

УДК 612-017.1:612.112.94-014.424

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОРАЖЕНИЯ СЕРДЦА И СОСУДОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Хамидова Г.М., Каюмов У.К., Ахмедова Х.Ю.

*Ташкентский институт усовершенствование врачей, Ташкент, e-mail: gulozod@gmail.com*

Проведено экспериментальное исследование на 72 белых крысах, которых подразделили на 4 группы: 1, 2 и 3 опытные группы по 20 животных в каждой с мощностью воздействия электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИРЧ) в 50 мкВт/см<sup>2</sup>, 500 мкВт/см<sup>2</sup> и 1000 мкВт/см<sup>2</sup>, соответственно. 4 группа – контрольная (12 животных), без воздействия ЭМИРЧ. Установлено, развитие патологических процессов в органах и системах живого организма происходит уже при небольших дозах облучения (50 мкВт/см<sup>2</sup>), с увеличением дозы и длительности облучения (500 мкВт/см<sup>2</sup> и 1000 мкВт/см<sup>2</sup>) в органах и тканях наблюдаются выраженные деструктивные изменения, показателем которых являются антигенсвязывающие лимфоциты, специфически сенсibilизированные к соответствующим тканевым антигенам, динамика которых является специфическим диагностическим и прогностическим критерием глубины поражения.

**Ключевые слова:** сердце, сосуды, радиочастотный диапазон

## ASSESSMENT OF THE HEART AND BLOOD VESSELS UNDER THE INFLUENCE RADIO FREQUENCY ENERGY IN THE EXPERIMENT

Hamidova G.M., Kaumov U.K., Akhmedov H.Y.

*Tashkent Institute of Advanced Medical, Tashkent, e-mail: gulozod@gmail.com*

An experimental study on 72 white rats, which are divided into 4 groups: 1, 2 and 3 experimental groups of 20 animals each with a capacity to radio frequency electromagnetic radiation (RF EMR) of 50 μW/cm<sup>2</sup>, 500 μW/cm<sup>2</sup> and 1000 μW/cm<sup>2</sup>, respectively. Group 4 is a control group with 12 animals, with no RF EMR effect. Based on the results of the study it was found that, the development of pathological processes in the organs and systems of the living organism occurs at low doses (50 μW/cm<sup>2</sup>). High grade destructive changes are observed in tissues and organs, upon irradiation dose and duration increase (500 μW/cm<sup>2</sup> and 1000 μW/cm<sup>2</sup>). Their indicators are antigen-binding lymphocytes specifically sensitized to the relevant tissue antigens, the dynamics of which is a specific diagnostic and prognostic criterion depth of the lesion.

**Keywords:** heart, blood vessels, a radio frequency range

Широкие исследования о влиянии электромагнитного излучения на здоровье человека в мире были начаты еще в 60 годы прошлого столетия. Был накоплен большой клинический материал о неблагоприятном воздействии магнитных и электромагнитных полей. Уже в это время было предложено ввести новые заболевания «Радиоволновая болезнь». В дальнейшем, работами ученых в России было установлено, что наиболее чувствительной к воздействию электромагнитных полей является иммунная система человека. Накопленный к настоящему времени фактический материал свидетельствует о том, что оценка состояния иммунной системы у людей, подвергшихся воздействию ЭМИ РЧ и экспериментальные исследования реакций иммунных клеток человека *in vitro* носят противоречивый характер, что связано, с одной стороны, с различиями выбранных объектов исследования, а с другой – с различиями в условиях проведения эксперимента [1, 2].

В связи с этим **целью** данного исследования явилось изучение уровня антигенсвязывающих лимфоцитов (АСЛ) к тканевым антигенам (ТАГ) перикарда, эндокарда, миокарда, артерий и вен, как прогностическо-

го критерия степени и глубины поражения сердечно-сосудистой системы в зависимости от различных доз и экспозиции электромагнитного излучения радиочастотного диапазона в эксперименте.

Эксперимент проводился на 72 белых крысах-самцах массой 220–280 г, содержащихся на обычном общевиварном рационе питания и в микроклиматических условиях, согласно действующим нормам. Для опыта крысы были разбиты на 4 группы (по 20 штук в каждой опытной и 12 в контрольной группе):

– 1 группа, подвергшаяся воздействию ППЭ ЭМИ 50 мкВт/см<sup>2</sup> и частотой 1800 МГц;

– 2 группа, подвергшаяся воздействию ППЭ ЭМИ 500 мкВт/см<sup>2</sup> и частотой 1800 МГц;

– 3 группа, подвергшаяся воздействию плотности потока энергии (ППЭ) ЭМИ 1000 мкВт/см<sup>2</sup> и частотой 1800 МГц;

– 4 группа – контрольная, содержащаяся в аналогичных экспериментальных условиях, как и опытные, но без воздействия ЭМИ.

В качестве источника ЭМИ использован генератор «SM-300» производства фирмы Rohde & Schwarz, (Германия), усилитель

мощности (20 ватт) «BLWA 1719 – 20» производства фирмы «Bonn electronic», (Германия), антенна пассивная «HL040» производства фирмы Rohde & Schwarz, (Германия) и вспомогательные к оборудованию принадлежности (шнуры электропитания, коаксиальный кабель, штатив для антенны и др.). Заданные экспозиции ЭМИ ежедневно контролировались поверенными в Госстандарте измерителями плотности потока энергии «ПЗ – 18» (Россия) и «NBM – 550» (Германия) с изотропными датчиками. Продолжительность эксперимента составила: подострый – 1 месяц и хронический – 3 месяца.

По окончании каждого этапа эксперимента забой лабораторных животных (крыс) проводили согласно рекомендациям IACUC на основании PHS Policy states, «Methods of euthanasia will be consistent with the recommendations of the American Veterinary Medical Association (AVMA) Panel on Euthanasia, unless a deviation is justified for scientific reasons in writing by the investigator». Так, после экспозиции облучения в 1 мес. были забиты по 10 животных из каждой опытной группы и 6 животных из контрольной группы. Для исследования забиралась кровь животных.

Уровень поражения сердца (перикарда, миокарда, эндокарда) и кровеносных сосудов (артерий и вен) определяли по выявлению антигенсвязывающих лимфоцитов (АСЛ), специфически сенсibilизированных к тканевым антигенам (ТА) сердца и сосудов в лаборатории клинической морфологии и иммунологии (заведующий лабораторией – доктор медицинских наук, профессор Гулямов Н.Г.) НИИ эпидемиологии, микробиологии, и инфекционных заболеваний МЗ РУз. [3]

Анализ уровня антигенсвязывающих лимфоцитов, специфически сенсibilизированных к тканевым антигенам сердца

и сосудов в эксперименте под воздействием ППЭ ЭМИ в 50 мкВт/см<sup>2</sup> и частотой 1800 МГц в течении 1 месяца относительно контрольных значений показал некоторое повышение АСЛ к ТА перикарда ( $2,00 \pm 0,52$  и  $3,00 \pm 0,21\%$ , соответственно,  $P > 0,05$ ), к ТА миокарда ( $1,83 \pm 0,48$  и  $2,50 \pm 0,17\%$ , соответственно,  $P > 0,05$ ), к ТА эндокарда ( $2,17 \pm 0,31$  и  $4,00 \pm 0,21\%$ , соответственно,  $P > 0,05$ ), к ТА артерий ( $2,33 \pm 0,21$  и  $4,00 \pm 0,26\%$ , соответственно,  $P > 0,05$ ) и к ТА вен ( $2,50 \pm 0,22$  и  $3,80 \pm 0,25\%$ , соответственно,  $P > 0,05$ ), указывая на то, что, видимо, воспаление и деструктивные изменения в изучаемых органах еще незначительны (Табл. 1).

При воздействии в течение 1 мес. на экспериментальные крысы ППЭ ЭМИ в 500 мкВт/см<sup>2</sup> отмечаются уже довольно значимые изменения в органах, о чем свидетельствуют достоверно высокие значения АСЛ относительно показателей интактных и соответствующих показателей 1 группы животных, специфически сенсibilизированные к ТА перикарда ( $2,00 \pm 0,52$ ;  $3,00 \pm 0,21\%$  и  $8,70 \pm 0,60\%$  соответственно,  $P < 0,05$ ), к ТА миокарда ( $1,83 \pm 0,48$ ;  $2,50 \pm 0,17\%$  и  $15,00 \pm 0,98\%$ , соответственно,  $P < 0,05$ ), к ТА эндокарда ( $2,17 \pm 0,31$ ;  $4,00 \pm 0,21\%$  и  $10,10 \pm 0,59\%$ , соответственно,  $P < 0,001$ ), к ТА артерий ( $2,33 \pm 0,21$ ;  $4,00 \pm 0,26\%$  и  $9,40 \pm 0,43\%$ , соответственно,  $P < 0,001$ ) и к ТА вен ( $2,50 \pm 0,22$ ;  $3,80 \pm 0,25\%$  и  $9,60 \pm 0,52\%$ , соответственно,  $P < 0,001$ ) (Табл. 1). Анализ кратности повышения АСЛ к ТА во 2 группе экспериментальных животных относительно соответствующих показателей интактных животных показал, что более выраженные патологические изменения отмечаются в ткани миокарда и артерий (в 8,19 и 4,3 раза, соответственно).

Таблица 1

Динамики показателей АСЛ к ТА сердца и сосудов крыс-самцов в зависимости от различных доз и экспозиции электромагнитного излучения через 1 месяц после облучения (n = 36)

Группы	Показатели АСЛ (M ± m)				
	перикард%	миокард%	эндокард%	артерии%	вены%
Контроль (n = 6)	$2,00 \pm 0,52$	$1,83 \pm 0,48$	$2,17 \pm 0,31$	$2,33 \pm 0,21$	$2,50 \pm 0,22$
1 группа (n = 10)	$3,00 \pm 0,21$	$2,50 \pm 0,17$	$4,00 \pm 0,21^{\bullet}$	$4,00 \pm 0,26^{\bullet}$	$3,80 \pm 0,25^{\bullet}$
2 группа (n = 10)	$8,70 \pm 0,60^{\bullet*}$	$15,00 \pm 0,98^{\bullet*}$	$10,10 \pm 0,59^{\bullet*}$	$9,40 \pm 0,43^{\bullet*}$	$9,60 \pm 0,52^{\bullet*}$
3 группа (n = 10)	$14,40 \pm 0,60^{\bullet*}$	$22,30 \pm 0,72^{\bullet*}$	$12,20 \pm 0,47^{\bullet*}$	$21,30 \pm 0,56^{\bullet*}$	$12,70 \pm 0,60^{\bullet*}$

Примечание:  $\bullet$  достоверность отличий показателей по отношению к контрольной группе

\* достоверность отличий показателей по отношению к 1 группе

▪ достоверность отличий показателей по отношению ко 2 группе.

Выраженное повышение АСЛ к изучаемым тканевым антигенам при экспозиции облучения экспериментальных животных в 1000 мкВт/см<sup>2</sup> в течение 1 месяца указывает на глубокие деструктивные процессы в органах. Так, анализ полученных результатов показал наиболее высокие значения АСЛ к ТАГ миокарда – в 12,2 раза превышая уровень данного показателя интактных животных и 8,9 раз выше значений животных 1 группы (22,30 ± 0,72%; 2,00 ± 0,52; 2,50 ± 0,17%, соответственно, P < 0,001); такие же высокие по кратности различия отмечаются и значения АСЛ к ТАГ артерий по сравнению с соответствующими значениями в контроле и 1 группы исследований – в 9,1 и в 5,3 раза (21,30 ± 0,56%; 2,33 ± 0,21; 4,00 ± 0,26%, соответственно, P < 0,001). Также значительные сдвиги в 3 группе экспериментальных животных выявлены в показателях АСЛ к ТА перикарда, эндокарда и вен относительно показателей интактных и 1 группы животных: АСЛ к ТА эндокарда в 7,2 и 4,8 раза, соответственно (14,40 ± 0,60%; 2,00 ± 0,52; 3,00 ± 0,33%, соответственно, P < 0,001); эндокарда в 5,6 и 3,0 раза, соответственно (12,20 ± 0,47%; 1,83 ± 0,31; 4,00 ± 0,21%, соответственно, P < 0,05); вен – 5,1 раз и 3,3, соответственно (12,70 ± 0,60%;

2,50 ± 0,33; 3,80 ± 0,25%, соответственно, P < 0,001) (Табл. 1).

Сравнительный анализ повышения антигенсвязывающих лимфоцитов крыс-самцов при облучении в течении 1 месяца ППЭ ЭМИ в 1000мкВт/см<sup>2</sup> (3 группа) относительно 2 группы (экспозиция ППЭ ЭМИ в 500 мкВт/см<sup>2</sup>) показывает значительную разницу в показателях (P < 0,05), но наиболее высокая кратность повышения отмечается в показателях АСЛ к ТА миокарда (9,10 ± 0,31%; 5,60 ± 0,27%, соответственно).

Анализ полученных результатов иммунологических исследований подтверждает то, что длительное воздействие высоких доз облучения приводит к глубоким деструктивным поражениям органов и систем, отражением чего являются высокие показатели антигенсвязывающих лимфоцитов к тканевым антигенам внутренних органов.

Нами также изучено воздействие различных доз и экспозиции электромагнитного излучения через 3 месяца облучения. Также все крысы были разделены на 3 группы – 1 группа – воздействие ППЭ ЭМИ в 50 мкВт/см<sup>2</sup>; 2 группа – экспозиция ППЭ ЭМИ в 500 мкВт/см<sup>2</sup> и 3 группа экспериментальных крыс-самцов, подвергнутых облучению в течении 3-х месяцев ППЭ ЭМИ в 1000 мкВт/см<sup>2</sup> (Табл. 2).

**Таблица 2**

Динамики показателей АСЛ к ТА сердца и сосудов крыс-самцов в зависимости от различных доз и экспозиции электромагнитного излучения через 3 месяца после облучения (n = 36)

Группы и время облучения	Показатели АСЛ (M ± m)				
	перикард %	миокард %	эндокард %	артерии %	Вены %
Контроль (n = 6)	1,50 ± 0,43	2,00 ± 0,45	2,33 ± 0,21	2,17 ± 0,54	1,83 ± 0,40
1 группа (n = 10)	6,40 ± 0,58•	6,30 ± 0,45•	7,20 ± 0,51•	6,90 ± 0,42•	6,70 ± 0,42•
2 группа (n = 10)	11,10 ± 0,78•*	18,80 ± 0,55•*	12,90 ± 1,21•*	16,90 ± 0,94•*	15,90 ± 1,04•*
3 группа (n = 10)	17,40 ± 0,56•**	25,40 ± 0,85•**	19,60 ± 0,65•**	24,40 ± 0,96•**	19,70 ± 0,52•**

Примечание: • достоверность отличий показателей по отношению к контрольной группе  
\* достоверность отличий показателей по отношению к 1 группе  
▪ достоверность отличий показателей по отношению к 2 группе.

Анализ сопоставления полученных результатов динамики показателей АСЛ к ТА сердца и сосудов крыс-самцов в зависимости от различных доз электромагнитного излучения через 3 месяца после облучения показал идентичную картину направленности изменений, что и в 1 забое, т.е. через 1 месяц после облучения. Но эти две группы значительно отличаются по выраженности показателей, что указывает на более глубокие патологические изменения, про-

исходящие в организме в ответ на длительное воздействие электромагнитного облучения (Табл. 2).

Нами выявлено, что уровень АСЛ в 1 группе экспериментальных животных, которые подвергались электромагнитному облучению в 50 мкВт/см<sup>2</sup> в течении 3-х месяцев (2 забой) достоверно выше относительно показателей интактных животных, чем отличаются от 1 группы экспериментальных крыс-самцов, подвергнутых

ППЭ ЭМИ в 50 мкВт/см<sup>2</sup> в течении 1 месяца (1 забой), соответствующие значения которых незначительно отличались от контрольных цифр. Так, показатель АСЛ к ТА перикарда ( $6,40 \pm 0,58\%$ ), эндокарда ( $7,20 \pm 0,51\%$ ) и миокарда ( $6,30 \pm 0,45\%$ ) крыс-самцов 2 забоя в 3,15; 4,3 и 3,1 раза, соответственно, ( $P < 0,001$ ), выше показателей контрольных крыс ( $1,50 \pm 0,43\%$ ;  $2,33 \pm 0,21\%$  и  $2,00 \pm 0,45\%$  соответственно) и в 2,1; 1,8 и 2,5 раза, соответственно, выше значений крыс-самцов 1 забоя ( $3,00 \pm 0,21\%$ ;  $4,00 \pm 0,33\%$  и  $2,50 \pm 0,17\%$  соответственно,  $P < 0,05$ )

Анализ показателей АСЛ к ТА сердца 2 группы 2 забоя показал, что они также значительно отличаются как от соответствующих значений интактных животных, так и от показателей 2 группы 1 забоя – перикарда – в 11,6 и 1,3 раза, соответственно ( $11,10 \pm 0,78\%$ ;  $1,50 \pm 0,43\%$  и  $8,70 \pm 0,60\%$  соответственно,  $P < 0,05$ ); эндокарда – в 5,5 и 1,3 раз ( $12,90 \pm 1,21\%$ ;  $2,33 \pm 0,21\%$  и  $12,90 \pm 1,21\%$  соответственно,  $P < 0,05$ ) и миокарда – в 9,4 и 1,3 раза, соответственно ( $18,80 \pm 0,55\%$ ;  $2,00 \pm 0,45\%$  и  $15,00 \pm 0,98\%$  соответственно,  $P < 0,05$ )

Уровень показателей АСЛ к ТА перикарда, эндокарда и миокарда в 3 группе экспериментальных крыс-самцов с экспозицией ППЭ ЭМИ в 1000 мкВт/см<sup>2</sup> значительно превосходит значения соответствующих показателей интактных животных. Так, если АСЛ к ТА перикарда в 3 группе 1 забоя выше контроля в 7,2 раза, то у крыс 2 забоя в этой группе выше уже в 11,6 раз ( $14,40 \pm 0,60\%$  при контроле  $2,00 \pm 0,52\%$ ;  $17,40 \pm 0,56\%$  при контроле  $1,50 \pm 0,43\%$ , соответственно,  $P < 0,001$ ). Такая же динамика наблюдается и в значении АСЛ к ТА эндокарда – в 5,6 раза значения 3 группы 1 забоя выше показателей интактных животных, тогда как у крыс-самцов идентичной группы 2 забоя кратность относительно контрольных значений составляет 8,4 раза ( $12,20 \pm 0,47\%$  при контроле  $2,17 \pm 0,31\%$ ;  $19,60 \pm 0,65\%$  при контроле  $2,33 \pm 0,47\%$ , соответственно,  $P < 0,001$ ).

Идентичная, но более выраженная картина наблюдается и в кратности значений АСЛ к ТА миокарда – 3 группы 1 забоя – в 12,2 раза и 3 группы 2 забоя – в 12,7 раз выше соответствующих значений интактных животных ( $22,30 \pm 0,72\%$  при контроле  $1,83 \pm 0,48\%$  и  $25,40 \pm 0,85\%$  при контроле  $2,00 \pm 0,45\%$ , соответственно,  $P < 0,001$ )

Сравнительный анализ показателей антигенсвязывающих лимфоцитов, специфически сенсibilизированных к ТА сосудов (артерий и вен) крыс-самцов 1 и 2 забоя, подвергнутых различным дозам облучения

показал такие же различия, что и динамика АСЛ к ТА сердца. Так, если в 1 группе экспериментальных животных 1 забоя наблюдались небольшие отличия АСЛ к ТА артерий и вен ( $4,00 \pm 0,49\%$  и  $3,80 \pm 0,46\%$ , соответственно) от соответствующих показателей интактных животных ( $2,33 \pm 0,21\%$  и  $2,50 \pm 0,22\%$ , соответственно), то уже во 2 забое эти значения соответственно в 3,2 и 3,7 раз выше контрольного уровня ( $6,90 \pm 0,42\%$  и  $6,70 \pm 0,42\%$  при контроле  $2,17 \pm 0,54\%$  и  $1,83 \pm 0,40\%$ , соответственно,  $P < 0,001$ ).

Если во 2 группе экспериментальных животных АСЛ к ТА артерий и вен 1 забоя в 4,0 и 3,84 раза ( $9,40 \pm 0,43\%$  и  $9,60 \pm 0,52\%$ , соответственно) отличаются от показателей интактных животных ( $2,33 \pm 0,21\%$  и  $2,50 \pm 0,22\%$ , соответственно,  $P < 0,001$ ), то во 2 забое эти показатели отличаются уже в 7,8 и 8,6 раза от контрольных значений ( $16,90 \pm 0,94\%$  и  $15,90 \pm 1,04\%$  при контроле  $2,17 \pm 0,54\%$  и  $1,83 \pm 0,40\%$ , соответственно,  $P < 0,001$ ).

Наиболее высокие значения АСЛ к ТА артерий и вен определены в 3 группе 2 забоя эксперимента, в 11,2 и 10,8 раз отличаясь от значений интактных животных ( $24,40 \pm 0,96\%$  и  $19,70 \pm 0,52\%$  при контроле  $2,17 \pm 0,54\%$  и  $1,83 \pm 0,40\%$ , соответственно,  $P < 0,001$ ), тогда как в 1 забое кратность разницы составляет соответственно – 9,1 и 5,1 раз ( $21,30 \pm 0,56\%$  и  $12,70 \pm 0,60\%$ , при контроле  $2,33 \pm 0,21\%$  и  $2,50 \pm 0,22\%$ , соответственно,  $P < 0,001$ ).

Таким образом, полученные результаты показывают, что развитие патологических процессов в органах и системах живого организма происходит уже при небольших дозах облучения, с увеличением дозы и длительности облучения в органах и тканях наблюдаются выраженные деструктивные изменения, показателем которых являются антигенсвязывающие лимфоциты, специфически сенсibilизированные к соответствующим тканевым антигенам, динамика которых является специфическим диагностическим и прогностическим критерием глубины поражения.

#### Список литературы

1. Capri M., Scarcella E., Fumelli C. et al. In vitro exposure of human lymphocytes to 900 MHz CW and GSM modulated radiofrequency: Studies of proliferation, apoptosis and mitochondrial membrane potential // *Radiation Research* – 2004. – Vol. 162. – P. 211–218.
2. Zotti-Martelli L., Peccatori M., Maggini V. et al. Individual responsiveness to induction of micronuclei in human lymphocytes after exposure in vitro to 1800-MHz microwave radiation // *Mutation Res.* – 2005. – Vol. 582. – P. 42–52.
3. Гариб Ф.Ю., Гурарий Н.И., Гариб В.Ф. Способ определения субпопуляции лимфоцитов // *Расмий ахборотнома.* – Т., 1995. – №1. – С. 90.