

ГОМЕОСТАЗ ИНДИВИДА: ЛИМФАТИЧЕСКАЯ И ЛИМФОИДНАЯ СИСТЕМЫ

Петренко В.М.

Российская академия естествознания, Санкт-Петербург, e-mail: deptanatomy@hotmail.com

Лимфатическая и лимфоидная системы участвуют в поддержании гомеостаза индивида через его циркуляторную систему. В основе лимфоидной системы находятся кровеносные сосуды, главные пути циркуляции лимфоидных клеток. Лимфатические сосуды составляют базис лимфатической системы, осуществляют дополнительный отток тканевой жидкости в виде лимфы, обеспечивая относительное постоянство тканевого давления и состава межклеточной среды, поскольку в первую очередь лимфатическое русло отводит из тканей белки и жиры, токсины и опухолевые клетки. Лимфатическая и лимфоидная системы образуют иммунный комплекс благодаря рыхлой соединительной ткани между микрососудами. Она является не просто их механической скрепкой, но и циркуляторным посредником: в тканевых каналах встречаются противотоки антигенов и клеток крови, а в результате разветвляются процессы иммунопоэза и образуется лимфоидная ткань, в т.ч. лимфатических узлов.

Ключевые слова: лимфатическая система, лимфоидная система, гомеостаз

HOMEOSTASIS OF INDIVIDUAL: LYMPHATIC AND LYMPHOID SYSTEMS

Petrenko V.M.

Russian Academy of Natural History, St.-Petersburg, e-mail: deptanatomy@hotmail.com

Lymphatic and lymphoid systems take part to keep in individual homeostasis through circulatory system. In the base of lymphoid system there are blood vessels, main tracts of circulation of lymphoid cells. Lymphatic vessels form the base of lymphatic system. They put supplementary flow out of tissue fluid in form as lymph, ensuring relative constancy of tissue pressure and composition of intercellular medium, because first of all lymphatic bed conducts proteins and fats, toxins and tumour cells from tissues. Lymphatic and lymphoid systems form immune complex by means of loose connective tissue between microvessels. It is do not only their mechanical fastener, but their circulatory mediator too: intercurrents of antigens and blood cells meet in tissue channels, in result immunopoietic processes start and lymphoid tissue is formed, including lymph nodes.

Keywords: lymphatic system, lymphoid system, homeostasis

Существуют разные представления о гомеостазе [5]. Чаще всего гомеостаз определяют как подвижное равновесие или колеблющееся в ограниченных пределах постоянство внутренней среды организма, в т.ч. тканевой (внеклеточной) жидкости, крови и лимфы. Или иначе: гомеостаз – это совокупность скоординированных реакций, обеспечивающих поддержание или восстановление постоянства внутренней среды организма, который есть физико-химическая система, существующая в окружающей среде в стационарном состоянии. Именно способность биосистем сохранять стационарное состояние в условиях непрерывно меняющейся среды и обуславливает их выживание. Поэтому гомеостаз определяют также как способность биосистем противостоять изменениям и сохранять динамическое постоянство состава и свойств организма, а здоровье человека рассматривают как выражение биологического гомеостаза, оптимальное протекание физиологических процессов. Таким образом, к определению понятия гомеостаза подходят с двух сторон. С одной стороны, гомеостаз рассматривается как количественное и качественное постоянство физико-химических и биологических параметров. С другой стороны,

гомеостаз определяют как совокупность механизмов, поддерживающих постоянство внутренней среды организма.

Лимфатическая система (ЛтСи) и водный гомеостаз индивида

Разные системы по своему участвуют в обеспечении гомеостаза. Сердечно-сосудистая система организует постоянную циркуляцию крови по замкнутой системе сосудов, по двум кругам кровообращения, начинающимся и оканчивающимся в сердце. Кровь приносит в органы субстраты, которые требуются для нормального функционирования их клеток, и эвакуирует продукты их жизнедеятельности. Эти вещества выходят через стенки капилляров в интерстициальную (межклеточную) жидкость. ЛтСи – дополнительная к венам дренажная система, в которую возвращается жидкость из тканей и в виде лимфы оттекает в кровеносное русло, в его венозную часть [4], что подтверждается и в экспериментах [1,2]. Дренажная функция ЛтСи определяется не столько сбросом конкретного количества жидкости, сколько «очищением» жидких сред от естественных и патологических макромолекул. ЛтСи всегда, а при патологии особенно, вовлечена в этот процесс [3].

В силу этого лимфа осуществляет вынос из очагов поражения разных антигенов – макромолекул распада тканей, патогенных микроорганизмов, токсинов, а следовательно вовлекается в иммунный процесс. В отличие от венозных капилляров, лимфатические капилляры создают путь, по которому не только вода и электролиты, но и такие крупные молекулы, как белки, возвращаются из интерстиция в циркулирующую кровь и так предотвращают повышение интерстициального давления, а значит, и отек [16]. Таким образом, ЛтСи не только регулирует водный гомеостаз, но и «указывает» направление движения жидкости и крупнодисперсных частиц в локальном межклеточном пространстве, создает вектор адекватной однонаправленной дегидратации.

ЛтСи с момента закладки является частью сердечно-сосудистой системы. Первичные лимфатические сосуды (ЛС) образуются путем выключения из кровотока части первичных вен [8], они всегда сопровождают артерии эмбриона. Я предложил концепцию о конституции или общем устройстве ЛтСи [13], которое определяет ее реакции на воздействия окружения, в т.ч. на толчки

лимфотока, и состоит в сегментарной организации лимфатического русла (ЛР): 1) складчатая конструкция стенок (клапаны и собственные, межклапанные сегменты), связанная с колебаниями лимфотока; 2) квазисегментарная связь с артериями (генеральные, т.е. общие с кровеносным руслом, периартериальные сегменты) как следствие сегментарного устройства эмбриона и отражение внешних связей ЛР с его окружением, источником экстравазальных факторов лимфотока. Межклапанные сегменты ЛР во всем их разнообразии организуют базовое, пассивное и дополнительно активное продвижение лимфы от органов к венам. Строение и режим функционирования межклапанных сегментов ЛР коррелируют с их топографией – адекватны строению генеральных сегментов ЛтСи как части сердечно-сосудистой системы и корпоральных сегментов индивида. Собственные сегменты ЛтСи соединяются с другими компонентами генеральных сегментов посредством соединительной ткани, местами она трансформируется в лимфоидную ткань, в т.ч. лимфатических узлов (ЛУ), которые являются частью непрерывного ЛР (рис. 1–5).

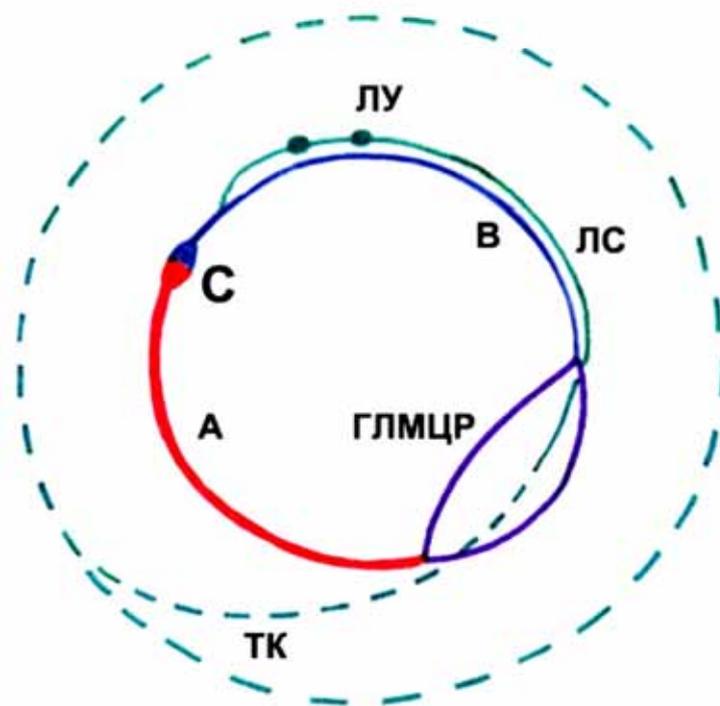


Рис. 1. Строение циркуляторной системы у млекопитающих животных (схема): С – сердце; А – артерии; ГЛМЦР – гемолимфомикроциркуляторное русло; В – вены; ЛС – лимфатические сосуды; ЛУ – лимфатические узлы; ТК – тканевые каналы

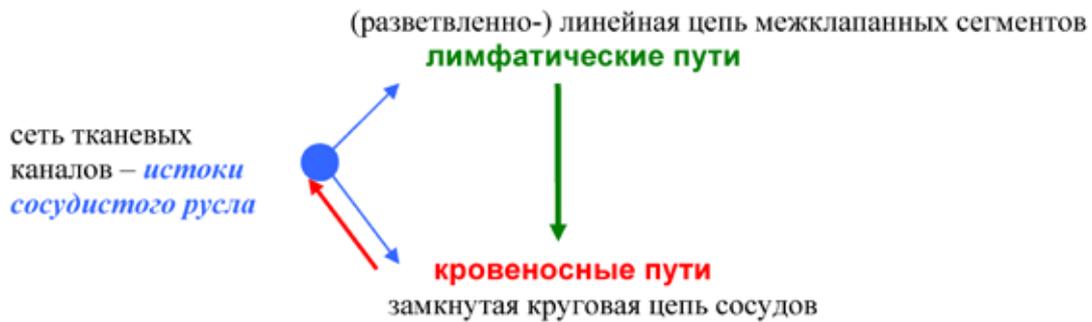


Рис. 2. Общая организация путей циркуляции у млекопитающих животных (схема)

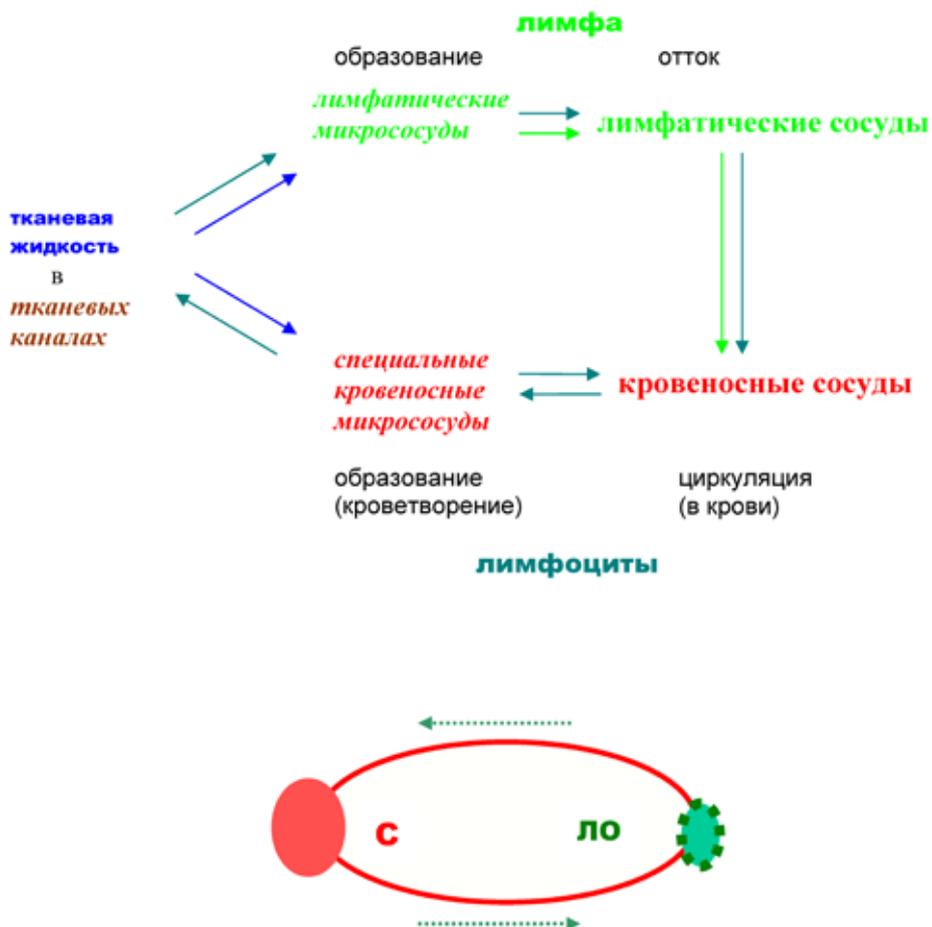


Рис. 3. Сопряжение лимфатической и лимфоидной систем млекопитающего в составе единой циркуляторной системы организма. На схеме (верхняя часть) показаны пути лимфооттока, начиная с лимфообразования, и пути циркуляции лимфоцитов. Лимфоидная система выглядит как специальная приставка сердечно-сосудистой системы (нижняя часть схемы): С – сердце; ЛО – лимфоидные образования, устроенные как специальные насадки на кровеносное русло в виде лимфоидных муфт, которые контролируют и регулируют клеточный и белковый состав внутренней среды организма. В основе лимфоидной системы, таким образом, находятся замкнутые в круг непрерывные кровеносные пути, по которым происходит (ре)циркуляция лимфоцитов. Тканевые каналы и лимфатические пути дополняют кровеносные пути в составе единой циркуляторной системы организма

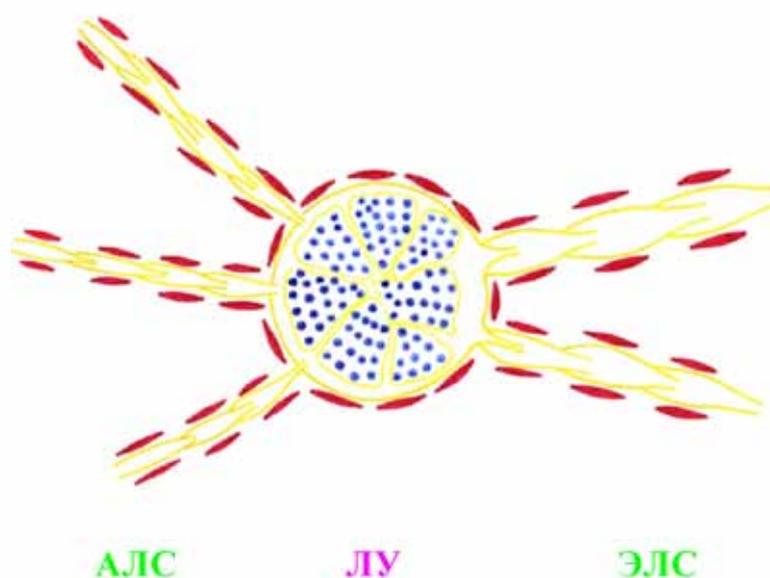


Рис. 4. Строение экстраорганного лимфатического русла как сети лимфангионов (схема): ЛУ – лимфатический узел как емкостный лимфангион лимфоидного типа; АЛС, ЭЛС – афферентные и эфферентные лимфатические сосуды как цепи обычных лимфангионов

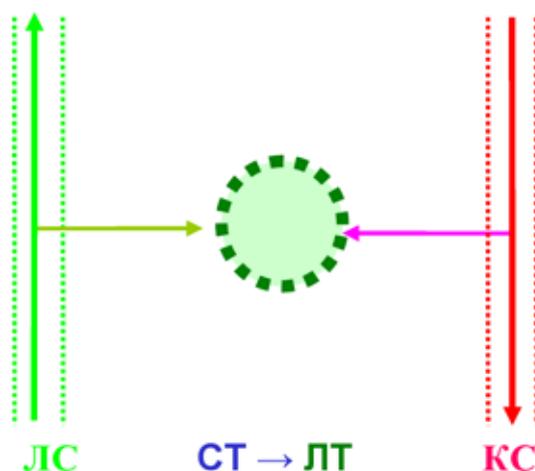


Рис. 5. Противоточная лимфогемодинамическая система как модель иммунопоеза и иммуноморфогенеза (схема): ЛС, КС – лимфатический и кровеносный сосуды; СТ, ЛТ – (рыхлая) соединительная и лимфоидная ткани

Лимфоидная система (ЛдСи) и генотипический гомеостаз индивида

Один из параметров гомеостаза индивида – иммунный: устойчивость внутренней среды к антигенам связывают с ЛдСи. Иммунитет обеспечивается клеточными и гуморальными факторами крови, лимфы и тканевой жидкости [10,12]. Проблемы иммунитета занимают центральное положение в современной медицине. Исследования в этой области обычно проводятся на уров-

не клеток и их взаимодействий. Основная роль в установлении гомеостаза отводится клеточным мембранным системам, которые регулируют скорость поступления и выделения веществ клетками. С этих позиций основными причинами нарушения гомеостаза считаются необычные для нормальной жизнедеятельности неферментативные реакции, протекающие в мембранах; в большинстве случаев это цепные реакции окисления с участием свободных радикалов,

возникающие в фосфолипидах клеток. Эти реакции ведут к повреждению структурных элементов клеток и нарушению функции регулирования [5,7].

Гораздо меньше и реже уделяется внимание анатомическим основам иммунитета. Длительное время роль его организатора приписывалась ЛтСи [4]. Во второй половине минувшего столетия интерес к иммунитету резко возрос во всех отраслях медицины. Поэтому в Международной анатомической терминологии (1998) выделена новая система – ЛдСи, термин «ЛтСи» исключен, роль ЛС низводится до уровня придатка ЛУ – поставщика периферической лимфы для очистки [17,18]. Недавно сделана попытка реанимировать ЛтСи в узком виде: вслед за М.Г.Привесом, в ее состав ввели тимус, селезенку, миндалины, лимфоидные бляшки и узелки на основании их якобы морфологической, онтогенетической и функциональной взаимосвязи [6]. Из лимфоидной ткани состоят многие органы, сходные по значению с ЛУ, но с менее интимным отношением к ЛР (в отличие от ЛУ, не стоят на пути крупных ЛС – Иосифов Г.М., 1914) и с иным происхождением [11]. Функциональная морфология ЛдСи в условиях возрастной нормы, эксперимента и при патологии вызывает интерес у разных специалистов [6,7,19]. Но до сих пор отсутствует общепринятая концепция функционирования лимфоидных органов. Мной предложена модель противоточной лимфогемодинамической системы: по афферентным ЛС и синусам в паренхиме ЛУ поступают антигены, им навстречу движутся клетки крови (лимфоциты и макрофаги) из кровеносных микрососудов; центральное положение занимают интерстициальные каналы стромы, где разворачиваются процессы иммунопоза. Тканевые каналы объединяют ЛР и кровеносное русло ЛУ в функциональный анастомоз. По тканевым каналам вещества ЛУ происходит трансфузионный лимфоток. Они же являются путями экстравазального перемещения клеток крови. В вещество других лимфоидных органов антигены могут приходиться по тканевым каналам и специальным кровеносным микрососудам [9–15].

Лимфоидно-лимфатический аппарат и гомеостаз индивида

Я не рассматриваю ЛтСи как часть ЛдСи или ЛдСи в составе ЛтСи. Это два специализированных отдела сердечно-сосудистой системы, взаимосвязанных на периферии (лимфоидные узелки и бляшки, ЛУ). В основе ЛдСи находятся кровеносные сосуды [9,10], главные пути (ре)циркуляции лимфо-

идных клеток, а в основе ЛтСи – ЛС, дополнительный к венам дренаж разных органов, важный путь оттока из них антигенов. ЛдСи и ЛтСи образуют иммунный комплекс благодаря рыхлой соединительной ткани между кровеносными микрососудами и микроЛС, которая является не просто их механической скрепкой, но циркуляторным посредником: в тканевых каналах встречаются противотоки антигенов и клеток крови, в результате чего разворачиваются процессы иммунопоза и образуется лимфоидная ткань [9–15]. Лимфоидно-лимфатический аппарат поддерживает гомеостаз организма следующим образом: 1) ЛтСи осуществляет отток тканевой жидкости из органов в виде лимфы, обеспечивая относительное постоянство тканевого давления и состава межклеточной среды, поскольку в первую очередь ЛР отводит из тканей крупнодисперсные вещества, белки и жиры, токсины и опухолевые клетки, что способствует поддержанию специфического белкового и клеточного состава внутренней среды организма (генотипического гомеостаза); 2) ЛдСи организует (ре)циркуляцию лимфоидных клеток (а также антител), которые обеспечивают поддержание генотипического гомеостаза.

Лимфоидно-лимфатический аппарат – это анатомическая основа иммунопротективной системы (ИПС), многоуровневой функциональной системы, в т.ч. соединительных и пограничных тканей, которая мобилизует различные факторы иммунной защиты внутренней среды организма [9–14]. ЛтСи и кровеносная система участвуют в организации ИПС, т.к. лимфоидные образования используют сосуды как пути доставки антигенов и выводные протоки для своих «секретов». Лимфоидные образования всегда связаны с кровеносными сосудами, но не всегда имеют афферентные ЛС. Периферические лимфоидные образования находятся на путях оттока тканевой жидкости и лимфы в ЛР и вены. ЛтСи – это комплекс ЛР (дренаж органов – лимфоотток из них, в т.ч. антигенов) и лимфоидной ткани ЛУ и других периферических лимфоидных образований с афферентными ЛС любого типа (многоэтапная очистка лимфы в процессе ее оттока из органов в вены).

Заключение

ЛтСи и ЛдСи участвуют в поддержании гомеостаза индивида, в т.ч. генотипического – через циркуляторную систему в составе ИПС. Она включает тканевые каналы и ЛР, которое коллатерально венам и заканчивается в венах. ЛР отводит из органов тканевую жидкость, не попавшую в вены, в виде лимфы, а в ее составе – клетки, в т.ч. опу-

холевые, и белки, в т.ч. антитела. Тканевые каналы (рыхлая соединительная ткань) проходят между барьерными тканями, корнями ЛР и кровеносными капиллярами, замыкая таким образом циркуляторную систему организма в круг при сохранении выходов на внешнюю среду. Соединительная ткань объединяет все ткани, в т.ч. эпителии и эндотелии, причем местами трансформируется в лимфоидную ткань, в т.ч. ЛУ. Разные защитные факторы внутренней среды, начиная с механических и физико-химических (непрерывность эпителиев, основное вещество как поглотитель и решетка волокон соединительной ткани, и т.п.) и заканчивая антителами, срабатывают на разных уровнях организации ИПС, устроенной как каскад биофильтров разной конструкции в их связи. ЛР в составе ИПС представляется одним из вариантов организации генотипического гомеостаза индивида, чем однако не исчерпывается роль ЛтСи в поддержании его гомеостаза в целом (водный – базовый для ЛтСи).

Список литературы

1. Бородин Ю.И., Машак А.Н., Голубева И.А. Лимфатическая система и водный гомеостаз // Морфология. – 2005. – Т. 119. – № 4. – С. 60–64.
2. Бородин Ю.И., Асташова Т.А., Асташов В.В. Роль лимфатической системы в поддержании механизма окислительного гомеостаза в норме, при моделировании атеросклероза и его энтеральной коррекции сорбентом синал // Бюлл. СО РАМН. – 2006. – Т. 120. – № 2. – С. 73–79.
3. Буянов В. М., Алексеев А. А. Лимфология эндотоксикога. – М.: Медицина, 1990. – 272 с.
4. Жданов Д. А. Общая анатомия и физиология лимфатической системы. – Л.: Медгиз, 1952. – 336 с.
5. Кассиль Г.Н. Внутренняя среда организма. – М.: Наука, 1978. – 224 с.
6. Коненков В.И., Бородин Ю.И. и Любарский М.С. Лимфология. – Новосибирск: Манускрипт, 2012. – 1104 с.
7. Лозовой В.П., Шергин С.М. Структурно-функциональная организация иммунной системы. – Новосибирск: Наука СО, 1981. – 226 с.
8. Петренко В.М. Эволюция и онтогенез лимфатической системы. 2-е изд. – СПб.: ДЕАН, 2003. – 336 с.
9. Петренко В.М. Иммунные образования на путях лимфоотока из органов: лимфоидно-лимфатический аппарат // Актуал. вопросы соврем. морфол-и и физиол-и. – СПб.: ДЕАН, 2007. – С. 33–305.
10. Петренко В.М. Лимфатическая и лимфоидная системы: определение // Известия вузов. Поволж. регион. – 2009. – № 4 (12). – С. 12–20.
11. Петренко В.М. Функциональная анатомия лимфатической системы: современные представления и направления исследований // Междунар. журнал приклад. и фундамент. исслед.-й. – 2013. – № 12. – С. 94–97.
12. Петренко В.М. Имунопротективная система и ее устройство // Междунар. журнал приклад. и фундамент. исслед.-й. – 2014. – № 8. – Ч. 3. – С. 67–70.
13. Петренко В.М. Конституция лимфатической системы. – СПб: изд-во ДЕАН, 2014. – 60 с.
14. Петренко В.М. Функциональная анатомия иммунного аппарата // Междунар. журнал приклад. и фундамент. исслед.-й. – 2014. – № 3. – Ч. 2. – С. 32–33.
15. Петренко В.М. Лимфатический узел как лимфангион. – Saarbrücken: LAP, 2016. – 84 с.
16. Русняк И., Фельди М., Сабо Д. Физиология и патология лимфообращения / пер. с венг. яз. – Будапешт: АН Венгрии, 1957. – 856 с.
17. Сапин М.Р. Новый взгляд на лимфатическую систему и ее место в защитных функциях организма // Морфология. – 1997. – Т. 112. – № 5. – С. 84–87.
18. Сапин М.Р. Лимфатическая система и ее роль в иммунных процессах // Морфология. – 2007. – Т. 131. – № 1. – С. 18–22.
19. Сапин М.Р., Этинген Л.Е. Иммунная система человека. – М.: Медицина, 1996. – 304 с.