

### ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНО-МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У ЗДОРОВЫХ КРЫС

УДК 611.08

**Королев Ю.Н., Михайлик Л.В., Никулина Л.А.**

*Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия*

### EFFECT OF LOW-INTENSITY ELECTROMAGNETIC RADIATION ON STRUCTURAL AND METABOLIC PROCESSES IN HEALTHY RATS

**Korolev Y.N., Mikhailik L.V., Nikulina L.A.**

*National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia*

#### **Введение**

Изучение структурно-метаболических изменений в органах здоровых животных при действии низкоинтенсивного ЭМИ СВЧ является несомненно важным для понимания особенностей развития адаптационных процессов в организме. Знание этих вопросов позволит более обоснованно подойти к разработке способов первично-профилактического воздействия низкоинтенсивного ЭМИ СВЧ на функциональное состояние организма [1, 2], в том числе в условиях неблагоприятного воздействия факторов среды. В связи с этим в настоящей экспериментальной работе ставилась цель изучить эффекты действия низкоинтенсивного ЭМИ СВЧ на развитие адаптационных структурно-метаболических реакций в семенниках, печени и тимусе у здоровых крыс-самцов.

#### **Материалы и методы исследования**

Эксперименты проведены на 24 белых беспородных крысах-самцах, которые были разделены на 3 группы. Животные 1-ой опытной группы получали курс ЭМИ СВЧ, животные 2-ой группы (контроль) – вместо ЭМИ СВЧ получали мнимые процедуры без включения прибора, животные 3-ей группы (интактные) никаким воздействиям не подвергались. Курс воздействия ЭМИ СВЧ (10 процедур) проводили на поясничную область животного (зона проекции надпочечников) от аппарата «Акватон-2» (плотность потока мощности менее 1 мкВт/см<sup>2</sup>, частота около 1000 Мгц, время воздействия 2 минуты). Животных декапитуировали на следующий день после окончания курса процедур. В семенниках и печени изучали общую антиокислительную активность, состояние биосинте-

ческих процессов по содержанию нуклеиновых кислот (РНК и ДНК). Функциональное состояние тимуса оценивали по его абсолютной и относительной массе, удельной активности генома его клеток, определяемой как произведение числа ядер тимоцитов (в расчете на единицу массы тимуса) на интенсивность включения красителя акридинового оранжевого (АО) в дезоксирибонуклеотид каждого из ядер [3]. Для светооптических исследований семенники фиксировали в смеси Буэна, заливали в парафин, срезы окрашивали гематоксилином Эрлиха с докраской эозином. Для электронно-микроскопических исследований семенники фиксировали в 4% параформальдегиде, приготовленном на фосфатном буфере (pH 7,4), постфиксировали в 1% OsO<sub>4</sub>. После обезвоживания образцы заключали в смесь эпон-аралдит. Исследование образцов проводили на электронном микроскопе Libra 120 (Германия) с программой Carl Zeiss STM Nano Technology system Division, которая включает в себя как режим трансмиссионного исследования, так и математическую обработку внутриклеточных структур. Осуществляли морфометрический анализ митохондрий в клетках Сертоли. Для статистической обработки данных использовали параметрический t-критерий Стьюдента и непараметрический U – критерий Манна-Уитни.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Результаты исследования показали, что при действии ЭМИ СВЧ у здоровых животных в семенниках наблюдалось увеличение количества РНК на 45,8% (p<0,01) и ДНК на 26,9% (p<0,01), что указывало на активную стимуляцию их биосинтеза. В печени под влиянием ЭМИ СВЧ

также отмечалось усиление биосинтеза РНК, однако этот процесс был выражен явно слабее, чем в семенниках (увеличение на 23,3%,  $p < 0,01$ ), а содержание ДНК фактически оставалось прежним. Следовательно, в этих двух органах развивалась отчетливая активация биосинтеза нуклеиновых кислот, особенно РНК, что способствовало усилению процессов внутриклеточной регенерации и увеличению численности ультраструктур [4–7]. На этом фоне отмечалось усиление активности антиокислительной системы, которая отчетливо проявлялась только в печени ( $p < 0,05$ ), в семенниках она практически оставалась на прежнем уровне.

При морфологическом исследовании в семенниках отмечалось достоверное увеличение числа клеток Лейдига на 25,3% ( $p < 0,01$ ), в виде тенденции повышалась также численность клеток Сертоли. Ультраструктурный анализ этих клеток показал, что под влиянием ЭМИ СВЧ происходило усиление их биоэнергетического потенциала – число митохондрий повышалось на 29,5% ( $p < 0,01$ ), средняя площадь на 16% ( $p < 0,01$ ), а суммарная площадь становилась выше не только уровня контроля (на 50,8%,  $p < 0,01$ ), но и интактных животных (на 34,0%,  $p < 0,01$ ). Кроме того, отмечалась активация белоксинтезирующих органелл (рибосом, гранулярной эндоплазматической сети). Изменения в тимусе проявлялись в виде тенденции к увеличению его абсолютной массы по сравнению с животными контрольной и интактной групп. Однако при этом численность ядер тимоцитов, наоборот, проявляла тенденцию к снижению. В этих ус-

ловиях происходило более выраженное усиление процессов связывания красителя (АО) ядрами тимоцитов (на 32,0%,  $p < 0,01$  по сравнению с контролем и на 67,0%,  $p < 0,001$  по сравнению с интактными животными). Эти сдвиги достоверно повышали уровень удельной активности генома этих клеток (по сравнению с контролем – на 15,3%,  $p < 0,01$ ; по сравнению с интактными животными – на 49,8%,  $p < 0,01$ ). Можно полагать, что изменения в активности генома тимоцитов под влиянием ЭМИ СВЧ были вызваны, в частности, конформационными перестройками в ДНК и ядерной мембране [3] и свидетельствовали о повышении функциональной активности этих клеток и тимуса в целом.

### Заключение

Таким образом, действие низкоинтенсивного ЭМИ СВЧ повышало интенсивность адаптационных структурно-метаболических реакций в клетках и тканях здоровых животных, которые, что важно отметить, развивались на фоне усиления функциональной активности тимуса. Это свидетельствует о том, что в механизме действия низкоинтенсивного ЭМИ СВЧ выявленные адаптационные структурно-метаболические и иммунные реакции были тесно связаны между собой и способствовали формированию адаптационных процессов в организме. Результаты исследований указывают на перспективность использования низкоинтенсивных ЭМИ СВЧ с целью повышения устойчивости организма к различным экстремальным факторам.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бобровницкий И.П., Нагорнев С.И., Яковлев М.Ю., Шашлов С.В. Автоматизированный мониторинг функциональных резервов организма и коррекция биологического возраста в обеспечении здорового активного долголетия человека // Вестник восстановительной медицины. 2016. (1): 65–68.
2. Шендеров Б.А. Роль митохондрий в профилактической, восстановительной и спортивной медицине // Вестник восстановительной медицины. 2018. (1), 21–31.
3. Боголюбов В.М., Зубкова С.М., Михайлик Л.В., Варакина Н.И. Возможности регуляции активности клеток тимуса при трансцеребральном применении физических факторов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 1997. (3), 3–8.
4. Меерсон Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика. Москва, Наука; 1981: 277с.
5. Королев Ю.Н., Бобровницкий И.П., Гениатулина М.С., Никулина Л.А. Регенеративные процессы в клетках Сертоли и Лейдига у крыс при сочетании применения питьевой минеральной воды и магнитного поля в условиях стресса // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2014. (3), 40–44.
6. Королев Ю.Н., Михайлик Л.В., Никулина Л.А., Гениатулина М.С. Особенности развития метаболических и регенеративных процессов при действии низкоинтенсивных электромагнитных излучений в условиях радиационного облучения (экспериментальное исследование) // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры 2017. (4), 410–413.
7. Королев Ю.Н., Бобровницкий И.П., Гениатулина М.С., Никулина Л.А., Михайлик Л.В. Ультраструктура клеток Сертоли и сперматогониев при лечебно-профилактическом применении низкоинтенсивных электромагнитных излучений в условиях радиационного облучения крыс. // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2018. (1), 35–40.

### REFERENCES:

1. Bobrovnickij I.P., Nagornev S.I., Yakovlev M.YU., Shashlov S.V. Avtomatizirovannyj monitoring funkcional'nyh rezervov organizma i korrekciya biologicheskogo vozrasta v obespechenii zdorovogo aktivnogo dolgoletiya cheloveka // Vestnik vosstanovitel'noj mediciny. 2016. (1): 65–68.
2. Shenderov B.A. Rol' mitohondrij v profilakticheskoj, vosstanovitel'noj i sportivnoj mediciny // Vestnik vosstanovitel'noj mediciny. 2018. (1), 21–31.
3. Bogolyubov V.M., Zubkova S.M., Mihajlik L.V., Varakina N.I. Vozmozhnosti regulyacii aktivnosti kletok timusa pri transcerebral'nom primenenii fizicheskikh faktorov // Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoj kul'tury. 1997. (3), 3–8.
4. Meerson F.Z. Adaptacija, stress i profilaktika. Moskva, Nauka; 1981: 277s.
5. Korolev Y.N., Bobrovnickij I.P., Geniatulina M.S., Nikulina L.A. Regenerativnye processy v kletkah Sertoli i Lejdiga u krys pri sochetannom primenenii pit'evoj mineral'noj vody i magnitnogo polya v usloviyah stressa // Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoj kul'tury. 2014. (3), 40–44.
6. Korolev Y.N., Mihajlik L.V., Nikulina L.A., Geniatulina M.S. Osobennosti razvitiya metabolicheskikh i regenerativnyh processov pri dejstvii nizkointensivnyh elektromagnitnyh izluchений v usloviyah radiacionnogo oblucheniya (eksperimental'noe issledovanie) // Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoj kul'tury 2017. (4), 410–413.
7. Korolev YU.N., Bobrovnickij I.P., Geniatulina M.S., Nikulina L.A., Mihajlik L.V. Ul'trastruktura kletok Sertoli i spermatogoniev pri lechebno-profilakticheskom primenenii nizkointensivnyh elektromagnitnyh izluchений v usloviyah radiacionnogo oblucheniya krys. // Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoj kul'tury. 2018. (1), 35–40.

**РЕЗЮМЕ**

В экспериментах на 24 здоровых нелинейных крысах-самцах было установлено, что действие низкоинтенсивного электромагнитного излучения сверхвысокой частоты повышало интенсивность адапционных структурно-метаболических реакций в семенниках и печени, которые развивались на фоне усиления функции тимуса.

**Ключевые слова:** низкоинтенсивное электромагнитное излучение, здоровые крысы, семенники, печень, тимус.

**ABSTRACT**

In experiment on 24 healthy nonlinear male rats was found that the effect of low-intensity electromagnetic field of ultra-high frequency increased the intensity of adaptive structural and metabolic reactions in the testes and liver as a reaction on increased thymus function.

**Keywords:** low-intensity electromagnetic radiation, healthy rats, testes, liver, thymus.

---

---

**Контакты:**

**Королев Юрий Николаевич.** E-mail: korolev.Yur@yandex.ru

