

НИЗКОИНТЕНСИВНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В КАРДИОХИРУРГИИ

Л.А. Бокерия, О.Л. Бокерия, Н.Т. Салия, В.Х. Мохамед Али
НЦССХ им. А.Н. Бакулева (г. Москва)

Low level electromagnetic fields in cardiosurgery

L.A. Bokeria, O.L. Bokeria, N.T. Salia, V.H. Mohamed Ali
SCCVS by A.N. Bakulev (Moscow, Russia)

РЕЗЮМЕ

Данная статья посвящена обзору литературы по изучению влияния низкоинтенсивных электромагнитных полей на биологические объекты. Эффекты, получаемые при применении низкоинтенсивных электромагнитных полей дадут возможность скорректировать биохимические показатели крови и биологических сред, ускорить процессы регенерации миокарда и сосудов, снизить фармакологическую нагрузку на организм пациента. Рассмотрены возможные механизмы действия, а также способы применения биорезонансных технологий в кардиохирургии.

Ключевые слова: низкоинтенсивные электромагнитные поля, регенерация, ишемия миокарда, биорезонанс.

RESUME

In this article we review the influence of low level electromagnetic fields to biological objects. The received effects give us the opportunity to correct biochemical indexes of blood and biological fluids, to make the regeneration of myocardium and vessels faster, to make the pharmacological strain less. We reviewed such aspects as mechanisms of action and the way of administration bioresonance technology in cardio surgery practice.

Keywords: low level electromagnetic fields, regeneration, myocardial ischemia, bioresonance.

В ходе лечения пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями клиницист сталкивается с проблемами послеоперационного восстановления, которые включают в себя как процессы ранозаживления, так и нормализацию эндотелиальной функции и ауторегуляции организма.

С развитием технологий совершенствуются методы лечения пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Достижение хороших результатов основывается на понимании основополагающих процессов, происходящих в организме человека. В изучении этих процессов, исследователи давно уже перешли от изучения взаимодействия органов и систем к изучению процессов, происходящих на клеточном, а порой и молекулярном уровне. В живых тканях мы находим переменные поля, а также сочетания электрических и электромагнитных полей, которые чаще всего находятся в диапазоне низкочастотных электромагнитных полей [1–4]. Данные поля формируются как за счет движения ионов через клеточную мембрану, так и в ходе биохимических процессов происходящих в самой клетке и в ее структурных единицах. При изучении частотных характерис-

тик эндогенных электромагнитных полей при помощи осциллоскопа кажется, что фиксируется электромагнитный шум, однако при более детальном изучении частотных характеристик выясняется, что данные колебания отличны от электромагнитных шумовых помех и представляют собой сумму различных волн, каждая из которых имеет уникальную частоту [5].

Таким образом, ионные токи – не просто физиологические сигналы стандартного метаболизма или классический мембранный потенциал, но специфичный и полезный сигнал ключевых процессов, начинающихся с развития эмбриона и заканчивающихся ранозаживлением у взрослых [1, 2].

Изучение энергетических процессов, имеющих место в клетках, создало предпосылки для создания большого количества методик воздействия на энергетический потенциал клетки для достижения терапевтического эффекта.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИНЦИПЫ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Изучению взаимодействия низкоинтенсивных электромагнитных полей (ЭМП) и био-

логических объектов уделяется значительное внимание. Описывая низкоинтенсивные электромагнитные поля можно сказать, что они не имеют достаточно энергии для разрушения молекулярных связей: например, они напрямую не разрушают ДНК. К тому же они неинвазивны, не являются ионизирующим излучением и даже не оказывают разогревающего эффекта на ткани и клетки [6]. Таким образом, эффект низкоинтенсивных электромагнитных полей связан не с передачей энергии поля, а с передачей информации.

Механизм действия низкоинтенсивных электромагнитных полей до конца еще не изучен. На данный момент считается, что эффект электромагнитных полей на клетку заключается в их воздействии на ионную динамику (Ca^{2+} и H^+ и связанные с ними ионные помпы, а также сенсоры напряжения) и их воздействие на малые сигнальные молекулы [7, 8]. Важно понимать, что низкоинтенсивные ЭМП индуцируют физиологические эффекты в конкретных параметрических окнах, к примеру, 8–60 Гц и низких амплитудах [9]. Если рассматривать размер клетки, то толщина клеточной мембраны (10 nm) с разницей 0,1 V соотносится с силой поля $10^6\text{--}10^7$ В/м. Клеточная мембрана, таким образом, является естественным фильтром внешних электромагнитных полей, ЭМП выходящие за пределы биологического окна должны обладать высокой напряженностью, чтобы оказать прямое действие на внутренние компоненты клетки, однако напряженность, достаточная для пенетрации клетки, вызовет ее разрушение [1].

Резонанс и когеренция являются фактором, индуцирующим сильные эффекты при низком пороге. Осторожные подсчеты показывают, что 1 мВ индуцированный мембранный потенциал может быть обнаружен через 10 мс при согласовании менее чем 108 ионных каналов. Таким образом, электромагнитное поле высокой интенсивности не требуется. Согласно Persinger, даже слабое электромагнитное поле эффективно при нацеленном резонансе [10, 11].

Однако воздействие низкоинтенсивных полей не заканчивается воздействием лишь на ионную динамику, данные поля, обладая высокой проникающей способностью, взаимодействуют также и с генетическим материалом. Отмечено влияние низкоинтенсивных электромагнитных полей на экспрессию генов, а следовательно и на стимуляцию синтеза различных биологических соединений и клеточ-

ную пролиферацию [12, 13]. При необходимости можно получить и обратный эффект – угнетение синтеза определенных веществ, снижение пролиферации [14, 15]. По мнению некоторых авторов, синтез ДНК стимулируется путем взаимодействия низкоинтенсивных, низкочастотных электромагнитных полей и электронов в структуре ДНК, что приводит к сепарации пар оснований, инициируя тем самым синтез новых двойных спиралей [12]. Сочетание клеточных технологий и терапии низкоинтенсивными, низкочастотными электромагнитными полями позволило добиться управляемой дифференциации стволовых клеток [7].

ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ЭМП В КАРДИОХИРУРГИЮ

Эффекты, вызываемые низкоинтенсивными электромагнитными полями, в частности биорезонансной терапией (БРТ), нашли применение в различных областях медицины. Воздействуя на биологические объекты, удалось добиться ускорения процессов ранозаживления [1, 7, 16–23]. Это особенно важно у больных с патологией сердечно-сосудистой системы, подвергшихся хирургическому лечению. У данной группы пациентов на фоне приема лекарственных препаратов, как, например, мочегонных и ингибиторов Са-каналов, может наблюдаться замедление процессов регенерации [1].

Воздействие низкоинтенсивных электромагнитных полей (БРТ) на миокард, подвергшийся ишемии, способствовало сохранению жизнеспособности тканей сердечной мышцы [22–24].

По результатам наших экспериментальных исследований было выявлено, что воздействие низкоинтенсивного, низкочастотного электромагнитного поля с заданными характеристиками (БРТ) способно стимулировать регенерацию поврежденных вследствие острой ишемии участков миокарда. При этом также отмечается отличная от контрольной группы динамика уровня кардиомаркеров в крови. Динамика данных маркеров была неодинакова в разных опытных группах, однако преимущественно отмечалось снижение уровня исследуемых ферментов по сравнению с контрольной группой [22–24].

Наши экспериментальные исследования дают право полагать, что используя БРТ, мы можем не только уменьшить зону инфаркта, но и сократить период восстановления поврежденной области миокарда [22].

Сочетание низкоинтенсивных электромагнитных полей и терапии стволовыми клетками также способно улучшить отдаленные результаты лечения у пациентов с ишемической болезнью сердца [7].

В экспериментах было показано, что воздействие низкоинтенсивных ЭМП определенных характеристик может увеличивать порог допустимой нагрузки у пациентов с ИБС при тред-мил тесте [25].

Производимый БРТ эффект на микрогемодинамику позволяет использовать этот инструмент для коррекции различных гемодинамических нарушений [26]. Более того, активный синтез NO в ответ на терапию ЭМП с заданными характеристиками может довольно широко использоваться при заболеваниях сердечно-сосудистой системы [26, 27].

ЭМП также положительно влияют на процессы ревазуляризации тканей. Так, в эксперименте было отмечено, что ЭМП вызывают образование тубулярных структур и пролиферацию эндотелиальных клеток *in vivo*, а при биохимическом анализе было обнаружено увеличение содержания фактора роста фибробластов В-2 (FGF-2), а также увеличение других факторов роста (ангиопоэтин-2, тромбопоэтин и эпидермальный фактор роста) [28].

Усиление ангиогенеза в месте травмы, ускоренное заживление переломов при применении низкоинтенсивных, низкочастотных ЭМП было также отмечено и в работах по остеогенезу [29].

Подбор нужной частоты позволяет управлять уровнем обмена веществ в организме, изменяя такие показатели как вес тела, уровень глюкозы в крови, уровень жирных кислот [30]. Выбор оптимальных амплитудно-частотных параметров позволил использовать низкочастотные электромагнитные поля для антибактериальной терапии и стимуляции иммунного ответа [31, 32].

Накопленный опыт и проведенные исследования по изучению низкоинтенсивных электромагнитных полей позволяют нам говорить о возможности внедрения подобной методики в кардиохирургическую практику. Хирургическое пособие с использованием аппарата искусственного кровообращения, обилие медикаментов, принимаемое пациентами с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Однако данный подход является вынужденной мерой. С применением низкоинтенсивных электромагнитных полей появится возможность коррекции фармакологической

нагрузки, запуск процессов регенерации и восстановления организма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных данных и результатов, проведенных нами экспериментальных исследований, дает право утверждать, что низкоинтенсивные электромагнитные поля найдут достойное место в кардиохирургической клинике.

Эффекты, получаемые при данном виде терапии, помогут скорректировать биохимические показатели крови и биологических сред, ускорить процессы регенерации миокарда и сосудов, снизить фармакологическую нагрузку на организм пациента. Использование терапии низкоинтенсивными электромагнитными полями в комплексе с другими технологиями, такими как клеточная инженерия, позволит получать более выраженный результат в терапии стволовыми клетками, процессах ревазуляризации миокарда. Эффекты, производимые низкоинтенсивными ЭМП на остеогенез, позволят более эффективно бороться с таким осложнением как нестабильность грудины у пациентов после стернотомии.

Дальнейшие исследования в этом направлении позволяют более полно изучить механизм действия ЭМП на организм человека при различных патологических состояниях и дадут возможность более широкого внедрения применения ЭМП в кардиохирургическую практику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Funk R.H.W. et al. Electromagnetic effects – From cell biology to medicine / Progress in Histochemistry and Cytochemistry 43 (2009) 177–264.
2. Levin M. Large-scale biophysics: ion flows and regeneration. Trends Cell Biol 2007; 17:261–70.
3. Mc Caig C.D., Rajnicek A.M., Song B., Zhao M. Controlling cell behavior electrically: current views and future potential. Physiol Rev 2005; 85:943–78.
4. Gabi N. Waite, Stephane J. P. Egot-Lemaire, Walter X. Balcavage. A novel view of biologically active electromagnetic fields. Environmentalist (2011) 31:107–113.
5. Cuppen J.J.M. (2009a) Device and method for electromagnetic stimulation of a process within living organisms. WO/2009/ 013249.
6. Mónica Noemí Jiménez-García, Jaime Arellanes-Robledo, Diana Ivette Aparicio-Bautista, Miguel Ángel Rodríguez- Segura1, Saul Villa-Treviño and Juan José Godina-Nava Jimenez Garcia et al. BMC Cancer 2010, 10:159.
7. Gaetani R., Ledda M., Barile L., Chimenti I., De Carlo F., Forte E., Ionta V., Giuliani L., D'Emilia E., Frati G., Miraldi F., Pozzi D., Messina E., Grimaldi S., Giacomello A., Lisi A. Differentiation of human adult cardiac stem cells exposed to extremely low-frequency electromagnetic

fields. Cardiovascular Res. 2009 Jun 1; 82(3):411-20.

8. Grassi C., M. D'Ascenzo, A. Torsello, G. Martinotti, F. Wolf, A. Cittadini, G.B. Azzena Effect of 50 Hz electromagnetic fields on voltage-gated Ca²⁺ channels and their role in modulation of neuroendocrine cell proliferation and death. Cell calcium 35 (2004) 307-315.

9. Gartzke J., Lange K. Cellular target of weak magnetic fields: ionic conduction along actin filaments of microvilli. Am J Physiol Cell Physiol 2002;283:C1333-46.

10. Persinger MA. A potential multiple resonance mechanism by which weak magnetic fields affect molecules and medical problems: the example of melatonin and experimental «multiple sclerosis». Med Hypotheses 2006; 66:811-5.

11. Persinger M.A., Koren S.A. A theory of neurophysics and quantum neuroscience: implications for brain function and the limits of consciousness. Int. J Neurosci 2007; 117:157-75.

12. Blank M., R.Goodman A. Mechanism for Stimulation of Biosynthesis by Electromagnetic Fields: Charge Transfer in DNA and Base Pair Separation J. Cell. Physiol. 214: 20-26, 2008.

13. Chen J., Hong-Cheng He, Xia Q-J et al. (2010). Effects of pulsed electromagnetic Welds on the mRNA expression of RANK and CAII in ovariectomized rat osteoclast-like cell. Connect Tissue Res 51:1-7.

14. Hunt R.W., Zavalin A., Bhatnagar A., Chinnasamy S., Das KC. Electromagnetic biostimulation of living cultures for biotechnology, biofuel and bioenergy applications. Int J Mol Sci. 2009 Nov 20;10(10):4515-58. Erratum in: Int J Mol Sci. 2009 Nov;10(11):4719-22.

15. Gordon GA. Designed electromagnetic pulsed therapy: clinical applications. J Cell Physiol. 2007 Sep; 212(3):579-82.

16. Gurtner GC, Werner S, Barrandon Y, Longaker MT. Wound repair and regeneration. Nature. 2008; 453:314.

17. Patruno, P. Amerio, M. Pesce, G. Vianale, S. Di Luzio, A. Tulli, S. Franceschelli, A. Grilli, R. Muraro and M. Reale Extremely low frequency electromagnetic fields modulate expression of inducible nitric oxide synthase, endothelial nitric oxide synthase and cyclooxygenase-2 in the human keratinocyte cell line HaCat: potential therapeutic effects in wound healing British Journal of Dermatology 2010 162, pp258-266.

18. Del Monache, S.R. Alesandro, R. Lorio, G. Gualtieri and R. Colonna. Extremely low frequency electromagnetic fields (ELF-EMFs) induce in vitro angiogenesis process in human endothelial cells. Bioelectromagnetics 2008. 29: 640-648.

19. Min Zhao Electrical fields in wound healing - an overriding signals that directs cell migration Seminars in Cell & Developmental Biology 20 (2009) 674-682.

20. Aihua Guo, Bing Song, Brian Reid, Yu Gu, John V. Forrester, Colin A.B.Jahoda, and Min Zhao Effects of Physiological Electric Fields on Migration of Human Dermal Fibroblasts J Invest Dermatology, 2010 September ; 130(9): 2320-2327.

21. Messerli MA, Graham DM. Extracellular electrical fields direct wound healing and regeneration. Biol Bull. 2011 Aug; 221 (1):79-92. Review.

22. Бокерия О.Л., Салия Н.Т., Дзидзигури Д.В., Готовский М.Ю. Мохамед Али В.Х. Оценка эффективности биорезонансной терапии при заживлении послеоперационных ран в эксперименте // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, том 12, №2, 2011. – С. 60-67.

23. Салия Н.Т. Исследование динамики заживления кожных ран у крыс при воздействии низкоинтенсивными электромагнитными полями эндогенного происхождения в эксперименте // Ж-л Традиционная медицина, №2, 2012. – С. 12-17.

24. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Салия Н.Т., Дзидзигури Д.В., Готовский М.Ю., Мохамед Али В.Х., Бакурадзе Е.Д., Модебадзе И.Р. Влияние эндогенной биорезонансной терапии на изменение содержания в крови биомаркеров острого инфаркта миокарда в эксперименте // Ж-л НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. – Том 12. – №3, 2011. – С. 38-43.

25. Barzelai S. A.Dayan, Feinberg M.S., R. Holbova, S. Laniado, and M. Scheinowitz Electromagnetic Field at 15.95-16 Hz is Cardio Protective Following Acute Myocardial Infarction, Annals of Biomedical Engineering, Vol. 37, No. 10, October 2009 (2009) pp. 2093-2104.

26. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Салия Н.Т., Мохамед Али Х., Дзидзигури Д.В., Готовский М.Ю. Содержание оксида азота (NO) в крови и печени после биорезонансного воздействия // ВЕСТНИК НОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ. 2012, т. XIX, №1. – С. 8-19.

27. Morris C.E., Skalak T.C. Acute exposure to a moderate strength static magnetic field reduces edema formation in rats. Am J Physiol Heart Circ Physiol 2008; 294: H50-7.

28. Oren M. Toper, Matthew J. Callghan, Edward I. Chang, Robert D. Galiano, Kiri A. Bhatt, Samuel Baharestani, Jean Gan, Bruce Simon, Richard A. Hopper, Jamie P. Levine, Geoffrey C. Gurtner Electromagnetic fields increase in vitro and in vivo angiogenesis through endothelial release of FGF-2 FASEB J. 2004 Aug; 18(11):1231-3.

29. Купов С.С. Структурно-резонансная терапия в лечении переломов костей (клинико-экспериментальное исследование): дисс. канд. мед. наук: 14.00.27 / Купов Сергей Сергеевич. – Рязань, 2008. – 103 с.

30. Gerardi G., De Ninno A., Prosdociami M., Ferrari V., Barbaro F., Mazzariol S., Bernardini D., Talpo G. Effects of electromagnetic fields of low frequency and low intensity on rat metabolism. Biomagn Res Technol. 2008 Apr 1;6:3.

31. Zafer Akan, Burak Aksu, AysinTulunay, Serpil Bilsel, andAyse Inhan-Garip ExtremelyLow-FrequencyElectromagnetic Fields Affectthe Immune Response of Monocyte-Derived Macrophages to Pathogens Bioelectromagnetics 31:603-612, 2010.

32. Mengxiang Gao, Jialan Zhang and Hao Feng Extremely Low Frequency Magnetic Field Effectson Metabolite of Aspergillus Niger Bioelectromagnetics 32:73-78, 2011.

Адрес автора

К.м.н. Салия Н.Т.

Старший научный сотрудник отд. ОХЛИП НЦССХ им. А.Н. Бакулева
natsalia@mail.ru