

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ ВЕРБЛЮДА ДОМАШНЕГО (CAMELUS DROMEDARIUS)

П. Н. ГАВРИЛИН, РАХМУН ДЖАЛЛАЛ ЭДДИН, М. А. ЛЕЩОВА,
Е. Г. ГАВРИЛИНА

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,
г. Днепр, Украина, 49100

(Поступила в редакцию 01.02.2017)

Резюме. В статье рассматриваются особенности структурно-функциональной организации лимфатических узлов верблюда домашнего.

Установлено, что исследуемые органы имеют специфическую макроструктуру в виде частично сросшихся относительно автономных субъединиц. Паренхима субъединиц узлов имеет дольчатое строение. Дольки паренхимы лимфатических узлов состоят из комплекса присущих для всех видов млекопитающих клеточных зон. Локализация долек в пределах паренхимы отличается сквозным характером, в результате чего паренхима узлов имеет уникальную мозаичную гистоархитектонику.

Ключевые слова: лимфатические узлы, лимфоидная паренхима, лимфоидные дольки, гистоархитектоника.

Summary. Features of the structural and functional organization of the lymph nodes of the camel are considered in the article.

It is established that the organs under investigation have a specific macrostructure in the form of partially knitted relatively autonomous subunits. Parenchyma subunit of nodes has a lobed structure. Lobules of parenchyma of lymph nodes consist of a complex of cellular zones inherent in all mammalian species. The localization of the lobules within the parenchyma has a total character, as a result of which the parenchyma of the nodes has a unique mosaic histoarchitectonics.

Key words: lymph nodes, lymphoid parenchyma, lymphoid lobules, histoarchitectonics.

Введение. Верблюд одногорбый является одним из основных видов продуктивных млекопитающих в странах северной Африки и Ближнего Востока. Приспособление данного вида животных к экстремальной пустынной среде обитания способствовало появлению целого ряда структурно-функциональных особенностей в строении жизнеобеспечивающих систем организма [11].

Существует предположение, что уникальная иммунологическая реактивность у верблюдов обусловлена чрезвычайно высоким потенциалом антителообразования их лимфоидных органов и тканей, и прежде всего, лимфатических узлов (ЛУ) [4].

Особенности строения ЛУ одногорбого верблюда с точки зрения современных морфологических концепций практически не исследованы. До настоящего времени не определены особенности макрострук-

туры ЛУ верблюда, характер взаимосвязи узлов с афферентными и эфферентными лимфатическими сосудами и специфика внутриузловой лимфодинамики. Не раскрыты закономерности морфо-функциональной организации паренхимы ЛУ верблюда с точки зрения концепции о ее дольчатом строении. Дискуссионным остается вопрос о характере локализации долек в паренхиме ЛУ.

Отсутствие в научной литературе сведений об особенностях строения ЛУ верблюда с позиции последних представлений о морфофункциональной организации органов иммунной защиты млекопитающих значительно снижает степень информативности данных при исследовании аспектов развития вышеуказанных органов в онтогенезе, изменений их структуры при различных патологических состояниях и экспериментальных воздействиях.

Анализ источников. Авторы [4, 8, 10], исследовавшие морфологию ЛУ верблюда, указывают на значительное отличие структуры этих органов от ЛУ других видов млекопитающих. Основные различия при этом заключаются в отсутствии четко выраженной зональности паренхимы узлов и соответственно неупорядоченном характере расположения лимфатических узелков (ЛУЗ), участков диффузной лимфоидной ткани и мозговых тяжей, а также афферентных и эфферентных лимфатических сосудов.

Необходимо отметить, что имеющиеся в литературе сведения о строении ЛУ верблюда интерпретированы с точки зрения господствующего в XX веке классического представления о зональной (слоистой) структуре паренхимы этих органов. Сегодня благодаря широкому использованию в иммуноморфологии молекулярных методов исследования концепция структурно-функциональной организации лимфоидной ткани ЛУ существенно пересмотрена и модернизирована. В результате чего в последние десятилетия общепринятым в гистологии стало положение о дольчатой структуре паренхимы ЛУ млекопитающих с мозаичным характером локализации ее основных функциональных зон, которая была сформулирована при исследовании данных органов у лабораторных животных и человека [5–7,9].

Цель работы – установить особенности макроструктуры ЛУ половозрелого одногорбого верблюда, характер взаимосвязи узлов с лимфатическим руслом, закономерности структурно-функциональной организации паренхимы ЛУ с точки зрения концепции о ее дольчатом (компартментном) строении.

Материал и методика исследований. Материалом исследования были ЛУ клинически здоровых половозрелых домашних одногорбых верблюдов (*Camelus dromedarius*). Отбор материала осуществлялся в убойном цехе мясокомбината города Уаргла (Алжир).

Для гистологических исследований путем анатомического препарирования отбирали наиболее крупные соматические и висцеральные ЛУ. При отборе материала устанавливали особенности топографии каждого ЛУ, определяли массу органов и их линейные характеристики. Путем препарирования проводили макроскопические исследования ЛУ с определением количества и конфигурации отдельных субъединиц в каждом узле.

Для установления особенностей внутриузловой лимфодинамики проводили опосредованную и непосредственную инъекцию предузловых лимфатических и кровеносных сосудов задней конечности и области брюшной стенки суспензией черной туши на 3 % желатиновом геле. ЛУ фиксировали в 10 % растворе нейтрального формалина. Для изготовления гистологических срезов из каждого ЛУ выделяли 2–3 наиболее крупных субъединицы, которые пересекали перпендикулярно их воротным утолщениям, отбирая срединные сегменты с последующей заливкой в парафин.

Тотальные парафиновые (3–10 мкм) гистосрезы изготавливали на санном микротоме. Для изучения морфологии клеток и тканей и морфометрического анализа срезы окрашивали гематоксилином и эозином, по Ван-Гизон, азур II-эозином.

Визуализацию отдельных клеточных зон (единицы глубокой коры (ЕГК), ЛУЗ, мозговые тяжи), а также определение особенностей их локализации в пределах паренхимы органов осуществляли с использованием методики импрегнации замороженных срезов азотнокислым серебром по Футу [2] и иммуногистохимической окраски с использованием антител к молекулярным маркерам Т-лимфоцитов (CD3) и В-лимфоцитов (CD22). Замороженные срезы ЛУ изготавливали на микротоме-криостате МК-25, толщиной 10–20 мкм.

Исследование гистологических препаратов ЛУ и их отдельных функциональных зон проводили с использованием светового микроскопа «Olympus CX-41» (окуляр 10×; объектив 10×, 40×, 100×) и микроскопа биологического стереоскопического МБС-10 (окуляр 8×, объектив 4×, 7×) [1].

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты наших исследований свидетельствуют, что по основным морфометрическим характеристикам и характеру локализации ЛУ верблюда в основном соответствуют аналогичным показателям ЛУ половозрелого крупного рогатого скота. На макроскопическом уровне структурно-функциональной организации ЛУ верблюда в отличие от ЛУ крупного рогатого скота представляют собой конgregate отдельные узлы (субъединицы), сформировавшиеся в результате их частичного сращения, что придает узлам характерную дольчатость.

Определенная закономерность в расположении субъединиц (мелких узлов) в пределах конгрегатов в целом не выражена. Узлы, формирующие конгрегаты, срастаются преимущественно своими боковыми поверхностями. При этом, в каждой единице узла четко выделяются воротные утолщения капсулы (ворота узлов), ориентированные в различных направлениях.

При наполнении лимфатических сосудов контрастной массой установлено, что ЛУ верблюда относятся к группе узлов классического типа, в которых, в отличие от «инвертных» ЛУ свиньи, носорога и дельфина, афферентные лимфатические сосуды открываются в краевой синус и не формируют внутритрабекулярных лимфатических цистерн [3].

Установлено, что афферентные лимфатические сосуды или их терминальные ветви впадают в единицы конгломерата на их внешней изогнутой поверхности, а эфферентные выходят с противоположной стороны в области ворот, где они объединяются в несколько больших стволов, образуя сосудистые пучки вместе с артериями и венами узлов.

При исследовании динамики и характера распределения контрастной массы в середине субъединиц конгрегатов ЛУ верблюда установлено, что внутриузловой лимфатический бассейн представлен краевым, воротным синусами и комплексом промежуточных синусов, первый из которых непосредственно связан с афферентными, а второй с эфферентными лимфатическими сосудами. Широкие промежуточные синусы окружают островки лимфоидной ткани, которые занимают все пространство от капсулы до воротного утолщения субъединиц конгломерата. Это свидетельствует о том, что в ЛУ верблюда, по сравнению с соответствующими органами других видов млекопитающих, система синусов развита в гораздо большей степени. В результате особого строения внутриузловых лимфатических пространств, паренхима узлов имеет губкообразную, а не типичную зональную структуру.

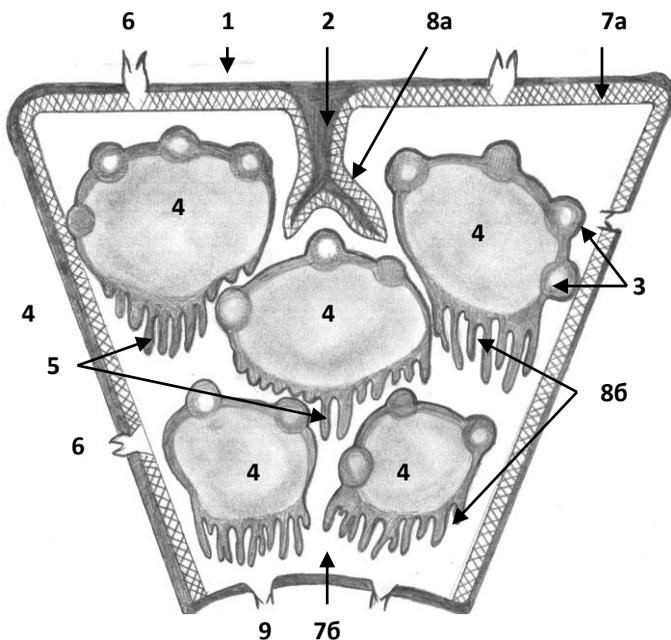
При исследовании тотальных срединных срезов отдельных узлов конгломерата ЛУ верблюда нами установлено, что каждый островок лимфоидной паренхимы представляет собой лимфоидную дольку или компартмент, что включает в себя весь спектр различных Т- и В-клеточных зон.

Основой каждой дольки является ЕГК шаровидной формы с четко выраженной центральной и периферической зонами, последняя в дольках граничит с краевым синусом и без видимых границ переходит в корковое плато или, так называемую, поверхностную кору. При этом ЛУЗ локализируются по всей периферии ЕГК как на границе с краевым

синусом, так и перитрабекулярными и другими глубокими синусами, окружающими лимфоидные дольки.

Кроме ЕГК и ЛУЗ в состав каждой дольки входит относительно слабо развитый комплекс мозговых тяжей с мозговыми синусами, который, как правило, локализуется на полюсе дольки направленной в сторону воротного утолщения капсулы.

В отличие от ЛУ человека и лабораторных животных, где ЕГК расположены в один ряд, для всех без исключения ЛУ верблюда характерно их многоуровневое расположение в несколько слоев от капсулы до воротного утолщения. При этом мозговые тяжи поверхностных единиц граничат с расширенной (верхней) части нижнего компартмента (рис. 1). В результате этого формируется специфическая гистоархитектоника, описанная в работах Е. М. Abell-Magied et al., М. Zidan et al. [4, 11] и представленная сочетанием ЛУЗ, участков диффузной лимфоидной ткани и мозговых тяжей.



Р и с. 1. Схема субъединицы лимфатического узла верблюда
 1 – капсула, 2 – трабекула, 3 – лимфатические узелки, 4 – единицы глубокой коры, 5 – мозговые тяжи, 6 – афферентные лимфатические сосуды, 7 – внешняя система синусов (а – подкапсулярный, б – воротный), 8 – внутренняя система синусов (а – перитрабекулярные, б – мозговые), 9 – эфферентные лимфатические сосуды

Имеющееся в научной литературе предположение об отсутствии каких-либо закономерностей в строении паренхимы ЛУ верблюда однопородного, по нашему мнению, является результатом неадекватных методических подходов, когда фрагменты ЛУ для гистологического исследования отбирали без учета их макроструктуры и вырезали из конгломерата в целом, а не из отдельных долей или субъединиц. Наиболее существенным отличием структуры соматических и висцеральных ЛУ верблюда является многоуровневый характер локализации частиц (компарментов) в пределах паренхимы органов в пространстве между краевым и воротным синусами.

Среди функциональных зон долек паренхимы ЛУ верблюда наиболее развиты ЕГК и мозговые тяжи.

Клеточный состав паренхимы ЛУ верблюда аналогичен таковому у других видов млекопитающих [7] и представлен клетками лимфоидного ряда (малыми, средними, большими лимфоцитами, плазматическими клетками), ретикулярными клетками и макрофагами. Также в незначительном количестве встречаются другие клетки, в частности клетки крови (эритроциты, гранулярные лейкоциты). Цитогаммы отдельных функциональных зон ЛУ существенно отличаются как в пределах одного сегмента, так и в зависимости от локализации ЛУ (висцеральный или соматический).

Клеточный состав ЕГК характеризуется относительно высоким содержанием лимфоцитов, среди которых максимальное количество приходится на малые, а минимальное – на большие лимфоциты. Количество средних лимфоцитов в ЕГК как висцеральных, так и соматических ЛУ практически одинаково.

Подавляющее большинство лимфоцитов ЕГК составляют Т-лимфоциты, что соответствует общепринятым понятиям о структуре данной зоны ЛУ и ее клеточном составе в ЕГК встречаются и плазматические клетки. Их количество незначительно и варьирует в пределах 1,5–7 %. Второй по численности популяцией клеток в ЕГК являются ретикулярные клетки. В соматических ЛУ их содержание примерно одинаково, а в висцеральных – колеблется в значительных пределах. Макрофаги составляют от 3,61 % до 6,33 % от общего количества клеток в паракортикальных зонах ЛУ. Постоянными клеточными элементами каждой функциональной зоны паренхимы ЛУ верблюдов являются клетки крови, а именно эритроциты, эозинофильные, базофильные и нейтрофильные лейкоциты, однако их количество не превышает 4,23 %.

Несмотря на то, что ЛУЗ состоят из одних и тех же клеточных компонентов, количество тех или иных клеток значительно отличается в зависимости от локализации ЛУ (висцеральные или соматические) и

степени развития ЛУЗ (первичные или вторичные). В первичных ЛУЗ (без центров размножения), также как и в ЕГК, основными клеточными компонентами являются лимфоциты. В результате иммуногистохимических исследований установлено, что подавляющее большинство лимфоцитов ЛУЗ относится к субпопуляции В-лимфоцитов. В первичных ЛУЗ соматических ЛУ среди лимфоцитов преобладают средние лимфоциты, а в висцеральных – количество малых и средних лимфоцитов примерно одинаково. Содержание малых лимфоцитов не превышает 2,8 %. Содержание ретикулярных клеток в первичных ЛУЗ соматических узлов практически в два раза ниже, чем аналогичный показатель в висцеральных. Количество плазматических клеток в соответствующей функциональной зоне незначительно и не превышает 3,35 % в соматических узлах и 3,76 % в висцеральных.

Во вторичных ЛУЗ преобладающей популяцией клеток, как и в других функциональных зонах, являются лимфоциты. Установлено, что в ЛУЗ с центрами размножения соматических ЛУ среди лимфоцитов максимальное количество занимают малые лимфоциты, а висцеральных – средние лимфоциты. Относительное количество ретикулярных клеток в данной функциональной зоне не превышает 11 % в соматических узлах и 10 % в висцеральных. Особенностью цитоархитектоники ЛУЗ с центрами размножения висцеральных ЛУ является относительно высокое содержание других клеток, преимущественно клеток крови. Содержимое плазматических, макрофагов и больших лимфоцитов существенно не отличается от аналогичных показателей ЛУЗ без центров размножения.

Особенностью клеточного состава мозговых клеточных тяжей является относительно высокое содержание ретикулярных клеток, плазматических и больших лимфоцитов по сравнению с другими функциональными зонами паренхимы ЛУ.

Во всех исследуемых ЛУ относительное количество ретикулярных клеток превышает суммарное количество лимфоцитов. Среди лимфоцитов мозговых тяжей преобладают малые лимфоциты, количество которых является минимальным среди всех функциональных зон паренхимы ЛУ.

Плазматических клеток больше в мозговых тяжях висцеральных ЛУ, чем в соматических. Результаты иммуногистохимических исследований указывают, что в мозговых тяжях сосредоточены как Т-, так и В-лимфоциты.

Заключение. Полученные нами результаты свидетельствуют, что для ЛУ верблюда как соматических, так и висцеральных, характерен дискретный или дольчатый принцип строения на макро- и микроско-

пическом уровне структурной организации. Макроскопической единицей ЛУ верблюда является доля или субъединица конгломерата. В результате каждый ЛУ верблюда представляет собой комплекс сросшихся между собой узлов с характерной архитектурой и системой взаимодействия с афферентными и эфферентными лимфатическими сосудами.

Паренхима ЛУ верблюда имеет упорядоченную дольчатую (компарментную) структуру и клеточный состав как и у всех других видов млекопитающих, но в отличие от них компарменты паренхимы ЛУ верблюда развиты в значительно большей степени и имеют мозаичный характер локализации, что не дает возможности для четкого разделения лимфоидной паренхимы узлов на поверхностную и глубокую кору и зону мозговых тяжей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автандилов, Г. Г. Медицинская морфометрия / Г. Г. Автандилов. – М.: Медицина, 1990. – 384 с.
2. Гаврилин, П. Н. Модификация способа импрегнации серебром по Футу гистолограмм органов кроветворения, изготовленных на микротоме-криостате / П. М. Гаврилин // Вісник морфології. – 1999. – Т. 5. – № 1. – С. 106–108.
3. Гаврилин, П. Н. Закономерности становления функциональных сегментов во вторичных лимфоидных органах зрелорождающих продуктивных млекопитающих в раннем постнатальном онтогенезе / П. М. Гаврилин // Вет. медицина: міжвід. тем. наук. зб. – Харків: ХДЗВА, 2005. – Т. 1. – Вип. 85. – С. 246–249.
4. Abell-Magied E. M. The parotid, mandibular and lateral retropharyngeal lymph nodes of the Camel (*Camelus dromedarius*) / E. M. Abell-Magied, A. M. Taha, A. A. Al-Qarawi // Anat. Histol. Embryol. – 2001, – Vol. 30. – P. 199–203.
5. Gretz, J. E. Cords, channels, corridors and conduits: critical architectural elements facilitating cell interactions in the lymph node cortex / J. E. Gretz, A. O. Anderson, S. Shaw // Immunological Reviews. – 1997. – Vol. 156. – P. 11–24.
6. Kelly, R. H. Functional Anatomy of Lymph Nodes. Int. Arch. Allergy Immunol / R. H. Kelly. – 1975. – Vol. 48. – P. 836–849.
7. Sainte-Marie, G. The Lymph Node Revisited: Development, Morphology, Functioning, and Role in Triggering Primary Immune Responses / G. Sainte-Marie. – Anat Rec. – 2010. – Vol. 293. – P. 320–337.
8. Soliman, S. M. Light and electron microscopic studies on some lymph nodes of the adult one-humped camel (*Camelus dromedarius*) / S. M. Soliman, K. M. Mazher // Beni-Suef Vet. Med. J. – 2012. – Vol. 15(2). – P. 9–13.
9. Willard-Mack, C. L. Normal structure, function, and histology of lymph nodes / C. L. Willard-Mack. – Toxicol. Pathol. – 2006. – Vol. 34. – P. 409–424.
10. Zidan, M. Histological, histochemical and immunohistochemical study of the lymph nodes of the one humped camel (*Camelus dromedarius*) / M. Zidan, R. Rabst // Vet Immunol Immunopathol. – 2012. – Vol. 145. – P. 191–198.
11. Zine Filali, R. Water Balance in the Camel (*Camelus dromedarius*) Journal of Camel Science. / R. Zine Filali, R. Shaw // The Camel Applied Research and Development Network (CARDN). – 2004. – Vol. 1 (1). – P. 66–71.