г. М. фон Ардене (M. von Ardenne) [3]. В этих экспериментах над головой одного

человека размещалась регистрирующая металлическая пластина, сигнал с которой через индуктивную или емкостную связь затем передавался на голову другого. Вероятно, с исторической точки зрения, эти исследования можно считать первыми попытками использования собственных электрических полей человека в медицинских целях.

Измеряемое вблизи человека электрическое поле обусловлено происходящими в организме биоэлектрическими процессами и содержит несколько компонент – постоянную и переменную. В результате исследований была показана принципиальная возможность регистрации с поверхности тела и на определенном расстоянии от него низкочастотных биоэлектрических потенциалов, отражающих функциональную активность отдельных органов и систем организма человека [4]. Таким образом, любая часть тела человека является источником электрических колебаний, несущих информацию о текущем состоянии организма.

Изучение магнитных полей человека, по сравнению с электрическими полями, значительно отставало из-за методических сложностей и низкой чувствительности регистрирующей аппаратуры. Только с появлением сверхчувствительного измерителя, работа которого основана на эффекте Джозефсона – сверхпроводящего квантового интерференционного датчика (СКВИД) – появилась возможность регистрации внешних магнитных полей человека. Первым было зарегистрировано магнитное поле сердца, несколько позднее – магнитное поле мозга, которые так же как и электрические являются информативным показателем в оценке функционального состояния этих органов [5].

Таким образом, в настоящее время выделено два класса электрических и электромагнитных сигналов, регистрируемых на поверхности тела человека и на расстоянии от него. Первый из них является результатом функционирования биоэлектрических «генераторов» организма и регистрируется контактным способом с использованием электродной методики. Второй вид может быть рассмотрен в качестве естественного продолжения в окружающем человека пространстве полей первого класса. Все эти процессы являются результатом одновременной деятельности нескольких источников в организме человека, в том числе и тех, которые еще до конца досконально не исследованы.

Электрические процессы в виде биоэлектрических потенциалов возбудимых органов и тканей регистрируются как электрокардиограмма (ЭКГ), электроэнцефалограмма (ЭЭГ), электромиограмма (ЭМГ) и т.п., которые хорошо изучены и нашли широкое применение в медицинской практике [1, 6]. Присущие организму человека магнитные поля регистрируются в качестве магнитокардиограммы (МКГ), магнитоэнцефалограммы (МЭГ), магнитомиограммы (ММГ) и т.п. [5]. Все эти электрические и магнитные поля, частотный диапазон которых лежит преимущественно в интервале от десятых долей Гц до единиц кГц, характеризуются очень низкой интенсивностью. Сравнительная характеристика собственных электрических и магнитных полей человека приведена в табл. 1.

Исследование характера спектров биоэлектрических потенциалов дало возможность констатировать, что их интенсивность в наи-

большей степени представлена в инфра- и низкочастотном диапазоне и с увеличением частоты амплитуда спектральных составляющих уменьшается. В связи с этим долгое время существовало предположение, что в спектрах биопотенциалов частоты выше единиц кГц отсутствуют, однако в дальнейших исследованиях были зарегистрированы электрические сигналы частотой до 150 кГц и выше. Впоследствии весь комплекс внешних электрических полей стал рассматриваться как «электрический портрет» человека, отражающего его функциональное состояние в норме и при различных патологиях [7].

Сложившиеся в настоящее время представления свидетельствуют о важной роли внутренних электрических полей в процессах жизнедеятельности организма человека, что позволяет сделать вывод об их высокой информативности и возможности использования в целях диагностики и лечения. Помимо участия в авторегуляционных процессах в организме эти поля могут играть определенную роль в функционировании всех внутренних органов и систем. В первом приближении работу этого механизма можно представить в виде функциональных связей между органами и системами целостного организма, которые осуществляются за счет электрических и электромагнитных полей, несущих биологически важную информацию, обеспечивая тем самым по удачному определению В.Г. Зилова «информационный гомеостазис» [8]. Такими каналами связи могут быть не только нервные проводящие пути, но и электромагнитные поля и порождаемые ими электрические токи, способствующие

Таблица 1

Основные низкочастотные электрические и магнитные поля человека. По [5], с изм.

Электрические поля	Амплитуда, мкВ	Магнитные поля	Амплитуда, пкТл	Полоса частот, Гц
Сердечная мышца				
Электрокардиограмма	0,3–3000	Магнитокардиограмма	50	0,5–100
Электрокардиограмма плода	5–50	Магнитокардиограмма плода	1–10	0,5–100
Скелетные мышцы				
Электромиограмма	1–500	Магнитомиограмма	10	0–2000
Головной мозг				
Электроэнцефалограмма	1–300	Магнитоэнцефалограмма	1	0,5–30
Вызванные потенциалы	1–100	Вызванные магнитные поля	0,1	0–60

объединению всех органов и систем организма в единый саморегулирующийся комплекс.

Именно поэтому собственные электромагнитные сигналы и используются в методе БРТ, однако именно их применение явилось причиной критических замечаний со стороны оппонентов этого метода лечения.

Суть этой части критических высказываний, анализ которых приведен в предыдущей публикации, сводится к вопросу о существовании в организме человека «физиологических» и «патологических» колебаний, их выявлению и последующему снижению доли «патологических» путем их инвертирования. Нелишним будет подчеркнуть, что в основе критики лежат чисто теоретические заключения, причем не получившие экспериментального обоснования. На настоящее время единственной, по нашим сведениям, является публикация Г. Климмы (H. Klima) с соавт., в которой впервые была предпринята попытка экспериментальным путем доказать или опровергнуть один из основных принципов БРТ [9]. Забегая несколько вперед, необходимо отметить, что до конца ни подтвердить, ни опровергнуть одно из самых спорных положений метода БРТ, несмотря на современное приборное обеспечение эксперимента, судя по опубликованным в статье результатам, так и не удалось. Дальнейший анализ места собственных электромагнитных сигналов в механизме лечебного действия БРТ становится невозможным без рассмотрения общих свойств биологических систем, к которым относится и организм человека.

Биологические системы – это открытые, динамически устойчивые, неравновесные системы, имеющие пространственную и временную организацию, направленную на самосохранение и самовоспроизведение. Организация биологических систем характеризуется определенным порядком в функциональном (энергетическом), структурном и информационном смысле. Биологические системы по сравнению с другими чрезвычайно сложны по своей организации, но, в то же время, отличаются высокой эффективностью и надежностью. Такие системы возникли в результате длительного эволюционного процесса и способны высокоэффективным образом поддерживать процессы жизнедеятельности благодаря гомеостазу.

В классическом понимании гомеостаз – это относительное постоянство факторов внут-

ренней среды, таких как, например, содержание сахара, газов и электролитов в крови, осмотическое и артериальное давление и т.п. [10]. Физиологическая концепция гомеостаза означает стремление организма поддерживать относительное постоянство внутренней среды при изменяющихся внешних условиях. В своей эволюции мозг человека достиг такой стадии, на которой за нервный гомеостатический контроль состояния внутренней среды организма отвечают стволовые структуры мозга. В результате этого кора головного мозга освободилась для осуществления высших функций и дает человеку то, что Клод Бернар в своей знаменитой фразе назвал «условием свободной жизни» [11].

Гомеостаз может быть связан с понятием устойчивых стационарных состояний в математике, хотя в биологии и медицине такая трактовка не употребляется. Стационарное состояние (называемое также точкой равновесия) характеризуется множеством значений переменных, при которых состояние системы не изменяется с течением времени. Вместе с этим, несмотря на то, что гомеостаз означает определенное динамическое постоянство внутренней среды, он сохраняет свой абсолютный смысл только в достаточно ограниченных и, строго говоря, стремящихся к нулю промежутках времени. Вся система гомеостаза, как было сформулировано Э. Бауэрмом, работает на поддержание устойчивого неравновесия организма с окружающей средой и против равновесия, т.е. все биологические системы являются неравновесными [12].

Процессы регуляции в организме функционируют с обратными связями (положительными или отрицательными), что совпадает с принципами теории автоматического регулирования в технике. При этом, единственная оговорка, которую следует сделать, заключается в том, что теории автоматического регулирования главным образом разработана для линейных систем, тогда как биологические относятся к динамическим нелинейным системам. Это связано с особенностью их регуляции, которая определяет нелинейный характер ответной реакции организма при внешних воздействиях. Отличие биологических систем от технических систем автоматического регулирования заключается в том, что они способны изменять не только ответную реакцию при

взаимодействии с окружающей средой, но и самоорганизовывать свою внутреннюю структуру таким образом, чтобы она в наибольшей степени соответствовала оптимальным условиям их существования. Процессы, происходящие во всех динамических нелинейных системах, как в физических, технических, химических, так и в биологических, изучает нелинейная динамика [13].

В системе с отрицательной обратной связью отклонение переменного состояния от стационарного значения сводятся к минимуму с помощью обратной связи. В системе с положительной обратной связью отклонения от стационарного состояния стремятся возрасти до некоторого значения. В функционирующих биологических системах обратная связь представляет собой комбинацию положительной и отрицательной обратной связи, т.е. комбинированной обратной связи. В результате этого при приближении к своему стационарному значению в системе возникают колебания, отражающие некоторую неточность в поддержании параметров внутренней среды организма, что является биологически оправданным. В качестве временной реакции эти колебания параметров представляют собой своеобразный механизм «самонастройки» и адаптации организма к изменяющимся условиям окружающей среды. Помимо этого происходят множественные взаимодействия таких колебаний друг с другом, а также их влияние на другие физиологические процессы, вызывая тем самым изменения их ритма. Примером такого влияния может служить дыхательная аритмия, при которой частота сердечных сокращений увеличивается во время вдоха и снижается во время выдоха. Таким образом, биологические системы не всегда стремятся приблизиться к стационарным состояниям и они большей частью находятся в колебательном режиме.

Большинство физиологических показателей принято измерять как функцию времени, и они регистрируются в виде незатухающих колебаний, которые охватывают очень широкий диапазон частот. Периоды колебаний, сопровождающих, например, процессы возбуждения в нейронах или нервных волокнах, измеряются секундами или их долями, тогда как на другом конце временной шкалы периоды могут составлять годы. Между ними расположены циркадные (околосуточные) ритмы,

например, в биологических часах, и колебания в биохимических реакциях с периодами порядка минут [14]. Несмотря на большой объем исследований по биологическим ритмам не существует общей теории колебательных реакций. Но даже если бы такая теория и имела, то она в любом случае была бы очень сложной и обладала ограниченной практической применимостью. Как теоретическое, так и экспериментальное моделирование реальных биологических осцилляторов – очень трудная и не всегда однозначно решаемая задача, причем в особенности – при применении к организму человека.

Сравнительно недавно получили признание представления о том, что многие нелинейные системы, причем не только физические и химические, но и биологические способны к хаотическому поведению [15]. Под хаосом подразумеваются изменяемые во времени непредсказуемые, случайные процессы, которые по своей сложности сходны с таким классическим явлением, как броуновское движение молекул. В середине 1990-х гг. Э.Л. Гольдбергером (A.L. Goldberger) было высказано предположение, получившее в дальнейшем подтверждение, что у здоровых индивидуумов динамика ритмов имеет хаотическую природу, тогда как болезнь связана с их периодическим поведением [16]. Хорошо известно, например, что хаотичность сердечного ритма снижается или вообще пропадает при инфаркте миокарда, сердечной недостаточности, ожогах, массивной кровопотере, предельной физической нагрузке и т.п. Аналогичные закономерности прослеживаются и для других процессов, например, ЭЭГ здорового человека демонстрирует высокую степень хаотичности, но при возникновении приступа эпилепсии в биоэлектрической активности мозга происходит переход к практически периодическому процессу [17]. Таким образом, существовавшая концепция о том, что в связи с болезнью или внешними возмущающими воздействиями организм человека не может поддерживать ритм неизменным, вследствие чего его амплитуда постоянно изменяется, была существенно пересмотрена. Современные представления заключаются в том, что хаотичность в ритмике многих биологических процессов есть показатель здоровья, тогда как их периодичность – свидетельство болезни [18].

Такой подход к динамике ритмов в организме человека позволяет принципиально по иному рассматривать существование «физиологических» и «патологических» колебаний в организме человека применительно к механизмам лечебного действия БРТ. Обработка электрических колебаний в БРТ-аппарате происходит путем инвертирования сигналов в масштабе реального времени. Инвертирование (от лат. *inverto* – переворачиваю, изменяю) при БРТ представляет собой изменение фазы сигнала по сравнению с исходным на 180° . Фаза является одной из главных характеристик колебательного процесса, определяющей его состояние в заданный момент времени. Сложение двух сигналов – входного (неинвертированного) и выходного (инвертированного) – приводит к их взаимной компенсации [19]. В режиме непрерывного инвертирования в масштабе реального времени такое положение может быть реализовано в случае относительно постоянства частоты и фазы регистрируемого (входного) сигнала, т.е. его периодичности. Возвращаясь к представлениям о периодичности в ритмике колебательных процессов, как свидетельстве болезни, можно полагать, что «патологическими» колебаниями в организме человека как раз и являются те, которые по своей форме близки к синусоидальной, содержат мало гармонических составляющих, характеризуются относительно постоянной частотой и амплитудой. Напротив, «физиологические» колебания отличаются непостоянством частоты, амплитуды, широким спектральным составом и имеют стохастический (от греч. *stochasis* – случайный, вероятностный) характер. Такие сигналы, как заметил Э. Гольдбергер, являются более «информационно богатыми», что, по всей видимости, и предопределило их использование в методе БРТ [16]. В связи с этим, можно полагать, что Ф. Морель теоретически обосновывая свое интуитивное предположение о «физиологических» колебаниях, имел в виду «гармоничные» организму человека сигналы, то есть те, которые находятся с ним в своеобразной гармонии, а не «гармонические», трактуемые как синусоидальные или близкие к ним по своей форме [20].

Одной из наиболее хорошо известных и наиболее часто используемых статистических характеристик временных последовательностей

сигнала является спектр мощности, который позволяет представить сложную временную последовательность в виде наложенных друг на друга синусоидальных колебаний различной частоты. Спектры мощности с использованием быстрого преобразования Фурье были получены для многих электрофизиологических показателей, таких, например, как ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ и др. [21]. В таком спектре мощности, например, ЭКГ имеет один или несколько максимумов (пиков), которые соответствуют главным частотам, присутствующим в сигнале. В определенном смысле организм человека является системой, подчиненной ритму сердца, поскольку оно является источником самой мощной электрической активности по амплитуде генерируемых потенциалов, достигающих до 3 мВ [22]. В дополнение к этим главным максимумам биоэлектрической активности могут существовать и другие, источники, например, ЭМГ, амплитуда сигнала которой значительно меньше и не превышает 0,5 мВ. Аналогичные соотношения прослеживаются для МКГ, МЭГ и ММГ (табл. 1).

Однако в спектрах сигналов при меньших, чем у ЭКГ и ЭМГ амплитудах, мощность распределена по более широкой полосе частот и характеризуется большим числом пиков. Возникновение таких низкоамплитудных незатухающих сигналов обусловлено ансамблем из клеточных или тканевых осцилляторов или пейсмекеров с различной частотой, которые часто не остаются постоянными и их изменение не имеет регулярного периодического характера. Поскольку такие ансамбли являются источником шумов, то и предсказать их поведение во времени, и выделить для каждого из них свой индивидуальный ритм представляется очень сложным. Такие сигналы по своим статистическим характеристикам являются шумами и характеризуются широкополосными спектрами мощности, которые в большинстве случаев связаны с налагающимися друг на друга максимумами. В связи с этим для подобных целей необходимо использовать другие, принципиально иные методы анализа.

Шум, который в данном случае рассматривается как случайная флуктуация (от лат. *fluctuation* – колебание, случайное отклонение от среднего значения), здесь используется в смысле прямо противоположном тому, в

котором этот термин определяется в технике. Здесь важно отличать этот вид биологического шума от помех, которые также являются аperiodическими (негармоническими) и рассматриваются в технике как шумы. Основное различие заключается в том, что такой биологический шум содержит информацию, заложенную в небольших флуктуациях амплитуд многих частот [23]. Поскольку кодирование и передача информации в биологических системах осуществляется по частотному принципу, то электрические сигналы (биоэлектрические потенциалы и электромагнитные поля) человека рассматриваются как шумовой сигнал, который является источником важной информации [24].

Сигналы любой природы представляют существенный интерес с точки зрения той полезной информации, которую они могут переносить. Подобного рода информация может содержаться в синусоидальных колебаниях в виде амплитуды, частоты или фазы колебаний, тогда как шумоподобный сигнал со сложной (несинусоидальной) структурой способен переносить существенно больший объем информации [25]. В первую очередь, это относится к белому шуму, который используется в анализе состояния физиологических систем [26]. В связи с этим, следует вновь обратиться к ранее цитированной статье Г. Климса с соавт., в которой авторы, воспроизведя, по возможности, условия БРТ, путем регистрации электрических колебаний через ручные электроды, попытались выделить «электромагнитную биоинформацию» («Elektromagnetische Bioinformation») в диапазоне частот 100 Гц – 100 кГц [9]. Эксперименты проводились двойным слепым методом на трех здоровых, по данным анамнеза, добровольцах-испытуемых. Полученные результаты измерений и их спектральный анализ с использованием быстрого преобразования Фурье показали, что были зарегистрированы хорошо известные спектры ЭМГ. Вполне объяснимо, что в результате ограничения полосы регистрируемых частот величиной 100 Гц спектр ЭКГ сигнала обнаружить не удалось, поскольку его основные частоты расположены в более низкочастотной области. Следует отметить, что никаких выводов о наличии или присутствии «электромагнитной биоинформации» в регистрируемых сигналах при имитации метода БРТ сделано

так и не было. Примечательно, что на электрические шумы биологического происхождения, присутствие которых ясно прослеживается на приведенных в статье спектрах зарегистрированных сигналов, внимания не обращалось.

Между тем, как представляется, в методе БРТ биологические шумы играют ведущую роль, инициируя индуцированные шумом переходы, участвуя в стохастической синхронизации и стохастическом резонансе.

Стохастические синхронные и резонансные процессы, играют важную роль в системной регуляции функций организмов и предполагают временную согласованность динамических процессов или усиление периодических сигналов при совпадении их фазово-частотных характеристик [27, 28]. Внешний шумоподобный сигнал вызывает в биологической системе ответную реакцию, механизм которой не всегда может быть однозначно интерпретируемым. Изменение частоты и амплитуды такого сигнала способно формировать разнообразные типы связей между самим сигналом и спонтанно осциллирующими физиологическими процессами в организме. В некоторых случаях происходит стохастический захват частоты и фазы ритма внешним сигналом (синхронизация), что может оказать значимое воздействие на эндогенный ритм. Примечательно, что такое влияние на ритмы биохимических реакций, происходящих в организме в процессе метаболизма с помощью переменных электрических или магнитных полей низкой частоты, рассматривается как «метаболический резонанс» («metabolic resonance») [29, 30]. Однако детали поведения при внешнем периодическом воздействии с помощью электрических или магнитных полей настолько непредсказуемы, что представляется маловероятным, что они когда-либо будут в полном объеме обнаружены, тем более в такой сложной системе, как биологическая. Помимо этого, необходимо иметь в виду, что подобное воздействие не может быть произвольным: нельзя навязать организму несвойственную ему динамику, например, колебания с частотами, резко отличающимися от собственных частот. Поэтому для экзогенной БРТ, речь может идти только о выборе в пределах некоторого набора собственных частот, который, как правило, в полном объеме остается очень обширным. В связи с этим, существует только один путь – экспериментальное определение

таких частот вместе с систематическим сопоставлением с клиническими результатами в процессе лечения.

В последнее время получила признание концепция стохастического резонанса, которая является одним из наиболее важных подходов, применительно к взаимодействию электрических и электромагнитных полей низких интенсивностей с организмом [31, 32]. В его основе лежит принцип усиления малых воздействий путем поступления энергии в систему из собственного широкополосного шума организма под влиянием внешнего источника. Такое положение выглядит, на первый взгляд, несколько непривычно, поскольку с понятием шум долгое время связывались представления как о помехе, способной ухудшить функционирование любой системы. Однако последние исследования, выполненные на биологических объектах – от изолированных клеток до целого организма – показывают, что присутствие шума может оказаться и полезным.

Окружающая и внутренняя среда организма являются источником шума, который, являясь случайной величиной, вмешивается в процессы передачи и приема информации в организме, нарушая тем самым информационный гомеостаз. Если шум рассматривается в качестве беспорядочных сигналов, являющихся помехой для восприятия информации, то функционирование всех защитных систем организма направлено на увеличение величины отношения сигнал/шум. Возможны несколько путей улучшения этого отношения благодаря механизмам пространственной или временной суммации переносимых сигналов, которые вполне реализуемы в биологических объектах [32].

Пространственная суммация становится возможной, если информационные сигналы одновременно воспринимаются N числом элементарных независимых «приемников», в качестве которых, например, могут быть клетки или другие структуры организма. Временная суммация осуществляется в том случае, когда поступают N -кратно повторяющиеся информационные сигналы. В обоих случаях суммарное отношение сигнал/шум возрастает в \sqrt{N} раз, что при достаточно большом числе N позволит осуществлять «прием» информационных сигналов, которые имеют интенсивность ниже уровня

тепловых шумов. При совместном взаимодействии пространственной и временной суммации усиление сигнала может достигать десятков и даже сотен раз.

Однако шум, который ранее рассматривался как нежелательная помеха, может играть и положительную роль, увеличивая отношение сигнал/шум, что реализуется в таком эффекте как стохастический резонанс. Явление стохастического резонанса заключается в процессе усиления в результате поступления (накачивания) энергии из широкополосного внутреннего шума объекта, причём при некотором оптимальном уровне шума наблюдается максимум эффекта [31]. Термин «резонанс» в данном случае также используется не в общепринятом смысле, а отражает немонотонную (резонансную) зависимость реакции объекта от интенсивности внутреннего шума. Роль шумовых колебаний, необходимых для реализации стохастического резонанса, может выполнять как внешний, так и внутренний тепловой шум организма. Основные свойства стохастического резонанса зависят как от характеристики шума (спектральный состав), так и информационной значимости для организма внешнего сигнала. Общий принцип стохастического резонанса применительно к пороговым системам заключается в том, что в отсутствии шума величина сигнала является недостаточной для достижения порога и реализации ответной реакции организма. С появлением шума этот порог преодолевается, причём это происходит случайным (стохастическим) образом.

Стохастический резонанс может, например, участвовать в активировании ионных каналов в мембране нейронов, что повышает их чувствительность к низкоинтенсивным электрическим сигналам, которые не могут преодолеть порог возбудимости. При этом коэффициент усиления ответной реакции в ответ на внешний сигнал может достигать 10^3 и более [33]. Стохастический резонанс при воздействии внешних электромагнитных полей может происходить на одной частоте или на нескольких частотах воздействующих сигналов. В этом смысле использование термина «резонанс» следует считать вполне приемлемым, что, в частности касается и метода БРТ, при которой резонанс, протекающий по стохастическому механизму, может происходить как на одной, так и на многих частотах, что по своей сути

является мультирезонансом [34]. Однако ситуация иногда может быть совершенно иной, когда полученный эффект через некоторое время после воздействия исчезает, т.е. если ритм восстанавливается, то он становится устойчивым. Таким образом, в таких системах могут существовать колебания, которые восстанавливаются в первоначальном виде после малого возмущения, приложенного в любую фазу колебаний. Такие колебания носят название устойчивых предельных циклов [15].

Локальная устойчивость стационарного состояния или предельного цикла определяется с помощью малого возмущения. Если стационарное состояние или предельный цикл способны к восстановлению, то они устойчивы. Если же, с другой стороны, малое возмущение вызывает такие изменения в динамике, что исходное состояние не восстанавливается, то стационарное состояние или предельный цикл неустойчивы. В реальных ситуациях всегда существуют небольшие возмущения в окружающей среде, постоянно оказывающие воздействие на любую биологическую систему, поэтому любое наблюдающееся стационарное состояние или колебания являются локально устойчивыми. При изменении параметров локальная устойчивость стационарных состояний и циклов может изменяться. Любое значение параметра, при котором число и/или устойчивость стационарных состояний и циклов изменяется, называется бифуркационной точкой, а о системе говорят, что она претерпела бифуркацию (от лат. *bifurcus* – раздвоенный). В точке бифуркации система теряет устойчивость в состоянии и переходит к новому режиму, в результате чего появляются две новые, характеризующиеся устойчивостью ветви. Таким образом, в точке бифуркации система достигает некоторого критического состояния и переходит в новое устойчивое состояние, которое характеризуется более высоким уровнем упорядоченности по сравнению с прежним.

Бифуркационная диаграмма может рассматриваться как состояние системы с позиций «здоровье-болезнь», где болезнь или ее начало расцениваются как потеря устойчивости в точке бифуркации [35, 36]. Для того чтобы перевести систему в новое устойчивое состояние, необходимо изменить режим собственных колебаний системы с помощью внешних воз-

действий. Вблизи точки бифуркации система проявляет максимальную чувствительность к малым воздействиям, в том числе и к сигналам, имеющим шумовой характер. Таким образом, шумовой сигнал, несмотря на свою малую интенсивность и широкополосность, действуя в точке бифуркации, может индуцировать переход системы из неустойчивого состояния (предболезнь или болезнь) в устойчивое (здоровье). Индуцированные шумом переходы известны сравнительно давно и достаточно хорошо изучены как для физических, химических, так и для биологических систем [37].

С позиций стохастического резонанса, механизм лечебного эффекта БРТ может состоять в действии в точке бифуркации, что индуцирует переход функциональной систем/системы организма человека из неустойчивого состояния, характеризующееся как предболезнь или болезнь, в устойчивое, расцениваемое как здоровье. Подобный механизм приемлем для эндогенной БРТ, тогда как в случае применения экзогенной БРТ с использованием внешних электромагнитных полей и излучений необходимо указать на иные пути реализации лечебного действия. Для метода экзогенной БРТ терапевтический эффект может осуществляться через другие механизмы, среди которых ведущая роль принадлежит ионному циклотронному и магнитоакустическому резонансам.

В переменном магнитном поле движение ионов происходит по циклоидальной траектории в перпендикулярной к нему плоскости и с определенной круговой (циклотронной) частотой, величина которой зависит от заряда, массы иона и напряженности магнитного поля. Это явление достаточно хорошо известно в физике как ионный циклотронный резонанс.

Впервые на роль ионного циклотронного резонанса для находящихся в магнитном поле Земли биологических объектов, как один из механизмов действия переменных магнитных полей обратил внимание А. Либофф (А. Liboff). А. Либофф предложил теорию ионного циклотронного резонанса, в соответствии с которой резонансная частота f иона зависит от его массы m , заряда q и напряженности магнитного поля B [38]. Исходя из установленных соотношений для любого из содержащегося в биологических объектах ионов можно определить его циклотронную частоту, применительно к

Расчетные значения циклотронной резонансной частоты ν для некоторых негидратированных ионов в геомагнитном поле при $B \approx 50$ мкТл. По [38]

Вид иона	Отношение заряда к массе иона, q/m	Циклотронная резонансная частота, f
H^+	0,99	760 Гц
Mg^{2+}	0,082	110 Гц
Ca^{2+}	0,05	61,5 Гц
Na^+	0,043	33,3 Гц
Fe^{2+}	0,036	27,9 Гц
K^+	0,026	19,6 Гц

реальной напряженности геомагнитного поля в данной местности (табл. 2). В соответствии с теорией А. Либффа, внешнее низкоинтенсивное переменное магнитное поле в присутствии геомагнитного (47–50 мкТл) может изменять скорость транспорта ионов через ионные каналы в мембране, причем эти эффекты наблюдаются только на определенных циклотронных частотах [39].

В результате исследований было экспериментально показано, что эффекты биологического действия переменных низкочастотных магнитных полей в присутствии постоянного геомагнитного поля наблюдаются при определенных, теоретически предсказуемых частотах, соответствующих циклотронным частотам ионов K^+ , Ca^{2+} и Mg^{2+} [40]. Обнаруженные биологические эффекты заключались в изменении транспорта через клеточную мембрану этих ионов, что проявлялось как изменение вне- и внутриклеточной концентрации, причем резонансная частота переменного магнитного поля для наблюдения эффекта должна быть очень точной – до $\pm 0,1$ Гц. Вполне естественно, что к ионному циклотронному резонансу был проявлен большой интерес, поскольку открывалась возможность с помощью переменного магнитного поля низкой интенсивности оказывать влияние, например, на процессы возникновения и проведения возбуждения. Появились десятки публикаций, в которых приводились результаты экспериментально обнаруженных эффектов при воздействии магнитных полей циклотронных частот K^+ , Ca^{2+} и Mg^{2+} на различные биологические объекты – от клеток в условиях *in vitro* до целого организма.

Однако также публиковались результаты исследований, в которых хотя эти эффекты

и подтверждались, но предложенный А. Либффом механизм ионного циклотронного резонанса ставился под сомнение. Высказывались предположения, что эффекты, полученные в экспериментах А. Либффа и его последователей, могут быть объяснены, исходя из представлений о действии переменных магнитных полей на связанные ионы (прежде всего, Ca^{2+}). Такая модель была предложена В.В. Ледневым и получила известность как гипотеза магнитного параметрического резонанса, в которой напряженность переменного магнитного поля не является ключевым фактором [41]. Ответная реакция биологического объекта на воздействие зависит от соотношения между величинами напряженностей постоянной (геомагнитного поля) и переменной компонент, а также и их частот, что позволяет объяснить более высокую чувствительность биологических объектов к переменным магнитным полям некоторых частот.

В рамках этой концепции, метод экзогенной БРТ можно рассматривать как действие переменного магнитного поля определенной частоты или набора частот, на фоне относительно постоянной магнитной компоненты – геомагнитного поля. В предложенных для экзогенной БРТ резонансных механизмах эмпирически найденное значение частоты может быть обосновано с привлечением концепций ионного циклотронного или магнитного параметрического резонансов.

Взаимодействия электромагнитных полей с биологическими объектами, как показали исследования, не ограничиваются только электрической поляризацией среды, поскольку существует и другой путь – преобразование в механические колебания.

Механическое действие импульсных электромагнитных полей радиочастотного диапазона в виде преобразования их энергии через тепловую в акустическую исследовано достаточно подробно, поскольку оно проявляется у человека в виде слуховых эффектов («радиозвук») при облучении его головы [42]. Возникновение механических вибраций в тканях мозга в диапазоне от 50 до 200 Гц, имеющих резонансный характер, было экспериментально обнаружено и в случае воздействия переменным электрическим полем [43]. Эффект образования распространяющихся в тканях акустических волн при воздействии импульсных магнитных полей в дальнейшем был подтвержден в экспериментах на животных и стал затем использоваться для неинвазивных измерений, а также в целях визуализации внутренних тканей и органов [44, 45]. Такое электромеханическое преобразование возможно в результате происходящих в биологических средах процессов электрострикции, возникающих при действии синусоидальных электрических и магнитных полей, причем низких интенсивностей.

Все процессы жизнедеятельности сопровождаются механическими проявлениями, которые происходят как на уровне целого организма, так и в органах, тканях, клетках

и субклеточных компонентах. В 1955 г. было обнаружено существование механических колебаний в нервном волокне при прохождении импульса возбуждения [46]. Впоследствии подобные механические колебания стали рассматриваться как конформационные изменения белков, сопровождающиеся генерацией распространяющихся в окружающей среде упругих механических волн [47]. Конформационные колебания макромолекул в процессе ферментативного катализа, по некоторым сведениям, сопровождаются возникновением акустических волн, формирующих собственное акустическое поле клетки. Теоретическая оценка для молекул ферментов с различным числом оборотов дает диапазоны частот от 10^{-3} до 3×10^6 Гц (табл. 3).

Следует отметить, что механочувствительность характерна не только для специализированных рецепторных структур (механорецепторов), а представляет собой универсальное свойство, которое распространяется практически на все клетки организма. Такой механизм преобразования механических колебаний в электрические сигналы реализуется через механочувствительные ионные каналы мембран клеток, причем не только возбудимых [48]. Механочувствительные свойства

Таблица 3

Частоты (число оборотов) для некоторых ферментов. По [47]

Фермент	Число оборотов, Гц
Пепсин	0,001
Пируват-карбоксилаза	13
Альдолаза	33
АТФ-аза миозина	104
Миокиназа	166
Энолаза	150
Дегидрогеназа триозофосфата	166
ДПН-цитохромредуктаза	183
Гексокиназа	215
Фосфоглюкомутаза	280
Конденсирующий фермент (цикл Кребса)	450
Фосфорилаза	676
Дегидрогеназа молочной кислоты	1215
Фосфорилаза	1600
Фумараза	1660
Уреаза	77000
Каталаза	$8,0 \cdot 10^5$
Карбоангидраза	$1,6 \cdot 10^6$
Ацетилхолинэстераза	$3,0 \cdot 10^6$

обнаружены в миокарде, эндотелии капилляров, остеобластах, хрусталике и даже в растительных клетках.

Нельзя также исключить возможность участия в магнитоакустических эффектах кристаллов биогенного магнетита (Fe_2O_3), который, как показал Дж.Л. Киршвинк (J.L. Kirschvink) в виде включений содержится в надпочечниках, мозжечке, среднем мозге, мозолистом теле и головном мозге человека [49]. Находящиеся в тканях кристаллы магнетита в принципе способны реагировать резонансным образом на переменное магнитное поле через магнитоакустический резонанс. Поглощенная при этом энергия переменного магнитного поля преобразуется в механические колебания в этом же диапазоне частот [50].

Возможность участия такого преобразования низкочастотного магнитного поля в форме магнитоакустического эффекта в механизме БРТ (МОРА-терапии) была проанализирована В. Людвигом (W. Ludwig). В модельных экспериментах в условиях *in vitro* им была показана возможность существования электромагнитоакустических резонансов при действии низкочастотного магнитного поля [51].

Основные общие принципы метода БРТ исходят из положений, характерных для адаптивного биоуправления. В современной трактовке биоуправление рассматривается как любое изменение состояния некоторого объекта, системы или процесса ведущее к достижению определенной цели. Общая задача управления в медицине сводится к достижению необходимого (желаемого, заранее заданного) лечебного или профилактического эффекта [52].

Система лечебного биоуправления в общем виде включает объект управления (больного) и управляющую (терапевтическую) систему, которые взаимодействуют друг с другом путем положительной и отрицательной обратной связи. В ходе управления (лечения) на управляемый объект (человека) непрерывно воздействуют как управляющие, так и возмущающие воздействия. Биоуправление как правило строится с использованием системы внешней обратной связи, принцип которой основан на замкнутых биоэлектронных системах, позволяющих согласовать время и/или характеристики внешнего (сигнального, информационного) воздействия с динамикой определенных паттернов и параметров

биоэлектрической активности функциональных систем организма.

В реализации приспособительных процессов важная роль принадлежит адаптации, поскольку любое состояние организма является следствием приспособления, в процессе которого происходит его формирование и активное преобразование с обратным влиянием, направленное на осуществление оптимального уровня функционирования. Адаптивное биоуправление основано на непрерывном использовании текущей информации для оптимизации избранного показателя (показателей) в качестве управления состоянием организма в условиях недостаточной априорной информации.

Несмотря на большое количество исследований в области биоуправления, принципы и методы динамического контроля за функциональным состоянием организма, в особенности в процессе лечения, не разработаны в достаточной мере. Среди внешних проявлений происходящих в организме человека физиологических процессов в системах биоуправления широко используются объективно регистрируемые физиологические показатели деятельности различных систем организма. Биоуправление ставится в программную зависимость от имеющейся априорной информации о функциональной значимости регистрируемых параметров физиологических процессов.

В качестве сигналов функционального состояния наряду с АД, ЧСС, ЧД и др. также используется и биоэлектрическая активность органов и систем. В этих случаях биопотенциалы выполняют роль командных сигналов, причем используются как сама импульсная биоэлектрическая активность (ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ и др.), так и некоторые параметры, например, сверхмедленные (инфранизкочастотные) ритмы [53].

Долгое время при применении многих, как достаточно известных, так и относительно новых методов лечения физическими факторами, не обращалось достаточного внимания на максимальную индивидуализацию лечебного процесса, обусловленную непременным требованием его терапевтической адекватности, а, следовательно, и практической эффективности. Подобный подход может быть реализован с использованием компьютеризированных лечебно-диагностических комплексов с каналами обратной связи, благодаря которым в любой

момент лечения происходит выбор наиболее оптимальной для каждого больного формы воздействия. Эта идея автоматизированной биоуправляемой лечебно-диагностической аппаратуры, была впервые высказана еще в 1960-х гг. К.Д. Груздевым и М.П. Спиченковым применительно к управляемой электростимуляции [54]. Примечательно, что этот перспективный подход был незаслуженно забыт и был спустя много лет реализован в аппаратуре БРТ, как зарубежных, так и отечественных разработок.

Рассматривая БРТ как систему адаптивно-биоуправления, ее активным динамически управляемым звеном является предназначенные для воздействия функциональные системы или система организма, а информационное (сигнальное) возмущение является функцией параметрических изменений этих систем или системы. В этом случае биоуправление в БРТ строится и, что является очень важным, в зависимости не только от априорной, но и текущей в режиме «on-line» информации. Цепь обратной связи содержит дополнительный контур, реализованной с использованием компьютера и вводящей дополнительные корректирующие воздействия в работу биологического (основного) контура управления [55]. Особенность адаптивного управления в БРТ определяется спецификой накопления текущей (дополнительной) информации о состоянии и динамических характеристиках функциональных систем организма, необходимых для достижения оптимального лечебного эффекта.

Заканчивая краткое рассмотрение биофизических механизмов, лежащих в основе БРТ, следует подчеркнуть, что отличительной особенностью этого комплексного подхода является стремление определить главный патогенетический механизм заболевания для установления лечебного воздействия, строго направленного на его устранение. Метод БРТ позволяет осуществить настройку внешних электрических сигналов на активацию механизмов, направленных на ликвидацию патологических процессов в организме.

Литература

1. Готовский М.Ю., Перов Ю.Ф., Чернецова Л.В. Биофизические механизмы лечебного действия биорезонансной терапии. I. Анализ и критика существующих концепций //

Традиционная медицина. – 2007. – № 4. – С. 34–40.

2. Плонси Р., Барр Р. Биоэлектричество: Количественный подход. – М.: Мир, 1991.

3. Малов Н.Н. Электрическое поле человеческого организма // Физиотерапия. – 1929. – Т. 3, №4. – С. 492–496.

4. Торнуев Ю.В., Куделькин С.А. Структура и информационная значимость внешнего электрического поля человека // Физиол. человека. – 1982. – Т. 8, № 1. – С. 164–166.

5. Холодов Ю.А., Козлов А.Н., Горбач А.М. Магнитные поля биологических объектов. – М.: Наука, 1987.

6. Методы клинической нейрофизиологии. – Л.: Наука, 1977.

7. Торнуев Ю.В., Хачатрян А.П., Хачатрян Р.Г. Электрический портрет человека. – М.: Издательство ВЗПИ, 1990.

8. Зилов В.Г. Информационный гомеостазис. Информационная сущность традиционной медицины // Элементы информационной биологии и медицины. – М.: МГУЛ, 2000 – С. 177–237

9. Klima H., Lipp B., Lahrman H., Bachtik M. Elektromagnetische Bioinformation im Frequenzbereich von 100 Hz bis 100 kHz ? // Forsch. Komplementarmed. – 1998. – V. 5, N. 5. – P. 230–235.

10. Харди З. Гомеостаз. – М.: Мир, 1986.

11. Бернар К. Жизненные явления, общие животным и растениям. – СПб.: Изд. И.И. Библина, 1878.

12. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. – Л.: Издательство ВИЭМ, 1935.

13. Анищенко В.С. Знакомство с нелинейной динамикой. Лекции соровского профессора. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002.

14. Гласс Л., Мэки М. От часов к хаосу. Ритмы жизни. – М.: Мир, 1991.

15. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. – М.: Мир, 1990.

16. Goldberger A.L. Nonlinear dynamics, fractals, and chaos: applications to cardiac electrophysiology. – Ann. Biomed. Eng. – 1990. – V. 18, N. 2. – P. 195–209.

17. Theiler J. In the evidence fo low-dimensional chaos in an epileptic electro-encephalogram // Phys. Lett. A. – 1995. – V. 196, N. 5–6. – P. 335–341.

18. Savi M.A. Chaos and order in biomedical rhythms // J. Braz. Soc. Mech. Sci. & Eng. – 2005. – V. 27, N. 2. – P. 157–169.

19. Brügemann H. Bioresonanztherapie. Grundlagen und Praxis der weiterentwickelten Therapie mit patienteneigenen Schwingungen nach Morell // *Erfahrungsheilkunde*. – 1989. – Bd.38, H.3a. – S. 162–167.

20. Morell F. MORA-Therapie, Patienteneigene und Farblightschwingungen Konzept und Praxis. – Heidelberg, Karl F. Haug-Verlag, 1987.

21. Goldberger A.L., Amaral L.A.N., Glass L., Hausdorff J.M., Ivanov P.C., Mark R.G., Mietus J.E., Moody G.B., Peng C.K., Stanley H.E. PhysioBank, physioToolkit, and physioNet: Components of a new research resource for complex physiologic signals // *Circulations*. – 2000. – V. 101, N. 23. – P. e215–e220. www.physionet.org.

22. Лавров Л.М., Лобкаева Е.П., Телегина Л.А., Бакаринов П.В. Динамика функционального состояния организма на основании принципов нелинейной динамики // *Человек и электромагнитные поля / Сб. матер. междуна. конф.* – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005. – С. 80–87.

23. Johnson H. Thermal noise and biological information // *Quart. Rev. Biol.* – 1987. – V. 62, N. 2. – P. 141–152.

24. Готовский М.Ю. Электрические шумы в биологических системах и действие внешних низкоинтенсивных электромагнитных полей при биорезонансной терапии // *Журн. теоретич. и практ. медицины*. – 2004. – Т. 2, № 3. – С. 269–271.

25. Денда В. Шум как источник информации. – М.: Мир, 1993.

26. Мармарелис П.З., Мармарелис В.З. Анализ физиологических систем. Метод белого шума. – М.: Мир, 1981.

27. Glass L. Synchronization and rhythmic processes in physiology // *Nature*. – 2001. – V. 410, N. 6825. – P. 277–284.

28. Freund J., Schimansky-Geier L., Hänggi P. Frequency and phase synchronization in stochastic systems // *Chaos*. – 2003. – V. 13, N. 1. – P. 225–238.

29. Rosenspire A.J., Kindzelskii A.L., Petty H.R. Interferon-g and sinusoidal electric fields signal by modulating NAD(P)H oscillations in polarized neutrophils // *Biophys. J.* – 2000. – V. 79, N. 12. – P. 3001–3008.

30. Rosenspire A.J., Kindzelskii A.L., Simon B.J., Petty H.R. Real-time control of neutrophil

metabolism by very weak ultra-low frequency pulsed magnetic fields // *Ibid.* – 2005. – V. 8, N. 5. – P. 3334–3347.

31. Анищенко В.С., Нейман А.Б., Мосс Ф., Шиманский-Гайер Л. Стохастический резонанс как индуцированный шумом эффект увеличения степени порядка // *УФН*. – 1999. – Т. 169, № 1. – С. 7–38.

32. Нефёдов Е.И., Субботина Т.И., Яшин А.А. Современная биоинформатика. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005.

33. Kruglikov I.L., Dertiner H. Stochastic resonance as a possible mechanism of amplification of weak electric signals in living cells // *Bioelectromagnetics*. – 1994. – V. 15, N. 6. – P. 539–547.

34. Vilar J. M. G., Ruber J. M. Stochastic multiresonance // *Phys. Rev. Lett.* – 1997. – V. 78, N. 15. – P. 2882–2885.

35. Деленик А.Н. Патологические симптомы – явление самоорганизации? // *Вестник биофизической медицины*. – 1996. – № 1. – С. 19–26.

36. Лобкаева Е.П., Девяткова Н.С., Комиссаров В.И. Обоснование подбора параметров импульсного магнитного поля для получения заданного биологического эффекта // *Человек и электромагнитные поля / Сб. матер. междуна. конф.* – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005. – С. 8–19.

37. Хорстхемке В., Лефевр Р. Индуцированные шумом переходы: Теория и применение в физике, химии и биологии. – М.: Мир, 1987.

38. Liboff A.R. Geomagnetic cyclotron resonance in living cells // *J. Biol. Phys.* – 1985. – V. 13, N. 4. – P. 100–102.

39. McLeod B.R., Liboff A.R., Smith S.D. Electromagnetic gating in ion channels // *J. Theor. Biol.* – 1992. – V. 158, N. 1. – P. 15–31.

40. Blanchard J.P., Blackman C.F. Clarification and application of an ion parametric resonance model for magnetic field interactions with biological systems // *Bioelectromagnetics*. – 1994. – V. 15, N. 3. – P. 217–238.

41. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных, постоянных и переменных магнитных полей // *Биофизика*. – 1996. – Т. 41, вып. 1. – С. 224–232.

42. Лин Дж. Ч. Слуховой эффект на СВЧ // *ТИИЭР*. – 1980. – Т. 68, № 1. – С. 83–90.

43. Spiegel R.J., Ali J.S., Peoples J.F., Joines W.T. Measurement of small mechanical vibrations of brain tissue exposed to extremely-low-fre-

quency electric fields // Bioelectromagnetics. – 1986. – V. 7, N. 3. – P. 295–306.

44. Islam M.R., Towe B.C. Bioelectric current image reconstruction from magneto-acoustic measurements // IEEE Trans. Med. Img. – 1988. – V. 7, N. 4. – P. 386–391.

45. Towe B.C., Islam M.R. A magneto-acoustic method for the noninvasive measurement of bioelectric currents // IEEE Trans. Biomed. Eng. – 1988. – V. 35, N. 10. – P. 892–894.

46. Каюшин Л.П., Людковская Р.Г. Упругие и электрические явления в нерве при распространении возбуждения // ДАН СССР. – 1955. – Т. 102, № 4. – С. 727–728.

47. Шноль С.Э. Конформационные колебания макромолекул // Колебательные процессы в биологических и химических системах / Тр. Всесоюз. симп. по колебательным процессам в биологических и химических системах. – М.: Наука, 1967. – С. 22–41.

48. Hamill O.P., Martinac B. Molecular basis of mechanotransduction in living cells // Physiol. Rev. – 1999. – V. 81, N. 2. – P. 685–740.

49. Киршвинк Дж.Л., Уокер М.М. Размер частиц в магнитных магниторецепторах // Биогенный магнетит и магниторецепция. Новое о биомagnetизме: В 2-х т. Т. 1. / Под ред. Дж. Киршвинка, Д. Джонса, Б. Мак-Фаддена. – М.: Мир, 1989. – С. 319–333.

50. Kirschvink J.L., Kobayashi-Kirschvink A., Diaz-Ricci J.C., Kirschvink S.J. Magnetite in human tissues: A mechanism for the biological effects of weak ELF magnetic fields // Bioelectromagnetics. – 1992. – V.27, suppl 1. – P.101–113.

51. Ludwig W. Die Grundlagen der MORA-Therapie // Erfahrungsheilkunde. – 1985. – Bd. 34, H. 9. – S. 668–672.

52. Черниговская Н.В., Мовсисянц С.А., Тимофеева А.Н. Клиническое значение адаптивного биоуправления. – Л.: Медицина, 1982.

53. Tansey M.A., Bruner R.L. EMG and EEG biofeedback training in the treatment of a 10-years-old hyperactive boy with a developmental reading disorder // Biofeedback and Self-Regulation. – 1983. – V. 8, N. 1. – P. 25–37.

54. Груздев К.Д., Спиченков М.П. Автоматический стимулятор оптимальной частоты как исходная общезиологическая модель для разработки автоматической биоуправляемой лечебно-диагностической аппаратуры // Биологические аспекты кибернетики. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 222–224.

55. Готовский Ю.В. Биорезонансная и мультирезонансная терапия // Матер. I Междун. конф. «Теоретические и клинические аспекты биорезонансной и мультирезонансной терапии». – М.: ИМЕДИС, 1995. – С. 359–367.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Приглашаем Вас посетить интернет-сайт нашего журнала
www.tradmed.ru

