

- ские хемилюминесцентные характеристики сыворотки крови животных и человека.— Физиол. журн., 1977, 23, № 2, с. 274—276.
3. Серкиз Я. И., Яновская Т. С., Рябова Э. З., Чеботарев Е. Е. Индуцированная хемилюминесценция сыворотки крови больных лимфогранулематозом.— Вopr. онкологии, 1978, 24, № 5, с. 17—21.
4. Goldbeter A. Thermodynamic and kinetic aspects of regulation.— Acta biochim. et biophys. Acad. sci. hung., 1977, 12, N 2, s. 141—148.

Отдел радиобиологии Института
проблем онкологии АН УССР, Киев

Поступила в редакцию
9. IV 1979 г.

УДК 613.163:612.616.31.617.1

А. Г. Резников, Л. В. Тарасенко

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ НА АНДРОГЕННУЮ ФУНКЦИЮ СЕМЕННИКОВ КРЫС

Изучение биологических эффектов электромагнитного поля промышленной частоты (ЭМППЧ), создаваемого высоковольтными линиями электропередач, необходимо для гигиенического нормирования напряженности электрического поля. У крыс и кроликов, находившихся в течение 2—4 мес в ЭМППЧ напряженностью (Е) до 15 кВ/м, обнаружены изменения репродуктивной системы: снижение оплодотворяющей способности, угнетение сперматогенеза, повышение экскреции 17-кетостероидов, а также торможение дыхания и окислительного фосфорилирования в семенниках [1, 2,]. Нарушение фертильной способности и снижение рождаемости отмечено также у мышей в результате воздействия ЭМППЧ $E=50-100$ кВ/м [3].

Как известно, основные функции размножения у человека и животных регулируются комплексом нервных и гуморальных факторов, в первую очередь — половыми гормонами. В связи с отсутствием в литературе сведений о влиянии ЭМППЧ на биосинтез и секрецию половых стероидов нами исследованы некоторые показатели андрогенной функции гонад у самцов крыс, находившихся в ЭМППЧ.

Методика исследований

Опыты проведены на беспородных белых крысах массой 250—280 г. В течение 4 мес животных ежедневно «облучали» на установке Киевского НИИ общей и коммунальной гигиены. Общая продолжительность и режим «облучения» с учетом видовой продолжительности жизни соответствуют реальным условиям пребывания населения в зоне действия ЭМППЧ. Условия воздействия ЭМППЧ были следующими: I и II группы — $E=15$ кВ/м, экспозиции по 20 мин, общая продолжительность 3 ч/сут; III группа — $E=20$ кВ/м, по 20 мин, 3 ч/сут; IV группа — $E=15$ кВ/м, по 80 мин, 5 ч/сут; V группа — $E=10$ кВ/м, по 80 мин, 5 ч/сут; VI группа — контроль для I, III IV и V групп (опыт 1); VII группа — контроль для II группы (опыт 2). Интервалы между экспозициями составляли 30 мин. По окончании срока воздействия ЭМППЧ крыс декапитировали, кровь собирали в гепаринизированные пробирки. Часть животных I и V групп были взяты в опыт через месяц после пребывания в ЭМППЧ (эти группы обозначены соответственно IA и VA).

В плазме крови содержание тестостерона определяли радиоиммунологическим методом с помощью набора TESTOK (International CIS, Франция). Радиоактивность измеряли в жидкостном сцинтилляционном счетчике Isoscap-300 (Nuclear Chicago, США). В свежих гомогенатах семенников определяли активность стероид- $\Delta^5-3\beta$ -олдегидрогеназы (СД) модифицированным спектрофотометрическим методом, основанном на измерении скорости превращения дегидроэпиандростерона в андростендион [5]. Семенник измельчали в фарфоровой ступке на льду, отбирали навеску 115—130 мг, которую затем гомогенизировали в среде, состоящей из равных частей 0,9 % раствора NaCl и фосфатного буфера, pH 7.4. Для инкубации готовили смесь следующего состава: 1 мл 5 % гомогената семенников (50 мг ткани), 2,9 мл фосфатного буфера,

pH 7,4 и 0,9 % раствора NaCl (1:1), 2,0 мг НАД, 100 мкг дегидроэпиандростерона в 0,1 мл абсолютного этанола. Контрольные пробы готовили по аналогичной прописи, но вместо раствора дегидроэпиандростерона добавляли 0,1 мл абсолютного этанола. Пробы инкубировали на водяной бане при постоянном перемешивании. Продолжительность инкубации 1,5 ч при 37 °С. Реакцию приостанавливали помещением проб на лед. Δ^4 -3-кетостероиды экстрагировали из проб равным объемом (5 мл) очищенного и перегнанного метилхлорида. Образовавшуюся эмульсию разделяли центрифугированием со скоростью 4000 об/мин в течение 10 мин. Экстракт переносили в кювету спектрофотометра СФ-26 и измеряли его оптическую плотность против метилхлоридного экстракта инкубационной среды при длине волн 240 нм. Прирост оптической плотности в пробах, содержащих в качестве субстрата СД дегидроэпиандростерон, по сравнению с контрольными пробами, определяется количеством образовавшегося андростендиона и служит мерой активности изучаемого фермента.

Содержание андростендиона определяли по калибровочному графику величин экстинкции, составленному для стандарта андростендиона в пределах 5—30 мкг. Активность СД выражали количеством Δ^4 -3-кетостероидов (по стандарту андростендиона) в мкг за 90 мин инкубации в расчете на целый семенник, г сырой ткани и мг белка. Содержание общего белка определяли по Лоури [7].

Результаты исследований и их обсуждение

Как показали проведенные исследования, вес семенников крыс под влиянием ЭМППЧ достоверно уменьшается во всех подопытных группах, за исключением II, IV и VA (табл. 1). Незначительное увеличение веса гонад отмечено во II группе.

Таблица 1

Вес семенников и содержание тестостерона в плазме крови крыс, подвергавшихся воздействию ЭМППЧ в течение 4 мес ($M \pm m$)

Номер группы	Количество животных	Вес семенников, мг	Содержание тестостерона, нг/мл
Опыт 1			
I	3	1286 ± 94	$1,15 \pm 0,23$
		$< 0,05$	$> 0,05$
IA	4	1277 ± 75	$1,0 \pm 0,27$
		$< 0,05$	$> 0,05$
III	4	1252 ± 45	$1,32 \pm 0,54$
		$< 0,05$	$> 0,05$
IV	4	1415 ± 111	$0,89 \pm 0,23$
		$> 0,05$	$> 0,05$
V	5	1362 ± 58	$1,23 \pm 0,35$
		$< 0,05$	$> 0,05$
VA	3	1520 ± 85	$1,03 \pm 0,23$
		$> 0,05$	$> 0,05$
VI	9	1640 ± 128	$0,99 \pm 0,27$
Опыт 2			
II	5	1578 ± 83	$2,64 \pm 0,5$
		$< 0,05$	$> 0,05$
VII	4	1325 ± 45	$3,81 \pm 1,1$

Примечание. Со знаками $>$ и $<$ приведены значения p по сравнению с соответствующими контрольными группами.

Содержание тестостерона в плазме крови подопытных и контрольных крыс характеризовалось значительной вариабельностью внутри отдельных групп опыта 1. Наряду с достаточно высокими величинами (2,25—2,92 нг/мл) встречались и довольно низкие (0,33—0,72 нг/мл). Это связано с сезонными колебаниями андрогенной активности се-

менников крыс. Животных забивали осенью, когда секреция тестостерона резко снижается по сравнению с весенне-летним периодом [6]. По этой же причине среднее содержание тестостерона у контрольных животных, обследованных летом (опыт 2), в четыре раза выше, чем в опыте 1.

Не обнаружено достоверных различий между уровнями циркулирующего тестостерона у контрольных и подопытных животных как непосредственно после пребывания в ЭМПЧ, так и спустя 1 мес после «облучения».

У животных II и III групп выявлено уменьшение концентрации белка в семенниках на 20—25 %, в остальных группах изменений не обнаружено (табл. 2).

Таблица 2
Влияние ЭМПЧ на активность СД и содержание белка в семенниках крыс ($M \pm m$)

Номер группы	Количество животных	Активность СД			Содержание белка, г %
		на мг белка	на г ткани	в семеннике	
Опыт 1					
I	3	6,18±1,42 <0,05	216±36 <0,05	264±57 <0,05	3,64±0,29 >0,05
IA	4	5,83±0,61 <0,05	233±17 <0,05	291±10 <0,05	4,03±0,08 >0,05
III	4	6,49±1,77 <0,05	194±35 <0,05	266±64 >0,05	3,00±0,08 <0,05
IV	4	5,18±0,56 <0,05	194±26 <0,05	255±42 <0,05	3,63±0,12 >0,05
V	5	4,59±0,47 <0,05	179±16 <0,05	242±38 <0,05	3,89±0,09 >0,05
VA	3	2,96±0,33 <0,05	127±11 <0,05	184±21 <0,05	4,30±0,10 >0,05
VI	9	1,65±0,13	65±6	99±14	4,01±0,24
Опыт 2					
II	5	4,68±0,17 <0,05	218±16 >0,05	315±32 >0,05	4,67±0,33 <0,05
VII	4	2,94±0,47	175±20	225±26	5,92±0,27

Активность СД в семенниках крыс, так же как и концентрация тестостерона в крови, подвержена сезонным колебаниям. Различия энзиматической активности внутри групп и между двумя контрольными группами были аналогичны описанным различиям в концентрациях тестостерона.

У животных всех подопытных групп наблюдалось существенное возрастание активности СД в половых железах. В опыте 1 степень этого повышения после четырехмесячного воздействия ЭМПЧ была почти одинаковой у животных всех групп, хотя в III группе она была несколько меньшей в расчете на семенник, а в V группе — на мг белка. В опыте 2, несмотря на то, что абсолютные значения средних величин по всем расчетным показателям у подопытных животных превышали контрольные цифры, эти изменения статистически подтверждены только для энзиматической активности на мг белка. Повышенная по сравнению с контролем активность СД сохранялась и через месяц после прекращения воздействия ЭМПЧ. В то же время отмечена заметная тенденция к ослаблению описанного эффекта, что может свидетельствовать о начале восстановительного процесса.

Обращает на себя внимание определенное расхождение между индуцируемым ЭМПЧ усилением ферментативной активности в семенниках крыс и отсутствием зна-

чительных изменений уровня циркулирующего тестостерона. Подобное расхождение может быть обусловлено тем, что стимуляция биосинтеза стероидов распространяется не на все звенья этого процесса, в результате чего отмечается усиленное образование Δ^4 -3-кетостероидов, отличающихся по своей структуре от тестостерона. В пользу этого предположения свидетельствует возрастание экскреции 17-кетостероидов с мочой у животных под влиянием ЭМПЧ [2].

Снижение концентрации белка в семенниках крыс некоторых подопытных групп согласуется с наблюдениями об угнетающем влиянии ЭМПЧ на энергетические процессы в гонадах [1].

Анализ представленных данных свидетельствует об отсутствии зависимости изменений ферментативной активности от продолжительности, режима воздействия ЭМПЧ и его напряженности в пределах 10—20 кВ/м. Вызываемая ЭМПЧ активация стероидогенеза в семенниках крыс может рассматриваться как проявление функционального напряжения половых желез вследствие включения нейроэндокринных механизмов в общую реакцию организма.

Выводы

1. Влияние ЭМПЧ на эндокринную функцию семенников крыс состоит в интенсификации процессов стероидогенеза и соответствующем повышении активности стероид- Δ^5 -3 β -ол-дегидрогеназы.

2. Четырехмесячное «облучение» ЭМПЧ не вызывает существенных изменений уровня тестостерона в плазме периферической крови.

Список литературы

1. Андриенко Л. Г., Думанский Ю. Д., Рудиченко В. Ф., Мелешко Г. И. Влияние электромагнитных полей промышленной частоты на сперматогенную функцию.— *Врач. дело*, 1977, № 9, с. 116—118.
2. Думанский Ю. Д. и др. Изучение условий пребывания населения в электрическом поле ВЛ 330, 500 750 кВ и разработка гигиенических нормативов для населенных мест.— *Отчет КНИИОиКГ*, Киев, 1975, с. 445.
3. Дышловой В. Д., Качура В. С. Влияние электромагнитных полей промышленной частоты на организм человека и биологические объекты. Киев: Общество «Знание» УССР, 1977. 20 с.
4. Козярин И. П., Попович В. М. Оценка гигиенического значения электрического поля линий электропередачи в условиях населенных мест.— *Врач. дело*, 1977, № 11, с. 120—124.
5. Резников О. Г., Демченко В. М., Нищименко О. В. Вплив антитестикулярної цитотоксичної сироватки на утворення тестостерону в сім'яниках щурів в нормі та при гіпогонадізмі, зумовленому введенням хлориду кадмію.— *Фізіол. журн. АН УРСР*, 1976, № 5, с. 616—621.
6. Серова Л. И. Роль медиально-базального гипоталамуса в сезонных изменениях уровня тестостерона в периферической крови самцов белых крыс.— *Пробл. эндокринологии*, 1974, № 5, с. 45—48.
7. Lowry O. Protein measurement with the Folin phenol reagent.— *J. Biol. Chem.*, 1951, 193, p. 265—275.

Лаборатория нейрогормональной регуляции
размножения Киевского института
эндокринологии и обмена веществ

Поступила в редакцию
19. X 1979 г.