

## Возможности использования инфранизкочастотного электромагнитного поля в лечении онкопатологии

Волобуев А.П., к.б.н., врач онколог поликлинического отделения №1 МУ ЦГБ №20, г. Екатеринбург; Усков Е.Д., аспирант, кафедра технической физики, УрФУ, г. Екатеринбург; руководитель группы стратегического планирования, ФГУЗ ЦМСЧ №31 ФМБА России, г. Новоуральск; Казанцева Н.В., врач патоморфолог отделения патоморфологии Свердловского областного онкологического диспансера, г. Екатеринбург

### The capabilities of an extremely low frequency electromagnetic field application in the oncopathology treatment

Volobuev A.P., Uskov E.D., Kazantseva N.V.

#### Резюме

Представлены результаты исследования неадекватного локального воздействия высокоинтенсивного инфранизкочастотного импульсного знакопеременного электромагнитного поля на спонтанные злокачественные новообразования молочных желёз беспородных собак. Используемые режимы достоверно обеспечили избирательное воздействие на опухоли с лечебным патоморфозом I – II степени без заметных структурных изменений в здоровых тканях.

**Ключевые слова:** инфранизкочастотное импульсное электромагнитное поле, злокачественные новообразования молочных желёз, лечебный патоморфоз

#### Summary

The findings of investigation of high-level extremely low frequency pulse alternate electromagnetic field inadequate local exposure on the spontaneous malignant tumors of the nonpedigreed dogs' mammary glands are presented. The applied conditions have provided selective exposure with malignant tumors medical pathomorphism of the 1-2 rates without appreciable structural changes in healthy tissues for certain.

**Key words:** extremely low frequency pulse electromagnetic field, malignant tumor of mammary gland, medicinal pathomorphism

#### Введение

Последние десятилетия имеет место интенсивное развитие магнитобиологии. Раскрываются теоретические, экспериментальные и клинические аспекты применения электромагнитных полей (ЭМП). Многочисленные исследования выявили изменения иммунологических и морфологических показателей у ряда групп биообъектов, вызываемых ЭМП [10].

Механизмы воздействия магнитного поля зависят от его частоты, интенсивности и ряда других параметров [3]. Действующие механизмы и наблюдаемые эффекты, обусловленные импульсными инфранизкочастотными электромагнитными полями (ИИ ЭМП), существенно отличаются от воздействий других ЭМП. ИИ ЭМП не вызывает термических эффектов, их электрическая составляющая не проникает внутрь клетки, в то же время биообъекты прозрачны для магнитных полей. В инфранизкочастотном диапазоне сосредоточены основные биоритмы системных и клеточных уровней биообъектов.

Первичным объектом воздействия ЭМП на биосистему является клетка, включая субклеточные компоненты. Функциональный отклик клетки на воздействие ЭМП проявляется в изменении её гомеостаза, интенсивности метаболических процессов и клеточного дыхания [6]. Воздействие классифицируют как адекватное, если оно усиливает процессы метаболизма и клеточной биоэнергетики, не адекватное – при их угнетении. Адекватные воздействия широко используются в физиотерапии [2]. Следует иметь ввиду фазный характер воздействия ЭМП, с возможным переходом от адекватного к неадекватному, при увеличении «дозы». Неадекватные условия многопараметричны, их последствия зависят от интенсивности, частотных характеристик ЭМП, режимов и экспозиции облучения. При соответствующих интенсивностях воздействия ЭМП возможно вызывать необратимые морфологические изменения тканей [5].

Известно, что клетки опухолевых тканей по ряду функциональных и морфологических признаков отличаются от здоровых [11]. Это обстоятельство стимулирует исследование возможности применения магнитных полей в онкологической практике [9]. Воздействие малыми интенсивностями ЭМП на опухоли приводит к стимуляции их роста [8], при этом значимых изменений в здоровых тканях не регистрируется. Принципиально значимо реализовать избирательное неадекватное влияние на состояние опухолевых клеток

---

Ответственный за ведение переписки -  
Сазонов Сергей Владимирович  
620036, Екатеринбург, ул. Соболева, 25, ГУЗ СО ИМКТ  
тел.: (343) 376 98 28  
E-mail: Prof-SSazonov@yandex.ru

при соответствующем выборе параметров и режимов воздействия ЭМП [4]. Проблема отклика организма на локальное неадекватное воздействие интенсивного ЭМП представляет как научный, так и практический интерес. Соответствующая информация может быть получена по данным клинико-лабораторных исследований биологических объектов.

Авторы данной работы при постановке исследований ставили своей целью изучить неадекватное действие локальных ИИ ЭМП на животных со спонтанными злокачественными новообразованиями молочных желёз. А так же разработать и реализовать способ избирательного воздействия, вызывающего подавление роста и необратимые морфологические изменения в интенсивно делящихся клетках на примере злокачественных новообразований.

Изготовленный магнитотерапевтический аппарат включает блоки: питания, формирования импульсов, управления и контроля, генератор ИИ ЭМП. Генератор магнитного поля выполнен в виде двух торообразных соленоидов. Катушки соленоидов расположены на верхнем и нижнем основаниях рабочей стойки, с возможным расположением между ними объекта воздействия. Управление режимами работы установки осуществлялось по специально разработанной программе через персональный компьютер. Основными регулируемыми параметрами импульсных воздействий являются: амплитуда индукции, длительность импульсов, полярность их следования, скважность, продолжительность воздействия.

## Материалы и методы

Материалом для проведения исследований были выбраны 40 беспородных собак со спонтанными злокачественными новообразованиями одной или двух молочных желёз, с поражением одной или нескольких групп лимфоузлов (диагноз – умеренно и высоко дифференцированная протоковая карцинома). Время развития новообразований (с момента обнаружения до начала лечения) составляло от 3 до 24 месяцев. Размеры новообразований к началу воздействия составляли от 2,5 до 7 см в диаметре. Возраст собак – от 6 до 13 лет. Вес животных – от 7 до 25 кг. В качестве контрольной группы было отобрано 10 животных, которым воздействие ИИ ЭМП не проводилось.

В ходе эксперимента у животных трижды исследовали общий анализ крови, биохимические показатели и иммунный статус (до, в середине и по окончании курса воздействия ИИ ЭМП). Забор анализов проводился через 30 мин. после сеанса.

До курса воздействия всем животным проводили пункционную биопсию новообразований с последующим гистологическим и морфометрическим исследованием. Раздельно подсчитывали клетки стромы, лимфоидные элементы и опухолевые клетки, находящиеся в стабильном состоянии, а также в состояниях митоза, дистрофических изменений и некроза [1].

Всем животным рабочей группы проводили облучение самого новообразования и прилегающих здоровых тканей ИИ ЭМП с использованием авторской установки. Сеансы проводили ежедневно, по (30-60) мин. от 20 до 40 дней. Использовались ИИ ЭМП амплитудой индукции не менее 20 мТл продолжительностью импульсов до 0,75 с и пауз до 0,5 с.

При облучении животное помещали между катушками на специальный стол. Ось катушек соответствовала центру облучаемого новообразования.

На 3-7 день после окончания курса воздействия ЭМП, животным осуществляли хирургическое удаление пораженных молочных желёз. Полученный операционный материал подвергали гистологическому и морфометрическому исследованию. Исследования проводили на разных участках опухоли. Следует отметить, что, учитывая размеры новообразований и характер распределения ЭМП в пространстве, все они подвергались воздействию с различными амплитудами индукции на разных участках, что позволило использовать одно и то же новообразование при разных режимах воздействия. Эффективность воздействия ЭМП на новообразование определяли сравнением результатов гистологических и морфометрических исследований облучённых и не облучённых участков опухолевых тканей, а так же результатов воздействия на здоровые ткани.

## Результаты и обсуждение

У всех животных, подвергнутых воздействию, не зависимо от характера новообразования, отмечены следующие внешние изменения: увеличение их размера за счёт отёка к окончанию курса воздействия с (2,5-7) см. до (3,5-8,5) см. в диаметре; в 15 % случаев наблюдали поверхностное изъязвление новообразований с участками некроза к окончанию курса воздействия; площадь изъязвлений составляла ~ (0,5-1,5) см<sup>2</sup>; при пальпации опухоли после курса воздействия становились более мягкими и подвижными. В новообразованиях, находящихся вне зоны воздействия ЭМП, эти изменения не наблюдались.

В гистологических препаратах спонтанных злокачественных новообразований молочных желёз, не подвергнутых воздействию ЭМП, среди стромы определяли железистые и железисто-крибровые структуры из полиморфных атипичных клеток с гиперхромными ядрами, единичные участки дистрофий и фокусы некрозов. Имело место преобладание эпителиального опухолевого компонента над стромой.

При сравнительном морфологическом исследовании гистологических препаратов злокачественных новообразований молочных желёз после курса воздействия ЭМП с амплитудой индукции (20-35) мТл и экспозицией (30мин.×20сеансов) – всего 20 животных, отмечали следующие особенности: появились дистрофические изменения эпителиальных клеток в виде очагово-диффузного карнопикноза и карниорексиса, вакуолизация цитоплазмы до ~ (25-50) %; увеличилась площадь некрозов до ~ (10±20) %; изменилось соотношение стромы – эпителиальный опухолевый компонент в сторону стромы; выявлена умеренная очаговая лимфоидная инфильтрация стромы в виде скоплений реактивных лимфоцитов; появление участков гиалиноза и фиброза; наличие гемосидероза в строме.

В гистологических препаратах тех новообразований, которые были подвергнуты курсу воздействия ЭМП с большей амплитудой индукции: (35-50) мТл и экспозицией (60мин.×40сеансов) – всего 20 животных, все перечисленные изменения оказались более выражены. Лечебный патомор-

Таблица 1. Характеристика структурных компонентов спонтанных злокачественных новообразований молочных желёз до и после курса воздействия ИИП ЭМП с амплитудой индукции (20, 50) мТл.

Структурные компоненты и их состояние	Без воздействия (в %)	После курса воздействия с индукцией МП (20, 35) мТл (30 мин × 20 сеанс.) (в %)	После курс воздействия с индукцией МП (35, 50) мТл (60 мин × 40 сеанс.) (в %)
Клетки опухоли	27,90±2,08*	22,64±2,47	13,27±3,19*
Митозы	0,59±0,12*	0,41±0,13	0,20±0,18*
Клетки дистрофически изменённые	2,71±0,67	2,97±1,07	2,95±1,82
Некрозы	0,80±0,35*	1,21±0,41	1,80±1,91*
Лимфоидные элементы	1,51±0,42	1,64±0,66	1,00±0,31
Строма	66,49±2,16*	71,13±2,25	81,01±8,79*

\*  $p < 0,05$

фоз соответствовал I-II степени - дистрофические изменения и некрозы нарастали, и составляли ~ (40-60) % и ~ (20-30) % - соответственно.

В то же время, при гистологическом исследовании тканей здоровых молочных желёз при всех используемых параметрах воздействия ЭМП дистрофические изменения составляли (1-3) %, некрозы обнаружены не были.

При морфометрическом исследовании гистологических препаратов после курса воздействия ЭМП с амплитудой индукции (35-50) мТл имело место увеличение дистрофических изменений в эпителиальном опухолевом компоненте, пролиферация стромы, увеличение числа некрозов; уменьшение числа опухолевых клеток, практически полное подавление митозов в спонтанных злокачественных новообразованиях молочных желёз. Эти изменения были менее выражены при воздействии ЭМП с амплитудой индукции (20-35) мТл. Результаты сравнения данных морфометрии представлены в табл. 1.

Морфометрические исследования подтверждают гистологические результаты.

При сравнительном анализе клинико-лабораторных исследований: общего анализа крови; общего анализа мочи; биохимических исследований крови, включающих показатели общего белка, билирубина, глюкозы, креатинина, мочевины, АСТ, АЛТ, холестерина, щелочной фосфатазы; показатель иммунного статуса, полученных до, в середине и по окон-

чанию курса воздействия - значимых изменений указанных показателей не получено.

## Заключение

В совокупности, полученные результаты исследований воздействий знакопеременного ИИ ЭМП, позволяют сделать следующие выводы:

- Используемые режимы локального воздействия достоверно приводят к лечебному патоморфозу I-II степени выраженности в спонтанных злокачественных новообразованиях у подопытных животных. Значимым фактором является избирательность воздействия на опухолевые ткани по сравнению с аналогичными здоровыми.

- Обнаружен эффект подавления митотической активности интенсивно делящихся клеток при используемых в настоящей работе параметрах ИИ ЭМП и режимах облучения.

- При увеличении экспозиции или интенсивности воздействия последовательно наблюдается увеличение дистрофически изменённых клеток, уменьшение митотической активности, за которой следует их переход в некротическое состояние и замена стромальным компонентом.

- В здоровых тканях под воздействием ЭМП с различными параметрами значимые изменения минимальны - (1-3) %.

Полученные результаты последствий воздействия ИИ ЭМП на злокачественные новообразования допускают возможную перспективность их использования в онкологической практике. ■

## Литература:

1. Автандилов Г.Г. Морфометрия в патологии. М.: Медицина; 1973.
2. Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия. М.: Медицина; 1999.
3. Волобуев А.П., Донвик И.М., Тралезников И.М.; Юшков П.И. Механизмы биологического действия электромагнитного излучения. Проблемы радиозоологии и пограничных дисциплин 2005; 6: 187-202.
4. Донвик И.М., Волобуев А.П., Усков Е.Д., авторы; Способ подавления функций и разрушения клеток злокачественных опухолей. Патент RU 2376043 С1 МПК А61N 2/04, 20.12.2009.
5. Каплан М.А., Няюткина Р.Г., Климанов М.Е., Мальгина А.И., Яковлева Н.Д., Дрожжина В.В. Перспективы применения высокоинтенсивных импульсных магнитных полей в лечении злокачественных новообразований. Российский онкологический журнал 1998; 5: 34-37.
6. Королев О.В. Общие закономерности ультраструктурных реакций при действии электромагнитных излучений. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры 1997; 5: 3-7.
7. Кузнецов А.Н. Биофизика низкочастотных электромагнитных воздействий. М.: МФТИ; 1994.
8. Муратов Е.И. Электрические и магнитные поля сверхвысокой частоты и их роль в развитии. Вопросы онкологии 1996; 42 (5): 13-21.
9. Рыбаков Ю.Л. Магнитные поля в экспериментальной и клинической онкологии. Медиажская физика 2002; 16 (4): 66-84.
10. Сердюк В.В. Магнитотерапия: прошлое, настоящее, будущее. Справочное пособие. Киев: Азимут-Украина; 2004.
11. Струков А.И., Серов В.В. Патологическая анатомия. М.: Медицина; 1995.