

функц. межполушарн. асимметр.: мат. 2-й Всерос. научн. конф. – М., 2003. – С. 205–209.

5. Купцов П. А., Плескачева М. Г., Анохин К. В. Неравномерная рострокаудальная активация гиппокампа после исследований мышами нового пространства // Журн. высш. нерв. деят. – 2012. – № 62 (1) – С. 43–55.

6. Морфологические изменения в гиппокампе, вызванные воздействием центробежного ускорения при каудально-краниальном векторе / А. В. Смирнов, М. В. Шмидт, Д. С. Медников и др. // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2014. – № 1. – С. 16–18.

7. Особенности структурных изменений головного мозга при моделировании алиментарного

дефицита магния / А. В. Смирнов, О. Ю. Евсюков, Г. Л. Снигури и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4.

8. Hypertension-mediated enhancement of JNK activation in association with endoplasmic reticulum stress in rat model hippocampus with cerebral ischemia-reperfusion / Y. N. Zhao, J. M. Li, C. X. Chen, et al. // Genet Mol Res. – 2015. – Vol. 14 (3). – P. 10980–10990.

9. Increased expression of glial fibrillary acidic protein in the brain of spontaneously hypertensive rats / D. Tomassoni, R. Avola, M. A. Di Tullio, et al. // Clinical and experimental hypertension. – 2004. – Vol. 26 (4). – P. 335–350.

**А. И. Краюшкин, А. И. Перепелкин,
Л. И. Александрова, Е. А. Загороднева, Н. Г. Краюшкина**

Волгоградский государственный медицинский университет, кафедра анатомии человека, кафедра клинической лабораторной диагностики с курсом КЛД ФУВ ФГБОУ ВО ВолгГМУ

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ В ПЛОСКОСТИ СРЕЗА ПРОТЯЖЕННЫХ СТРУКТУР ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ КРОЛИКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

УДК 611.428-612.428

В работе представлены результаты воздействия ПЭМП ПЧ на органы иммуногенеза (лимфатические узлы). Выявлены изменения пространственного распределения, ориентировок мозговых тяжей и мозговых синусов лимфатических узлов в зависимости от локализации при воздействии ПЭМП ПЧ различной экспозиции.

Ключевые слова: электромагнитные поля, морфометрия, граф, лимфатические узлы, мозговые тяжи, мозговые синусы.

A. I. Krayushkin, A. I. Perepelkin, L. I. Alexandrova, E. A. Zagorodneva, N. G. Krayushkina

SPATIAL ORGANIZATION OF THE EXTENDED STRUCTURES OF THE LYMPH NODES OF RABBITS EXPOSED TO AN ALTERNATING ELECTROMAGNETIC FIELD OF INDUSTRIAL FREQUENCY IN THE PLANE OF THE CUT

The paper presented the results of the impact of the magnetic field FC on the organs of immunogenesis (lymph nodes). We revealed changes of spatial distribution, orientation of medullary cords and medullary sinuses of lymph nodes depending on the localization when rabbits were subject to AMF at different exposures.

Key words: electromagnetic field, morphometry, graph, lymph nodes, medullary cords, medullary sinuses.

Установлено, что одной из наиболее чувствительных систем к воздействию электромагнитных импульсов (ЭМИ), наряду с нервной, эндокринной, половой, сердечно-сосудистой является система органов иммуногенеза [1, 3, 6, 9, 10, 11, 12].

Самыми многочисленными и полифункциональными органами иммунной защиты человека и животных являются лимфатические узлы [9, 10]. В литературе сведения о морфологии этих, а также других органах иммуногенеза при экспериментальном воздействии перемен-

ного электромагнитного поля промышленной частоты (ПЭМП ПЧ), распространенного в бытовых и производственных условиях (50 Гц) наиболее полно представлено в цикле работ Л. И. Александровой и Л. И. Александровой с соавт. с 1980 по 2013 гг. [1, 2, 5, 8, 12].

Однако в литературе недостаточно представлены сведения об исследовании изменений пространственных ориентировок морфологических элементов лимфатических узлов, не изучена степень упорядоченности расположения и степень ветвления их протяженных

образований, которые могут быть информативно значимыми характеристиками структурной дезорганизации лимфатического узла в экспериментальных условиях.

Это позволило считать исследование воздействий ПЭМП ПЧ на изменения структурных элементов лимфоузлов в экспериментальных условиях актуальной задачей, решение которой имеет как теоретическое, так и практическое значение.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить закономерность изменений строения лимфатических узлов и динамики их структур при экспериментальном воздействии переменного электромагнитного поля промышленной частоты 50 Гц и напряженности 16 кА/м в зависимости от продолжительности воздействия и локализации лимфатических узлов.

В ходе исследования были поставлены задачи:

1. Выявить изменения пространственного распределения, ориентировок мозговых тяжей и мозговых синусов лимфатических узлов в зависимости от локализации при воздействии ПЭМП ПЧ различной экспозиции.
2. Дать количественную оценку пространственной ориентации и степени ветвления мозговых тяжей лимфатических узлов в норме и в условиях экспериментального ПЭМП ПЧ различной длительности.
3. Выявить наиболее информативные характеристики преобразования структур лимфатического узла при биотропном эффекте ПЭМП ПЧ.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для работы послужили висцеральные (брыжеечные) и соматические (паховые) лимфоузлы клинически здоровых половозрелых (6 месяцев) кроликов – самцов породы шиншилла (10 интактных животных и 40 в экспериментальной группе по 10 кроликов, подвергаемых воздействию 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 [1].

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с принципами биоэтики, правилами лабораторной диагностики (GLP), этическими нормами, изложенными в «Международных рекомендациях по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (1985) и в соответствии с приказом МЗ РФ № 267 от 16.06.2003 г.

«Об утверждении правил лабораторной практики» и МЗ СССР № 755 от 12.08.1977 г.

Извлеченные лимфоузлы 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 узлов. Полученные срезы окрашивали гематоксилин-эозином, азур II-эозином, по Фельгену, по Футу, по Вейгерту, по Ван Гизону, по Маллори.

Давалась качественная характеристика структурам. Для исследования применялся микроскоп фирмы Micros MC 300, цифровая камера Olimpus с разрешением 4 Mpix, объектив-микромметр ОМП – У 4,2, программа морфометрии «Photo M» (Chernigovsky Loffe Phys Tech inst. версия 1.2.12.2000 г.), а также использован имидж-анализ (рац. предл. № 5 от 4.03.2013 г., ВолгГМУ).

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 (рац. предл. № 2 от 22.02.2011 г. ВолгГМУ). 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.

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 протяженных объектов (рац. предл. № 28 от 15.10.2010 г., ВолгГМУ). Количественная характеристика меры организованности пространственной ориентировки структур давалась по среднему квадратическому отклонению полученного вариационного ряда (величины углов). При этом выделяют три вида ориентировок: строгую – при значении σ около нуля; предпочтительную – $\sigma < 30^\circ$ и случайную – при значении $\sigma \geq 30^\circ$ [4].

Особенности ветвления мозговых тяжей в норме и при облучении ПЭМП ПЧ определяли способом количественной характеристики степени ветвления структур, основанной на «теории графов» [4]. Оси мозговых тяжей представляли в виде плоских фигур – графов, вершинами которых служили места отхождения лучей – степень вершины графа (рац. предл. № 14 от 22.02.2011 г., ВолгГМУ).

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

Полученные результаты свидетельствуют о более выраженных восстановительных процессах в лимфоузлах соматической группы (паховых). Этому можно дать следующее предположительное объяснение. Общеизвестно, что в любом органе специфические функции реализует паренхима, а главной функцией лимфоидной паренхимы лимфоузла является продукция лимфоцитов. По данным этих же авторов, соединение лимфатического узла с лимфатическими сосудами происходит в эволюции поздно, следовательно, барьерно-фильтрационная функция проявляется позднее и является вторичной [10]. В связи с этим изменения транспортных путей узла под действием ПЭМП ПЧ можно поставить в зависимость от первоначальной реакции на экспе-

риментальный фактор со стороны лимфоидной ткани. Особенности морфологических проявлений реакции паховых и брыжеечных лимфоузлов на экспериментальный фактор можно объяснить различными функциональными проявлениями соматических и висцеральных лимфоузлов в норме. Брыжеечные лимфоузлы, помимо функций общих с паховыми, выполняют особую роль в транспорте жиров от органов пищеварения и в метаболизме жиров [10]. Возможно, участие брыжеечных лимфоузлов в нагрузке, не связанной с так называемыми общими функциями лимфоузлов, характерными для лимфоузлов любой локализации, делает эти органы более инертными к воздействию экспериментального фактора (ПЭМП ПЧ).

Исследование степени упорядоченности пространственного распределения мозговых тяжей и мозговых синусов, выраженное графически в виде фигуры, так называемой «розы числа пересечений», показало, что в брыжеечном и паховом лимфоузлах интактных кроликов эти фигуры сходны. Они имеют сравнительно правильную форму с преобладанием продольного размера над поперечным. Фигуры «вытянуты» в направлении ворот. Продольный размер ориентирован преимущественно перпендикулярно границе коркового и мозгового вещества и направлен соответственно току лимфы в мозговом веществе в сторону ворот. Это направление иллюстрирует пространственную организацию мозговых тяжей и мозговых лимфатических синусов, в ограничении которых принимают участие мозговые тяжи [7, 8, 11, 12] (рис. 1).

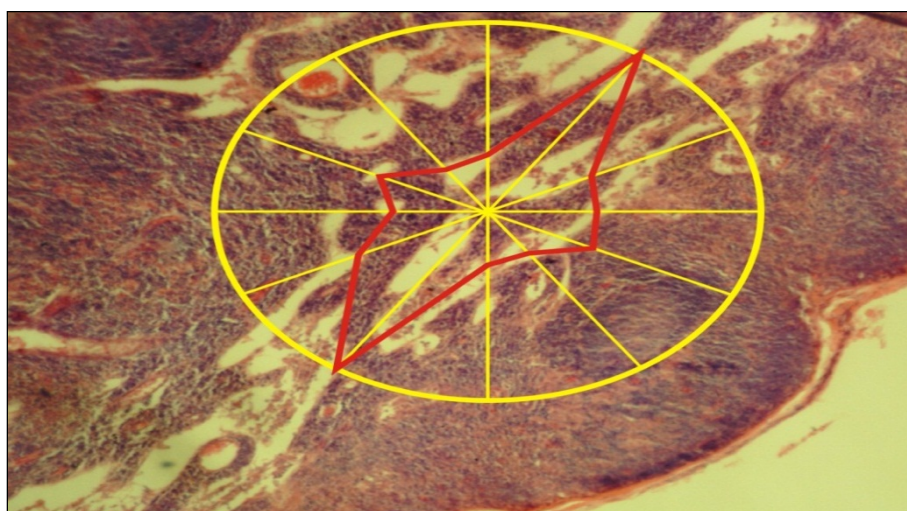


Рис. 1. «Роза числа пересечений». Паховый лимфатический узел 6-месячного кролика (контроль), окраска гематоксилин-эозином, об. х4, х16

Поскольку морфометрическими исследованиями нами выявлены два принципиально различных периода морфологической перестройки лимфоузлов под действием ПЭМП

ПЧ – период «угнетения» (7 дней) и период адаптации или «восстановления» (28 дней облучения), исследования упорядоченности распределения протяженных структур мозгового

вещества графическим методом были проведены для группы контроля и двух этих экспериментальных периодов [7].

После облучения в течение 7 дней фигура «розы числа пересечений» в лимфоузлах обеих локализаций приобретает «неправильный» характер (рис. 2). Это, прежде всего, «многолопастная» форма, свидетельствующая о неупорядоченном, «разнонаправленном» расположении мозговых тяжей и, очевидно, токе лимфы, выраженном графически. Более неправильной формой отличаются фигуры пахового лимфоузла, что свидетельствует о более заметной дезорганизации пространственного расположения мозговых тяжей и мозговых синусов лимфоузлов соматической группы.

На основании изложенных данных можно предположить, что дезорганизующее влияние

на пространственное распределение мозговых тяжей и мозговых синусов при воздействии ПЭМП ПЧ связано с лимфотоком и, предположительно, с лимфостазом и лимфатической гипертензией.

Поскольку «деформация» фигуры «розы числа пересечений» после 7 дней эксперимента более характерна для паховых лимфоузлов, можно предположить, что лимфостаз и лимфогипертензия более выражены при этом в лимфоузлах соматической группы.

После 28 дней эксперимента форма данных фигур приближалась к таковой в контрольной группе животных, причем также более заметно в паховых лимфоузлах (рис. 3). Это свидетельствует и о более мобильных адаптивных и восстановительных процессах в лимфоузлах соматической группы.

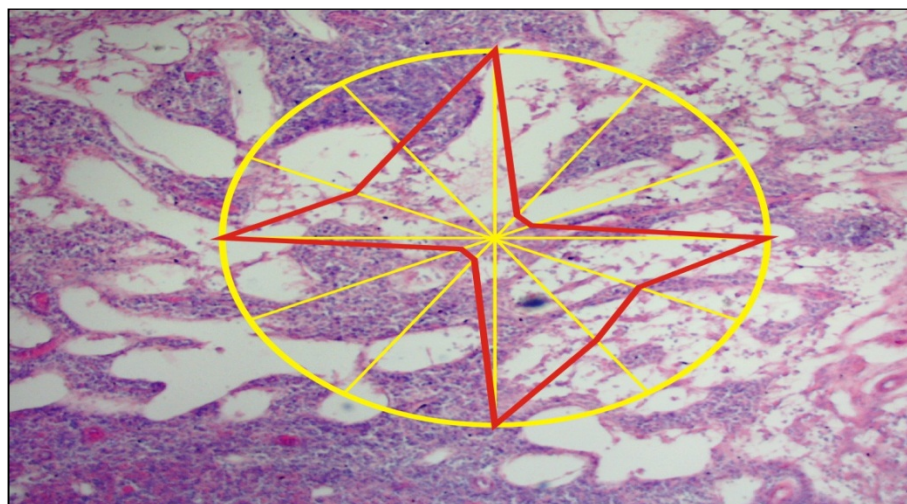


Рис. 2. «Роза числа пересечений». Паховый лимфатический узел 6-месячного кролика после 7 дней облучения ПЭМП ПЧ, окраска гематоксилин-эозин, об. х4, фотокамера х16

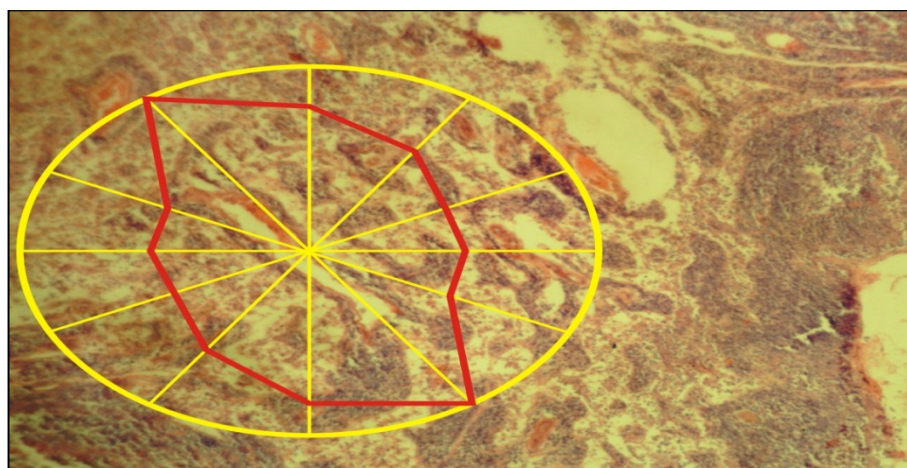


Рис. 3. «Роза числа пересечений». Паховый лимфатический узел 6-месячного кролика после 27 дней облучения ПЭМП ПЧ, окраска гематоксилин-эозин, об. х4, фотокамера х16

Количественная оценка меры пространственной организованности мозговых тяжей и мозговых лимфатических синусов может быть использована для предположительного сужде-

ния о транспортной функции этого органа [9, 10]. 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 лимфатическом узле контрольных животных σ для мозговых тяжей составляла $12,34^\circ$ (табл. 1), т. е. $\sigma < 30^\circ$, что квалифицировано в качестве «предпочтительной» их ориентировки. 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 лимфоузла. Это согласуется с результатами, приведенными выше, о вероятном лимфостазе и лимфогипертензии в брыжеечном лимфоузле 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 лимфоузла.

Количественный параметр пространственной ориентировки мозговых тяжей пахового лимфоузла 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 лимфоузле. По-

сле 7 дней воздействия ПЭМП ПЧ, значение σ существенно увеличивается. Оно уступает такому в брыжеечном лимфоузле, но, по сравнению с контрольной величиной сигмы пахового лимфоузла, свидетельствует о более выраженной «реакции» на ПЭМП ПЧ 7-дневной экспозиции лимфоузлов соматической группы. После 28 дней облучения ПЭМП ПЧ количественная характеристика пространственной ориентировки мозговых тяжей пахового лимфоузла свидетельствует о более упорядоченной ориентировке 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 лимфоузле ($27,32^\circ$).

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

Нами дана количественная характеристика степени ветвления мозговых тяжей при воздействии ПЭМП ПЧ, которая в литературе дается только описательно, представляя оси мозговых тяжей в виде фигур на плоскости – графов, вершинами которых являлись точки ответвления лучей [10].

В брыжеечных лимфоузлах контрольных животных (табл. 2) преобладают двух- и трехлучевые конструкции графов [(54,55 ± 1,77) % и (22,73 ± 0,46) % соответственно]. Незначительно количество однолучевых и четырехлучевых структур.

Таблица 1

Количественная оценка меры пространственной организованности мозговых тяжей лимфоузлов 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 лимфоузлов, в град.	σ паховых лимфоузлов, в град.
Контроль	12,34	3,75
7 дней	51,26	46,36
28 дней	27,32	23,66

Таблица 2

Процентное соотношение вершин с различным количеством лучей графов мозговых тяжей в плоскости среза лимфоузлов интактных кроликов и при облучении ПЭМП ПЧ различной длительности

Степень вершины графа	Брыжеечные лимфоузлы			Паховые лимфоузлы		
	Время экспозиции поля			Время экспозиции поля		
	Контроль	7 дней	28 дней	Контроль	7 дней	28 дней
1	13,64 ± 0,87 [#]	77,42 ± 1,14 [♦]	27,78 ± 1,31	-	16,67 ± 1,56	-
2	54,55 ± 1,77	12,30 ± 0,73 [♦]	44,44 ± 1,36	40,63 ± 1,23	50,06 ± 1,87	40,43 ± 1,27
3	22,73 ± 0,46	6,45 ± 0,80 [♦]	22,22 ± 0,43	28,13 ± 1,27 [#]	27,77 ± 1,01	36,17 ± 1,50
4	9,08 ± 1,24	3,83 ± 0,76 [♦]	5,56 ± 0,65	25,00 ± 0,43	5,56 ± 0,77	23,40 ± 0,42
5	-	-	-	6,24 ± 0,67	-	-

Примечание: [#] $p < 0,05$ – контроль по отношению к опытной группе 7 дней облучения ПЭМП ПЧ; [#] $p < 0,05$ – контроль по отношению к опытной группе 28 дней облучения ПЭМП ПЧ; [♦] $p < 0,05$ – опытная группа 7 дней облучения ПЭМП ПЧ по отношению к группе 28 дней облучения ПЭМП ПЧ.

В «критический» период облучение (после 7 суток), когда утрачивается мера упорядоченности пространственного расположения мозговых тяжей, существенное преобладание получают однолучевые структуры [(77,42 ± 1,14) %]. Последние нередко выглядят в виде отдельных островков овоидной или несколько вытянутой формы на фоне расширенных мозговых лимфатических синусов.

После воздействия ПЭМП ПЧ в течение 28 суток (период «восстановления») степень ветвления мозговых тяжей имеет выраженную тенденцию приближения к контрольным значениям. Хотя в данный период эксперимента преобладают двух- и однолучевые композиции [(44,44 ± 1,36) % и (27,78 ± 1,31) % соответственно]. Трехлучевая конструкция графов (22,22 ± 0,43) % достоверно уступает однолучевой (13,64 ± 0,87), $p < 0,001$.

Динамика ветвления мозговых тяжей паховых лимфоузлов при облучении ПЭМП ПЧ сходна с таковой брыжеечных лимфоузлов (табл. 2), но имеет также свои особенности. У контрольных животных преобладают (так же, как и в брыжеечных лимфоузлах) двух- и трехлучевые конструкции графов [(40,63 ± 1,23) % и (28,13 ± 1,27) % соответственно]. Вместе с тем, в паховых лимфоузлах значительно представлены трехлучевые структуры графов, хотя их количество достоверно меньше двухлучевых ($p < 0,05$). Количественной особенностью графов контрольных животных паховых лимфоузлов, в отличие от брыжеечных, является наличие пятилучевых структур графов [(6,24 ± 0,67) %]. При экспозиции поля в течение 7 суток в паховых лимфоузлах появляется значительный процент однолучевых структур графов [(16,67 ± 1,56) %], увеличивается процент двухлучевых конструкций (40,63 ± 1,23 в контроле и 50,06 ± 1,87 после 7 дней эксперимента, $p < 0,001$). Тенденцию к уменьшению имеют трехлучевые структуры ($p > 0,05$). Существенно снижается процент четырехлучевых конструкций, с (25,00 ± 0,43) % в контроле, до (5,56 ± 0,77) % после 7 дней облучением полем ($p < 0,001$) и отсутствуют пятилучевые конструкции графов.

После 28 дней воздействия ПЭМП ПЧ наибольший процент степени вершин графов составляют двух- и трехлучевые структуры [(40,43 ± 1,27) % и (36,17 ± 1,50) % соответственно], а также существенно увеличивается процент четырехлучевых структур, с (5,56 ± 0,77) % после 7 дней эксперимента, до (23,40 ± 0,42) % после 28 дней облучения ($p < 0,001$), хотя пятилучевые структуры практически отсутствуют.

Из приведенных данных следует, что степень ветвления мозговых тяжей паховых лим-

фоузлов при облучении ПЭМП ПЧ проявляет более заметную реакцию, чем в брыжеечных. Более выражена динамика рассматриваемых показателей после 7 дней облучения и особенно после 28 дней облучения, когда степень вершины графов (в отличие от брыжеечных лимфоузлов) практически приближаются к контрольным значениям.

Из всего сказанного о динамике пространственной организации мозговых тяжей при облучении ПЭМП ПЧ (розы «фигуры числа пересечений»; количественная оценка степени упорядоченности пространственного расположения; мера ветвления мозговых тяжей) следует, что узлы соматической группы (паховые) более динамично испытывают морфологические преобразования (также как и ряд планиметрических характеристик) в ответ на дестабилизирующий фактор, чем лимфоузлы висцеральной группы (брыжеечные).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Влияние ПЭМП ПЧ различной продолжительности приводит к качественным и количественным изменениям структур соматических (паховых) и висцеральных (брыжеечных) лимфоузлов. При этом однодневное облучение в большей степени влияет на соматические лимфоузлы, иллюстрируя стимулирующее действие, а облучение в течение 7 дней оказывает угнетающий эффект.

Висцеральные лимфоузлы также подвержены такой нелинейной динамике перестройки, но в меньшей степени.

2. В соматических (паховых) лимфоузлах после 7 дней воздействия ПЭМП ПЧ наблюдается резкое снижение упорядоченности пространственного распределения мозговых тяжей и мозговых синусов, выраженное графически в виде фигуры «розы числа пересечений», что также наблюдается, хотя менее выражено, в группе висцеральных (брыжеечных) лимфоузлов.

3. К 14-м суткам отмечается динамичное изменение морфометрических параметров лимфоузлов обеих опытных групп к таковым в контрольной группе и уже на 28-й день приходится период «восстановления», который сопровождается морфологическими проявлениями «адаптивных» реакций, когда величины морфометрических параметров структур соответствуют контрольным.

4. Общей закономерностью изменения размеров морфологических структур, а также упорядоченности пространственной ориентировки мозговых тяжей и мозговых синусов лимфоузлов при воздействии ПЭМП ПЧ является нелинейность динамики адапционных измене-

ний: 7-й день облучения – период угнетения, 28-й день облучения – период адаптации.

5. В висцеральных и соматических лимфоузлах в зависимости от экспозиции ПЭМП ПЧ степень упорядоченности пространственных ориентировок мозговых структур демонстрирует переход от «предпочтительной» ориентировки мозговых тяжей в контроле ($\sigma < 30^\circ$) к «случайной» после 7 дней облучения ($\sigma > 30^\circ$), а после 28 суток эксперимента – снова к «предпочтительной» ($\sigma < 30^\circ$).

6. В брыжеечных лимфоузлах контрольных животных преобладает двух- и трехлучевая композиция графов [(41,0 ± 1,26) % и (25,1 ± 1,0) % соответственно].

В «критический» период облучения (после 7 суток) начинает преобладать одно- и двухлучевая степень ветвления [(71,1 ± 0,85) % и (27,0 ± 0,37) % соответственно]. Сходную направленность имеет степень ветвления мозговых тяжей паховых узлов, однако она более выражена, чем в брыжеечных.

7. При облучении ПЭМП ПЧ наиболее информативными характеристиками преобразований структур лимфатических узлов, по мере экспозиции экспериментального фактора, являются планиметрические параметры паренхиматозных образований, графическое выражение и количественные данные меры упорядоченности пространственной организации мозговых тяжей, а также степень их ветвления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александрова Л. И.* Морфология органов иммунной системы при воздействии переменного поля промышленной частоты (Экспериментально-морфологическое исследование): автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 1995. – 40 с.

2. Возрастная, регионарная и циркануальная изменчивость фотометрической характеристики лимфоидных узелков висцеральных и лимфатических узлов кролика / А. И. Краюшкин, А. И. Перепелкин, Л. И. Александрова и др. // Российский медико-биологический вестник. – 2016. – № 2 (прил.). – С. 98–99.

3. *Гаркави Л. Х., Квакша Е. Б., Уколова М. А.* Адаптационные реакции и резистентность организма. – Ростов н/Д.: Изд-во Ростов. ун-та, 1990. – 224 с.

4. *Гуцол А. А., Кондратьев Б. Ю.* Практическая морфометрия органов и тканей: Для врачей-патологоанатомов. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988. – 136 с.

5. Иммунная система и электромагнитные излучения / *Александрова Л. И., Краюшкина Н. Г., Загребин В. Л. и др.* – Волгоград: ООО «Арт линия», 2013. – 126 с.

6. *Краюшкина Н. Г.* Дестабилизирующее воздействие электромагнитных полей в аспектах современных информационных технологий // Бюллетень Волгоградского научного центра РАМН и Администрации Волгоградской области. – 2008. – № 3. – С. 44–45.

7. *Краюшкина Н. Г.* Морфометрические параметры лимфатических узлов при воздействии электромагнитного излучения // Астраханский медицинский журнал, 2012. – Т. 7, № 4. – С. 161–163.

8. *Краюшкина Н. Г., Александрова Л. И., Шефер Е. Г.* Планиметрическая характеристика синусов паховых лимфатических узлов кролика при воздействии экспериментального фактора // Морфология, 2011. – Т. 140, № 5. – С. 95.

9. *Сапин М. Р., Никитюк Д. Б.* Иммунная система, стресс и иммунодефицит. – М.: АПП «Джангар», 2000 – 184 с.

10. *Сапин М. Р., Юрина Н. А., Этинген Л. Е.* Лимфатический узел (структура и функции). – М.: Медицина, 1978. – 272 с.

11. Цитоархитектоника центрального брыжеечного лимфатического узла (ЦБЛУ) кролика на некоторых этапах пре- и раннего постнатального онтогенеза / А. И. Краюшкин, А. И. Перепелкин, Е. А. Загороднева и др. // Учителя и ученики: преемственность поколений: матер науч.-практич. конф., посвященной 250-летию со дня рождения профессора Е. О. Мухина: сб. Первый МГМУ им. И. М. Сеченова. – М.: Изд-во Первого МГМУ им. И. М. Сеченова, 2016. – С. 151–152.

12. Этюды иммуноморфологии / *А. И. Краюшкин, А. И. Перепелкин, Л. И. Александрова и др.* – Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2016. – 180 с.