

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРУППОВЫХ ЛИМФОИДНЫХ УЗЕЛКОВ ТОНКОЙ КИШКИ У МЫШЕЙ В НОРМЕ И ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

С. В. Ключкова¹, Н. Т. Алексеева², К. А. Васянина¹,
Д. Б. Никитюк³, А. Г. Кварацхелия²

¹ФГБОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России, г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, г. Воронеж, Россия

³ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

В связи с возросшим радиационным фоном его влияние на организм, и в частности на иммунную систему, представляет значительный интерес для исследователей. При этом выявляются изменения в состоянии здоровья населения, вне зависимости от интенсивности радиационного фактора. Изучена структурная организация групповых лимфоидных узелков тонкой кишки у мышей при моделированном радиационном воздействии и в различные сроки после окончания данного воздействия. Наибольшая реакция отмечена при последовательном радиационном воздействии на 63-е сутки после воздействия. После окончания воздействия радиационного фактора низкой интенсивности восстановительные процессы у групповых лимфоидных узелков проявляются на 28-е сутки. В результате эксперимента определены структурные изменения, сроки их появления и развития в экспериментальных условиях, изучены структурные характеристики восстановительных процессов групповых лимфоидных узелков тонкой кишки у мышей на протяжении до 90 суток реабилитационного периода.

Ключевые слова: иммунные органы, пейеровы бляшки, факторы космического полета.

© The authors, 2017

First I.M. Sechenov Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Voronezh N. N. Burdenko State Medical University, Voronezh, Russia

The Federal Research Centre of Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

Morphological Features of the aggregated lymphoid nodules of the Small Intestine in Mice in Normal Conditions and in Modeling Some Factors of Space Flight

Due to the increased radiation, its effect on the body and in particular on the immune system is of considerable interest to researchers. At the same time, changes in the health of the population are revealed regardless of the intensity of the radiation factor. The structural organization of the aggregated lymphoid nodules of the small intestine in mice under the simulated radiation and at various times after the end of this exposure was studied. The greatest reaction was noted with a sequential radiation exposure on the 63rd day. After the end of the action of the low-intensity radiation factor, the recovery processes in the aggregated lymphoid nodules appeared on the 28th day. As a result of the experiment, structural changes, the timing of their appearance and development under experimental conditions were determined. Structural characteristics of the reparative processes of the aggregated lymphoid nodules of the small intestine in mice for up to 90 days of the rehabilitation period were determined.

Keywords: immune organs, Peyer's patches, space flight factors.

Введение

Органы иммунной системы, динамичные и лабильные по своему статусу, изменяются, как известно, при любых внешних воздействиях. Все в большей степени их морфологическое состояние рассматривается как маркер безопасности и эффективности действия внешнесредовых факторов разной природы. Актуальность такого контроля, безусловно, возрастает в условиях длительных полетов в космических аппаратах, когда космонавты находятся в условиях сочетанного воздействия ряда факторов, одним из самых значимых из которых является интенсивность радиационного воздействия [2, 5, 7]. Лимфоидные органы при таких воздействиях в эксперимен-

тальных условиях моделирования космического полета почти не изучены.

Целью исследования явилось изучение структурной организации групповых лимфоидных узелков тонкой кишки у мышей при моделированном радиационном воздействии и в различные сроки после окончания данного воздействия.

Материал и методы исследования

Исследование проводили на 160 мышках-самцах линии F1(СВА×С57ВL6) в возрасте 30–35 дней, массой 20–23 г к началу эксперимента, содержащихся на стандартном виварном рационе. Эксперимент заключался в моделировании радиационного воздействия

(продолжительность эксперимента – 153 суток) в соответствии с методикой, принятой в Институте медико-биологических проблем РАН [8]. Учитывая продолжительность эксперимента и значительную долю изучаемых временных интервалов в жизни мыши, для каждого изученного срока и реабилитационного периода использовали свой контроль. Мыши находились в гермокамерах с рабочим объемом 12 м³. Исследования проводили на испытательном стенде УМБИ-1 ГНЦ ИМБП РАН. Продолжительность воздействий на мышей составляла 63 сут, максимальная длительность наблюдаемого реабилитационного периода – 90 сут. Облучение проводили с помощью гамма-установки ГОБО-60 с источником Cs¹³⁷. Экспериментальных животных (40 мышей) подвергали общему гамма-облучению в течение от 8 до 63 суток (4 группы наблюдений), при мощности дозы источника излучений – 25 сГр/ч. Облучение проводили 1 раз в неделю по 2 часа утром. Каждую экспериментальную группу составили 10 мышей. Доза максимального облучения (350 сГр), с учетом разницы в продолжительности жизни и чувствительности к радиационному воздействию мыши и человека, соответствует дозе облучения 120 сГр для человека, что равняется для него предельно допустимому уровню, установленному для длительных межпланетных пилотируемых полетов [2]. Суммарная доза 350 сГр была выбрана с учетом коэффициента экстраполяции радиочувствительности мышей, равного 3. Животных забивали методом цервикальной дислокации, продольные гистологические срезы подвздошной кишки (строго проксимальная, средняя и дистальная ее тети) окрашивали гематоксилином–эозином и по Ван-Гизону. Для каждого анализируемого параметра были определены \bar{X} – среднее арифметическое и его ошибка. Достоверность полученных результатов оценивалась с помощью критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

У мышей линии F1 (СВА×57BL6) в норме групповые лимфоидные узелки в количестве 4–7 располагаются на протяжении всей тонкой кишки, преимущественно (70–75%) в конечной части подвздошной кишки; находятся соответственно ее противобрыжечному краю, в собственной пластинке слизистой оболочки и подслизистой основе. Длина лимфоидной бляшки составляет в среднем 1200 мкм, ширина 640–560 мкм; в ее составе на продольном срезе содержатся 7–10 одиночных лимфоидных узелков (50–55% из которых с центром размножения) длиной 85 мкм, шириной 70–75 мкм. Абсолютное количество клеток лимфоидного ряда в лимфоидной ткани бляшки (на площади

880 мкм²) варьирует от 25 клеток (центр размножения узелка), до 30 клеток (диффузная лимфоидная ткань) и 35 клеток (мантия лимфоидного узелка). По нашим данным, микротопографические особенности пейеровых бляшек заключаются в том, что междуузелковой диффузной лимфоидной ткани соответствуют по области ее расположения кишечные железы и ворсинки. Известно, что пейеровым бляшкам отводится значительная роль при формировании иммунного ответа, они участвуют в процессах лимфоцитопоза и рециркуляции лимфоцитов. Диффузная междуузелковая лимфоидная ткань бляшек рассматривается как преимущественно Т-зона, лимфоидные узелки, и особенно их мантия (купол) как В-зона [9]. Лимфоидная ткань образована преимущественно лимфоцитами (70–75% всех клеток лимфоидного ряда), ретикулярными клетками (13–16%), макрофагами, плазмочитами, клетками с картиной митоза, дегенеративно измененными клетками. Такой клеточный состав лимфоидной ткани достаточно типичен и для других периферических органов иммунной системы [6]. В лимфоидной ткани всегда определяются типичные межклеточные ассоциации: расположение лимфоцитов рядами, макрофагально-лимфоцитарные, ретикулярно-лимфоцитарные и плазмочитарно-лимфоцитарные комплексы (макрофаг, ретикулярная клетка, плазмочит в окружении лимфоцитов). По мнению М. Р. Сапина, Д. Б. Никитюка (2000) [1], кооперация клеток лимфоидного ряда может обеспечивать передачу информации между ними, необходимую для формирования иммунного ответа.

Все размерные структурные показатели групповых лимфоидных узелков у мышей линии F1 (СВА×57BL6) (СВА×57BL6) в норме отличаются индивидуальной изменчивостью. Ее размах (амплитуда вариационного ряда фактически всех морфометрических показателей), однако, относительно небольшой. Для пейеровых бляшек индивидуальное максимальное и минимальное значения количества одиночных лимфоидных узелков в ее составе (на продольном срезе стенки кишки) составляют 5 и 9, длины лимфоидного узелка – 1145 и 1240 мкм, абсолютного количества клеток лимфоидного ряда (на площади среза 880 мкм²) – 27 и 32 (диффузная лимфоидная ткань). Индивидуальный размах массы мышей изученной линии в норме тоже относительно невелик (20.4–23.3 г). Обычно индивидуальные минимальные и максимальные размерно-количественные показатели строения периферических органов иммунной системы отличаются в 2–3, а иногда и в 3–4 раза [1].

Мы показали, что групповые лимфоидные узелки у мышей линии F1 (СВА×57BL6) характеризуются высокой чувствительностью к действию радиационного фактора. Наи-

Таблица 1

Параметры группового лимфоидного узелка на продольном срезе стенки тонкой кишки мышей в разные сроки радиационных воздействий малой интенсивности ($X \pm Sx$; min–max)

Параметр (размерность)	Группа наблюдений	Срок (сутки) и доза воздействия (сГр)			
		8-е сутки (70 сГр)	22-е сутки (140 сГр)	36-е сутки (210 сГр)	63-е сутки (350 сГр)
Длина (мкм)	эксперимент	1190.6±16.84 1054.4–1210.7	1138.8±10.80 1120.2–1220.0	956.6±12.52 884.2–1000.2	938.8±17.06 842.0–1000.0
	контроль	1200.2±8.42 1154.2–1232.6	1210.3±9.61 1150.0–1239.4	1205.5±10.26 1145.2–1240.2	1210.3±10.80 1143.2–1243.2
Ширина (мкм)	эксперимент	645.2±2.91 630.2–657.7	635.5±2.81 624.2–650.0	580.0±8.64 540.2–620.2	548.2±8.42 532.2–610.2
	контроль	650.3±2.70 634.2–659.8	638.2±4.02 623.2–660.3	642.2±3.99 623.0–660.4	653.3±5.07 623.6–670.4
Площадь на продольном срезе (мм ² ×10 ⁻⁴)	эксперимент	535.5±3.88 520.0–556.2	533.3±3.02 520.0–548.2	510.0±4.75 480.9–524.2	467.2±3.13 450.0–479.2
	контроль	542.2±3.90 524.4–560.9	540.7±3.88 526.2–562.6	548.8±4.96 524.30–570.3	543.3±3.67 525.5–559.0
Количество ЛУ на срезе бляшки	эксперимент	10.1±0.32 5–8	8.6±0.32 5–8	6.0±0.32 4–7	6.3±0.32 4–7
	контроль	10.2±0.32 5–8	10.2±0.54 8–12	9.9±0.43 6–11	10.0±0.32 8–11
Число ЛУ с центром размножения на срезе бляшки (в % к общему кол-ву узелков)	эксперимент	56.6±0.86 52.2–60.0	54.3±1.84 45.3–62.3	34.2±0.76 30.0–37.7	32.2±1.29 25.0–37.2
	контроль	56.6±0.86 52.2–60.0	54.8±1.7 45.8–62.3	55.7±1.51 46.2–60.0	53.8±1.84 47.0–64.1

Примечание: ЛУ – лимфоидные узелки; в каждой контрольной и экспериментальной группах по 10 мышей.

большая реакция этих органов отмечена при последовательном радиационном воздействии (63-е сут, общая доза – 350 сГр). При низкоинтенсивной радиации (мощность дозы 25 сГр/час) структурные изменения групповых лимфоидных узелков и брыжеечных лимфатических узлов мышей выявляются, по нашим данным, на 36-е сутки воздействия (доза – 210 сГр) и нарастают к 63-м суткам (350 сГр). На 36-е сутки экспериментального низкоинтенсивного радиационного воздействия у мышей длина пейеровой бляшки (956.6±12.52 мкм) уменьшается в 1.26 раза относительно контроля ($p < 0.05$), ширина ее (580.0±8.64 мкм) – в 1.11 раза меньше ($p < 0.05$), площадь бляшки на продольном срезе стенки кишки (510.0±4.75 мм²×10⁻⁴) – в 1.08 раза меньше ($p < 0.05$), количество одиночных лимфоидных узелков на срезе бляшки (6.0±0.32) в 1.32 раза меньше ($p > 0.05$) контроля (табл. 1, 2). В эти сроки количество лимфоидных узелков с центром размножения на срезе пейеровой бляшки (в % относительно общего числа узелков на срезе) у мышей экспериментальной группы (34.2±0.76%) – в 1.63 раза меньше контроля ($p < 0.05$), длина лимфоидного узелка с центром размножения (56.4±0.65 мкм) – в 1.53 раза меньше контроля ($p < 0.05$), его ширина (54.2±0.52 мкм) – в 1.41 раза меньше контрольного показателя ($p < 0.05$), площадь лимфоидного узелка (на продольном срезе кишечной стенки) (54.4±0.67 мм²×10⁻⁴) – в 1.22 раза меньше контроля ($p < 0.05$). На 36-е сутки действия низко-

интенсивной радиации у лимфоидных узелков пейеровых бляшек мышей существенно изменяются и размеры центров размножения; его длина в эти сроки (34.2±0.60 мкм), по нашим данным, в 1,36 раза меньше контроля ($p < 0.05$), ширина (24.5±0.68 мкм) – в 1.49 раза меньше контроля ($p < 0.05$), площадь на срезе (24.5±0.78 мм²×10⁻⁴) – в 1.37 раза меньше контроля ($p < 0.05$). Аналогично изменяются и параметры у лимфоидных узелков без центра размножения.

На 36-е сутки опыта уменьшается и абсолютное количество клеток лимфоидного ряда во всех изученных структурных компонентах групповых лимфоидных узелков тонкой кишки мышей экспериментальной группы (табл.3).

Их количество (на площади 880 мкм² срезе) в составе диффузной лимфоидной ткани (22.0±0.54 клетки) снижается в 1.33 раза ($p < 0.05$), у лимфоидных узелков без центра размножения (25.4±0.54 клетки) – в 1.28 раза ($p < 0.05$), в центрах размножения лимфоидных узелков (17.2±0.54 клетки) – в 1.45 раза ($p < 0.05$) и в мантии лимфоидных узелков (26.2±0.43 клетки) – в 1.34 раза ($p < 0.05$), по отношению к контролю.

Изменения клеточного состава лимфоидной ткани пейеровых бляшек мышей на 36-е сутки экспериментального воздействия проявляются тенденцией к уменьшению относительного числа лимфоцитов (67.9–72.9% общего количества клеток лимфоидного ряда) – в 1.06 раза относительно контроля, $p > 0.05$,

Таблица 2

Параметры лимфоидных узелков в составе пейеровой бляшки на продольном срезе тонкой кишки мышей в разные сроки радиационных воздействий малой интенсивности (X±Sx; min–max).

Параметр (размерность),	Группа наблюдений	Срок (сутки) и доза воздействия (сГр)			
		8 суток (70 сГр)	22 суток (140 сГр)	36 суток (210 сГр)	63 суток (350 сГр)
Длина ЛУ с центром размножения (мкм)	эксперимент	80.0±0.93 74.5-83.2	82.2±1.08 74.2-84.2	56.4±0.65 52.2-58.2	50.0±0.65 47.2-53.4
	контроль	85.1±1.33 80.0-92.4	86.2±1.39 79.8-92.7	86.4±1.93 76.6-94.5	85.6±2.32 75.5-97.0
Ширина ЛУ с центром размножения (мкм)	эксперимент	78.0±1.08 73.0-83.0	76.0±1.42 70.0-83.2	54.2±0.52 51.3-56.2	47.8±0.67 45.2-51.4
	контроль	78.8±1.19 72.0-83.1	77.5±1.68 70.0-85.6	76.2±2.04 67.7-86.6	76.8±2.28 67.0-88.2
Площадь ЛУ с центром размножения на продольном срезе (мм ² ×10 ⁻⁴)	эксперимент	64.4±0.90 59.2-67.4	63.3±0.89 58.4-66.7	54.4±0.67 50.0-56.2	50.0±0.61 47.5-53.2
	контроль	67.8±1.80 58.4-75.1	68.8±1.69 59.0-74.7	66.5±1.96 58.4-76.6	65.8±2.07 57.0-76.2
Длина центра размножения (мкм)	эксперимент	44.2±0.97 38.0-47.2	45.3±0.62 40.8-46.6	34.2±0.60 31.6-37.2	30.1±0.4 28.4-32.4
	контроль	45.7±1.38 39.2-52.0	47.4±1.37 40.1-52.7	46.4±0.76 42.0-49.0	47.4±0.21 41.0-49.4
Ширина центра размножения (мкм)	эксперимент	32.2±0.77 28.8-36.0	32.2±0.86 28.0-36.0	24.5±0.68 21.3-27.6	22.6±0.52 20.0-24.9
	контроль	37.2±0.50 34.3-39.0	37.0±0.41 34.7-38.5	36.6±0.71 32.2-38.8	37.2±0.58 34.0-39.4
Площадь центра размножения на продольном срезе (мм ² ×10 ⁻⁴)	эксперимент	32.0±0.70 29.5-35.0	30.0±0.64 28.0-34.0	24.5±0.78 19.0-26.2	20.6±0.62 18.8-24.5
	контроль	34.4±0.72 30.0-36.7	32.6±0.62 30.0-35.7	33.5±0.71 30.0-36.6	35.0±0.89 29.0-37.2
Длина ЛУ без центра размножения (мкм)	эксперимент	57.7±0.91 2.2-60.7	55.5±0.62 52.0-57.7	51.1±0.89 46.2-54.4	47.7±0.86 44.2-52.2
	контроль	60.4±0.69 56.6-63.1	62.0±0.70 57.6-64.1	61.1±0.74 57.0-63.9	63.3±0.99 58.0-67.2
Ширина ЛУ без центра размножения (мкм)	эксперимент	50.0±0.96 46.9-55.8	46.6±0.85 42.0-49.3	43.3±0.81 39.3-46.8	36.6±0.45 34.0-38.2
	контроль	54.2±0.71 50.0-56.6	53.1±0.54 49.8-55.0	53.4±0.70 49.7-56.2	52.4±0.87 47.9-56.0
Площадь ЛУ без центра размножения на продольном срезе (мм ² ×10 ⁻⁴)	эксперимент	42.2±0.54 38.9-43.9	42.2±0.77 37.7-44.9	34.4±0.81 30.0-37.5	30.8±0.64 28.0-34.1
	контроль	45.4±0.61 42.0-47.7	46.2±0.56 43.3-48.5	45.7±0.54 43.0-48.0	46.0±0.68 42.2-48.5

Примечание: ЛУ – лимфоидные узелки; в каждой экспериментальной и контрольной группах по 10 мышей.

фактическим исчезновением юных форм клеток лимфоидного ряда (лимфобластов, клеток с картиной митоза), что свидетельствует о резком угнетении лимфоцитопоэтических процессов в самих бляшках. Наблюдается увеличение доли дегенеративных клеток лимфоидного ряда (6.0–6.3%, в 2.72 раза относительно контроля, $p < 0.05$), некоторое увеличение числа макрофагов (4.5–5.5%, в 1.48 раза, $p < 0.05$), что свидетельствует, видимо, о сохранении функций иммунной защиты (уничтожении макрофагами чужеродных субстанций). Наличие эозинофилов (2.0±0.22%, отсутствующих в контроле) может свидетельствовать о развитии аллергических реакций на 36-е сроки действия низких доз радиации.

На 63-е сутки экспериментальных низкоинтенсивных радиационных воздействий изменения структуры групповых лимфоидных узелков тонкой кишки у мышей проявляются уменьшением длины, ширины, пло-

щади лимфоидной бляшки на срезе (на 63-е сутки – в 1.2–1.3 раза, относительно контроля), общего количества лимфоидных узелков в ее составе (в 1.1 раза), доли лимфоидных узелков с центром размножения (в 1.7 раза), длины, ширины, площади на срезе лимфоидных узелков с центром размножения и без него (в 1.1–1.4 раза); уменьшается количество клеток лимфоидного ряда во всех компонентах бляшки, полностью исчезают типичные межклеточные ассоциации (макрофагально-лимфоцитарные, плазмоцитарно-лимфоцитарные и ретикулярно-лимфоцитарные комплексы), увеличивается относительное содержание дегенеративно измененных клеток, эозинофилов. Известно, что лимфоциты пейеровых бляшек характеризуются значительно большей радиочувствительностью, по сравнению с лимфоцитами, диффузно расположенными в собственной пластинке слизистой оболочки кишки, а также с интраэпителиаль-

Таблица 3

Количество клеток лимфоидного ряда в различных компонентах пейеровой бляшки на продольном срезе тонкой кишки мышей в разные сроки радиационных воздействий малой интенсивности ($X \pm Sx$; min–max; на площади 880мкм²).

Группа наблюдений	Срок (сутки) и доза воздействия (сГр); структурный компонент пейеровой бляшки			
	8 суток (70 сГр)	22 суток (140 сГр)	36 суток (210 сГр)	63 суток (350 сГр)
Диффузная лимфоидная ткань				
эксперимент	28.5±0.54 26–31	27.4±0.75 25–32	22.0±0.54 19–24	18.5±0.54 17–22
контроль	30.2±0.43 28–32	30.0±0.54 28–33	29.2±0.54 27–32	30.0±0.54 27–32
Лимфоидные узелки без центра размножения				
эксперимент	33.0±0.54 30–35	30.0±0.43 29–32	25.4±0.54 22–27	22.2±0.54 19–24
контроль	34.2±0.54 32–37	33.1±0.54 30–35	32.5±0.54 29–34	34.0±0.65 31–37
Центр размножения лимфоидных узелков				
эксперимент	25.0±0.54 22–27	22.0±0.65 19–24	17.2±0.54 15–19	15.0±0.43 13–17
контроль	26.2±0.43 24–28	25.2±0.43 23–27	25.0±0.54 22–27	24.9±0.65 21–27
Мантия лимфоидных узелков				
эксперимент	32.9±0.65 29–35	30.0±0.54 28–33	26.2±0.43 24–28	24.0±0.43 22–26
контроль	35.7±0.43 33–37	36.2±0.43 34–38	35.0±0.54 33–38	36.0±0.54 33–38

Примечание: в каждой экспериментальной и контрольной группах по 10 мышей.

ными лимфоцитами, являющимися радиорезистентными органами клеток [4].

Мы изучили состояние пейеровых бляшек мышей в разные сроки после окончания радиационного воздействия, показав временную специфику процессов восстановления. Так, после окончания воздействия радиационного фактора низкой интенсивности (мощность дозы 25 сГр/ч, всего 63 суток, суммарная доза 350 сГр) восстановительные процессы в групповых лимфоидных узелках проявляются на 28-е сутки, когда размеры лимфоидных бляшек, количество и размеры лимфоидных узелков (их длина, ширина и площадь на срезе), доля лимфоидных узелков с центром размножения, абсолютное число клеток лимфоидного ряда в лимфоидной ткани бляшек соответствует контролю; постоянно выявляются типичные межклеточные ассоциации. Полностью восстанавливается состав лимфоидной ткани – увеличивается и соответствует контролю относительное число лимфоцитов, лимфобластов, снижается количество дегенеративно измененных клеток. Это объяснимо, учитывая достаточно высокие восстановительные способности лимфоидной ткани периферических иммунных органов после окончания действия многих повреждающих факторов, что рассматривается как она из ее структурно-функциональных особенностей [1]. Физиологическая регенерация тканей после длительного действия небольших доз радиации [3] определяется, главным образом, увеличением митотической активно-

сти клеток и способности тканевой дифференцировки.

Выводы

Согласно полученным нами данным групповые лимфоидные узелки у мышей линии F1 (СВА×57BL6) характеризуются высокой чувствительностью к действию радиационного фактора. Наибольшие изменения структуры групповых лимфоидных узелков тонкой кишки у мышей отмечена на 63-е сут при последовательном радиационном воздействии (общая доза – 350 сГр), что проявляется уменьшением размерных показателей лимфоидной бляшки относительно контроля, общего количества лимфоидных узелков в ее составе. Выявлено уменьшение количества клеток лимфоидного ряда во всех компонентах бляшки, отсутствуют типичные межклеточные ассоциации (макрофагально-лимфоцитарные, плазмоцитарно-лимфоцитарные и ретикулярно-лимфоцитарные комплексы), увеличивается относительное содержание дегенеративно измененных клеток, эозинофилов.

Восстановительные процессы в групповых лимфоидных узелках проявляются на 28-е сутки, когда размерные показатели лимфоидных бляшек, количество и размеры лимфоидных узелков, доля лимфоидных узелков с центром размножения, абсолютное число клеток лимфоидного ряда в лимфоидной ткани бляшек соответствует контролю; постоян-

но выявляются типичные межклеточные ассоциации. Наблюдается снижение количества дегенеративно измененных клеток.

Таким образом, в экспериментальных условиях выявлены структурные изменения в групповых лимфоидных узелках, сроки их появления и развития, изучены структурные характеристики восстановительных процессов в исследуемых иммунных образованиях у мышей на протяжении до 90 суток реабилитационного периода

Список литературы

1. Иммунная система, стресс и иммунодефицит / М. Р. Сапин, Д. Б. Никитюк. М.: АПП «Джангар», 2000. 184 с.
2. Межпланетные и орбитальные космические полеты. Радиационный риск для космонавтов / А. В. Шафиркин, Ю. Г. Григорьев. М.: Экономика, 2009. 640 с.
3. Михайлов В. П. Некоторые вопросы радиационной гистологии / В. П. Михайлов // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1962. Т.42, №4. С. 24.
4. Пономарева Т. В. Структурные особенности интраэпителиальных лимфоцитов кишечника крысы / Т. В. Пономарева, А. И. Старшинов, И. Б. Токин // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1974. Т.66, №6. С. 36–46.
5. Рыкова М. П. Иммунная система у российских космонавтов после орбитальных полетов / М. П. Рыкова // Физиология человека. 2013. Т.39, № 5. С.126–136.
6. Современные представления об общих закономерностях макро-микроскопической анатомии лимфоидных органов / Д. Б. Никитюк, С. В. Ключкова, Н. Т. Алексеева, А. Г. Кварацхелия // Журнал анатомии и гистопатологии. 2015. Т.4, №2 (12). С. 9–13.

7. Структурные характеристики крипт двенадцатиперстной кишки мышей после облучения / С. В. Чава, В. С. Четвертков, Д. Б. Никитюк, Э. В. Швецов // Морфологические ведомости. 2012. №2. С. 113–117.
8. Татаркин С. В. Гемопоз и метаболический статус эритроцитов мышей при длительном комбинированном воздействии ионизирующей радиации и химических веществ, моделирующих условия межпланетных полетов: автореф. дис... канд. наук / С. В. Татаркин. М., 2013, 26 с.
9. Шахламов В. А. Иммуноморфология групповых лимфатических фолликулов (пейеровых бляшек) / В. А. Шахламов, Ю. А. Гайдар // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1984. Т. 87, № 12. С.87–97.

Сведения об авторах

Ключкова Светлана Валерьевна – д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России. 125009, г. Москва, ул. Моховая, 11, стр. 10.

Алексеева Наталия Тимофеевна – д-р мед. наук, доцент, зав. кафедрой нормальной анатомии человека ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Минздрава России. 394036, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10.

Васянина Карина Асхабовна – канд. мед. наук, старший преподаватель кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России. 125009, г. Москва, ул. Моховая, 11, стр. 10.

Никитюк Дмитрий Борисович – д-р мед. наук, профессор, директор ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи». 109240, г. Москва, Устьинский проезд, 2/14 г.

Кварацхелия Анна Гуладиевна – канд. биол. наук, доцент кафедры нормальной анатомии человека ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Минздрава России. 394036, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10.

Поступила в редакцию 23.12.2016 г.