
МОРФОЛОГИЯ

А. Т. Яковлев, Л. И. Александрова², Е. А. Загороднева¹, Н. Г. Краюшкина¹

Волгоградский государственный медицинский университет,

¹ кафедра клинической лабораторной диагностики

с курсом клинической лабораторной диагностики ФУВ;

² кафедра анатомии человека

ЛИМФАТИЧЕСКИЙ УЗЕЛ КАК МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ «ИНДИКАТОР» ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

УДК 611.482. 746.3+538.2

Представлены результаты морфологических изменений лимфатических узлов кролика на воздействия переменного электромагнитного поля промышленной частоты. Установлено, что «реакция» лимфатических узлов на данный дестабилизирующий фактор может служить морфологическим «индикатором» электромагнитных излучений.

Ключевые слова: лимфатический узел, электромагнитные излучения.

A. T. Yakovlev, L. I. Alexandrova, E. A. Zagorodneva, N. G. Krayushkina

A LYMPH NODE AS A MORPHOLOGICAL INDICATOR OF ELECTROMAGNETIC RADIATION

The article describes morphological changes in the lymph nodes of rabbits exposed to a high-frequency alternating magnetic field. We established that the reactions in lymph nodes to destabilizing effects of electromagnetic fields can act as morphological indicators of electromagnetic radiation.

Key words: lymph node, electromagnetic radiation.

В настоящее время актуальным является изучением «реакции» органов иммуногенеза и, прежде всего, самых многочисленных – лимфатических узлов (ЛУ) [15] на электромагнитные воздействия, которые, как считают многие исследователи, на сегодняшний день представляет собой для биологических объектов «электромагнитный смог» [1–9, 12–14].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

При экспериментальном воздействии электромагнитного поля на биологические объекты выявить структурные преобразования ЛУ, которые можно было бы использовать в качестве морфологического «индикатора» влияния данного дестабилизирующего фактора.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучены висцеральные (брыжеечные) и соматические (паховые) ЛУ клинически здоро-

вых половозрелых (6 месяцев) кроликов-самцов породы шиншилла, 10 интактных животных (контроль) и 40 в экспериментальной группе по 10 кроликов, подвергаемых воздействию переменного электромагнитного поля промышленной частоты (ПЭМП ПЧ) – 50 Гц и напряженности 16 кА/м. Каждые 10 опытных животных подвергали воздействию экспериментального фактора в течение 1, 7, 14 и 28 суток (по 6 часов в день). Забор материала осуществляли на следующий день после завершения эксперимента.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с принципами биоэтики [6]. Извлеченные ЛУ фиксировали в жидкости Карнуа и 10%-м водном растворе формалина, изготавливали парафиновые блоки, из которых в соответствии с общепринятыми методиками готовили серийные гистологические срезы толщиной 5–7 мкм, сделанные на уровне ворот

и полюсов ЛУ. Полученные срезы окрашивали гематоксилин-эозином, азур II-эозином, по Фельгену, по Футу, по Вейгерту, по Ван Гизону, по Маллори. Давалась качественная характеристика структурам.

Для морфометрического исследования применялся микроскоп фирмы Micros MC 200, цифровая камера Olimpus с разрешением 4 Mpix, объектметр ОМП-У 4.2. Применялась программа «фотометрия Photo M. A. Chernigovsky Loffe Phys Tech inst, версия 1.2.12.2000, а также использован имидж-анализ [9].

Для анализа изменений пространственного распределения ориентировок структур мозгового вещества, в наибольшей мере регулирующих ток лимфы в органе (мозговые тяжи, мозговые синусы), в плоскости среза лимфатического узла при воздействии ПЭМП ПЧ направление преимущественной ориентировки этих структур определяли методом графического анализа пространственного распределения ориентировок.

Способ позволяет по изображению среза узла, с учетом числа пересечений контуров изучаемых структур с условными прямыми линиями, имеющими заданные положения, компьютерной графикой создавать фигуры «розы числа пересечений». Форма получаемой фигуры наглядно характеризует преимущественное направление продольных осей протяженных структур лимфоузлов в норме и изменение ее в результате эксперимента [10].

Для количественных определений изменения степени упорядоченности пространственного расположения мозговых тяжей при воздействии ПЭМП ПЧ применяли методику оценки преимущественной ориентировки морфологических структур по величине углов, образуемых стандартной условной линией и длинной осью протяженного объекта. Количественная характеристика меры организованности пространственной ориентировки структур давалась по среднему квадратическому отклонению полученного вариационного ряда (величины углов). При этом выделяли три вида ориентировок: строгую – при значении σ около нуля; предпочтительную – $\sigma < 30^\circ$ и случайную – при значении $\sigma > 30^\circ$ [11].

Цифровой материал обрабатывали современными методами математической статистики с вычислением выборочных средних, показателей их разнообразия, сходства и различия с использованием программ Statistica StatSoft Enterprise 10.0, Microsoft Word Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что влияние ПЭМП ПЧ различной продолжительности приводит к качественным и количественным изменениям структур соматических (паховых) и висцеральных (брыжеечных) ЛУ. Однодневное облучение в большей степени влияет на соматические ЛУ, иллюстрируя при этом стимулирующее действие, а облучение в течение 7 дней оказывает угнетающий эффект на обе группы ЛУ. Висцеральные ЛУ подвержены морфологической перестройке в меньшей мере, чем соматические.

В висцеральных (брыжеечных) ЛУ после 7 дней облучения ПЭМП ПЧ наблюдается подавление лимфоцитопозитической и иммунопозитической функций преимущественно за счет уменьшения планиметрических параметров В-зависимых зон: лимфоидные узелки – с $(4,065 \pm 0,189) \text{ мм}^2$ до $(1,729 \pm 0,290) \text{ мм}^2$ ($p < 0,001$), мозговые тяжи – с $(10,939 \pm 0,555) \text{ мм}^2$ до $(4,656 \pm 0,593) \text{ мм}^2$ ($p < 0,001$).

В соматических (паховых) ЛУ после 7 дней воздействия ПЭМП ПЧ наблюдается резкое снижение упорядоченности пространственного распределения мозговых тяжей и мозговых синусов, выраженное графически в виде изменения фигуры «розы числа пересечений», что также наблюдается, но в меньшей степени в группе висцеральных (брыжеечных) ЛУ.

Общей закономерностью изменения размеров морфологических структур, а также упорядоченности пространственной ориентировки мозговых тяжей и мозговых синусов ЛУ при воздействии ПЭМП ПЧ является нелинейность структурных изменений: 7 день облучения – период угнетения, 14 день воздействия – начало структурных изменений, направленных к исходным данным, 28 день облучения – период адаптации.

Количественная оценка меры пространственной организованности мозговых тяжей и мозговых лимфатических синусов может быть использована для предположительного суждения о транспортной функции этого органа [15]. Указанную оценку (по среднему квадратическому отклонению величин углов между произвольной линией и длинной осью мозговых тяжей) давали для группы контрольных животных, при облучении в течение 7 дней (период «подавления» морфофункциональной активности органа) и при воздействии ПЭМП ПЧ в течение 28 дней (период «восстановления»). В брыжеечном ЛУ контрольных животных σ для мозговых тяжей составляла $12,34^\circ$ (табл.), то есть $\sigma < 30^\circ$, что квалифицировано в качестве «предпочтительной» их ориентировки.

Количественная оценка меры пространственной организованности мозговых тяжей ЛУ при воздействии ПЭМП ПЧ в зависимости от экспозиции (по значению σ вариационного ряда величины углов, образуемых произвольной линией и длинной осью мозговых тяжей)

Экспозиция ПЭМП ПЧ	σ брыжеечных ЛУ, в град.	σ паховых ЛУ, в град.
Контроль	12,34	3,75
7 дней	51,26	46,36
28 дней	27,32	23,66

После облучения в течение 7 дней этот параметр составил $51,26^\circ$, что говорит о случайной ориентировке ($\sigma > 30^\circ$), количественно свидетельствующая о «дезорганизации» пространственной ориентации мозговых тяжей, а следовательно, и синусов, которые они ограничивают. Полученные морфологические данные косвенно свидетельствуют о нарушении транспортной функции ЛУ. Это может указывать на вероятный лимфостаз и лимфогипертензию в брыжеечном ЛУ после 7 дней эксперимента. После 28 дней воздействия ПЭМП ПЧ σ составила $27,32^\circ$, практически приближаясь к контролю. Вид ориентировки являлся уже «предпочтительным» ($\sigma < 30^\circ$). Это, по-видимому, должно сопровождаться восстановлением дренажной функции брыжеечного ЛУ.

Количественный параметр пространственной ориентировки мозговых тяжей пахового ЛУ в контроле составил $3,75^\circ$ ($\sigma < 30^\circ$), свидетельствуя о «предпочтительности» данной ориентировки, «приближаясь» к «строгой», т. е. о более «организованном» расположении мозговых тяжей, чем в брыжеечном ЛУ. После 7 дней воздействия ПЭМП ПЧ значение σ существенно увеличивается. Оно уступает таковому в брыжеечном ЛУ, но по сравнению с контрольной величиной сигмы пахового ЛУ свидетельствует о более выраженной «реакции» на ПЭМП ПЧ 7-дневной экспозиции ЛУ соматической группы. После 28 дней облучения ПЭМП ПЧ количественная характеристика пространственной ориентировки мозговых тяжей пахового ЛУ свидетельствует о более упорядоченной организации мозговых тяжей по сравнению с периодом «7 дней эксперимента», о чем указывает σ равная $23,66^\circ$ ($\sigma < 30^\circ$), причем меньшая по величине, чем σ после 28 дней облучения в брыжеечном ЛУ ($27,32^\circ$).

Все изложенное свидетельствует о более выраженной динамике перестройки пространственной ориентировки мозговых тяжей ЛУ соматической группы, как в период «угнетения» (7 дней облучения), так и в период «адаптации» (28 дней воздействия полем).

При облучении ПЭМП ПЧ наиболее информативными характеристиками преобразований структур ЛУ, по мере увеличения экспозиции экспериментального фактора, являются планиметрические параметры паренхиматозных образований, графическое выражение и количественные данные меры упорядоченности пространственной организации мозговых тяжей.

Особенности морфологических проявлений реакций паховых и брыжеечных ЛУ на экспериментальный фактор можно объяснить различными функциональными проявлениями соматических и висцеральных ЛУ в норме. Брыжеечные ЛУ, помимо функций общих с паховыми, выполняют особую роль в транспорте жиров от органов пищеварения и в метаболизме жиров [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Под влиянием ПЭМП ПЧ различной продолжительности структуры брыжеечных и паховых ЛУ изменяются нелинейно качественно и количественно с особенностями, в зависимости от локализации органов. После 1 дня облучения (6 часов) структурные изменения в ЛУ иллюстрируют «стимулирующий» эффект, более выраженный в паховых ЛУ, к 7 дням – «угнетающий» эффект, также более заметный в ЛУ соматической группы (паховых), чем в висцеральной (брыжеечных). Период «28 дней воздействия» можно квалифицировать как период «восстановления», который сопровождается морфологическими проявлениями «адаптивных» реакций, когда величины морфометрических параметров структур и степень упорядоченности пространственных ориентировок мозговых тяжей и мозговых синусов иллюстрирует предпочтительность ориентировки в контроле ($\sigma < 30^\circ$) к «случайной» после 7 дней облучения ПЭМП ПЧ ($\sigma > 30^\circ$), а после 28 суток эксперимента – к «предпочтительной» ($\sigma < 30^\circ$).

При облучении ПЭМП ПЧ наиболее информативными характеристиками преобразований структур ЛУ, по мере экспозиции экспериментального фактора, являются планиметрические параметры паренхиматозных образований, графическое выражение и количественные данные меры упорядоченности пространственной организации мозговых тяжей, иллюстрируя ЛУ в качестве адекватного морфометрического «индикатора» воздействия ПЭМП ПЧ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авилова, И. А. Влияние промышленных электромагнитных полей на биообъекты на примере г. Курска / И. А. Авилова, М. П. Попов, Л. В. Ста-

- родубцева // Вестн. новых мед. технологий. – 2006. – Т. 13, № 2. – С. 67–70.
2. *Графический анализ преимущественного распределения ориентировок мозговых лимфатических синусов и мозговых тяжей лимфатического узла / Н. Г. Краюшкина [и др.] // Матер. науч.-практич. конф. «Актуальные вопросы патологической анатомии. Геронтологические аспекты патологических процессов», посвященной 75-летию кафедры патологической анатомии и 100-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Даг АССР, проф. С. С. Касабьяна 18/IV – 12. – Волгоград, 2012. – С. 62–70.*
 3. *Думанский, Ю. Д.* Изменения иммунного статуса под влиянием электромагнитных излучений высокой частоты / Ю. Д. Думанский, С. И. Нагаевский // *Врачеб. дело.* – 1993. – № 1. – С. 65–69.
 4. *Костроминов, А. М.* О патогенетическом влиянии электромагнитных полей / А. М. Костроминов, Т. Б. Каляда, В. Н. Никитина // *Автоматич. телемеханика и связь.* – 1993. – № 3. – С. 20–22.
 5. *Краюшкин, А. И.* Страницы истории (кафедра анатомии человека ВолгГМУ – 80): монография / А. И. Краюшкин, Л. И. Александрова, А. И. Перепелкин; под ред. профессора В. Б. Мандрикова. – Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2015. – 172 с.
 6. *Краюшкин, А. И.* Функциональная анатомия лимфатического узла с аспектами доказательной медицины / А. И. Краюшкин, М. Ю. Капитонова, Л. И. Александрова // *Вестник ВолгГМУ.* – 2010. – № 3 (35). – С. 3–7.
 7. *Краюшкина Н. Г.* Морфометрические параметры лимфатических узлов при воздействии электромагнитного излучения / Н. Г. Краюшкина // *Астраханский медицинский журнал.* – 2012. – Т. 7, № 4. – С. 161–163.
 8. *Мальчевский, В. А.* Переменное электромагнитное поле и механизмы его воздействия на организм человека / В. А. Мальчевский, С. В. Сергеев, А. В. Семенов // *Вестн. Тюмен. гос. ун-та.* – 2003. – № 2. – С. 91–96.
 9. *Меркулов А. В.* Гигиеническая оценка магнитного поля промышленной частоты 50 Гц в производственных условиях / А. В. Меркулов // Автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ин-т биофизики ОмБА России. – М., 2008. – 24 с.
 10. *Морфофункциональные изменения печени и ее регионарных лимфатических узлов под воздействием магнитного поля промышленной частоты / С. В. Мичурина [и др.] // Морфология.* – 2000. – Т. 128, № 4. – С. 46–49.
 11. *Пространственная ориентировка мозговых лимфатических синусов брыжеечного лимфатического узла кролика / Н. Г. Краюшкина [и др.] / Матер. юбилейной 70-й открытой науч.-практич. конф. молодых ученых и студентов с международным участием «Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины». 11–14 апреля, 2012 г. – Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2012. – С. 385–386.*
 12. *Сапин М. Р.* Особенности реакции иммунной системы на различные внешние воздействия / М. Р. Сапин // *Морфология.* – 2006. – Т. 129, № 4. – С. 109–110.
 13. *Теория хауса и иммуноморфология (в порядке дискуссии) / А. И. Краюшкин [и др.] // Волгоградский научно-медицинский журнал, 2017. – № 2. – С. 21–26.*
 14. *Электромагнитные излучения – как дестабилизирующий фактор в преобразовании морфологии органов иммунной системы / А. И. Краюшкин [и др.] // Матер. I-й Междунар. науч.-практич. конф. «Современные тенденции в научной деятельности». – М.: Изд-во «Перо», 2015. – С. 767–780.*
 15. *Этюды иммуноморфологии: монография / А. И. Краюшкин [и др.]. – Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2016. – 180 с.*