

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ И ИХ РОЛЬ В МЕХАНИЗМАХ ЛЕЧЕБНОГО ДЕЙСТВИЯ БИОРЕЗОНАНСНОЙ ТЕРАПИИ

М.Ю. Готовский, Ю.Ф. Перов

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

## Electromagnetic fields as element of control system in biological objects and their role in mechanism of therapeutic action of bioresonance therapy

M.Yu. Gotovskiy, Yu.F. Perov

Center of intellectual medical systems «IMEDIS» (Moscow, Russia)

### РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются вопросы участия и роли собственных электромагнитных полей организма в механизмах лечебного действия эндогенной и экзогенной биорезонансной терапии. Анализируются электрическая и магнитная составляющие собственных полей, участвующие совместно с нервной системой в медленной и быстрой системах управления в биологических объектах. Приведены основные аргументы в пользу участия и роли стохастического резонанса в эндогенной и экзогенной биорезонансной терапии.

**Ключевые слова:** собственные электромагнитные поля, биорезонансная терапия, стохастический резонанс, механизмы лечебного действия.

### RESUME

The role and participation of organism's electromagnetic fields in mechanism of curative effects of endogenous and exogenous bioresonance therapy are considered. The electrical and magnetic components of body's own fields participating in conjunction with nervous system in slow and fast control systems of biological objects are analyzed. Basic arguments in favor of participation and role of stochastic resonance in endogenous and exogenous bioresonance therapy are listed.

**Keywords:** own electromagnetic fields, bioresonance therapy, stochastic resonance, mechanisms of therapeutic action.

### ВВЕДЕНИЕ

Биорезонансная терапия (БРТ) относится к одному из наиболее быстро развивающихся направлений современной медицины и является признанным методом лечения с использованием собственных электрических токов, электромагнитных полей и излучений человека. В настоящее время различают эндогенную и экзогенную БРТ, которые, хотя и отличаются по методике применения и аппаратному обеспечению, но имеют в основе общий механизм лечебного действия [1]. В эндогенной БРТ лечение осуществляется с помощью собственных переменных электрических токов, которые после поступления в аппарат, усиливаются, обрабатываются и возвращаются обратно в организм пациента. При экзогенной БРТ лечение происходит с помощью внешних электрических, магнитных или электромагнитных

полей с определенными клинически апробированными частотами. Воздействие внешними электромагнитными полями осуществляется через устройства для магнитной терапии.

В принципе, процесс лечения можно рассматривать как процесс управления при наличии отклонений в функционировании той или иной системы организма [2]. Результатом является достижение той физиологической нормы, которая свойственна данному индивидууму, что приводит в конечном счете к поддержанию (стабилизации) основных параметров жизнедеятельности организма в определенных пределах гомеостаза. Таким образом, в основе терапевтического действия БРТ лежит контактное или бесконтактное (дистантное) влияние на систему регуляции в организме человека, которая тесно связана с собственными электромагнитными полями биологических объектов.

Исходя из вышесказанного, целью настоящей статьи является анализ места и роли внутренней системы регуляции через электромагнитные поля и их роли в механизмах терапевтического действия БРТ.

### СОБСТВЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

Все процессы жизнедеятельности в организме человека сопровождаются генерацией электромагнитных полей, биоэлектрическая природа которых связана с процессами возникновения и проведения возбуждения [3]. В принципе, любые органы человека и животных являются биоэлектрохимическими источниками низкочастотных электрических и магнитных полей, которые сопровождают практически все основные жизненные функции. В результате на поверхности тела человека формируется сложная структура из электрических потенциалов и электрических и магнитных полей в окружающем пространстве, которые отражают функционирование соответствующих органов и систем организма.

Современные представления о природе электромагнитных полей живых организмов могут быть кратко сформулированы в следующем виде [4]:

- электрическое поле за счет электрохимических реакций, протекающих в организме;
- электрическое поле организма, источником которого служит квазиэлектрическая поляризация живых тканей;
- магнитное поле живого организма;
- различные электрические поля, источниками которых являются собственное электрическое поле, трибоэлектрические заряды и колебания индуцированных зарядов, возникающие вследствие действия атмосферного электричества;
- электромагнитные излучения, в частности, в инфракрасном и сверхвысокочастотном диапазоне, радиоактивное излучение;
- вторичное электромагнитное излучение, возникающее в результате воздействия на организм внешних электромагнитных полей и связанное с механическими колебаниями в организме на всех его уровнях;
- плазменное электромагнит-

ное поле, характерной особенностью которого является система нелокализованных элементарных частиц (протонов и нейтронов) со специфической пространственной ориентацией в живом организме.

Электромагнитные поля, сопровождающие основные функции организма человека, среди многих других проявлений, являются наиболее надежными и информативными показателями, характеризующими их физиологическое и патологическое состояние и их временную динамику. Регистрация во времени электрической составляющей этих полей широко используется в диагностических целях в виде электрокардиограммы, электроэнцефалограммы, электромиограммы и т.п., основные характеристики которых приведены в табл. 1 [5]. Анализ биоэлектрических сигналов показывает, что они преимущественно носят случайный характер, а их частота лежит в диапазоне от единиц Гц до десятков кГц.

Источниками этих полей являются возбудимые ткани (мышечная и нервная) и органы, преимущественно состоящие из этих тканей: сердце, головной и спинной мозг, желудочно-кишечный тракт и сенсорные органы [3]. Различные функции клетки связаны с перемещением ионов через мембрану, которое создает внутриклеточный ток, в результате чего

Таблица 1

**Основные характеристики собственных биоэлектрических сигналов органов и систем организма человека. По [5] с изменениями**

Информационное значение сигнала	Характеристики процессов	
	диапазон информационных частот	амплитуда
Электрокардиография	0,15–300 Гц	0,03–3,0 мВ
Электроокулография	0,1–5 Гц	20–200 мВ
Электроретинография а-колебания b-колебания	длительность волн ≈ 200 мкс	45–65 200–400
Электронистагмография	3–7 Гц	10–100 мВ
Электроэнцефалография	Δ-ритм θ-ритм α-ритм β-ритм γ-ритм μ-ритм λ-ритм	10–30 мкВ > 20 мкВ 20–100 мкВ 5–30 мкВ 2–10 мкВ 20–40 мкВ 20–40 мкВ
Электrokортикография	0,3–80 Гц	20 мкВ–1 мВ
Электронейрография	максимальная частота 10 кГц	6–20 мВ
Электромиография	1 Гц–10 кГц	0,02–3 мВ
Электромиелография	0,5–20 Гц	10–60 мВ
Электрогастрография	0,05–0,2 Гц	0,2–1 мВ

вокруг клетки образуются электрическое и магнитное поля. Одним из первых экспериментальных измерений электрических полей невозбудимых клеток с помощью диэлектродифореза были выполнены Н.А. Pohl, который определил диапазон частот, создаваемых вокруг клетки полей, от 5 кГц до 9 МГц [5]. В настоящее время существуют методы непосредственного определения электромагнитных полей вблизи клеточной поверхности, однако для измерения внутри клетки требуются специальные сенсоры с использованием нанотехнологии [7]. Обладающие возбудимостью клетки (нейроны) во время возбуждения могут генерировать электрические поля как в более низкочастотной области – порядка 200 Гц [8], так и с более высокочастотным гармониками – вплоть до 10 кГц [9]. С другой стороны, хотя эти явления и ограничены группой специализированных клеток, но в сложных структурах в эти процессы через создаваемые электрические поля вовлекаются другие возбудимые образования. Так, например, показано, что низкочастотные электрические поля могут оказывать влияние на различные функции клетки, включая пролиферацию и дифференцировку [10]. Чувствительность возбудимых клеток, например, нейронов, к низкоинтенсивным электрическим полям весьма высока [11].

Импульсы возбуждения, распространяющиеся в виде потенциала действия или медленно меняющихся (тонических) потенциалов, влияют на окружающие клетки и ткани. Такое влияние может проявляться как в виде повышения возбудимости (снижение мембранного потенциала и развитие потенциала действия) или гиперполяризации и снижения возбудимости. Ионный транспорт через возбудимые мембраны создает переменные или очень медленные (квазипостоянные) электрические токи, которые, распространяясь в среде, непосредственно влияют на другие органы и ткани. Таким образом, можно говорить о важной роли собственных биоэлектрических полей в процессах нормальной деятельности высокоорганизованных живых систем [12, 13]. Все эти поля могут играть определенную роль в процессе информационного обмена между клетками, тканями и органами, участвуя, таким образом, в авторегуляционных процессах в организме.

Регистрация магнитной составляющей электромагнитных полей

человека в виде магнитокардиограммы, магнитоэнцефалограммы, магнитомиограммы и др., так же как и биоэлектрические сигналы позволяет оценить состояние основных органов и функциональных систем организма [3, 14]. Основные характеристики отдельных биомагнитных сигналов органов и систем организма человека представлены в табл. 2 [15]. В отличие от биоэлектрической активности, регистрация магнитной составляющей представляет большие трудности из-за крайне низкой величины магнитной индукции, которая значительно меньше постоянной составляющей магнитного поля Земли. С этой целью используется сверхпроводящий квантовый интерферометр или СКВИД-магнитометр, получивший название от английской аббревиатуры SQUID (Superconducting Quantum Interference Device) [16]. СКВИД-магнитометры обладают очень высокой чувствительностью – порядка десятков пТл, которая в процессе проведения измерений может достигать и  $10^{-15}$  Тл.

В принципе, все биомагнитные поля могут быть нескольких видов, которые в зависимости от их природы разделяются на три группы [16]. Первая группа представлена биомагнитными полями, которые создаются биоэлектрохимическими источниками, к которым относятся возбудимые органы и ткани. Ко второй группе относятся магнитные поля магнитных частиц микро- и нано-размеров, которые или имеют биологическое происхождение (биогенный магнетит), или, попав в организм тем или иным путем из окружающей среды, относятся ко второй группе. И, наконец, поля, которые обязаны своим происхождением неоднородности магнитной восприимчивости тканей организма, представляют третью группу. Наибольшую важность в медицинском аспекте имеют биомагнитные поля первой группы, которые, наряду с биоэлектрическими, в последнее вре-

Таблица 2

**Основные характеристики некоторых собственных биомагнитных сигналов органов и систем организма человека. По [15] с изменениями**

Информационное значение сигнала	Характеристики процессов	
	диапазон информационных частот	магнитная индукция
Магнитокардиограмма	0,1–100 Гц	1–100 пТл
Магнитоэнцефалография	0,01–0,05 Гц	0,1–10 пТл
Магнитоэнцефалограмма	0,1–100 Гц	0,1–10 пТл ( $\alpha$ - ритм)
Магнитонейрограмма	100–1000 Гц	$10^{-3}$ – $10^{-2}$ пТл
Магнитопневмография	0,1–10 Гц	$10^2$ – $10^3$ пТл
Магнитогастрография	0,05 Гц	1–20 пТл

мя стали активно использоваться в различных диагностических системах [17].

### СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ

Системы управления в биологических объектах с участием нервной системы через электрические поля были открыты в 1962 г. R.O. Becker с соавт. и Н. Friedman с соавт. [18, 19]. Однако основные концептуальные положения, касающиеся существования в организме двух электрических управляющих систем были ранее сформулированы и экспериментально подтверждены Н.А. Аладжаловой [20]. Согласно этой гипотезе, в организме выделяются две управляющие системы – быстродействующая и медленная. В ведении первой системы находятся быстрые реакции, которые являются откликом на раздражение, т.е. реакции типа ориентировочных. Вторая система – медленная, оценивая действующие факторы окружающей среды, перестраивает уровень деятельности организма в связи с регуляцией устойчивости, гомеостаза. По мнению Н.А. Аладжаловой, «Одним из признаков медленной управляющей системы является то, что она не реагирует на малозначачее однократное (случайное) внешнее возмущение. Ее реакция на фактор среды, действующий более или менее систематически, осуществляется в течение нескольких часов и может быть направлена не только на преодоление вызванных сдвигов во внутренней среде, но и на активную перестройку уровня деятельности с учетом действия нового фактора» [20, с.162]. Медленная управляющая система воздействует на параметры быстродействующей, меняя уровень активности последней. Изменения медленной управляющей системы направлено не только на подстраивание системы к сохранению гомеостаза, но и на включение тех механизмов, которые активно изменяют параметры системы и фиксируют эти изменения в последствии. Таким образом, медленная управляющая система может быть отнесена к наиболее устойчивым системам, обладающим способностью выбирать для себя нужные значения рабочих параметров, что позволяет рассматривать такие системы как обладающие наиболее высокой степенью адаптации.

### БИОРЕЗОНАНСНАЯ ТЕРАПИЯ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В рамках анализируемого направления метод БРТ рассматривается как способ внешнего

воздействия (управления) на функционирование любой биологической системы, которое складывается из электромагнитных сигналов, несущих определенную информацию [1].

Активным динамически управляемым звеном в БРТ являются предназначенные для воздействия функциональные системы организма, тогда как несущее информацию электромагнитное воздействие является функцией параметрических изменений этих систем. Особенностью такого управления при БРТ является специфика накопления текущей (дополнительной) информации о состоянии и динамических характеристиках функциональных систем организма, необходимых для достижения оптимального лечебного эффекта. При этом само управление системной регуляции функций организма при БРТ осуществляется в зависимости не только от априорной, но и текущей в режиме «on-line» информации и предполагает их временную согласованность.

Обеспечение необходимого лечебного эффекта БРТ зависит от синхронизации внешних электрических сигналов с собственными частотами или оптимального навязывания системе внешнего ритма при подобранных действующих параметрах. Нельзя не согласиться с мнением А.С. Пресмана о том, что «...в организме существуют многообразные взаимосвязи такого (электромагнитного – авторы) рода (наряду, конечно, с уже известными многообразными нейро-гуморальными связями), дифференцированными по специфическим «рабочим» частотам, интервалам интенсивностей и методу кодирования» [21, с.220]. Поиски таких селективных резонансных «рабочих» частот и апробация в клинических условиях позволит значительно расширить терапевтические возможности как эндогенной, так и экзогенной БРТ, повышая лечебную эффективность этого метода.

### СТОХАСТИЧЕСКИЙ РЕЗОНАНС КАК ОБЩИЙ МЕХАНИЗМ ДЛЯ ЭНДОГЕННОЙ И ЭКЗОГЕННОЙ БРТ

В механизме действия как эндогенной, так и экзогенной БРТ важная роль принадлежит стохастическому резонансу. Применительно к эндогенной БРТ само явление стохастического резонанса, которое заключается в преодолении порога и реализации ответной реакции в процессе усиления величины воздействующего (терапевтического) сигнала в результате поступления энергии из широкополосного собственного биологического объекта или внешнего шума, рассматривалось ранее [1]. При

экзогенной БРТ, когда используются внешние переменные магнитные поля с определенными фиксированными частотами, ведущую роль также играет стохастический резонанс. В основе этого механизма лежит синхронная модуляция потенциала управляемых каналов клеточной мембраны внешними переменными магнитными полями, что трансформируется в модуляцию ионных транспортных потоков через мембрану [22, 23]. Существование большого числа ионных каналов в мембране клетки позволяет рассматривать их с позиций механизма пространственной суммации внешних сигналов как элементарные приемники. В результате происходит резонансное усиление исходного сигнала, которое может достигать десятков и сотен раз и приводить к повышению отношения сигнал/шум. Таким образом, стохастический резонанс является в настоящее время одной из наиболее приемлемых теоретических концепций, объясняющих механизмы лечебного действия и эндогенной, и экзогенной БРТ.

### ВЫВОДЫ

Рассмотрены механизмы лечебного действия эндогенной и экзогенной БРТ с позиций теории управления в сложных системах. Показано, что в основе терапевтического действия БРТ лежит контактное или бесконтактное (дистантное) воздействие на систему регуляции в организме человека, в основе которой лежат собственные электромагнитные поля. Обсуждается концепция существования в организме человека двух управляющих систем на основе электромагнитных взаимодействий – медленной и быстродействующей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Готовский М.Ю., Перов Ю.Ф., Чернецова Л.С. Биорезонансная терапия. – М.: ИМЕДИС, 2013.
2. Готовский М.Ю. Системный анализ дозиметрии при магнитотерапии как проблемы управления // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т.12, № 3. – С.653–656.
3. Malmivuo J., Plonsey R. Bioelectromagnetism. Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields. – New York: Oxford, Oxford University Press, 1995.
4. Москвин С.В., Новиков А.С., Плаксин С.В., Субботина Т.И., Хадарцев А.А., Яшин А.А. Биофизические исследования собственных электромагнитных полей биообъектов. – Москва, Тверь, Тула: Изд-во «Триада», 2007.
5. Жуковский В.Д. Автоматизированная обработка данных клинических функциональных исследований. – М.: Медицина, 1981.
6. Pohl H.A. Natural alternating fields associated with living cells // Int. J. Quantum Chem. Suppl.: Proceed-

ings of the International Symposium on Quantum Biology and Quantum Pharmacology. – 1983. – Suppl.11. – P.367–368.

7. Kučera O., Cifra M., Pokorný J. Technical aspects of measurement of cellular electromagnetic activity // Eur. Biophys. J. – 2010. – Vol.39, N.10. – P.1465–1470.
8. Buzsaki G., Horvath Z., Urioste R., Hetke J., Wise K. High-frequency network oscillation in the hippocampus // Science. – 1992. – Vol.256, N.5059. – P.1025–1027.
9. Collins D.R., Pelletier J.G., Pare D., 2001. Slow and fast (gamma) neuronal oscillations in the perirhinal cortex and lateral amygdale // J. Neurophysiol. – 2001. – Vol.85, N.4. – P.1661–1672.
10. 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. – Vol.28, N.1. – P.71–79.
11. Francis J.T., Gluckman B.J., Schiff S.J. Sensitivity of neurons to weak electric fields // J. Neurosci. – 2003. – Vol.23, N.19. – P.7255–7261.
12. McCaig C.D., Rajnicek A.M., Song B., Zhao M. Controlling cell behavior electrically: current views and future potential // Physiol. Rev. – 2005. – Vol.85, N.3. – P.943–978.
13. Levin M., Stevenson C.G. Regulation of cell behavior and tissue patterning by bioelectrical signals: challenges and opportunities for biomedical engineering // Annu. Rev. Biomed. Eng. – 2012. – Vol.14. – P.295–323.
14. Вильямсон С.Дж., Кауфман Л., Бреннер Д. Биомagnetизм // Слабая сверхпроводимость. Квантовые интерферометры и их применение / Под ред. Б.Б. Шварца, С. Фонера. – М.: Мир, 1980. – С.197–242.
15. Sternickel K., Braginski A.I. Biomagnetism using SQUIDS: status and perspectives // Supercond. Sci. Technol. – 2006. – Vol.19, N.3. – S160–S171.
16. Кнеппо П., Титомир Л.И. Биомagnetитные измерения. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
17. Magnetism in Medicine: A Handbook. W. Andrä, H. Nowak eds. 2nd edition. – WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2007.
18. Becker R.O., Bachman C.H., Friedman H. The direct current control system: a link between the environment and the organism // N.Y. State J. Med. – 1962. – Vol.62, N.8. – P.1169–1176.
19. Friedman H., Becker R.O., Bachman C.H. Direct current potentials in hypnoanalgesia // Arch. Gen. Psychiat. 1962. – Vol.7, N.3. – P.193–197.
20. Аладжалова Н.А. Медленные электрические процессы в головном мозге. – М.: Изд-во АН СССР, 1962.
21. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука, 1968.
22. Teng H.-C. A puzzle of the effect of magnetic field on biological cells // Life Science J. – 2005. – Vol.2, N.1. – P.16–21.
23. Teng H.-C. The molecular biological application of the theory of stochastic resonance: the cellular response to the ELF AC magnetic Field // Nature and Science. – 2005. – Vol.3, N.1. – P.37–41.

### Адрес автора

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