

УДК 611.4

НОДАЛЬНЫЕ СЕГМЕНТЫ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Петренко В.М.

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

Лимфатические узлы являются частью непрерывного экстраорганным лимфатического русла, образуют его нодальные межклапанные сегменты или емкостные лимфангионы лимфоидного типа. Лимфатический узел устроен как лимфангион с двойной стенкой. Его (краевого синуса) наружная стенка напоминает стенку обычного, сосудистого лимфангиона. Внутренняя стенка нодального лимфангиона (его краевого синуса и стенки промежуточных синусов) подобна синусоидам, контактирует с лимфоидной (клеточной) тканью и может быть представлена как гидравлическая манжетка: при наводнении вещества лимфатического узла (трансфузионный лимфоток) внутренняя стенка краевого синуса становится нерастяжимой. От обычных лимфангионов нодальный лимфангион отличается большими размерами и емкостью, большей толщиной и более сложным строением наружной стенки, большим, чем два, количеством клапанов. Капсула лимфатического узла и мышечная манжетка лимфангиона принципиально не отличаются по строению. Их различия носят главным образом количественный характер и обусловлены большими объемом и емкостью, сложностью строения полости (разветвленная сеть синусов) лимфатического узла.

Ключевые слова: лимфатический узел, лимфангион, сегмент

NODAL SEGMENTS OF LYMPHATIC SYSTEM

Petrenko V.M.

St.-Petersburg, e-mail: deptanatomy@hotmail.com

Lymph nodes are part of uninterrupted extraorganic lymphatic bud, form its nodal intervalvar segments or capacious lymphangions of lymphoid type. Lymph node is arranged as lymphangion with double wall. Its external wall (its marginal sinus) looks like wall of usual, vascular lymphangion. Internal wall of nodal lymphangion (its marginal sinus and walls of intermediate sinuses) like sinusoids, contacts with lymphoid (hemogenetic) tissue and perhaps present as hydraulic cuff: during inundation of substance of lymph node (transfusing lymph flow) internal wall of marginal sinus becomes unstretchable. From usual lymphangions nodal lymphangion differs more sizes and capacity, more thickness and more compound structure of external wall, quantity of valves usually more than two. Capsule of lymph node and muscular cuff of lymphangion no differ on structure in principle. Their distinctions have mainly quantitative character and are conditioned by more volume and capacity, complexity of structure of cavity (ramified network of sinuses) of lymph node.

Keywords: lymph node, lymphangion, segment

Несколько веков лимфоузлы входили в состав классической лимфатической системы (сосудов и узлов) [3]. Но с самого конца XX столетия лимфоузлы стали рассматривать главным образом как органы лимфоидной (иммунной) системы, а лимфатические сосуды – как часть сердечно-сосудистой системы [11].

Лимфоузлы участвуют в пассивном и активном транспорте лимфы из органов в вены и одновременно в ее очистке от антигенов. С генетической точки зрения, лимфоузел является лимфатическим / лимфоносным (первично), и лимфоидным, клеточной (вторично) органом. С момента закладки он представляет собой сложный транспортный узел сосудистого русла: лимфатические синусы окружают лимфоидную ткань, в нее погружены кровеносные микрососуды [7]. Лимфоузел является частью экстраорганным лимфатического русла, поскольку по его синусам протекает лимфа, но обычно исследуется как иммунный орган, так как в его веществе очищается лимфа [1,13]. В последнее время получила распространение идея, что лимфатическая система как самостоятельная часть организма не существует.

Лимфатические сосуды рассматриваются как придаток лимфоидной системы, играют вспомогательную роль в обслуживании иммунных образований, в т.ч. лимфоузлов [11,12]. Такое представление нашло свое отражение в Международной анатомической терминологии (Нью-Йорк, 1998). Ранее ситуация была обратная: лимфоузлы относили к лимфатической системе (Международная анатомическая номенклатура – Париж, 1955), ей приписывали иммунные функции. Д.А. Жданов [2] писал: «...лимфатическая система в ее структурах и функциях является во многих отношениях решающей базой, на которой разыгрываются процессы обмена веществ, разворачиваются реакции организма на инфекцию, распространяются новообразования... Лимфоузлы являются биологическими и механическими фильтрами для протекающей сквозь узлы лимфы».

Цель исследования. Описать лимфоузлы как часть сегментарной системы лимфатического русла.

Материалы и методы исследования

для исследования лимфоузлов в составе лимфатического русла у человека и разных животных я

использовал традиционный набор методик – препарирование, в т.ч. после предварительной инъекции (синей, чаще, или голубой массы Герота), изготовление серийных гистологических срезов, окрашенных гематоксилином и эозином, пикрофуксином по Ван Гизон, орсеином и др., импрегнированных азотнокислым серебром по Карупу и Футу.

Результаты исследования и их обсуждение

Подробное описание строения лимфоузла приведено в моих работах [6,8,10]. В этой статье я представляю обобщенные сведения по его анатомии в заданном аспекте (рис. 1–3).

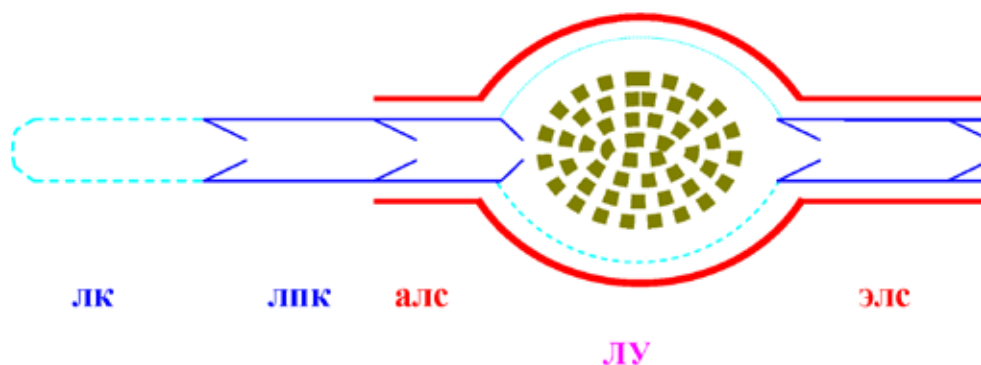


Рис. 1. Лимфатическое русло как цепь межклапанных сегментов с прогрессивно усложняющейся конструкцией стенок (схема): лк – лимфатический капилляр с эндотелиальными стенками, пунктирная линия символизирует подвижные межклеточные контакты, они функционируют как микрочлапаны на входе в безмышечный межклапанный квазисегмент; лпк – лимфатический посткапилляр, в котором появляются типичные, интралюминарные клапаны и тонкая адвентиция (безмышечный межклапанный сегмент); алс, элс – афферентный и эфферентный лимфатические сосуды, красные линии символизируют мышечный слой в их стенках (мышечные межклапанные сегменты или лимфангионы); ЛУ – лимфатический узел как нодальный или лимфоидный лимфангион, стенки которого содержат лимфоидную ткань (зеленого цвета), эндотелиальная выстилка синусов разрыхляется и становится пористой

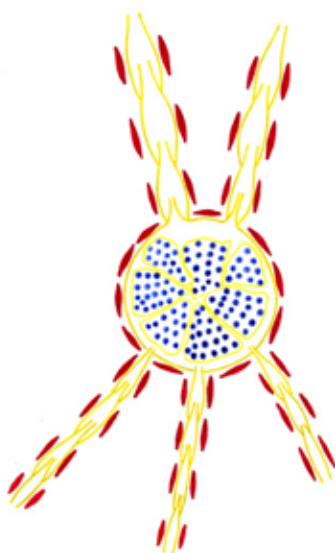


Рис. 2. Лимфатический узел как нодальный сегмент или лимфангион лимфоидного типа в составе экстраорганный лимфатического русла (схема): внутренние стенки лимфоузла содержат лимфоидную ткань (синего цвета); наружные стенки лимфоузла с красными миоцитами (капсула) продолжают в стенки афферентных и эфферентных лимфатических сосудов, на границе с которыми находятся входные и выходные клапаны узла

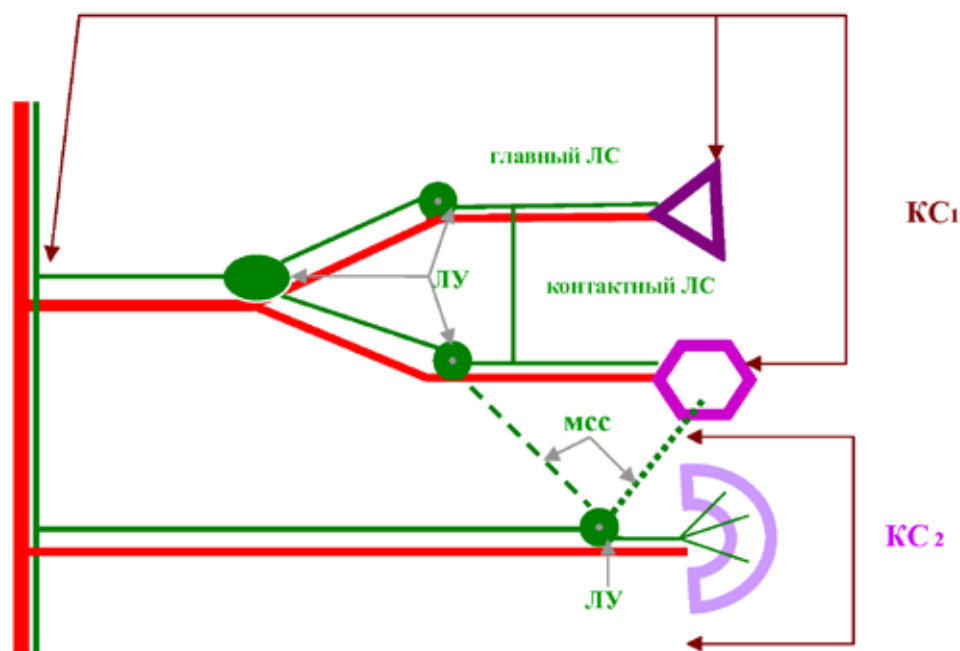


Рис. 3. Лимфатические узлы в составе лимфатических путей дефинитивных корпоральных сегментов человека (схема): красные полосы – аорта и ее ветви; зеленые линии, кружки и овал – лимфатическое русло; сиреневые треугольник, многоугольник, полукольцо – органы; ЛС, ЛУ – лимфатические сосуды и узлы, мсс – межсегментарные лимфатические связи; КС – корпоральные сегменты (1,2) разной сложности строения

Лимфоузел млекопитающих имеет 3 основные части: 1) капсула с трабекулами; 2) сеть синусов, они отделяются клапанами от афферентных и эфферентных лимфатических сосудов; 3) лимфоидная ткань, дифференцированная на зоны, корковую, паракортикальную и мозговую. Как и стенки лимфатических сосудов, капсула лимфоузла имеет три оболочки: 1) наружная или адвентициальная, обычно наиболее толстая, содержит толстые складчатые пучки коллагеновых волокон и эластические волокна, в ее глубоком слое могут определяться гладкие миоциты, обычно в виде отдельных, небольших групп или тонких пучков; 2) средняя, постоянно содержащая мышечные пучки в разных числе, размерах и ориентации; 3) внутренняя, самая тонкая и рыхлая, содержит тонкие коллагеновые и эластические волокна, непостоянно – миоциты. С момента закладки лимфоузла стенки сужающейся, удлиняющейся и разветвляющейся его полости всегда имеют эндотелиальную выстилку. Она истончается и разрыхляется в связи с уменьшением гидростатического и увеличением гидродинамического давления («размывающее» действие трансфузионного лимфотока). Мною впервые описаны паракортикальные синусы лимфоузла. Они сопровождают посткапиллярные венулы

с высокими эндотелиоцитами, в т.ч. на границе Т-доменов, заходят на их территорию.

Лимфоузлы можно представить как особые части экстраорганного лимфатического русла с локально компартментализованной, сильно разветвленной полостью. В стенках этой многокамерной полости размещается лимфоидная ткань, пронизанная сетью кровеносных микрососудов, находящихся в тесных взаимоотношениях с промежуточными синусами лимфоузла. В лимфатическом сосуде на первый план выступают резко выраженные окружная складчатость интимы (множественные клапаны) и продольное сегментирование стенок, их внутренней и средней оболочек (межклапанные сегменты). В лимфоузле обнаруживаются локальная гиперплазия интимы внутренней стенки краевого синуса и рост ее радиальных ветвей (промежуточные синусы) с лимфатическим эндотелием и лимфоидной тканью в стенках. В результате лимфоузел приобретает строение сложной, разветвленно-трубчатой железы в составе лимфатических путей (лимфатические железы [4]).

От обычных лимфангионов лимфатического сосуда нодальный лимфангион отличается: 1) большими размерами, чаще – явно большими; 2) большей толщиной стенки (капсулы) и более сложным ее строе-

нием (в частности, образованием трабекул); 3) большей емкостью, причем сложной по строению – разветвленная сеть синусов, разделенных полиморфными участками лимфоидной ткани и трабекулами (компартиментализованная полость); 4) большим обычно, чем два, числом клапанов. Корректным можно считать сопоставление капсулы лимфоузла как наружной стенки нодального (краевого) синуса и (наружной) стенки экстраорганного лимфатического сосуда (мышечной манжетки его лимфангиона). Внутренняя стенка краевого синуса лимфоузла и ее продолжений, стенок промежуточных синусов, обычно связанные с лимфоидной тканью, по строению подобны лимфатическим капиллярам, особенно прилежащим к лимфоидной ткани, диффузной или узелковой. В результате лимфоузел представляется как особый лимфангион с двумя разными по строению и топографии стенками. Наружная стенка нодального лимфангиона (капсула) устроена как стенка обычного лимфангиона, внутренняя стенка подобна синусоидам, контактирует с лимфоидной (кровотворной) тканью и может быть представлена как особая, гидравлическая манжетка: при наводнении вещества лимфоузла (трансфузионный лимфоток) внутренняя стенка краевого синуса становится не растяжимой. Кровеносные микрососуды вещества отводят часть лимфы, в результате уменьшается давление на капсулу лимфоузла, что ограничивает дифференциацию миоцитов в капсуле. Функциональный лимфогемальный анастомоз лимфоузла может работать и в обратном режиме (гемолимфатическом), например, при региональном венозном застое. и тогда гидравлическая манжетка обусловит увеличение нагрузки на капсулу, ее гипертрофию. Иначе говоря, в сеть экстраорганного лимфатического сосуда вставлены инкапсулированные участки микрогемолимфоциркуляторного русла в комплексе с лимфоидной тканью. Промежуточные синусы лимфоузла соединяют части краевого синуса по типу полушунта: транспорт лимфы в лимфоузле сочетается с ее депонированием, фильтрацией и частичной резорбцией. Лимфоузел служит транспортно-фильтрационным узлом экстраорганного сосудистого русла, который объединяет особым способом лимфатические сосуды между собой и с кровеносными сосудами. Кроме того, существуют многочисленные варианты строения лимфоузла, как и лимфатических сосудов, в т.ч. миоархитетоники его капсулы, например – магистральный (хорошо выражены крупные продольные, меридианальные пучки), дисперсный (сеть мелких пучков) и комбиниро-

ванные. Отсюда можно сделать следующие выводы: 1) капсула лимфоузла (наружная стенка емкостного лимфангиона лимфоидного типа) и мышечная манжетка лимфангиона экстраорганного лимфатического сосуда по строению принципиально не отличаются; 2) их различия носят главным образом количественный характер и обусловлены большими объемом и емкостью, сложностью строения полости лимфоузла и ее стенок.

В утробной жизни млекопитающих закладка лимфоузла предшествует формированию комплекса кровеносных и лимфатических сосудов путем встречного роста лимфатических сосудов и ветвей артерий. Межсосудистая рыхлая соединительная ткань таких комплексов постепенно трансформируется в лимфоидную: инвагинация кровеносных сосудов вместе с эндотелиальной стенкой матричного лимфатического сосуда тормозит в его просвете прямой лимфоток с усилением трансфузионного лимфотока сквозь инвагинацию, где осаждаются «обломки» клеток и других структур. Они вызывают миграцию из крови макрофагов и лимфоцитов. В результате стромальный зачаток лимфоузлов превращается в лимфоидный: 1) гиперплазия межсосудистой соединительной ткани, ее инфильтрация клетками крови с образованием лимфоидной ткани; 2) интенсивный и неравномерный рост интимы лимфатического сосуда контактной зоны, ее ветвление с образованием сети лимфатических синусов; 3) интенсивный, неравномерный рост и ветвление наружной оболочки матричного лимфатического сосуда с образованием капсулы и трабекул лимфоузла. Лимфоидная ткань, интенсивно метаболизирующая, оказывает «размывающее», разрыхляющее воздействие на прилегающий эндотелий синусов лимфоузла, особенно внутренней стенки краевого и стенок промежуточных синусов. Лимфоциты раздвигают межэндотелиальные промежутки синусов, объединяют лимфу и строму, вещество и капсулу лимфоузла. Стенка лимфатического сосуда трансформируется частично в вещество, частично в капсулу лимфоузла. Интима внутренней стенки краевого синуса лимфоузла растягивается и разрыхляется, насыщается лимфоцитами, субэндотелиальный слой непосредственно продолжается в строму вещества лимфоузла. Элементы стромы проникают в полости его синусов через расширенные промежутки истонченного и разрыхленного эндотелия. Лимфоидные узелки лимфоузла формируются также вокруг кровеносных сосудов и находятся около краевого синуса (продолжения лимфати-

ческого сосуда в толщу лимфоузла), могут в той или иной мере инвагинировать в его просвет вплоть до окружения лимфоидного узелка ветвями краевого синуса (вокругзелковые синусы) – воспроизведение этапов эволюции лимфоузла [7].

Лимфоузел – это значительное локальное расширение экстраорганный лимфатического русла. Его полость, нодальный синус, располагается между входными и выходными клапанами. Лимфоузел содержит двойной фильтр: 1) биомеханическая решетка в просвете нодального синуса и в веществе его стенок – сети соединительнотканых волокон и ретикулярных клеток; 2) биофильтр – лимфоидная ткань в толще внутренней, сильно разветвленной стенки нодального синуса (лимфоидная манжетка). Его наружная стенка (капсула с трабекулами) содержит гладкие миоциты и выполняет функции мышечной манжетки – ограничивает растяжение лимфоузла и активно регулирует лимфоток в нем путем активного сокращения. Миоархитектоника его капсулы подобна миоархитектонике смежных сосудистых лимфангионов. Мышечная сеть в капсуле подвергается деформации в целом (растяжение под давлением лимфы в полости и стенках нодального синуса) и локально, адекватно локальным особенностям лимфодинамики. Поэтому капсула лимфоузла имеет три части с разной топографией и миоархитектоникой – периферическая или коллекторная (над входами в крайовой синус), промежуточная или распределительная (над корковым веществом) и центральная коллекторная или хиларная (стенка воротного синуса). Наибольшая по площади промежуточная часть капсулы лимфоузла соответствует мышечной манжетке сосудистого лимфангиона, но имеет значительно более сложное строение, что соответствует локальным особенностям организации коркового вещества лимфоузла.

Заключение

Лимфоузел участвует в организации лимфооттока из органов, при этом его движения координируются с движениями сопряженных лимфатических сосудов. Сосудистая стенка трансформируется в капсулу лимфоузла с отходящими от нее трабекулами. Капсула имеет многослойное строение и содержит гладкие миоциты, ограничивает растяжение лимфоузла, при сокращении «выдавливает» из него лимфу. Направление лимфооттока из лимфоузла определяется его пограничными клапанами. Капсула лимфоузла устроена подобно стенкам обычных лимфангионов, но имеет особенности своего строения. Они определяются не только

гораздо большими размерами, по сравнению с сопредельными лимфангионами сопряженных лимфатических сосудов, но прежде всего тем, что внутренняя стенка полости (краевого синуса) содержит неоднородную лимфоидную ткань. Поэтому лимфоузел следует рассматривать как лимфангион лимфоидного типа – лимфангион, в стенках которого находится лимфоидная ткань. Удобной, хотя упрощенной моделью идеи представляются лимфоузлы у водоплавающих птиц. Они немногочисленны и обладают инвертированным строением, по сравнению с лимфоузлами плацентарных млекопитающих: афферентный лимфатический сосуд входит на одном полюсе лимфоузла, расширяется в толще его вещества и выходит на другом полюсе лимфоузла как его эфферентный лимфатический сосуд. От центрального синуса (гомолога краевого синуса) отходят промежуточные синусы, которые формируют густое сплетение в наружной части вещества лимфоузла. Лимфоидные узелки находятся в толще вещества лимфоузла птицы, вокруг центрального синуса [4].

Лимфоузел – очень крупный, емкостный лимфангион. Его прототипом может служить сегмент лимфатического сосуда в виде бутылки L. Ranvier (1882) – E. Horstmann (1951) или ампулы J. Kubic (1952). Мешковидно расширенная дистальная часть такого лимфангиона имеет тонкие стенки с низким содержанием миоцитов, они сосредоточены в более толстых стенках суженного проксимального отдела лимфангиона (горлышко бутылки). Следует однако помнить, что выше указанные авторы рассматривали лимфангион как клапанный сегмент лимфатического сосуда, с одним только собственным, дистально расположенным клапаном. Дистальный отдел такого лимфангиона – это латеральные стенки его клапанных синусов, проксимальный отдел – его мышечная манжетка. В лимфоузле горлышком бутылки может служить хиларная часть капсулы, примыкающая к выходным клапанам и воротному синусу лимфоузла (~ ампула или мешок), ее наибольшая, промежуточная часть расположена между входными клапанами (дистальными клапанными синусами) и воротным синусом. Лимфоузел – особый межклапанный сегмент лимфатического русла. В процессе развития он сильно расширяется и окружает пристеночные кровеносные сосуды, его интима оказывается в полости, наводняется лимфой, насыщается кровеносными микрососудами, отводящими тканевую жидкость (компенсируется возникающий дефицит емкости деформированного лимфатического сосуда путем

резорбции части лимфы в вены), и лимфоцитами, мигрирующими из кровеносных микрососудов, образуя вещество лимфоузла. Наружная оболочка лимфатического русла в пристеночной ножке инвагинации становится хиларным утолщением капсулы лимфоузла. Кровеносные сосуды растут и вызывают ветвление инвагинации: адвентициальные ветви – трабекулы, интимальные ветви – мозговые тяжи. Деформируется и мышечная оболочка лимфатического русла – растягивается, ветвится. Под давлением разрастающейся инвагинации полость лимфатического русла прогрессивно сужается, расчленяется и разветвляется (краевой и промежуточные синусы лимфоузла).

Список литературы

1. Бородин Ю.И., Сапин М.Р., Этинген Л.Е. и др. (ред.). Функциональная анатомия лимфатического узла. – Новосибирск: Наука, 1992. – 257 с.
2. Жданов Д.А. Функциональная анатомия лимфатической системы. – Горький: Горьковск. мед. ин-т, 1940. – Вып. 9. – 375 с.
3. Жданов Д.А. Общая анатомия и физиология лимфатической системы. – Л.: Медгиз, 1952. – 336 с.
4. Иосифов Г.М. Лимфатическая система человека с описанием аденоидов и органов движения лимфы. – Томск: Известия Томск.ун-та, 1914. – 100 с.
5. Коненков В.И., Бородин Ю.И. и Любарский М.С. Лимфология. – Новосибирск: Манускрипт, 2012. – 1104 с.
6. Петренко В.М. Функциональная макроанатомия лимфатических узлов // Иммуногенез и лимфоток. – СПб: СПбГМА, 2003. – Вып. 3. – С. 10–28.
7. Петренко В.М. Эволюция и онтогенез лимфатической системы. 2-е изд. – СПб.: ДЕАН, 2003. – 336 с.
8. Петренко В.М. Структурные основы активного лимфотока в лимфатическом узле // Актуал.вопросы соврем. морфол-и. – СПб.: ДЕАН, 2008. – С. 24–90.
9. Петренко В.М. Конституция лимфатической системы. – СПб.: изд-во ДЕАН, 2014. – 60 с.
10. Петренко В.М. Лимфатический узел как лимфангион. – Saarbrücken: LAP, 2016. – 84 с.
11. Сапин М.Р. Новый взгляд на лимфатическую систему и ее место в защитных функциях организма // Морфология. – 1997. – Т. 112. – № 5. – С. 84–87.
12. Сапин М.Р. Лимфатическая система и ее роль в иммунных процессах // Морфология. – 2007. – Т. 131. – № 1. – С. 18–22.
13. Сапин М.Р., Этинген Л.Е. Иммунная система человека. – М.: Медицина, 1996. – 304 с.