

**МАГНИТОИНДУЦИРОВАННЫЕ РЕАКЦИИ В МЕХАНИЗМАХ
РАДИОРЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА**
(Теоретический аспект проблемы, сообщение 1)

Сидякин В. Г., Сташков А. М.

В последние годы значительно возрос интерес к исследованию биологического действия искусственных магнитных полей с характеристиками, сравнимыми с естественными полями.

Литературные данные свидетельствуют, что действие указанного физического агента внешней среды носит неспецифический характер [1-3]. Интенсивность общих функциональных сдвигов в различных системах, вызываемых его применением, в основном лежит в пределах границ нормальной приспособительной активности организма.

Своеобразие физической природы этого фактора и способа его действия на организм требует в настоящее время комплексного подхода к решению ряда важных задач, вытекающих из данной проблемы. Известно, что эволюция биосферы проходила в постоянно изменяющихся условиях внешней среды, в том числе и электромагнитных полей. Это нашло отражение в свойствах магниточувствительности биологических объектов [1.2.4]. Искусственные электромагнитные поля, в частности ПeМП СНЧ, можно использовать в качестве своеобразного инструмента исследования биологических систем [1,5].

Настоящая работа предпринята с целью теоретического обобщения наиболее значимых результатов исследования, характеризующих различные стороны общей реакции, индуцированной применением слабых ПeМП СНЧ в ряде основных функциональных систем, и установления их роли в развитии неспецифической резистентности облученного организма.

Естественная резистентность организма основана на защитно-приспособительных и восстановительно-компенсаторных процессах, количественные и качественные параметры которых детерминированы фило- и онтогенетическими факторами.

Существуют два пути активации и модификации этих процессов. Один из которых определяется через системные нейрогуморальные механизмы регуляции функций, другой – осуществляется в результате прямого действия разнообразных по природе раздражителей на структуру и функции внутренней среды организма.

Слабые ПeМП СНЧ, как проникающие агенты внешней среды, одновременно влияют как на системные механизмы, так и на структурно-метаболические процессы на уровне клеток и тканей организма [1,2,3,6].

Касаясь некоторых ключевых подходов к пониманию путей, способов и средств повышения общей резистентности, в том числе и радиорезистентности, представляется возможным в какой-то

мере условно выделить основные ее состояния, которые возникают на единой реактивной базе на всех структурно-функциональных уровнях организма, но имеют особенности в зависимости от интенсивности, природы раздражителей и его исходного функционального состояния [7].

Рассматривая зависимость этих состояний от указанных факторов, можно отметить, что первое из них имеет характер стрессового повышения резистентности, которое формируется по механизму адаптационного синдрома при ведущей роли системных нейрогуморальных механизмов регуляции функций при условии действия на организм чрезвычайных и повреждающих агентов.

Общеизвестно, что для данного состояния характерно максимальное напряжение всех жизненно важных функций организма при определенном пределе физиологических возможностей противодействия развитию необратимых нарушений. Такое состояние резистентности возникает не сразу или в ближайшие часы и даже сутки, а спустя сравнительно продолжительное время от начала действия стресс-раздражителей, когда наступает стадия резистентности. Второе – это субстрессовое состояние повышенной резистентности развивается при действии биологически значимых раздражителей, интенсивность которых соответствует высокому уровню физиологической нормы. Однако при длительном влиянии на организм латентное состояние напряженности физиологических функций может достигнуть уровня стресс-реакции до стадии устойчивости к повреждению. Нужно отметить, что при указанном состоянии резистентности существует определенная вероятность появления обратимых нарушений структуры и функций организма, что зависит от фактора времени действия раздражителей в связи с возможным ослаблением функциональных резервов организма. И, наконец, существуют условия и возможности усиления резистентности организма в связи с общим повышением нормы физиологической защиты и приспособления без стрессового и субстрессового напряжения физиологических функций в условиях оптимума интенсивности, длительности действия биологически значимых раздражителей, особенностей их природы и других факторов реагирования организма. К таким глобальным агентам внешней среды относятся слабые ПeМП СНЧ [2,8].

Однократное предлучевое применение ПeМП оказывает системное и непосредственное раздражающее действие на комплекс защитно-приспособительных механизмов и таким путем изменяет состояние их реактивности при умеренной активации одних или минимизации других процессов и функций организма. Под влиянием данного агента развивается общая адаптационная реакция, исходной стороной которой является отсутствие перенапряжения функций на всех уровнях организма [2,8]. Иными словами, под влиянием этого агента при крайне низких для него порогах и градиенте раздражающего действия и суммации субпороговых местных (низколабильных, стойких) функциональных изменений модифицируется реактивная база всего организма, его возбудимость, значение которых существенно в общей реакции организма на последующее действие ионизирующей радиации.

Вызываемые электромагнитными полями состояния “настороженности” [9] или предостережения [5,10] – есть превентивная предохранительная форма общего реагирования организма.

В процессе эволюции периодичность гелиогеофизических факторов постоянно сопутствовала действию разнообразных повреждающих раздражителей внешней среды. В связи с этим адаптивные магнитоиндукционные процессы всегда были составными звеньями реактивной базы приспособительных реакций организма и его естественной резистентности. Именно в таком свете можно было бы объяснить радиозащитное [2,8] и антистрессовое [3,11] влияние искусственных слабых ПеМП СНЧ, интенсивность которых близка к естественным МП, перманентно влияющим на организм. Известные в литературе данные ставят на обсуждение ряд существенных вопросов, касающихся участия системных нейрогуморальных и структурно-метаболических процессов на уровне клеток и тканей в реализации радиозащитного действия данного агента при однократном и многократном предлучевом применении в различных вариантах опытов.

В ряде исследований приведены доказательства о высокой чувствительности нервной системы к действию электромагнитных полей [1,2,13,14]. Внимание исследователей было привлечено к выяснению причин возникновения торможения в коре больших полушарий мозга животных, которое по данным ЭЭГ первично появлялось под влиянием ПеМП. Детальный анализ этого явления показал, что при крайне низкой интенсивности и необычно пологом градиенте раздражающего действия ПеМП СНЧ на кору мозга происходит умеренное снижение возбудимости, по-видимому, аналогичное аккомодации и, как следствие, развитие неспецифического обратимого торможения с длительным последействием [2]. Такое состояние торможения можно считать охранительным [2], предупреждающим необратимое торможение функций специфических систем головного мозга. Данные о развитии сна под влиянием сравнительно продолжительного действия ПеМП со всей убедительностью подтверждают достоверность такого объяснения причины и механизма торможения функций высшего отдела ЦНС [16]. Однако в последствии искусственных ПеМП это торможение устраняется приспособительными механизмами активации специфических систем, на основе которых осуществляется текущая рефлекторная деятельность ЦНС бодрствующего животного. Именно поэтому происходит восстановление условных рефлексов [2,6], синхронизация (сонастроенность) и стабилизация ритмов ЭЭГ в коре и гипоталамусе, в целом свидетельствующих о развитии адаптации к действию ПеМП не только на однократное, но и многократное его применение [2,15]. По данным некоторых исследователей указанное состояние синхронной активности ЭЭГ-ритмов в коре и гипоталамусе отражает развитие функциональных изменений в ЦНС, имеющих приспособительное значение [17,18]. Вместе с тем доказано, что такое состояние биоэлектрической активности в коре, гипоталамусе и ретикулярной формации мозга возникает и приобретает

устойчивость при лучевой болезни в период развития восстановительных процессов, обеспечивающих выживание животных [15]. Существенным дополнением к этим данным являются результаты исследования функциональной активности надпочечников по изменению содержания в них катехоламинов и аскорбиновой кислоты при развитии реакции на неоднократное применение ПeМП частотой 8,0 Гц при индукции 5,0 мкТл, свидетельствующие о повышении их активности. Вместе с тем результаты опытов с ежедневным разовым применением слабого ПeМП СНЧ в течение нескольких дней указывают на постепенное снижение реакции надпочечников, усиление и ускорение процесса восстановления величины изучаемых показателей в интервалах между воздействиями, что можно объяснить развитием системной адаптации на повторное действие данного агента [8]. Поскольку под влиянием ПeМП происходит умеренная активация надпочечников, как одного из основных исполнительных звеньев системы гипоталамус-гипофиз-надпочечники, можно с большой долей уверенности считать, что данная система влияет на реактивность организма и опосредованное таким путем радиозащитное действие данного раздражителя. Изложенные факты свидетельствуют об участии нейроэндокринной системы в синхронизации процессов и стабилизации внутренней среды организма при адаптации, обусловленной ПeМП СНЧ, что вносит определенный вклад в повышение неспецифической резистентности. Исходя из рассмотренных данных, есть основание полагать, что магнитоиндукционное противолучевое влияние слабого ПeМП СНЧ через несколько суток после его применения до разового рентгеновского облучения в летальной дозе является результатом умеренной активации нейроэндокринной системы и функциональных изменений во всем организме, характерных для стадии резистентности нестрессового происхождения. Однако радиозащитный эффект данного ПeМП возникал и в результате разового применения непосредственно перед общим рентгеновским облучением в летальной дозе 7-8 Гр. В то же время постлучевое действие ПeМП не обладает радиозащитными свойствами или проявляется в тенденции к повышению радиочувствительности животных [8,19].

Для полноты обсуждения этих факторов будет полезным сравнение условий противолучевого действия ПeМП с рядом известных неспецифических агентов и эффективных средств химической защиты, поскольку это касается важных вопросов изучаемой проблемы, имеющих теоретическое и практическое значение.

Установлено, что предварительное применение до облучения многих неспецифических агентов, таких как холодовые процедуры, рентгеновское облучение в малых дозах, плавание в воде и физическая работа по поднятию животными груза и других стресс-воздействий оказывает некоторое противолучевое действие не сразу, а спустя сравнительно продолжительное время после их применения до облучения в летальных дозах у представителей различных видов животных [7]. Такое повышение радиорезистентности объясняется активацией системы гипоталамус-гипофиз-

надпочечники и развитием общей адаптационной реакции до стадии резистентности стрессового происхождения. Выше отмечено, что для умеренного нестрессового влияния слабого ПeМП СНЧ аналогичен такой вариант событий, но в течение более короткого последействия, а противолучевой эффект в 1.5-2 раза выше, чем от применения стресс-раздражителей [8].

Вместе с тем факт радиозащитного влияния ПeМП СНЧ в применении непосредственно перед облучением в смертельной дозе нуждается в ином объяснении, поскольку вызываемые его действием начальные процессы общей реакции умеренного типа не могут достигнуть стадии резистентности, характерной для отмеченного последействия. Тем более, адреналэктомия не снимает, а лишь незначительно ослабляет радиозащитное влияние ПeМП, что свидетельствует о значении не только нейроэндокринных факторов в реализации противолучевого влияния данного физического агента [20].

Резюмируя результаты этой части исследований, можно указать на два способа реализации противолучевого влияния слабого ПeМП СНЧ: в результате предварительного воздействия за несколько дней и применения непосредственно перед облучением в смертельной дозе.

Исходя из классических представлений и собственных данных, в первом случае механизм противолучевого действия ПeМП может осуществляться у интактных животных путем развития во времени общей защитно-приспособительной реакции до стадии резистентности стрессового и нестрессового происхождения при участии надпочечников, как одного из основных исполнительных звеньев системного механизма регуляции физиологических процессов.

В опытах на адреналэктомированных животных реализуется другая возможность радиозащитного действия ПeМП на структурно-метаболическом уровне клеток и тканей под влиянием его прямого проникающего действия без участия адренокортикотропной функции надпочечников. В данном случае условия предварительного применения ПeМП, при которых формируется радиозащитная реакция организма, аналогичны действию средств химической защиты от радиационных повреждений [20]. Из этих фактов следует важный вывод о существовании двух основных неспецифических механизмов радиозащитного действия слабого ПeМП СНЧ. Очевидно, что на структурно-молекулярном уровне существует общая реактивная база естественной резистентности, защитно-приспособительные функции и резервы которой могут быть мобилизованы различными способами и средствами, в том числе опосредованным и прямым действием слабого ПeМП [20]. Причем радиозащитный эффект воздействий является функцией ряда составляющих, включая особенности активации перед облучением нейроэндокринной системы. Проводя аналогию между радиозащитным действием ПeМП СНЧ и многими известными средствами химической защиты, например цистеамином, меркамином, АЭТ и другими препаратами, можно убедиться, что обязательным условием эффективности последних является применение непосредственно перед облучением в летальных дозах, а для ПeМП – одно из условий

противолучевого влияния. Как и ПeМП, они не эффективны после облучения. Изучение физиологического действия ряда наиболее эффективных радиозащитных веществ (цистеамина, меркамина и антифеинов) показало, что при введении их за 30-60 минут до рентгеновского облучения в летальных дозах развивается резко выраженная общая нейроэндокринная реакция системы гипоталамус-гипофиз-надпочечники [15]. Вместе с тем адреналэктомия не снимает, а лишь несколько понижает их радиозащитное действие [20]. Изложенные выше факты свидетельствуют о том, что предварительная активация нейроэндокринного аппарата как максимальной (стрессовой), так и оптимальной (нестрессовой) интенсивности в указанных примерах сама по себе не может быть решающим фактором в механизме радиозащитного эффекта, но оказывает влияние на результаты прямого противолучевого действия химических радиопротекторов и данного физического агента на структурно-метаболическом уровне клеток и тканей.

Между радиозащитным влиянием средств химической защиты с слабого ПeМП обнаруживается аналогия в условиях, при которых они эффективны, однако, существуют принципиальные различия. Ряд средств химической защиты, которые высокоэффективны в условиях разового облучения в больших дозах, оказываются малоэффективными при хроническом или фракционном облучении в малых дозах [15,21].

В опытах на мышах и крысах радиозащитное влияние изученных химических препаратов не выявлялось при однократном применении общего рентгеновского облучения в малых сублетальных и минимально смертельных дозах, но было наиболее выраженным в диапазоне ЛД 50/30 и минимальных абсолютно смертельных доз радиации [15,22].

Результаты систематических исследований свидетельствуют о более выраженном противолучевом влиянии слабого ПeМП СНЧ частотой 8,0 Гц и напряженностью 5,0 или 20,0 мкТл в сочетании с ФРО в малых дозах, при которых суммарные летальные дозы у подопытных животных достигают более высоких значений, чем в контрольных опытах [12,19]. Конечно, эти данные не дают основания для преувеличения радиозащитных свойств данного агента по сравнению с наиболее эффективными средствами химической защиты в случае применения непосредственно перед облучением. Тем не менее они указывают на ряд существенных особенностей, касающихся условий, способа и широты диапазона возможностей их применения, что представляет определенный интерес в теоретическом и практическом отношении.

Сравнительная общая оценка указанных свойств неспецифических агентов, включая слабые ПeМП СНЧ и средства химической защиты от радиационных повреждений, дает возможность для вывода о том, что независимо от природы раздражителей, условий и способов их применения достигается в той или иной степени выраженный интегральный противолучевой эффект путем ослабления или инактивации первичных и начальных процессов, возникающих в результате

непрямого и прямого действия радиации на системном структурно-функциональном уровне клеток и тканей всего организма.

Литература.

1. Холодов Ю. А. Мозг в электромагнитных полях. – М.:Наука, 1982, 123 с.
2. Сидякин В. Г., Сташков А. М., Янова Н. П. Адаптационные реакции организма, индуцированные действием слабых магнитных полей крайне низкой частоты (КНЧ). Ученые записки Симферопольского госуниверситета. 1996, № 2 (41). – С. 158-163.
3. Темурьянц Н. А. Нервные и гуморальные механизмы адаптации к действию неионизирующих излучений. – Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – М.: 1989.
4. Сидякин В. Г., Темурьянц Н. А., Макеев В. Б., Владимирский Б. М. Космическая экология. – Киев: Наукова думка. 1985, – 176 с.
5. Пресман А. С. Электромагнитные поля в биосфере. – М.: Советское радио, 1974.
6. Сидякин В. Г. Влияние глобальных экологических факторов на нервную систему крыс. – К.: Наукова думка, 1986, -- 160 с.
7. Арбузов С. Я., Сташков А. М. Современное состояние проблемы радиорезистентности //Военно-медицинский журнал. – Л.: 1966, № 10. – С. 26-34.
8. Копылов А. Н. Модифицирующее влияние слабых переменных магнитных полей на некоторые показатели функционального состояния и радиорезистентность животных. – Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М.: 1984. – 150 с.
9. Анохин П. К. Внутреннее торможение как проблема физиологии. – М.: Медгиз, 1958, – 112 с.
10. Казначеев В. П., Михайлова Л. П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. – Новосибирск: 1985, – 181 с.
11. Евстафьева Е. В. Изменение показателей липидного обмена в системе крови крыс при адаптации к гипокинезии. – Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Л., 1986. – 24 с.
12. Сташков А. М., Горюхов И. Е. Модификация радиочувствительности мышей сочетанием ПeМП с многодневным фракционированным рентгеновским облучением в малой суточной дозе//Радиобиология и радиэкология. Т. 38, В.1. 1998. – С. 116-120.
13. Михайловский В. Н., Войчишин К. С., Грабарь Л. И. О восприятии некоторыми людьми инфразвуковых колебаний магнитного поля и средствах защиты //Реакция биологических систем на слабые магнитные поля. – М.: Наука, 1971. – С. 147.
14. Эйди У. Р. Кооперативные механизмы восприимчивости мозговой ткани к внешним и внутренним электрическим полям//Физиология человека, 1975, т.1. – С. 59-68.

15. Сташков А. М. Радиация и нейроэндокринные факторы фармакохимической защиты. – Симферополь, ч. 2, 1982, – 83 с.
16. Баньков В. И. Использование свойств импульсного сложномодулированного электромагнитного поля для физиологических исследований центральной нервной системы. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук, – М.: 1988.
17. Банцекин М. М. Анализ медленного ритма электрических потенциалов головного мозга кроликов. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук, – М.: 1963.
18. Полетаева И. И. Некоторые свойства ритма “напряжения” электроэнцефалограммы кролика //Журнал высшей нервной деятельности, 1967, т. 17, в. 1, – С. 134-191.
19. Горохов И. Е. Магнитоиндукционное повышение резистентности животных при фракционированном рентгеновском облучении в малых дозах. Автореф. дисс. ...канд. биол. наук. – Симферополь: 1994, – 236 с.
20. Сташков А. М. Радиозащитное действие слабого переменного магнитного поля сверхнизкой частоты у адреналектомированных мышей //Радиобиология и радиоэкология, т. 38, в. 1, 1998. С. 110-116.
21. Жеребченко П. П. Противолучевые свойства индолилалкиламинов. М.: Медицина, 1971. – 183 с.
22. Дубинин Н. П. Молекулярная генетика и действие излучений на наследственность. – М.: Госатомиздат, 1963, – 239 с.