

## Аутоиммунные реакции организма на сверхвысокочастотное излучение низкой интенсивности

*В.Ю. Сафонова, д.б.н., профессор,  
ФГБОУ Оренбургский ГПУ*

Среда обитания человека и животных в настоящее время постоянно подвергается электромагнитным излучениям (ЭМИ) в результате развития технического прогресса в области радио- и телевизионной техники, благодаря использованию приборов, излучающих СВЧ-волны различного частотного диапазона во многих сферах жизнедеятельности человека. Они нашли широкое применение в ветеринарной и медицинской практике.

В научной литературе имеются противоречивые данные о влиянии ЭМИ на организм животных и человека. Одни рассматривают их применение с положительной стороны в области диагностики, профилактики и лечения ряда заболеваний [1]. Самый распространённый лечебный эффект применения электромагнитного излучения (СВЧ- или УВЧ-терапия) заключается в локальном прогреве тканей. Действие ЭМИ коротковолновой частоты имеет более широкий спектр действия, включая нормализацию некоторых параметров иммунной системы.

Другие авторы показывают неблагоприятное действие ЭМИ на окружающую среду обитания млекопитающих, включая и человека. В этом плане использование приборов, излучающих СВЧ-волны с плотностью потока энергии менее или не превышающего  $10 \text{ мВт/см}^2$ , создающего нагрев тканей менее  $0,1^\circ\text{C}$ , вызывает интерес с целью изучения их влияния на некоторые показатели состояния организма. Есть сведения, что такое СВЧ-облучение с данным потоком энергии оказывает определённое влияние на работу нервной системы, с включением спинного и головного мозга [2]. Имеются также данные, которые свидетельствуют о том, что указанное физическое воздействие не вызывает изменений в морфологическом составе крови, в том числе в её лейкоцитарной формуле [3].

В связи с этим интерес представляет изучение влияния сверхвысокочастотного облучения низкой интенсивности на процесс формирования аутоиммунных реакций в организме. В доступной нам литературе таких сведений не имеется, и потому вполне обоснованным и актуальным будет являться поставленная задача данного исследования.

**Материал и методы исследования.** Для исследования были взяты белые беспородные крысы со средней массой тела  $180 \pm 20 \text{ г}$ . Формирование двух подопытных групп животных проводили по принципу аналогов, с учётом их массы тела и общего состояния. Животные находились в условиях

вивария. Кормление и содержание животных обеих групп были однотипными. Крысы I гр. служили в качестве биологического контроля, на особях II гр. испытывали СВЧ-облучение, которое осуществлялось генератором Г4-56 в течение 35 мин. Такие млекопитающие, как крысы, являются самыми распространёнными лабораторными животными, которые используются для исследований во многих областях науки, включая биологию, медицину, ветеринарию. Они не подвержены каким-либо заметным биологическим процессам, зависящим от сезона года, не показывают выраженную степень различий под влиянием любых факторов биологического или физического происхождения.

Некоторые виды электромагнитного излучения, например ионизирующие излучения, являются активными индукторами аутоантигенов [4]. С учётом данной особенности мы сочли нужным проследить за формированием аутоиммунных реакций в крови подопытных животных под влиянием СВЧ-облучения. Для этого определяли титры аутоантител и количество антителообразующих клеток (АОК) к лизату собственных эритроцитов (ЛСЭ) с помощью реакции Уанье и реакции Йерне соответственно в модификации Н.Н. Клемпарской [5]. В основу первой модификации положен принцип нефелометрической реакции Уанье, где в качестве антигена используется лизат собственных эритроцитов. При отрицательной реакции происходит непрерывное понижение оптической плотности в результате разбавлении сыворотки более прозрачным антигеном. При положительной реакции в результате образующегося преципитата комплекса антигена с антителом снижение оптической плотности прекращается и на кривой появляется пик. В случае положительной или резко положительной реакции наблюдается увеличение оптической плотности. По степени её пиков и спадов судят о величине реакции, оцениваемой в баллах. Циркулирующие иммунные комплексы (ЦИК) в сыворотке крови определяли методом, разработанным М. Digenon и др. Суть данного метода заключается в растворимости мономеров иммуноглобулинов, находящихся в составе иммунных комплексов, с наличием в среде полиэтиленгликоля (ПЭГ) 6000. Образование высокомолекулярных растворимых иммунных комплексов происходит в основном из олиговалентных антигенов и М-антител. Для состава иммунных комплексов очень важно соотношение АГ/АТ, которое в свою очередь обусловлено относительной концентрацией этих компонентов. Для разведения сыворотки используют  $0,1 \text{ М}$  боратный буфер. Буфер имеет рН не более 8,4. К сыворотке, разведённой

таким образом, добавляют 4-процентный раствор полиэтиленгликоля, перемешивают, выдерживают некоторое время, а затем фотометрируют на спектрофотометре. Результат рассчитывают по специальной формуле. Количество выявленных ЦИК в сыворотке крови подопытных животных выражают в условных единицах.

Считают, что механизм формирования аутоантител обусловлен биологически активными веществами, повреждающими клетки и тем самым обладающими цитотоксическим действием. Аутоантителам чаще всего приписывается агрессивная роль в организме. С другой стороны, аутоантитела рассматриваются как нормальное проявление иммунной системы. Так, выделили нормальные антитела, они постоянно присутствуют в организме, потому и не вызывают агрессивных ассоциаций. Их титры имеют небольшие значения, но при воздействии электромагнитных ионизирующих излучений их титры резко возрастают [5]. В таком случае они приобретают агрессивные свойства, обладающие цитотоксическим действием. В нашу задачу входило проследить за формированием аутоантител и циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) у лабораторных животных под воздействием СВЧ-облучения. Титры аутоантител к лизату собственных эритроцитов, количество бляшкообразующих клеток в клеточной суспензии эритроцитов и содержание ЦИК определяли на 5-е, 10-е и 30-е сутки после СВЧ-облучения. Кровь для проведения исследования брали из хвостовой вены.

**Результаты исследования.** Данное исследование наряду с поставленными задачами предусматривало и наблюдение за общим состоянием животных. Наблюдение показало, что поведение животных и их реакция на внешние раздражители свидетельствовали об их удовлетворительном клиническом состоянии. Крысы охотно поедали корм и регулярно слизывали воду, которая поступала им из капельных поилок. В таблице представлены результаты исследования.

Показатели аутоиммунных реакций ( $X \pm S_x$ )

Срок исследования, сут.	Группа	
	I (биологический контроль)	II (воздействие СВЧ-излучения)
Титры аутоантител к ЛСЭ (баллы)		
5	0,1±0,01	0,4±0,01
10	0,2±0,02	0,3±0,05
20	0,1±0,01	0,2±0,06
Количество антителообразующих клеток (АОК), %		
5	1,04±0,24	1,94±0,26
10	0,84±0,38	0,84±0,16
20	0,94±0,18	0,86±0,14
Количество ЦИК (усл.ед)		
5	40,4±1,24	41,2±1,23
10	38,7±0,33	38,9±0,87
20	40,3±0,34	39,4±0,26

Титры аутоантител, представленные в таблице, свидетельствуют об отсутствии их достоверной разницы между крысами подопытных групп во все сроки исследования. Так, спустя 5 сут. после воздействия сверхвысокочастотного излучения низкой интенсивности их значения в I и II гр. составляли соответственно 0,1±0,01 и 0,2±0,01; через 10 сут. – 0,2±0,02 и 0,3±0,05 балла. Через 20 сут. аутоантитела к ЛСЭ находились соответственно в пределах 0,1±0,01 и 0,2±0,06 балла.

Реакцией Эрне в модификации Е.Н. Клемпарской выявлялись антителообразующие клетки, которые вызывают вокруг себя лизис собственных эритроцитов крови в виде просветлённых бляшек. Такие клетки ещё называют бляшкообразующими клетками (БОК). По данным, представленным в таблице, следует, что спустя 5 сут. после воздействия указанным излучением у крыс II гр. их содержание несколько превышало таковое у животных группы биологического контроля. В I гр. их содержание составляло 1,04±0,24%, а во II – 1,94±0,26%, что согласуется с титрами аутоантител к ЛСЭ на этот срок исследования. 10-е сут. по этому показателю характеризовались относительным спокойствием, о чём свидетельствовали полученные результаты. Антителообразующие клетки в группе биологического контроля составляли 38,7±0,33%, в опытной гр. 38,9±0,87%. В более отдалённые сроки, т.е. на 20-е сут., их содержание соответственно составляло 40,3±0,34% и 39,4±0,26%.

Количество циркулирующих иммунных комплексов, выраженных в условных единицах, говорило об аналогичной тенденции относительно аутоантител. По истечении 5 сут. после воздействия сверхвысокочастотного излучения низкой интенсивности циркулирующие иммунные комплексы обнаруживались примерно в одинаковых значениях, как в группе биологического контроля, так и в опытной группе, и составляли соответственно 40,4±1,24 и 41,2±1,23 усл. ед. Подобная недостоверная особенность отмечалась и в последующие сроки. На 10-е сут. количество ЦИК составляло 38,7±0,33 усл. ед. в I и 38,9±0,87 усл. ед. во II гр. Не обнаруживалось каких-либо различий и через 20 сут. воздействия. Исследуемые значения соответственно колебались в пределах 40,3±0,34 и 39,4±0,26 усл. ед.

Наличие ЦИК в организме свидетельствует о том, что в нём постоянно происходят какие-то реакции. Например, в организме повсеместно идёт борьба антител с антигенами. Такая борьба сопровождается образованием циркулирующих иммунных комплексов, обладающих разрушительной способностью в отношении тканей организма. В результате этого могут возникнуть аутоиммунные заболевания. Поэтому процесс повышения ЦИК в организме считается патологическим. Наше исследование показало, что такого нежелательного явления, как образование ЦИК, не происходит.

**Вывод.** Проведённое исследование по установлению влияния сверхвысокочастотного излучения низкой интенсивности с помощью генератора Г4-56 в течение 35 мин. на процесс образования аутоиммунных реакций свидетельствует о том, что данное излучение не вызывает достоверных изменений в их формировании. Такие показатели, как количество аутоантител к лизату собственных эритроцитов, процент антителообразующих клеток, содержание циркулирующих иммунных комплексов крыс, находящихся в зоне излучения в течение 45 мин., соответствовали таковым показателям группы биологического контроля.

### Литература

1. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессе жизнедеятельности. М.: Радио и связь, 1991. 168 с.
2. Исмаилов Э.Ш. Биофизическое действие СВЧ-излучения. М.: Энергоиздат, 1995. 112 с.
3. Сафонова В.Ю., Шевченко А.Д., Сафонова В.А. Влияние сверхвысокочастотного облучения низкой интенсивности на некоторые показатели картины крови // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 248–349.
4. Сафонова В.Ю. Показатели аутоиммунных реакций на фоне применения эраконда // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 193–194.
5. Клемпарская Н.Н., Раева Н.В. Исследование аутосенсibilизации при лучевой болезни методом Уанье / Н.Н. Клемпарская // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1991. Т. 51. № 5. С. 77–81.