

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра биохимии

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОФИЗИКА

Методические указания к спецкурсу

Часть 1

“Биологические эффекты микроволнового излучения”

Издательство “Самарский университет”
1998

Методические указания предназначены для студентов, специализирующихся на кафедре биохимии. Представленная первая часть содержит описания лабораторных работ, позволяющих студентам самостоятельно познакомиться с некоторыми биологическими эффектами микроволнового излучения как на молекулярном уровне, так и на уровне целостного организма. Пособие включает теоретическое вступление, позволяющее лучше понять механизм действия изучаемого физического фактора на биологические объекты.

Составитель доктор биол. наук В.Г.Подковкин

Отв. редактор канд. биол. наук Ю.П.Фролов

© Подковкин В.Г.,
составление, 1998

ВСТУПЛЕНИЕ

Научный подход к исследованию биологического действия электромагнитных полей стал возможным с момента открытия явлений, связанных с электромагнитной энергией. Новые успехи в физике, сопровождающиеся описанием неизвестных до этого диапазонов электромагнитных волн, пробуждали и активность биологической мысли.

Распространение электромагнитных излучений (ЭМИ) чрезвычайно широко. Это и природные явления, и важный производственный фактор, и метод терапевтического воздействия при ряде заболеваний. Установлено, что излучения всех известных в настоящее время диапазонов электромагнитных волн всегда сопровождали жизнь на Земле, а основными составляющими “электричества свободной атмосферы” являются электрические поля и объемные заряды.

От Солнца исходит как электромагнитная, так и корпускулярная радиация, которая была бы смертоносна для живых существ, если бы часть ее не экранировалась атмосферой.

Солнце излучает не только видимый свет, но также ультрафиолетовые, инфракрасные, рентгеновские лучи и радиоволны, т. е. спектр ЭМИ с длинами волн от миллионных долей до десятков метров. Земная атмосфера надежно защищает от большей части солнечного излучения. По отношению к поступающей из Вселенной радиации атмосфера является как бы фильтром. Существуют лишь “окна”, пропускающие видимый свет, небольшую долю прилегающих к нему ультрафиолетовых и инфракрасных лучей и узкий участок радиоволн длиной от 3 мм до 30 м ($3 \cdot 10^{-4}$ - 10 МГц). Что касается интенсивности последнего, то она не превышает 10^{-9} Вт/м², однако подвергается сильным аperiodическим колебаниям и при вспышках на Солнце может возрасти в 100 000 раз. Солнечное излучение в диапазоне высоких частот может достигать интенсивности 10^{-2} - 10^{-3} Вт/см².

За счет излучения многочисленных радио- и телевизионных станций вокруг Земли создается своеобразный “радиофон”. Оценка интенсивности “радиофона” и ее изменений во времени достаточно сложна. Однако установлено, что в районах, близко расположенных к радио- и телевизионным станциям, интенсивность излучений может достигать десятых долей В/м.

Значительно более высокие интенсивности электромагнитных полей имеют место в производственных условиях. В последние годы микроволны находят все более широкое применение. Они используются в радиоастрономии, радионавигации, радиорелейных линиях связи, радио-

спектроскопии, ядерной физике, металлургии и т. д. Плотность потока мощности (ППМ) микроволн может достигать в условиях производства нескольких мВт/см².

Широкое использование получили ЭМИ как лечебный фактор. Давно используется статическое электричество, все более широкое применение находят в физиотерапевтической практике микроволны.

Особое внимание привлекают исследования биологического действия радиоволн, электромагнитных полей промышленной частоты. Интерес к этим вопросам связан с появлением мощных радарных установок, строительством высоковольтных линий электропередач, освоением космоса и ряда новых областей, характеризующихся экстремальными условиями (Арктика, Антарктика).

Влияние электромагнитных факторов внешней среды на живые организмы осуществляется благодаря энергетическим взаимодействиям. Биологическое влияние обусловлено поступлением и дальнейшим преобразованием электромагнитной энергии в другие формы, причем возникающий эффект зависит от величины действующей энергии. Однако исследования показали, что в ряде случаев наблюдается чувствительность живых организмов к факторам электромагнитной природы при величинах, значительно уступающих в размере теоретически возможным, если исходить из расчета поглощенной тканями энергии.

Новый теоретический подход к объяснению биологической активности электромагнитных полей намечается на основе теории информации. С этой точки зрения результат воздействия на организм зависит не только от величины энергии, но и от внесенной в систему информации, что приводит к перераспределению той энергии, которая имеется в организме в результате действия его собственных регулирующих механизмов. Это возможно в том случае, если биообъект в процессе эволюции выработал способность к взаимодействию с данным физическим фактором окружающей среды.

Механизм воздействия ЭМИ с веществом включает следующие процессы. С уменьшением частоты колебаний электромагнитная энергия испускаемых фотонов становится недостаточной для того, чтобы в нормальных условиях выбить орбитальные электроны с образованием ионных пар. Минимальные величины энергии фотона, способные вызвать ионизацию воды и атомарного кислорода, водорода, азота и углерода, находятся в диапазоне от 12 до 15 эв, поскольку эти атомы являются основными элементами живой ткани. 12 эв. могут рассматриваться как нижний предел для ионизации в биологических системах, так как величина энергии одного радиочастотного кванта составляет $0,024 - 4,0 \cdot 10^{-6}$ эв, уровень электронного возбуждения, необходимого для ионизации, не зависит от того, какое количество квантов поглощено.

Неионизирующие излучения, поглощенные молекулой, либо нарушают уровни электронной энергии ее атомов, либо изменяют враща-

тельные, вибрационные и переходные энергии молекулы. В биологических системах поглощенная электромагнитная энергия трансформируется в возрастающую кинетическую энергию поглощающих молекул, вызывая таким путем общий нагрев ткани. Такой нагрев является следствием и ионной проводимости и колебания дипольных молекул воды и белков.

Поглощение радиочастотной энергии зависит от электрических свойств поглощающей среды, в особенности от ее диэлектрической проницаемости и электропроводности. Эти свойства изменяются с изменением частоты приложенного электрического поля. Величины диэлектрической проницаемости, а также глубины проникновения определены для многих тканей. В тканях с большим содержанием воды, таких, как мышечная ткань, ткань мозга, внутренних органов и кожи, поглощение радиочастотной энергии высокое, а глубина проникновения низкая, в то время как в тканях с малым содержанием воды, таких как жировая и костная, поглощение невелико. Отражение электромагнитных волн на границах сред, разделяющих ткани с высоким и низким содержанием воды, может привести к возникновению стоячих волн, сопровождающихся "горячими точками". Последние могут достичь максимума независимо от диэлектрической проницаемости или проводимости.

Если учитывать биологическое действие радиочастотной энергии, то длина волны или частота излучения и их соотношение с физическими размерами объектов, подвергающихся радиации, становятся важными факторами. Поглощение энергии, излучаемой источником в пространстве, кроме того, зависит от относительного размера поперечного сечения облучаемых объектов. Таким образом, величина объектов относительно длины волны воздействующего поля очень важна.

ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

При изучении биологического действия радиоволн исключительно важное значение имеет соблюдение ряда методических и технических приемов и требований, вытекающих из особенностей взаимодействия электромагнитного поля и биологического объекта.

Многообразие применяемых методических приемов крайне затрудняет сопоставление и анализ результатов исследований, полученных разными авторами, и лишает возможности использования полученных ими данных при решении практических задач.

Изложенные рекомендации касаются технического обеспечения экспериментов, способов облучения, обоснования выбора объектов исследования, методов регистрации функций, а также некоторых закономерностей взаимодействия ЭМИ и биообъекта.

Биологическое действие радиоволн определяется в первую очередь их параметрами, а также анатомическими особенностями объекта.

Характер и выраженность биологической реакции на облучение в значительной степени определяется параметрами воздействующего ЭМИ. Основными из них являются.

1. Длина волны (частота колебаний). От нее зависят:

- глубина проникновения ЭМИ внутрь тканей организма;
- количество поглощенной и отраженной объектом энергии;
- дифракционные явления на поверхности тела;
- явления резонанса и другие процессы.

2. Интенсивность излучения измеряется:

- в диапазоне микроволн в Вт/см^2 (мкВт/см^2);
- в диапазоне радиоволн (длина волны более 1 м) в величинах напряженности электрического поля (В/м) и магнитного поля (А/м).

С интенсивностью облучения в первую очередь связана степень выраженности реакции биологического объекта на воздействие.

3. Экспозиция характеризует время, в течение которого объект находится в зоне действия электромагнитного поля. Экспозиция складывается из времени фактического облучения биообъекта и времени его пребывания в зоне действия поля без облучения.

В зависимости от режима облучения (непрерывного или прерывистого) экспозиция может совпадать с временем фактического облучения или значительно его превосходить.

Прерывистые воздействия подразделяются на периодические и аperiodические. В первом случае целесообразно учитывать продолжительность каждого воздействия и частоту их следования, во втором - суммарную продолжительность фактического воздействия ЭМИ в течение времени пребывания в зоне облучения.

Экспозицией определяется как выраженность реакции биологического объекта, так и возможность развития приспособительных и кумулятивных эффектов.

4. Плотность падающей (поглощенной) энергии выражается в $\text{мВт} \times \text{мин} / \text{см}^2$ и определяется как произведение интенсивности облучения на экспозицию. Значение этого параметра в развитии биологического эффекта может существенно изменяться в зависимости от интенсивности и экспозиции.

5. Поляризация: линейная или эллиптическая. В зависимости от ориентации тела относительно плоскости поляризации количество поглощенной энергии, а, следовательно, и биологический эффект могут значительно различаться.

6. Модуляция (амплитудная, частотная) может вызывать некоторые специфические реакции организма.

Техническое обеспечение исследований

Техническое обеспечение эксперимента имеет свои характерные особенности в зависимости от диапазона длин волн, используемых ЭМИ, способа осуществления воздействия, размеров объекта и других условий.

1. В опытах с воздействием ЭМИ микроволнового диапазона (длина волны от 1 м до 0,1 мм) биологический объект может подвергаться общему (тотальному), одностороннему (сбоку, со стороны спины, живота и т. д.) или локальному (местному) облучению.

Основным видом облучения является такое, при котором поверхность тела подвергается равномерному воздействию ЭМИ. Для выполнения этого требования в исследованиях на крупных животных и людях необходимо:

- все опыты проводить в свободном пространстве или в помещениях, оборудованных радиопоглощающими материалами и лишенных предметов, отражающих ЭМИ. В наибольшей степени этому требованию соответствуют безэховые камеры. Камера изготавливается из металла, так как металлы не пропускают (отражают) ЭМИ. Изнутри она покрыта радиопоглощающим веществом. Это необходимо для того, чтобы внутри не происходило многократное отражение ЭМИ, что может вызвать неравномерное облучение. По этой причине камера называется безэховой. В ней создается эффект облучения в свободном пространстве. Удовлетворительные условия облучения создаются в достаточно большом зале с покрытием его задней (противоположной излучателю) стены радиопоглощающим материалом:

- биологический объект следует размещать на таком удалении от излучателя, которое отвечает условию формирования плоской электромагнитной волны (то есть в дальней зоне, на расстоянии не менее 3 - 4 длин волн);

- инструментальным методом определить интенсивности воздействия и оценить степень равномерности распределения ЭМИ в пределах области пространства, занимаемого облучаемым объектом. Размер этой области определяется площадью проекции его тела на плоскость, перпендикулярную направлению распространения электромагнитной волны. Степень равномерности облучения контролируется путем измерения его интенсивности в 3-5 точках, соответствующих расположению головы, туловища, таза;

- не допускать наличия вблизи биологического объекта никаких металлических предметов (ошейников, деталей фиксирующих устройств, электродов, отводящих проводов и т. п.), искажающих структуру электромагнитного поля;

- соблюдать строго определенную поляризацию излучения, воздействующего на организм (во всех экспериментах она должна быть постоянной относительно продольной оси биообъекта);

- исходя из данных о пространственном распределении ЭМИ определить допустимый размер и количество одновременно экспонируемых объектов:

- крупные биообъекты (человек, собака) желательно экспонировать только по одному. При этом требуется выяснить структуру электромагнитного поля не только в месте расположения объекта, но и в экспериментальном помещении:

- максимальное количество одновременно облучаемых мелких экспериментальных животных (мыши, крысы, морские свинки) определяется степенью равномерности распределения ЭМИ в пределах области пространства, занимаемого всей группой животных.

Для снижения влияния взаимных отражений и искажений структуры поля рекомендуется медленно вращать блок фиксационных камер (клеток, пеналов) с биологическими объектами при облучении их сверху или снизу, а также периодически изменять места положения биообъектов в блоке при облучении сбоку.

2. При исследовании *in vitro* на микроорганизмах, биологически активных веществах и некоторых других объектах (молекулы, клетки, культуры тканей) облучение обычно осуществляется в раскрыве рупора или волноводе (резонаторе). В этих опытах требуется соблюдать следующие условия:

- строго контролировать количество падающей на объект, отраженной и проходящей энергии;

- обеспечить постоянство согласования генератора с волноводом (использовать для развязки аттенюаторы с достаточным ослаблением и волновода с нагрузкой), добиваясь одинаковой во времени отдачи мощности и постоянства коэффициента бегущей волны в тракте;

- учитывать вносимые биологическим объектом искажения в распределение электромагнитного поля - образование "горячих пятен" на

облучаемой поверхности. Для выявления “горячих пятен” можно использовать визуальные методы регистрации ЭМИ: термореактивную бумагу, жидкие кристаллы, люминофорные пленки и др.:

- применять кюветы, пробирки и др. сосуды, в которых производится облучение биологических сред, изготовленные из радиопрозрачных материалов (полистирол, плексиглас и т. п.);

- при перестройке частоты генератора учитывать изменение реакции нагрузки, возможность появления волн высших типов и образование за счет многократного отражения ЭМИ энергии пучностей при суперпозиции падающей и отраженной волн, приводящих к возникновению “горячих пятен”.

3. При проведении локальных облучений рекомендуется осуществлять воздействия через отверстия (диафрагмы) в экранах из радиопоглощающих материалов или с помощью специальных контактных облучателей. При этом необходимо: во-первых, определить и поддерживать постоянной интенсивность облучения; во-вторых, при выборе участка тела, подлежащего воздействию, выяснить характер распределения электромагнитной энергии на выходе облучателя или в отверстии экрана в пределах подлежащей облучению области. Для определения структуры электромагнитного поля следует использовать методы его визуализации.

4. В экспериментах с воздействием на биообъект напряженности переменного электрического или магнитного поля (с длиной волны более 1 м) необходимо:

- для создания более равномерной напряженности поля, воздействующего на биологический объект, и исключения влияния краевых эффектов на интенсивность и равномерность облучения применять конденсаторы или катушки индуктивности (соленоиды) достаточно большого размера;

- стабилизировать величину напряжения на пластинках конденсатора, в котором находится животное, или силу тока в соленоиде.

ЗАДАНИЕ

Изучение теплового эффекта микроволнового излучения

Реактивы

1. Изотонический раствор хлорида натрия.
2. Дистиллированная вода.
3. Гексан или гептан.

Оборудование

1. Источник микроволнового излучения - аппарат Луч-58 с экранирующей (беззховой) камерой.
2. Пластмассовый сосуд прямоугольной формы.
3. Термометр лабораторный.

Порядок работы на аппарате Луч-58

1. Установите ручку переключателя "компенсатор" в положение "1". При этом должна включиться левая зеленая лампа, а стрелка индикатора отклониться вправо. Ручку "компенсатор" поворачивайте вправо до тех пор, пока стрелка индикатора не установится на середине зеленого сектора шкалы.

2. Через 1 - 5 минут после включения аппарата в сеть включается желтая лампа, что свидетельствует о том, что истекло время, необходимое для разогрева катода магнетрона (предварительно ручку завода часов поверните по часовой стрелке на полный оборот до упора).

3. Переведите клавишу "контроль" в положение "мощность" и установите по процедурным часам время 3 - 5 минут.

4. Для включения высокого напряжения ручку переключателя "мощность" переведите в положение "1". При этом включается правая зеленая лампа, а стрелка индикатора отклоняется вправо.

5. По истечении установленного на часах времени высокое напряжение автоматически выключается, что сопровождается кратковременным звуковым сигналом. При этом выключится правая зеленая лампа.

6. Для повторного включения высокого напряжения ручку переключателя "мощность" поворотом против часовой стрелки поставьте в положение "0". Если ручка переключателя "мощность" при повторном включении не установлена на "0", то высокое напряжение на генератор подаваться не будет.

7. По окончании работы выключите аппарат, установив ручку переключателя "компенсатор" поворотом против часовой стрелки в положение "выкл".

При первом включении аппарата или после длительного перерыва в работе (более 2 месяцев) необходимо произвести тренировку магнетрона. Тренировка магнетрона производится включением переключателя "мощность" с выдержкой времени по 10 - 15 минут в каждом из 7 положений.

Во время работы аппарата необходимо следить, чтобы стрелка индикатора не заходила за красную черту. Если стрелка к ней приближается, поверните переключатель "компенсатор" против часовой стрелки.

Ход работы

1. Наполните сосуд изотоническим раствором.
2. Измерьте температуру раствора.
3. Поместите сосуд в экранирующую камеру на расстоянии 40 см от излучающей антенны.
4. Включите аппарат. Экспозиция 5 минут.
5. Измерьте температуру.
6. Вычислите мощность установки.
7. Повторите измерения при расстоянии от излучающей антенны 1 м: при минимальной мощности излучения.
8. Повторите измерения с дистиллированной водой и гексаном. Сделайте выводы.

Тема 2

ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ

Радиобиологические исследования могут проводиться на людях, различных животных, насекомых, растениях, а также на более простых организмах (бактерии, вирусы, простейшие, грибы и т. д.). В качестве биологических объектов могут также использоваться изолированные органы и ткани, биологически активные вещества (ферменты, гормоны и т. д.), модели биологических структур.

Выбор объекта определяется задачами исследования. Они могут быть связаны:

- с изучением механизма действия радиоизлучений на организм;
- с обоснованием предельно допустимых уровней облучения радиоволнами;
- с изучением возможностей использования радиоизлучений в медицине и биологии.

В экспериментах, проводимых с целью изучения механизма действия ЭМИ, в качестве объекта исследования могут быть использованы как высшие организмы, так и простейшие, микроорганизмы, ферментные

препараты и другие биологические объекты. При этом применимы и самые разнообразные методики, соответствующие решению поставленных задач. Необходимо учитывать лишь общие методические принципы, определяемые особенностями взаимодействия биообъекта и радиоизлучений.

ЗАДАНИЕ

Изучение влияния ЭМИ на активность малатдегидрогеназы

Малатдегидрогеназа - фермент, восстанавливающий яблочную кислоту с образованием щавелевоуксусной, находится во всех тканях в виде двух клеточных форм: митохондриальной и цитоплазматической, различающихся по аминокислотному составу, отношению к ингибиторам, электрофоретической подвижности, иммунологическим и другим свойствам.

Определение активности фермента производится с использованием оптического теста Варбурга.

Реактивы

1. Фосфатный буфер рН 7,4 (80 мл 1/15 М двухзамещенного фосфата натрия и 20 мл 1/15 М однозамещенного фосфата калия).
2. Раствор НАД·Н в фосфатном буфере рН 7,4 (3,9 мг НАД·Н растворить в 28 мл фосфатного буфера).
3. Раствор щавелевоуксусной кислоты (3 мг этой кислоты растворяют в 2,5 мл дистиллированной воды в пробирке с притертой пробкой).
4. Суспензию фермента развести буферным раствором в 1000 раз.

Ход работы

В пробирку вносят 0,1 мл раствора фермента, 2,8 мл реактива (2), инкубируют 10 минут при комнатной температуре. Затем добавляют 0,1 мл реактива (3), тщательно перемешивают и быстро переносят в кювету спектрофотометра.

Оптическую плотность пробы измеряют на 1-й и 10-й минутах против контрольной пробы. В контрольную пробу вместо фермента добавляют воду.

Во время инкубации между 1-й и 10-й минутами одну из параллельных проб в кювете помещают в камеру для облучения ЭМИ. Экспозиция 5 минут. Расстояние от излучающей антенны 5 см.

После завершения измерений сравните полученные результаты и сделайте выводы.

ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЖИВОТНОГО

В развитии ответной реакции на воздействие ЭМИ, наряду с физическими параметрами излучения, существенное значение имеют также анатомо-топографические и функциональные характеристики биологического объекта. Основными из них являются следующие.

1. Геометрические размеры объекта. Значение этого показателя существенно меняется в зависимости от длины волны. Наибольшее значение он имеет в случае воздействия на биообъект ЭМИ микроволнового диапазона. С геометрическими размерами объекта связана степень облучаемости структур.

2. Удаленность жизненно важных органов от облучаемой поверхности тела. При одинаковых параметрах воздействия облучаемость органов у крупных и мелких животных различна.

3. Степень васкуляризации облучаемых органов. Она влияет на сохранение теплового баланса и различные виды обмена.

4. Уровень организации биообъекта определяет видовую резистентность к воздействию ЭМИ и компенсаторно-приспособительные возможности организма.

5. Функциональное состояние объекта. В зависимости от функционального состояния выраженность реакции на радиооблучение может варьировать в широких пределах.

При постановке эксперимента по исследованию биологического эффекта ЭМИ необходимо учитывать следующие закономерности.

1. От поверхности тела человека и животных отражается заметная доля энергии микроволн: 70 - 80% - в метровом диапазоне, 55 - 60% - в дециметровом, 40 - 55% - в миллиметровом и сантиметровом.

2. Микроволны поглощаются в тканях в силу потерь энергии за счет полной проводимости и релаксационных колебаний дипольных молекул воды. Оба эти процесса и обуславливают преобразование энергии микроволн в тепловую.

3. По мере укорочения длины волны все более значительная доля поглощаемой в тканях энергии ЭМИ обуславливается дипольными потерями: в 10-сантиметровом диапазоне эта доля составляет 50%, а в 3-сантиметровом уже 98%.

4. Глубина проникновения ЭМИ в ткани с высоким содержанием воды (кровь, кожа, мышцы, мозг) составляет: в метровом диапазоне - 2 - 4 см, в дециметровом - 1 - 2 см, в миллиметровом и сантиметровом - от сотых долей миллиметра до 6 - 8 мм; в жировые ткани и кости соответственно 12 - 20, 3 - 8 и 0,1 - 1 см.

При обосновании предельно допустимых уровней облучения и проведении других исследований, связанных с необходимостью переноса экспериментальных данных на человека, рекомендуется:

- в качестве объекта использовать крупных животных, размеры тела которых и глубина залегания органов близки к таковым у человека; из доступных экспериментальных животных в этих опытах целесообразно использовать крупных собак или свиней;

- опыты проводить не только на интактных, но и на функционально ослабленных животных с целью уточнения пороговых уровней поражения.

Методика облучения

Все экспериментальные животные должны подвергаться длительному мнимому облучению (имитации воздействия) с воспроизведением всех этапов реального облучения, исключая влияние ЭМИ. Критерием подготовленности животных к опытам с воздействием ЭМИ является стойкая нормализация всех исследуемых функций.

Способ фиксации животного и положение его тела по отношению к излучателю должны быть определены заранее. При проведении длительных облучений необходимо предусмотреть возможность кратковременного отдыха животных: его продолжительность и периодичность устанавливается по стабильности исследуемых показателей у контрольных животных.

При исследовании действия микроволн животных целесообразно ориентировать по отношению к излучателю левой стороной тела (из-за расположения на этой стороне сердца и доминирующего полушария) или чередовать стороны облучения. В радиодиапазоне ($\lambda > 1$ м) продольную ось тела в целях унификации опытов рекомендуется направлять вдоль силовых линий поля (в конденсаторе или соленоиде).

При моделировании условий хронического облучения желательно учитывать общую продолжительность жизни экспериментального животного. В целях сопоставления полученных данных и возможности экстраполяции их на человека наряду с другими экспозициями рекомендуется систематическое облучение по 1 часу в день на протяжении 1/10 - 1/30 средней продолжительности жизни избранного вида животных.

Методы регистрации физиологических функций

При проведении радиобиологических исследований в целях предотвращения изменений электромагнитного поля, могущих исказить биологический эффект, а также обусловить возникновение артефактов при регистрации физиологических показателей, необходимо соблюдение

ряда методических требований. К их числу относятся, в первую очередь, следующие.

1. Вся регистрация физиологических функций с помощью электрофизиологических методов (ЭЭГ, ЭМГ, ЭКГ) и измерения температуры с помощью термопар, термисторов или термометров должны производиться только до или после облучения.

2. Для регистрации физиологических показателей в процессе облучения необходимо:

- исключить введение в организм или наложение на поверхность тела животного различных металлических датчиков (термопары, электроды и т.п.), а также фистульных трубок и других металлических включений;

- применять методы, не требующие контакта металлических датчиков с телом животного; в частности, можно применять датчики, основанные на преобразовании механических колебаний в электрические (например, пьезодатчики для исследования мышечного тонуса и т. п.) или дистанционные регистраторы (например, по инфракрасному излучению).

Рекомендации по методике оценки результатов радиобиологических исследований

При анализе результатов исследования биологического действия радиоволн наиболее важное значение имеет информативность наблюдаемых показателей. Эти показатели в зависимости от интенсивности и других параметров облучения могут характеризовать радиочувствительность или радиопоражаемость организма. Под радиочувствительностью понимается свойство организма реагировать на радиоволновое облучение. Понятие радиопоражения включает все виды изменений в организме, которые свидетельствуют о наличии в нем функциональных и структурных нарушений.

Оценку полученных данных рекомендуется производить:

1) с учетом дифференцирования выявленных изменений по принципу радиочувствительности - радиопоражаемости. Критериями для такого разграничения должны быть данные о характере функциональных сдвигов в процессе многократных облучений, об угнетении защитно-приспособительных механизмов и о нарушении функций органов и систем. Наиболее информативными показателями радиопоражений можно считать:

а) нарушение высшей нервной деятельности (экспериментальный невроз);

б) угнетение газообмена;

в) нарушение секреторной функции желудка (признаки гастрита);

г) стойкие нарушения функции сердечно-сосудистой системы (дистонии, изменения ЭКГ и др.);

д) длительно сохраняющееся угнетение функций и изменение состава форменных элементов крови;

е) выраженное снижение устойчивости организма к инфекции и другим факторам внешней среды (теплу, холоду, воздействиям электромагнитной природы и т. д.)

ж) стойкие нарушения обмена веществ;

з) длительные нарушения гормональной функции;

Безусловным показателем радиопоражаемости является возникновение выраженных структурных изменений в организме, в частности, в хрусталике глаза (катаракта), в семенниках, в слизистой оболочке желудка (язва) и т. д.

2. В связи с неодинаковой чувствительностью различных органов и систем к радиоволнам желательнее исследовать наиболее радиочувствительные органы и системы, а также применять методы искусственного повышения чувствительности организма; последнее может быть достигнуто путем резкого повышения нагрузки на механизмы компенсации действием других неблагоприятных факторов (рентгеновское излучение, токсины и т. д.).

3. При изучении сравнительной биологической эффективности радиоволн разных параметров использовать принцип “поиска равных биоэффектов”. Суть принципа состоит в изменении одного из параметров излучения (интенсивности или экспозиции), при котором бы возникал эффект, аналогичный ранее полученному.

4. Принцип “поиска равных биоэффектов” целесообразно использовать также для обоснования межвидовых коэффициентов переноса экспериментальных данных, в том числе коэффициентов переноса данных с животных на человека.

ЗАДАНИЕ

Изучить тепловой эффект при облучении интактного животного

Используя описанные выше методические рекомендации исследуйте проявление теплового эффекта микроволнового излучения при тотальном облучении крысы. Для этого необходимо выполнить следующие операции.

1. Измерьте ректальную температуру у крысы с помощью электротермометра ТПЭМ-1, используя малый датчик.

2. Поместите крысу в фиксирующую клетку левым боком к излучающей антенне в центре поля облучения. Вставьте клетку в экранирующую камеру на расстоянии 1 м от излучающей антенны. Произведите об-

лучение с экспозицией 15 минут при минимальной мощности установки (ППМ 1 мВт/см²).

3. Повторно измерьте температуру тела крысы и сравните с результатом первого измерения. Сделайте вывод о влиянии микроволнового излучения на организм.

4. Повторите облучение животного при следующих условиях:

- максимальная мощность установки, расстояние от антенны 1 м. экспозиция 15 минут (ППМ 10 мВт/см²);

- при той же мощности расстояние от антенны 40 см. экспозиция 5 минут (ППМ 30 мВт/см²);

- при тех же условиях экспозиция 15 минут.

Сделайте выводы о влиянии мощности излучения, расстояния от излучающей антенны и экспозиции на биологический эффект микроволнового излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудряшов Ю.Б., Исмаилов Э.Ш., Зубкова С.М. Биофизические основы действия микроволн. М.: Изд-во МГУ, 1980.
2. Основы космической биологии и медицины. М.: Наука, 1975.
3. Рекомендации по методике исследования биологического действия радиоволн. Л., 1973.
4. Яковлева М.И. Физиологические механизмы действия электромагнитных полей. Л.: Медицина, 1973.

СОДЕРЖАНИЕ

Вступление.....	3
Тема 1. Тепловой эффект микроволнового излучения.....	6
Техническое обеспечение исследований.....	7
Задание.....	10
Тема 2. Влияние микроволнового излучения на активность ферментов.....	11
Задание.....	12
Тема 3. Влияние микроволнового излучения на организм животного.....	13
Методика обучения.....	14
Рекомендации по методике оценки результатов радиобиологических исследований.....	15
Задание.....	16
Литература.....	18
Содержание.....	19

Редактор Е.А.Краснова
Компьютерная верстка, макет Н.П.Баринова

Л.Р. № 020316 от 04.12.96. Подписано в печать 14.05.98. Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Объем 1,16 усл.печ.л., 1,25 уч.-изд.л., Тираж 100 экз. Заказ №4/1
Издательство "Самарский университет", 443011, г.Самара,
ул.Акад. Павлова,1.
УОП СамГУ, ПЛД № 67-43 от 19.02.98.