

ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БРЫЖЕЕЧНЫХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Н. Г. Краюшкина, Л. И. Александрова, В. Л. Загребин, А. А. Нестерова, Н. А. Мураева

*Волгоградский государственный медицинский университет,
кафедра гистологии, эмбриологии, цитологии, кафедра анатомии человека*

Проведено экспериментальное исследование реакции брыжеечных лимфатических узлов на воздействие электромагнитных полей антропогенной природы. При увеличении времени эксперимента отмечался фазный характер реакции площадей лимфоидных узелков брыжеечных лимфатических узлов. Показана значимость воздействия переменного электромагнитного поля (ПемП) промышленной частоты (ПЧ), определяющего характер описанных морфологических изменений брыжеечных лимфатических узлов в зависимости от сроков облучения, причем наиболее выраженные изменения планиметрических параметров наблюдались при воздействии переменного электромагнитного поля промышленной частоты до 14 дней.

Ключевые слова: брыжеечные лимфатические узлы, лимфоидные узелки, электромагнитное поле.

MORPHOMETRIC PARAMETERS CHANGES OF MESENTERIC LYMPH NODES IN LABORATORY ANIMALS EXPOSED TO ELECTROMAGNETIC FIELD OF INDUSTRIAL FREQUENCY

N. G. Krajushkina, L. I. Aleksandrova, V. L. Zagrebin, A. A. Nesterova, N. A. Muraeva

An experimental study of the reaction of mesenteric lymph nodes to the effects of anthropogenic electromagnetic fields was carried out. The phasic type of reaction of lymphoid nodules areas of mesenteric lymph nodes was observed by increasing the duration of the experiment. The significance of the impact of alternating electromagnetic field of industrial frequency defining the nature of the described morphological changes of mesenteric lymph nodes is shown, depending on the time of exposure, with the most pronounced changes in planimetric parameters observed upon exposure to an alternating electromagnetic field of industrial frequency up to 14 days.

Key words: mesenteric lymph nodes, lymphoid nodules, electromagnetic field.

Известно позитивное воздействие электромагнитного излучения на биологические системы определенных физических параметров. Вместе с тем в литературе подчеркивается более актуальная проблема — исследования дестабилизирующих реакций в связи с неблагоприятным влиянием переменного электромагнитного поля (ПемП) промышленной частоты (ПЧ) для обеспечения предотвращения их последствий. Интерес к проблеме определяется наличием естественных электромагнитных полей, представляющих собой слагаемое излучений Солнца, атмосферы и Земли, которые являются, наряду с воздухом и водой, одними из биосферных факторов и, следовательно, важнейшим условием существования всего живого на Земле. Кроме того, биологические объекты обладают собственными электромагнитными полями, наличие которых сопровождается жизнедеятельностью клеток и межклеточные связи [8].

Очевидно, условием существования биологических объектов и является взаимодействие внутренних и окружающих природных электромагнитных полей, эволюционно детерминирующих адаптацию к ним всего живого. Можно предполагать, что на основе такого рода «естественного» взаимодействия эндогенных и внешних электромагнитных полей и разрабатываются принципы применения их в медицине.

Изучение терапевтического эффекта применения электромагнитных полей имеет важное практическое значение и поэтому требует особого обсуждения. Установлено положительное воздействие электромагнитного излучения на систему гомеостаза [6], а также его иммуномодулирующий эффект. Лечебный эффект проявляется улучшением микроциркуляции в органах и тканях, стимуляцией регенераторных процессов, возможностями более эффективного применения химиопрепаратов, купированием воспалительных и отечных явлений [7].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выявление планиметрических изменений лимфоидных узелков (ЛУ) брыжеечного лимфатического узла (БЛУ) при воздействии электромагнитных полей антропогенной природы. Задачи: изучить наиболее информативные количественные параметры БЛУ — площади ЛУ в контроле и эксперименте при воздействии ПемП ПЧ. Выявить динамику реакции ЛУ БЛУ в различные сроки эксперимента.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Брыжеечные ЛУ располагаются у кролика в корне брыжейки тонкой кишки. Часть из них (обычно 4 узла) топографически тесно объединены и воспринимаются как единый конгломерат. Центральный брыжеечный лимфатический узел, расположенный обособленно у

места выхода из аорты краниальной брыжеечной артерии, был использован для исследований.

Материалом для работы послужили БЛУ 50 клинически здоровых половозрелых (6 мес.) кроликов — самцов породы шиншилла в норме (10 животных — 1 группа) и при экспериментальном воздействии ПеМП ПЧ с напряженностью 16 кА/м и экспозицией по 6 часов в сутки в течение 1, 7, 14 и 28 дней — 2, 3, 4 и 5 группы соответственно (по 10 животных в каждой группе). Для определения планиметрических параметров ЛУ использован морфометрический анализ [4].

Применялось электромагнитное поле частотой 50 Гц с уровнем напряженности 16 кА/м и градиентом 250 а/м/см. Направленность силовых линий по отношению к экспериментальным животным, у которых ось туловища расположена горизонтально, была выбрана в связи с направленностью естественного геомагнитного поля стоящего человека в направлении, поперечном его продольной оси.

Экспозиция ПеМП ПЧ определялась, прежде всего, временем экспериментального воздействия к лунным ритмам геомагнитного поля. В значительной части магнитно-биологических экспериментов экспозиция кратна или дольна лунному ритму: 7, 14, 28 дней [1, 2, 3], поскольку в течение продолжительного времени представители животного царства адаптировались к лунным ритмам геомагнитного поля. В работе была использована экспозиция 7, 14, 28 суток. Для выявления структурных изменений лимфатических узлов в начальных стадиях воздействия забор материала осуществляли также после 6-часового облучения. Для унификаций условий исследования эксперименты проводились в наиболее благоприятный для этого зимний период времени. С учетом требований гигиены труда по магнитобиологическим исследованиям, облучение животных ПеМП ПЧ проводили продолжительностью 6 часов в сутки с 9 до 15 часов. Забор материала осуществляли через сутки после воздействия экспериментальным фактором.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При коротких сроках облучения (1, 3 часа) выявлялась тенденция к увеличению размеров площадей, однако без достоверных различий с контролем. С увеличением продолжительности воздействия (1 день и более) площадь продольного среза лимфоузла начинала уменьшаться и при 5- и особенно 7-дневных облучениях оказывалась достоверно ниже контрольных значений ($p < 0,01$). Та же закономерность сохранялась и при 14-дневном воздействии ($p < 0,05$). Дальнейшее увеличение продолжительности воздействия ПеМП ПЧ не сопровождалось изменением площади узла, его размеры уже не отличались от таковых контрольных животных.

Проведенный дисперсионный анализ подтвердил обусловленность происходящих изменений планиметрических показателей брыжеечного лимфатического узла воздействием ПеМП ПЧ. Анализ дисперсии показал, что по сравнению с другими возможными факторами (напри-

мер, влияние сезонов года) именно воздействие магнитного поля оказывало самое существенное влияние на размеры площади брыжеечного лимфатического узла (до 95%). Анализ корреляционных связей между размерами лимфатического узла и сроками облучения указывало на высокую (коэффициент корреляционного отношения равен 0,98), статистически достоверную взаимосвязь. Тем не менее, даже после 5-, 17- и 14-дневных облучений, когда размеры брыжеечных лимфатических узлов статистически достоверно отличались от уровня контроля, сохранялся нормальный характер распределения вариантов (критерий «лямбда» по А. Н. Колмогорову и Н. В. Смирнову равен 0,47).

Лимфоидные узелки являются одной из наиболее лабильных, наиболее подверженных воздействию ПеМП ПЧ, структур брыжеечного лимфатического узла. Общее их количество в площади среза индивидуально колебалось от 17 до 92 на узел, составляя в среднем у контрольных животных $59 \pm 3,34$. Воздействие магнитного поля не изменяло общее число лимфоидных узелков в площади срединного продольного среза брыжеечного лимфатического узла.

Большая часть лимфоидных узелков на площади среза узла определялась в корковом веществе как у контрольных, так и экспериментальных животных. Среднее их количество и в корковом веществе, и в мозговом достоверно не изменялось в процессе воздействия ПеМП ПЧ. Числовой коэффициент регрессии изменения числа лимфоидных в узелков от сроков воздействия ничтожно мал (0,074), а коэффициент корреляции числа лимфоидных узелков в узле от сроков облучения был равен +0,053, что означает отсутствие зависимости между числом лимфоидных узелков в брыжеечных ЛУ и сроками воздействия ПеМП ПЧ. Сказанное относится как к общему числу узелков на площади среза брыжеечного ЛУ в целом, так и к количеству их в корковом и мозговом веществе.

Если общее число лимфоидных узелков как коркового, так и мозгового вещества брыжеечных узлов практически не изменялось при разных сроках воздействия магнитного поля, то соотношение лимфоидных узелков без центра размножения и лимфоидных узелков с центром размножения и в корковом, и в мозговом веществе более изменчиво и вполне определенно зависело от сроков облучения.

На площади среза брыжеечных ЛУ в корковом веществе в контроле определялось в среднем ($17 \pm 1,3$) лимфоидных узелков без центра размножения. После 1-, 3-часового и 1-дневного воздействий ПеЭМП ПЧ их число достоверно не отличалось от контроля. После 3-дневного облучения наблюдалось уменьшение их количества. Минимальное число лимфоидных узелков без центра размножения в корковом веществе брыжеечных лимфатических узлов отмечалось после 7 и 14 дней воздействия, составляя всего ($9 \pm 1,9$) и ($10 \pm 2,4$) соответственно. При дальнейшем облучении животного ПеМП ПЧ наблюдалось восстановление числа лимфоидных узелков: после 21-го дня облучения их насчитывалось в среднем ($14 \pm 1,2$), а после 28 дней — ($16 \pm 3,5$) без достоверных различий с контро-

лем. Дисперсионный и корреляционный анализы показывают, что колебания числа лимфоидных узелков без центра размножения в корковом веществе тесно связаны со сроками облучения (коэффициент корреляционного отношения 0,85—0,98) и на 90—95 % обусловлены именно воздействием фактора ПемП ПЧ.

На площади среза брыжеечных лимфатических узлов в корковом веществе число лимфоидных узелков с центром размножения у контрольных животных составляло $26 \pm 2,04$. Достоверное увеличение их числа в процессе облучения животных отмечалось только при 5-дневном воздействии. Эта тенденция сохранялась и при 7, 14 и 21-дневных облучениях, однако значительный разброс индивидуальных значений определил невысокий коэффициент достоверности различий среднегрупповых величин контрольной и экспериментальной групп. При 28-дневном воздействии ПемП ПЧ количество лимфоидных узелков с центром размножения на срезе в корковом веществе практически не отличалось от контроля. Корреляционный и дисперсионный анализы показывают такую же тесную взаимосвязь количества лимфоидных узелков с центром размножения в корковом веществе и с самим фактором магнитного поля, и со сроками его воздействия, как и у лимфоидных узелков без центра размножения.

Соотношение числа лимфоидных узелков без центра размножения и с центром размножения на площа-

ди среза брыжеечных лимфатических узлов в мозговом веществе при воздействии на животных ПемП ПЧ мало отличалось от контроля. Отмечена отчетливая реакция только после 1-часового облучения. Количество узелков с центром размножения составило только 56% от контрольных значений, а количество узелков без центра размножения 43%. Продолжительность облучения не сказывалась существенно на общем количестве узелков и их соотношении.

Внешне и микроскопически лимфоидные узелки коркового вещества без центра размножения на срезе имели вид округлых образований, довольно плотно заселенных клеточными элементами.

После семидневного облучения животных ПемП ПЧ показательны и изменения клеточных соотношений в анализируемых зонах лимфоидных узелков коркового вещества. Так, в центре размножения лимфоидных узелков значительно уменьшалось относительное количество малых лимфоцитов и становилось равным $(6,7 \pm 0,05) \%$, а средних лимфоцитов — $(62,1 \pm 0,13) \%$; отмечалась тенденция к уменьшению малодифференцированных клеток и появлению дегенерирующих клеточных форм. В мантии заметно снижение относительного количества средних лимфоцитов до $(37,0 \pm 0,17) \%$, а больших лимфоцитов — до $(1,5 \pm 0,02) \%$ (рис.).

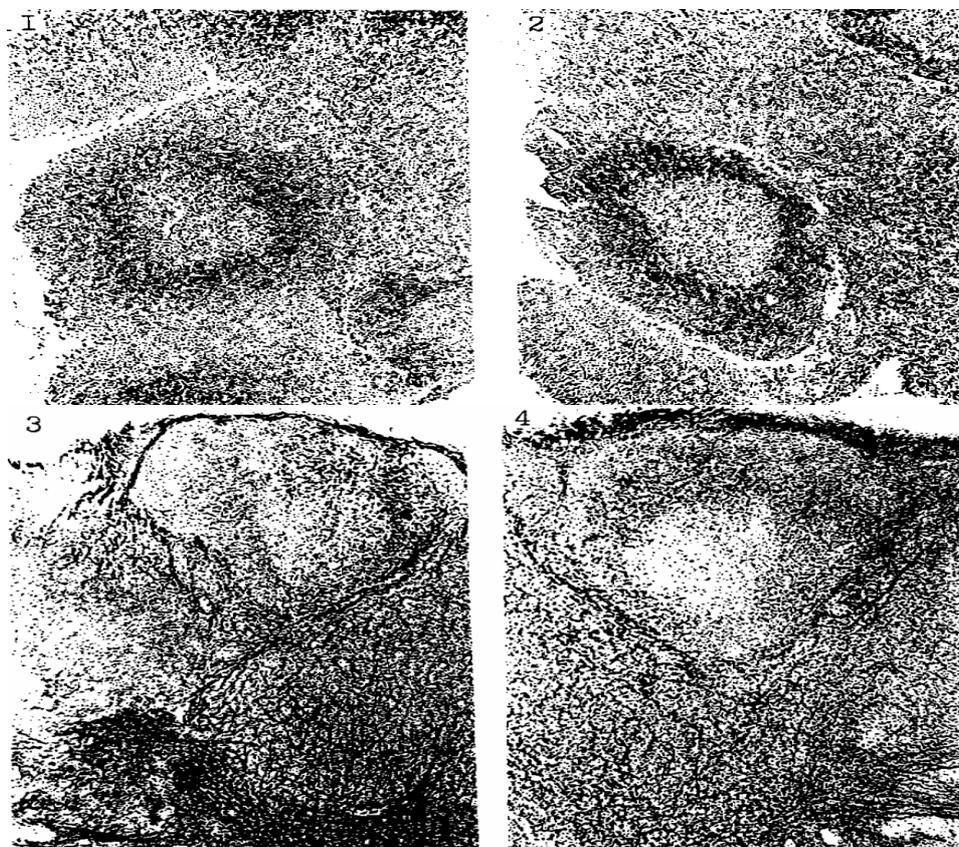


Рис. Микрофотография лимфоидных узелков с центром размножения из коркового вещества брыжеечного лимфатического узла. Срок воздействия ПемП ПЧ — 7 дней. 1, 2 — окраска-азур-2-эозином. 3, 4 — окраска по Гомори. Увеличение: $\times 91$

После 14 дней воздействия при достоверно пониженных средних значениях площади лимфоидных узелков появлялись отдельные признаки восстановления. Качественно лимфоидный узелок на срезе узла выглядел не только увеличенным по сравнению с 7-дневным облучением, но и потемневшим, более контрастным. Его мантия становилась шире, темнее, занимая в общей площади всего узелка уже $(54 \pm 5) \%$, а центр размножения несколько уменьшался $[(46+5) \%$ общей площади узелка] и казался светлее на фоне потемневшей мантии.

На кривой кроссузелковой микрофотометрии все это находило объективное отражение. Центр размножения еще велик, но спад кривой в его области — более глубокий и более контрастный, чем при 5- и 7-дневных облучениях. Размах величины оптической плотности между центром размножения и мантией составлял в среднем 0,1 единицы оптической плотности.

Более длительное воздействие ПеМП ПЧ (21 день) не сопровождалось углублением сдвигов. Напротив, признаки восстановления в лимфоидных узелках коркового вещества проявлялись все ярче. Так, площадь каждого лимфоидного узелка с центром размножения на срезе уже достигала (81000 ± 7000) мкм², а их общая площадь на центральном продольном срезе центрального брыжеечного лимфатического узла — $(2,63 \pm 0,45)$ мм². Вместе с увеличением их размеров отмечалась и внутренняя перестройка. Мантия становилась довольно широкой. Она темным пояском окружала центр размножения, занимая $(62 \pm 1,54) \%$ общей площади лимфоидного узелка. Центр размножения по размерам приближался к уровню контроля и довольно контрастно отделялся от окружающей его мантии. На кривой кроссузелковой микрофотометрии мантия представлена хорошо выраженными высокими боковыми возвышениями. Размах величины оптической плотности между мантией и центром размножения — порядка 0,10 единиц оптической плотности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При однократных 1-, 3-, 6-часовых облучениях реакция лимфоузлов связана с небольшим увеличением размеров площади лимфоидных узелков (в отдельности и суммарно) на срединном продольном срезе лимфатического узла и, соответственно, увеличением площади среза всего узла. Более продолжительное облучение кроликов — в течение 3, 5, 7 дней (3-, 5-, 7-кратно по 6 часов в день) характеризовалось значительным (высокая степень достоверности различий с контролем) уменьшением размеров лимфатических узлов (на площади среза), площади лимфоидных узелков (при неизменном их количестве), особенно узелков без центра размножения. В лимфоидных узелках с центром размножения резко уменьшалась относительная площадь мантии и воз-

растала площадь центра размножения. Процент лимфоцитов и бластов снижался, увеличивалось относительное содержание ретикулярных и дегенерирующих клеток. Уменьшались на площади среза лимфатического узла абсолютные размеры паракортикальной, межузелковой зон и мягкотных тяжей. Последние становились осветленными, «прозрачными» с неровными и нечеткими контурами. Процентное содержание в них малых лимфоцитов резко падало. Абсолютные размеры капсулы, трабекул, синусов мало изменялись, а их относительные размеры соответственно возрастали. Дальнейшее воздействие на животных ПеМП ПЧ (14 дней и более) не сопровождалось нарастанием отклонений в структуре и клеточном составе лимфатических узлов. Напротив, к 21—28 дням облучения все исследованные показатели возвращались к исходным (контрольным) значениям. Статистические расчеты с использованием методов корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов подтверждали высокую статистическую значимость именно фактора воздействия ПеМП ПЧ, определяющего характер описанных морфологических изменений брыжеечных лимфатических узлов в зависимости от сроков облучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авилова И. А., Попов М. И., Стародубова Л. В. // Вестн. новых мед. технологий. — 2006. — Т. 13, № 2. — С. 67—70.
2. Александрова Л. И. Морфология органов иммунной системы при воздействии переменного электромагнитного поля промышленной частоты (Экспериментально-морфологическое исследование): Автореф. дис. ... д-ра. мед. наук. — М., 1995. — 40 с.
3. Александрова Л. И., Краюшкина Н. Г., Загребин В. Л. и др. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2013. — № 2. — С. 32—36.
4. Бессонов А. Е., Калмыкова А. Е. Информационная медицина. — М.: «Лидо», 2003. — 406 с.
5. Капитонова М. Ю., Краюшкин А. И., Дегтярь Ю. В., Загребин В. Л. Методы лимфологии и иммуноморфологии: монография. — Волгоград: Изд-во ВолГМУ, 2009. — 100 с.
6. Киричук В. Ф., Махова Т. А. // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 2000. — № 1. — С. 8—17.
7. Клочков В. В., Клочков А. В. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2009. — № 4. — С. 40—44.
8. Полина Ю. В. Влияние различных частотных режимов низкоинтенсивного электромагнитного излучения и стресса на морфофункциональное состояние надпочечников (экспериментальное исследование): автореф. дис. ... к. м. н. — Волгоград, 2009. — 20 с.

Контактная информация

Краюшкина Наталья Геннадьевна — ст. преп. кафедры гистологии, эмбриологии, цитологии, Волгоградский государственный медицинский университет, e-mail: krayushkin_ai@mail.ru