

Р.А. Чиженкова

Институт биофизики клетки РАН, Россия, Московская область, г. Пущино

БИОПОТЕНЦИАЛЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Аннотация. Рассмотрены результаты разносторонних исследований перестроек биопотенциалов головного мозга, возникающих под влиянием постоянного магнитного поля (ПМП). На кроликах установлено, что одномоментное воздействие ПМП интенсивностью 460 э вызывает изменение ЭЭГ в виде повышения его амплитуды и увеличения числа вспышек веретенообразной активности. Обнаружена роль способа включения и выключения электромагнита на развитие данных перестроек ЭЭГ. Включение электромагнита посредством реостата повышало вероятность и интенсивность перестроек ЭЭГ, что свидетельствует об участии э.д.с. индукции в развитии перестроек биопотенциалов непосредственно под влиянием ПМП. В связи с этим имела место сложная динамика развития электрической реакции на ПМП, включающая события во время и после воздействия. Надо признать, что перестройки биопотенциалов при действии ПМП затрагивали не только кору больших полушарий, но отражались и на состоянии других образований мозга. Тип этих изменений определялся исходными особенностями рисунка потенциалов. Можно предположить, что исследованная структура изменений биопотенциалов мозга под влиянием ПМП представляет функциональные перестройки в деятельности мозга, которые могут развиваться и при иных обстоятельствах. Действительно, близкие изменения биопотенциалов были получены у этих же животных под влиянием звукового раздражения (тон 200 Гц интенсивностью 0.012 дин/см²).

Ключевые слова: постоянное магнитное поле, биопотенциалы мозга.

Введение

Интерес к биологическому действию неионизирующей радиации существует у человечества не одно столетие и даже тысячелетие. Становление современной электромагнитной биологии связано с именами Л. Гальвани, Ф. Цана, М. Шиффа, М. Д'Арсонваля, Н. Теслы и других не менее известных физиков, биологов и медиков. Наиболее четко на высоком естественно-научном уровне проблема биологического действия неионизирующей радиации впервые была рассмотрена И.Я. Данилевским [9]. Несомненно, что изменения в организме, вызываемые неионизирующим излучением, в том числе и постоянным магнитным полем (ПМП), связаны с деятельностью нервной системы, которая принимает участие в организации как физиологических, так и патологических, перестроек [7]. Положение о значительной роли нервной системы в реакциях организма животных и человека на неионизирующую радиацию было разработано в основном советскими и потом российскими исследо-

вателями. Инициатором создания данного направления исследований был акад. М.Н. Ливанов [9]. В проведении этих исследований принимала участие автор данной статьи [9]. Затем указанные работы были продолжены [6, 9-19].

Цель настоящей статьи состоит в том, чтобы подвести некий итог разработки рассматриваемой проблемы на основе электрофизиологических исследований ее автора. Для этого были выбраны следующие моменты: 1. выявление ЭЭГ-реакций на ПМП; 2. анализ характеристик ЭЭГ-реакций на ПМП; 3. динамика перестроек ЭЭГ при воздействии ПМП; 4. определение изменений биопотенциалов подкорковых образований во время ЭЭГ-реакции на ПМП; 5. сравнение ЭЭГ-реакций на ПМП с изменениями ЭЭГ на иные, в частности звуковые, слабые раздражители. Имеют место и иные аспекты изучения нейрофизиологических эффектов ПМП. Но они будут представлены в другом месте.

Методика

Опыты проводили на 46 взрослых кроликах (самцах) породы шиншилла. Для записи ЭЭГ использовали игольчатые электроды, вколотые в кость над сенсомоторными и зрительными областями коры больших полушарий. ЭЭГ регистрировали монополярно. Помимо этого, 13 кроликам вживляли нихромовые электроды диаметров 100 мк с правой стороны в гиппокамп, специфические и неспецифические ядра таламуса, гипоталамус, субталамус и ретикулярную формацию среднего мозга. Индифферентный электрод размещали на носовой кости или на ухе животного.

Опыты начинали через 8-12 дней после операции, когда наблюдалась нормализация гистологической картины мозга. После окончания опытов места вживления электродов маркировали пропусканием тока высокой частоты и животных забивали для проведения морфологического контроля.

ПМП создавали электромагнитом с питанием постоянным током. Интенсивность поля составляла 460 э. Воздействию подвергалась голова животного. Для звукового раздражения применяли тон 200 Гц интенсивностью 0.012 дин/см². В контрольных исследованиях биопотенциалы мозга записывали при тех же условиях, но без генерации поля. При статистическом анализе применяли критерий знаков и использовали сравнение двух выборочных долей вариант.

Результаты исследований

Изменения ЭЭГ кроликов при действии ПМП затрагивали амплитудные и частотные характеристики потенциалов. Появление выраженных медленных волн сопровождалось одновременным увеличением амплитуды как относительно медленных волн, так и волн довольно высоких частот. Данный эффект продемонстрирован в таблице 1.

Примечания: статистически достоверные повышения амплитуды волн указанных частот отмечены стрелками.

Таблица 1 показывает выявленные случаи статистически достоверных изменений амплитуд волн определенных частот

после одноминутного воздействия ПМП интенсивностью 460 э. Заметно, что процесс захватывал состояние как довольно низких, так и весьма высоких частот и, следовательно, не был жестко связан с какими-либо частотными параметрами

Таблица 1. Изменение амплитуды волн различных частот ЭЭГ после одноминутного воздействия ПМП (24 кролика, 354 воздействия)

Частота ЭЭГ Гц	Увеличение амплитуды	Частота ЭЭГ Гц	Увеличение амплитуды
1,5	↑	11	↑
2		12	
2,5		13	
3	↑	14	
3,5		15	
4	↑	16	↑
5	↑	18	↑
6		20	↑
7		22	
8		24	
9	↑	27	↑
10		30	

В результате воздействия ПМП, помимо амплитудных перестроек ЭЭГ, происходило также изменение рисунка ЭЭГ относительно числа так называемых «веретен» (веретенообразных всплесков волновой активности). Данные перестройки ЭЭГ заключались в увеличении числа веретен. Такой эффект развивался не при каждом воздействии ПМП. Прочность реакции (% случаев изменений к общему числу воздействий) была 69.77% (247 случаев из 354 на 24 кроликах). В контрольных записях прочность похожих изменений на описанные реакции, составляла 20.41 % (55 из 270 «ложных» воздействий на 7 кроликах). Различия данных с облучением и в контроле статистически достоверны (p<0.01).

Наиболее выраженные реакции по разности в числе веретен до, во время и после воздействия ПМП наблюдались, если в фоновой записи биопотенциалов за 1 мин имело место 4-7 веретен. При меньшем или большем их числе эффект был либо неопределенным, либо слабо выраженным.

Для выяснения роли величины индукции, возникающей в моменты включения и выключения электромагнита, в перестройках биопотенциалов мозга была проведена серия опытов с включением и выключением электромагнита плавно через реостат (в течение 2 сек) и резко тумблером. Непосредственные измерения показали, что возникающая э.д.с. индукции при включении электромагнита тумблером была в 5 раз, а при выключении в 10 раз выше, чем при включении и выключении электромагнита через реостат. Результаты этих исследований продемонстрированы на рисунке 1.

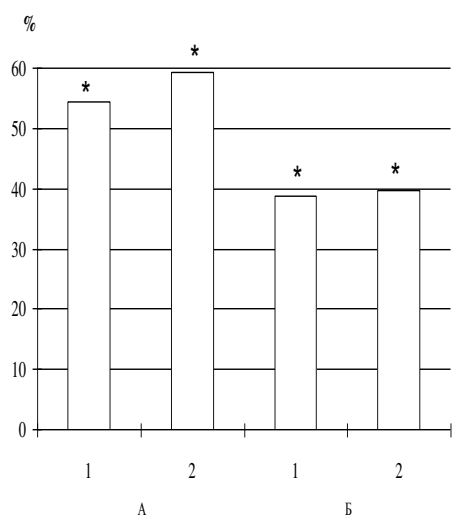


Рисунок 1 – Изменения в % числа веретен в опытах с включением и выключением одноминутного ПМП через реостат и тумблером (10 кроликов)

Примечание: А-включение и выключение посредством реостата (300 воздействий); Б-посредством тумблера (110 воздействий); 1-во время воздействия; 2-после воздействия. Звездочками отмечены статистически значимые отклонения от фона ($p < 0.05-0.001$).

Информация, отраженная на данном рисунке, дает четкое представление о том, что перестройки ЭЭГ более выражены при использовании реостата, и указывает на некоторые затруднения для возникновения ЭЭГ - реакции на ПМП при непосредственном включении и выключении электромагнита.

Обнаруженное влияние способов включения и выключения ЭМП на характеристики ЭЭГ - реакции предполагает

возможное наличие сложной динамики развития исследуемой реакции. Поэтому были проведены исследования характеристик ЭЭГ в течение 3 минут при одноминутном воздействии. Временные особенности перестроек биопотенциалов приведены на рисунке 2.

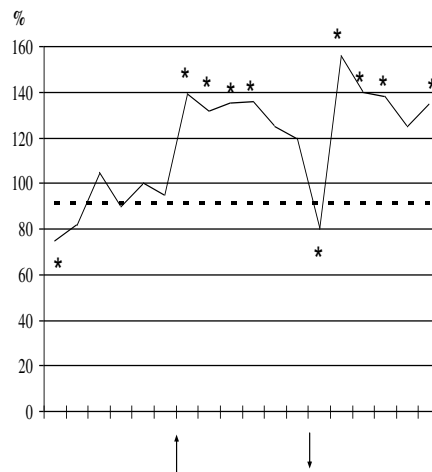


Рисунок 2 – Динамика числа веретен в ЭЭГ сенсомоторной коры при одноминутном воздействии ПМП (14 кроликов, 685 воздействий, включение и выключение тумблером). Пунктирная линия показывает среднее значение по фону (91.17%). Звездочками отмечены статистически достоверные отклонения ($p < 0.05$).

Рисунок 2 демонстрирует, что действительно развитие ЭЭГ - реакции на ПМП обладает сложной структурой. Динамика перестроек биопотенциалов включает в некоторой мере отдельные события во время и после воздействия ПМП.

Следующим моментом решения поставленной проблемы было рассмотрение вопроса о диффузности перестроек биопотенциалов мозга при воздействии ПМП и о степени распространения наблюдаемой ЭЭГ - реакции на иные образования мозга. В связи с этим были проведены опыты на 13 животных с записью биопотенциалов не только от коры больших полушарий, но и от ряда подкорковых структур мозга, результаты которых в суммарном виде представлены на рисунке 3.

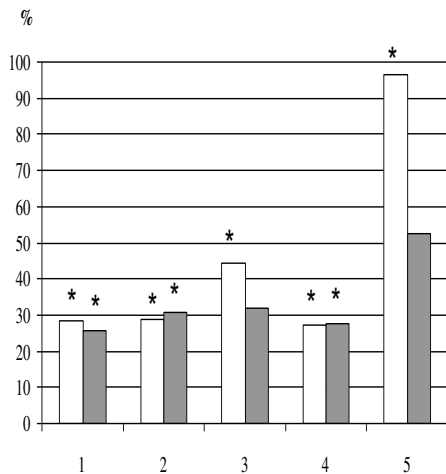


Рисунок 3 – Увеличение в % числа веретен в структурах мозга при одноминутном воздействии ПМП (13 кроликов, 320 воздействий)

Примечание: Столбцы светлые - данные во время воздействия. Столбцы темные - после воздействия. 1-сенсомоторная кора; 2-специфические ядра таламуса; 3-неспецифические ядра таламуса; 4-гипоталамус; 5-субталамус. Звездочками отмечены статистически достоверные отклонения ($p < 0.05$).

На основе информации, представленной на рисунке 3, складывается впечатление, что перестройки биопотенциалов при воздействии ПМП, затрагивают в мозге не только кору больших полушарий, но представляют глобальные изменения в электрической активности мозга. Тем не менее, у каждой структуры мозга присутствуют свои особенности реакции на ПМП, что сказывается на ее выраженности. Однако надо иметь в виду, что выявленные различия могут определяться исходными особенностями рисунка потенциалов. В частности, гиппокамп и ретикулярная формация среднего мозга, в которых реакция на ПМП на основе выбранных критериев практически не выявляется, вообще не склонны генерировать веретена не только при воздействии ПМП, но и без него.

Полученные данные о структуре изменений биопотенциалов мозга при действии ПМП позволяют предположить, что они являются следствием функциональных перестроек в деятельности мозга, которые,

что не исключено, могут развиваться и при иных обстоятельствах. Поэтому было целесообразно провести аналогичные исследования ЭЭГ при действии других, в частности звуковых, слабых раздражителей.

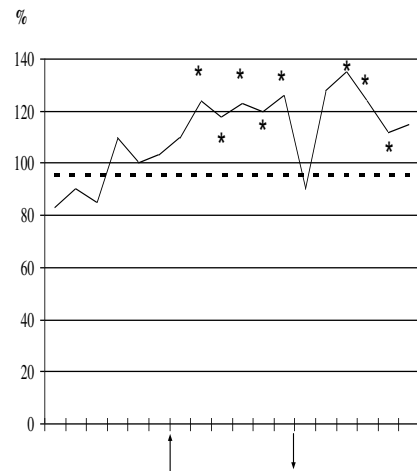


Рисунок 4 – Динамика числа веретен в ЭЭГ сенсомоторной коры при 1-мин. действии слабого звука (12 кроликов, 88 воздействий). Пунктирная линия показывает среднее значение по фону (95.17%). Звездочками отмечены статистически достоверные отклонения ($p < 0.05$).

Выявленные изменения ЭЭГ в большей мере напоминали перестройки биопотенциалов под влиянием ПМП. Они также затрагивали числа вспышек веретенообразной активности, и в них также выделялись события после окончания воздействия.

Обсуждение и заключение

Проведенные исследования установили, что воздействие ПМП несомненно вызывает перестройки биопотенциалов головного мозга, которые преимущественно заключаются в потенциации высокоамплитудных медленных волн и в увеличении числа вспышек веретенообразной активности. Подтверждение наших данных относительно веретенообразной активности были отмечены также и другими исследователями [5]. Причиной указанных реакций несомненно служат не те события, которые развиваются в моменты включения и выключения электромагнита, а непосредственное воздействие ПМП.

Более того, физические отклонения при включении и выключении электро-

магнита приводят к противоположным изменениям биопотенциалов мозга и могут нарушать уже состоявшуюся ЭЭГ - реакцию на ПМП, что следует из представленных здесь материалов.

Существуют определенные взаимодействия нейронов в мозге между собой, а также между частями одного нейрона, осущетвляемые с участием электромагнитных феноменов. В связи с этим воздействие ПМП может оказывать влияние на функционирование нейронных сетей [1, 3, 7, 12, 13, 20].

Особым компонентом постоянного фонового участия в жизнедеятельности всех биологических систем Земли, в том числе и человека, является огромная зона электромагнитных полей, создаваемая космическими факторами, а также процессами, протекающими непосредственно на нашей планете [2, 4].

Следует учесть еще аспект искусственно создаваемых источников магнитных полей, что включает загрязнение окружающей действительности (в частности в силу решения технических проблем), но в ряде случаев способен служить для восстановления здоровья

Не исключено, что те и другие события могут крайне негативно сказываться на всей биосфере и, разумеется, на состоянии находящихся там людей и животных.

Тем не менее, надо учесть, что за последнее время люди научились использовать данные физические факторы, наоборот, для оздоровительных целей [2, 4].

Результаты данной работы позволяют описать электрические характеристики перестроек биопотенциалов мозга при действии ПМП. Остается нерешенным вопрос о роли различных структур мозга в происхождении описанных феноменов, что представляет цель дальнейших наших исследований.

Литература

1. Белик Д.К. Магнитобиосфера. - Новосибирск: Агенство "Сибиринт", 2016. - 106 с.
2. Григорьев Г.Ю. Алгоритмы радиобиологии: атомная радиация, космос, звук, радиочастоты, мобильная связь; Очерки на-

- учного пути. - М.: Экономика, 2015. - 263 с.
3. Лукьянова С.Н. Электромагнитное поле СВЧ диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для центральной нервной системы. - М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназян, 2015. - 200 с.
4. Лушнов А.М., Лушнов М.С. Медицинские информационные системы: многомерный анализ медицинских и экологических данных. - С. Петербург: "Геликон-Плюс", 2013.- 460 с.
5. Меркулова Л.М., Холодов Ю.А. Реакция возбудимых тканей организма на импульсные магнитные поля. - Чебоксары: Изд-во Чувашского ун-та, 1996. - 176 с.
6. Чиженкова Р.А. Исследование роли специфических и неспецифических образований в электрических реакциях мозга кролика, вызываемых электромагнитными полями УВЧ и СВЧ и постоянным магнитным полем: Автореф. дис. канд. мед. наук. - М., 1966. - 22 с.
7. Чиженкова Р.А. Структурно-функциональная организация сенсомоторной коры (морфологический, электрофизиологический и нейромедиаторный аспекты). - М.: Наука, 1986. - 241 с.
8. Чиженкова Р.А. Электрические следовые процессы в нейронных популяциях сенсомоторной коры: Автореф. дис. док. мед. наук. - М., 1991. - 30 с.
9. Чиженкова Р.А. Динамика нейрофизиологических исследований действия неионизирующей радиации во второй половине XX-ого века. - М.: Изд. дом Академии Естествознания, 2012. - 88 с.
10. Чиженкова Р.А. Импульсные потоки популяций корковых нейронов при низкоинтенсивном импульсном СВЧ-облучении: межспайковые интервалы // Радиационная биология. Радиозэкология. - 2014. - Т. 54. - № 4. - С. 393-404;
11. Чиженкова Р.А. Перестройки пачечной активности корковых нейронов при СВЧ облучении (0.2-0.3 мВт/см²): зависимость от ее исходных характеристик // Международный ж. прикладных и фундаментальных исследований - 2016. - №7. - С. 59-62;
12. Чиженкова Р.А. Холинэстеразная активность структур мозга при СВЧ воздействии // Журнал проблем эволюции откры-

тых систем. 2017.- Т. 1. - № 19. - С. 129-133.

13. Чиженкова Р.А. Бутирилхолинэстеразная активность структур мозга при СВЧ воздействии // Журнал проблем эволюции открытых систем. 2018.- Т. 1. - № 20. - С. 84-90.

14. Chizhenkova, R.A. Slow potentials and spike unit activity of the cerebral cortex of rabbits exposed to microwaves // Bioelectromagnetics. - 1988. - V. 9. - No. 4. - P. - 337 - 345.

15. Chizhenkova R.A. Pulse activity of populations of cortical neurons under microwave exposures of different intensity // Bioelectrochemistry. - 2004. - V. 63. - No. 1/2. - P. 343-346.

16. Chizhenkova R.A. Impulse trains generated by populations of cortical neurons of rabbits exposed to low-intensity extrahigh-frequency electromagnetic radiation: bursting activity // Neurophysiology. - 2008. - V. 40. - No. 5/6. - P. 350-357.

17. Chizhenkova R.A. Flows of populations of cortical neurons under microwave irradiation; burst activity // Biophysics. - 2010. - V. 55. - No. 6. - P. 1085-1093.

18. Chizhenkova R, A. Bibliometrical analysis of sampling fractions of the number of published works with application of magnetic fields, carried out of neurophysiological objects of different kinds // European journal of natural History. - 2018. - No. 4. - P. 49-52.

19. Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A. Effect of low-intensity microwaves on the behaviour of cortical neurons // Bioelectrochemistry and Bioenergetics.- 1993. - V. 30. - No. 1.- P. 287-291.

20. Oloveira F., Diedrichsen J., Verstyne T., Dugue J., Ivry R. Transcranial magnetic stimulation of posterior parietal cortex affects decision of hand choice // PNAS. - 2010. - V. 107. - No. 41. - P. 17751 - 17756.

Принято в печать 16.01.2019

Р.А. Чиженкова

Институт биофизики клетки РАН, Россия, Московская область, г. Пущино

БИОПОТЕНЦИАЛЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Аннотация. Рассмотрены результаты разносторонних исследований перестроек биопотенциалов головного мозга, возникающих под влиянием постоянного магнитного поля (ПМП). На кроликах установлено, что одноминутное воздействие ПМП интенсивностью 460 э вызывает изменение ЭЭГ в виде повышения его амплитуды и увеличения числа вспышек веретенообразной активности. Обнаружена роль способа включения и выключения электромагнита на развитие данных перестроек ЭЭГ. Включение электромагнита посредством реостата повышало вероятность и интенсивность перестроек ЭЭГ, что свидетельствует об участии э.д.с. индукции в развитии перестроек биопотенциалов непосредственно под влиянием ПМП. В связи с этим имела место сложная динамика развития электрической реакции на ПМП, включающая события во время и после воздействия. Надо признать, что перестройки биопотенциалов при действии ПМП затрагивали не только кору больших полушарий, но отражались и на состоянии других образований мозга. Тип этих изменений определялся исходными особенностями рисунка потенциалов. Можно предположить, что исследованная структура изменений биопотенциалов мозга под влиянием ПМП представляет функциональные перестройки в деятельности мозга, которые могут развиваться и при иных обстоятельствах. Действительно, близкие изменения биопотенциалов были получены у этих же животных под влиянием звукового раздражения (тон 200 Гц интенсивностью 0.012 дин/см²).

Ключевые слова: постоянное магнитное поле, биопотенциалы мозга

R.A, Chizhenkova

*Institute of Cell Biophysics RAS. Russia, Pushchino;
Moscow region. Pushchino. 1422900 Distric "V", 22. Apt. 56*

BIOPOTENTIALS OF THE CEREBRAL BRAIN ON INFLUENCE OF CONSTANT MAGNETIC FIELD

Abstract. Results of many-sided investigations of rearrangements of biopotentials of the cerebral brain occurring under constant magnetic field (CMF) were considered. In rabbits was established, that 1-min action of CMF of intensity 460 e produces rearrangements EEG as rise of its amplitude and increase of the number of spire bursts In was found a role of method of switching on and off of electromagnet upon development of these rearrangements of EEG. Switching on of electromagnet through reostat raised probability and intensity of rearrangements of EEG, that shows participation of induction in development of rearrangements of biopotentials direct under influence of CMF. In connection with that, complex dynamics of development of electrical reaction on CMF, including events during and after influence, occur. It is necessary to recognize, that rearrangements of biopotentials under action of CMF touch not only the neocortex, but affect on condition of different formations of the brain. Type of these changes depends by starting special of pattern of potentials. It can suppose, that investigated structure of changes of biopotentials of the brain upon influence of CMF represents functional rearrangements in action of the brain, what can develop under another circumstances. Really, similar changes were found in these animals under influence of sound stimulation (tone 200 Hz, intensity 0.012 din/cm²).

Keywords: constant magnetic field, biopotentials of the brain

Р.А. Чиженкова

РФА Клетка биофизика институты, Ресей, Мәскеу облысы, Пушино қ.

ТҰРАҚТЫ МАГНИТ ӨРІСІНІҢ ӘСЕРІ КЕЗІНДЕГІ МИ БИОПОТЕНЦИАЛДАРЫ

Аннотация. Тұрақты магнит өрісінің (ТМӨ) әсерінен пайда болатын ми биопотенциалдарын қайта құруды жан-жақты зерттеу нәтижелері қарастырылды. Қояндарда 460 э қарқындылығы бар ТМӨ-ның бір минуттық әсері ЭЭГ-нің оның амплитудасының жоғарылауы және веретен тәріздес белсенділіктің жарқылдарының санының артуы түрінде өзгеруін туындатады. ЭЭГ қайта құру деректерін дамытуға электромагнитті қосу және сөндіру тәсілінің рөлі анықталды. Реостат арқылы электромагнитті қосу ЭЭГ қайта құру ықтималдығы мен қарқындылығын жоғарылатты, бұл э.к.к. индукцияның биопотенциалдарды қайта құруды тікелей ТМӨ ықпалымен дамытуға қатысуын куәландырады. Осыған байланысты әсер ету кезіндегі және одан кейінгі оқиғаларды қамтитын ТМӨ-да электр реакциясының күрделі даму динамикасы орын алды. ТМӨ әрекеті кезінде биопотенциалдарды қайта құру үлкен жарты шаршының қабығын ғана емес, мидың басқа да түзілімдерінің жай-күйін де қозғағанын мойындау керек. Бұл өзгерістердің түрі потенциал суретінің бастапқы ерекшеліктерімен анықталды. ТМӨ ықпалымен ми биопотенциалдарының өзгерістерінің зерттелген құрылымы басқа жағдайларда да дами алатын ми қызметіндегі функционалдық қайта құруларды білдіреді деп болжауға болады. Шынында да, биопотенциалдардың жақын өзгерістері сол жануарларда дыбыстық тітіркену әсерімен алынды (түс 200 Гц қарқындылығы 0.012 дин/см²).

Түйін сөздер: тұрақты магниттік өріс, ми биопотенциалы