

УДК 611.4

## ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Петренко В.М.

*Международный Морфологический Центр, Санкт-Петербург*

*e-mail: [deptanatomy@hotmail.com](mailto:deptanatomy@hotmail.com)*

Лимфатическая система на всех уровнях своей организации и этапах своего развития в эволюции и онтогенезе представляет собой специализированный дренажный отдел сердечно-сосудистой системы, коллатеральный к венам.

Ключевые слова: лимфатическая система

### Введение

В XVII веке О. Rudbeck и Т. Bartolin предложили рассматривать лимфатические сосуды и узлы (ЛС, ЛУ) как лимфатическую систему. И вот ее не стало: на гребне повышенного интереса к иммунитету в Международной анатомической терминологии (Нью-Йорк, 1998) выделяется новая система – лимфоидная, а термин «лимфатическая система» исключается. В раздел «Сердечно-сосудистая система» вводят подраздел «Лимфатические протоки и стволы», в котором ЛУ упоминаются, но подробно описываются в разделе «Лимфоидная система». В литературе нет определения лимфоидной системы, а роль ЛС низводится до уровня придатка ЛУ – поставщиков периферической лимфы для очистки [1, 2]. В последнее время делаются попытки реанимировать лимфатическую систему, в ее состав вводят тимус, селезенку, миндалины, лимфоидные бляшки и узелки на основании их якобы морфологической, онтогенетической и функциональной взаимосвязи [3]. Но еще Г.М. Иосифов [4] писал, что, кроме ЛУ, из лимфоидной ткани состоят и другие органы, сходные по значению с ЛУ, но отношение этих органов к лимфатическим стволам менее интимное – они не стоят на пути крупных ЛС. Анализ собственных [5-7] и противоречивых литературных данных подтолкнул меня к написанию статьи.

**Определение.** Лимфатическая система с момента закладки является частью сердечно-сосудистой системы и осуществляет дополнительный (медленный, безнапорный) дренаж органов, коллатеральный к венам.

**Общее строение и топография.** Лимфатические капилляры (ЛК), корни лимфатического русла, имеют тонкие эндотелиальные стенки и не связаны с кровеносным руслом. ЛК переходят в лимфатические посткапилляры (ЛПК), в их стенках появляются прерывистая базальная мембрана эндотелия, тонкий слой соединительной ткани под ним и первые клапаны. Уже в органах ЛПК переходят в ЛС с гладкими миоцитами в среднем слое. Из органов выходят ЛС, стенки которых состоят из трех оболочек, средняя из них – мышечная. В конечном счете самые крупные лимфатические коллекторы (стволы и протоки) впадают в вены шеи человека и млекопитающих животных. Их экстраорганное лимфатическое русло отличается важной конструктивной особенностью: ЛУ входят в его состав и вместе с ЛС участвуют в организации лимфооттока из органов. Кроме транспорта, ЛУ осуществляют очистку лимфы от чужеродного материала: вещество ЛУ опутано лимфатическими синусами с истонченной и разрыхленной эндотелиальной выстилкой, что облегчает миграцию клеток и крупнодисперсных частиц из полости синусов в вещество ЛУ. ЛУ могут быть представлены как видоизмененные экстраорганные ЛС с сильно разветвленной полостью. В стенках многокамерной полости ЛУ находится лимфоидная ткань: она пронизана густой сетью кровеносных микрососудов и окружена синусами (корковыми – лимфоидные узелки, паракортикальными – Т-домены, мозговыми – мозговые тяжи). ЛУ функционирует

как противоточная система: из афферентных ЛС в синусы и вещество ЛУ поступает периферическая лимфа с антигенами; навстречу ей, из кровеносных микрососудов, прежде всего – из посткапиллярных венул с высокими эндотелиоцитами, движутся макрофаги и лимфоциты. У плодов они насыщают рыхлую межсосудистую соединительную ткань закладки ЛУ с образованием лимфоидной паренхимы ЛУ. Такие тесные микроанатомотопографические взаимоотношения ЛС и кровеносных сосудов (функциональный анастомоз) создают условия для функционирования ЛУ как двухстороннего гемолимфатического насоса: примерно одна треть или более периферической лимфы переходит в кровеносное русло, возможен и обратный процесс перехода части кровяной плазмы в синусы ЛУ. Лимфоидные муфты кровеносных микрососудов подобным образом контактируют также с корнями лимфатического русла (лимфоидные узелки и бляшки).

### Функциональная морфология

1. Лимфатическое русло на протяжении можно представить как ветвящуюся цепь звеньев с постепенно усложняющейся конструкцией стенки: ЛК (эндотелий без базальной мембраны) → ЛПК (клапаны) → ЛС (гладкие миоциты) → ЛУ (лимфоидная ткань).

2. ЛС всех типов можно условно разделить на сателлитные (сопровождающие кровеносные сосуды) и aberrантные (отклоняющиеся от пучков с ними или от вен). Такая дифференциация ЛС прослеживается на всех уровнях структурной организации сердечно-сосудистой системы, включая микроциркуляторный.

2а. Иначе говоря, ЛС являются лимфатическими коллатеральными вен на всех уровнях структурной организации сердечно-сосудистой системы (рис. 1, 2).

3. ЛУ «связывают» ЛС и кровеносные сосуды в функциональные анастомозы – лимфатические органы в составе экстраорганного сосудистого русла.

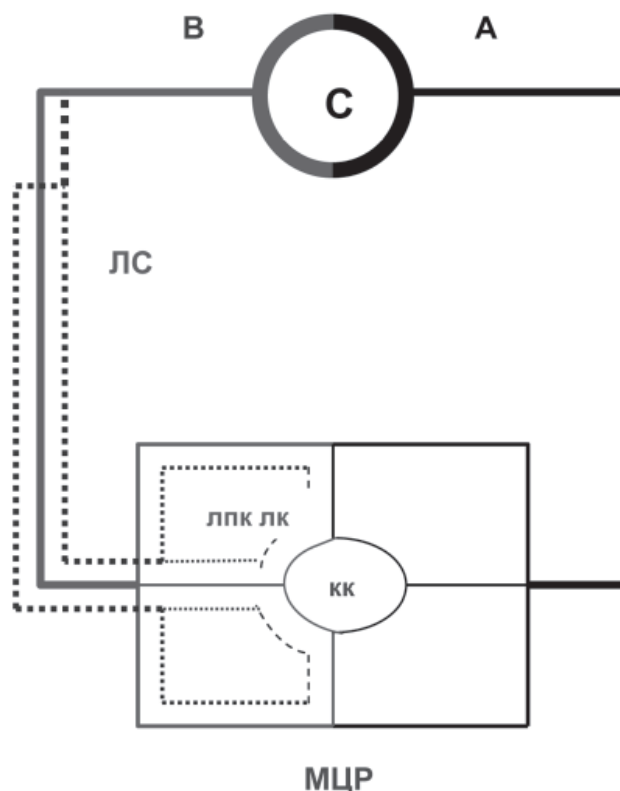


Рис 1. Упрощенная схема структурной организации сердечно-сосудистой системы: С – сердце; А – артерии; В – вены; кк – кровеносные капилляры; лк – лимфатические капилляры (пунктирные линии); лпк – лимфатические посткапилляры, ЛС – лимфатические сосуды (точечные линии); МЦР – микроциркуляторное русло (микрорайон)

4. Лимфатическое русло на всем его протяжении, начиная с ЛПК, имеет сегментарное строение: клапаны, постоянные и ключевые структуры ЛС, разделяют их на межклапанные сегменты. В условиях дефицита собственной энергии лимфотока межклапанные сегменты с разным строением организуют парциальное продвижение лимфы от органов к венам. Нервные структуры и гуморальные факторы корректируют движения лимфатического русла и его сегментов адекватно состоянию дренируемого органа и организма в целом.

5. Клапаны разделяют ЛС мышечного типа на лимфангионы (межклапанные сегменты с гладкими миоцитами в стенках). В состав стенки лимфангиона входят интима и средняя оболочка (циркулярный мышечный слой) ЛС, париетальный сектор входного и аксиальный сектор выходного клапанов. Мышечная сеть средней оболочки мышечной манжетки (бесклапанная часть) лимфангиона продолжается в клапаны, «подвешивая» их к манжетке, и вместе с непостоянным продольным слоем миоцитов интимы формирует их мышцы. (Косо) продольные пучки миоцитов из мышечной манжетки дистального лимфангиона входят в валики пограничного клапана, из его комиссур выходят комиссуральные мышечные пучки и продолжают в мышечную манжетку проксимального лимфангиона – это трансклапанная (сегментарная) мышечная система ЛС. В ее состав входят и пучки миоцитов, прободающие клапанный валик (пристеночное утолщение клапана, где сгущаются миоциты, переплетаются их продольные интимальные пучки и циркулярные пучки из меди). Межклапанные сегменты ЛС окружены наружной оболочкой и непостоянным, субадвентициальным продольным слоем миоцитов средней оболочки. Вместе они составляют надсегментарный аппарат – общий «футляр» межклапанных сегментов ЛС. Косопродольные миоциты могут находиться в глубоком слое наружной оболочки ЛС. Такие мышечные пучки проходят над пограничными клапанами без перерыва и напрямую соединяют мышечные манжетки 2-4 соседних лимфангионов – структурная основа их совместного со-

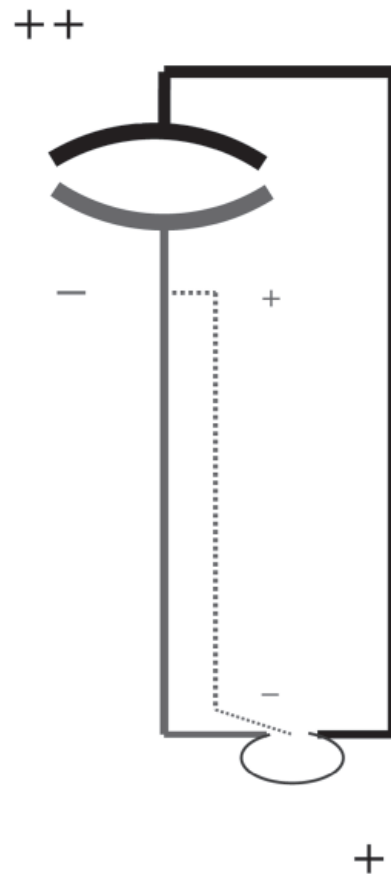


Рис. 2. Схема структурно-функциональной организации сердечно-сосудистой системы: черные линии – артериальный отдел; серые линии – венозный отдел; серое кольцо – микроциркуляторный отдел; точечные линии – лимфатический отдел; (+/-) – градиенты кровяного / лимфатического давлений

кращения. Это характерно для крупных ЛС, особенно конечностей и грудного протока. Клапаны являются частью непрерывной стенки ЛС: ее внутренние мышечные слои не прерываются в основании клапанов, а отклоняются и входят в их состав. Такое отклонение снижает эффективность их работы ( $A = Fs \cos \alpha$ ) по продольному продвижению ( $s$ ) лимфы вплоть до нуля при закрытии клапанов, когда угол ( $\alpha$ ) между векторами мышечной тяги ( $F$ ) и лимфотока выпрямляется. Закрытые клапаны разделяют полость ЛС на автономные отсеки (компарменты), что ограничивает обратный и сдерживает прямой лимфоток, делает его толчкообраз-

ным, основной формой двигательной активности ЛС – ритмичные, отдельные сокращения соседних лимфангионов. Клапаны ЛС, включая их створки, содержат гладкие миоциты, а поэтому способны к активным движениям, включая рост напряжения под давлением.

6. Активная форма лимфотока не является единственной или главной. Она базируется на пассивном лимфотоке, исключительном в ЛПК. ЛПК отводят лимфу из ЛК, от которых отличаются наличием клапанов. ЛПК состоит из межклапанных сегментов, но без миоцитов в их стенках, а потому может участвовать в организации только пассивного лимфотока из органов.

7. ЛК имеют квазисегментарное строение: их подвижные межэндотелиальные контакты как входные, интрамуральные клапаны корневых сегментов лимфатического русла регулируют ток тканевой жидкости из интерстиция в ЛК, препятствуют обратному току лимфы в тканевые каналы. Последние не имеют клеточной стенки, ограничены соединительнотканью волокнами, заполнены углеводно-белковыми комплексами (протеогликианы и др.), которые связывают жидкость. Избыточная тканевая жидкость «стекает» с аморфного вещества соединительной ткани или «выдавливается» из него в микрососуды.

8. Движения межклапанных сегментов лимфатического русла определяются окружающими тканями, функциональной активностью дренируемых органов (тканевой насос):

1) избыточная тканевая жидкость, не попавшая в корни венозного русла, фильтруется в просвет ЛК и ЛПК – это лимфообразование, первичная лимфодвижущая сила (давление тканевой жидкости как поршень тканевого насоса);

2) механическое давление тканей на стенки тканевых каналов, ЛК, ЛПК и ЛС (подобно наружной манжетке тканевого насоса);

3) при дефиците энергии указанных экстравазальных факторов возникает обратный лимфоток, который закрывает клапаны, в полости межклапанного сегмента скапливается лимфа, расширяет его и растягивает

его стенки, что в ЛС приводит к деформации и деполяризации мембран гладких миоцитов – так запускается механизм сократительной активности ЛС (и трансформации фибробластов в миоциты?), причем обычно начиная с очень тонких стенок клапанных синусов, которые резко расширяются в виде луковички.

9. Мышечная сеть капсулы ЛУ (мышечная манжетка нодального лимфангиона) посредством мышечных пучков прямо связана с пограничными клапанами и мышечными манжетками лимфангионов сопряженных ЛС. Таким образом, ЛУ как лимфоидные лимфангионы не прерывают лимфатическое русло, разделяя его на афферентные и эфферентные ЛС, а усложняют его конструкцию путем включения в его состав комплекса чудесной сети (синусов) и лимфоидной ткани. Стенки и полости афферентных ЛС непосредственно продолжают в капсулу и краевой синус ЛУ, а они – в стенки и полости его эфферентных ЛС. Лимфоидная ткань находится в ответвлениях капсулы ЛУ, местами срастается с капсулой. ЛУ как часть непрерывных лимфатических путей сочетают признаки строения ЛС (капсула и краевой синус) и ЛК (промежуточные синусы). Поэтому ЛУ регулируют и скорость тока, и состав лимфы.

10. Лимфатическая и кровеносная системы имеют двойные связи:

1) не прямые (функциональные) анастомозы – через тканевые каналы (ЛК, ЛПК, синусы ЛУ);

2) прямые сосудистые анастомозы – лимфенозные соединения (шей).

#### **Функции:**

1) отведение из органов избыточной тканевой жидкости в виде лимфы в ЛУ и вены шеи;

2) разгрузка корней венозного русла (образование лимфы в ЛК и ЛПК) и экстраорганных вен (в синусы ЛУ);

3) фильтрация периферической лимфы (в ЛУ), участие в иммунологических процессах.

#### **Происхождение и развитие**

С момента закладки и в филогенезе, и в онтогенезе позвоночных [5, 6] лимфа-

тическая система является неотъемлемой частью сердечно-сосудистой системы и возникает путем выключения из кровотока части коллатералей первичного венозного русла (отделение от магистрали по градиенту кровяного давления). Затем образуются ЛУ на основе первичных ЛС и при участии кровеносных сосудов. ЛУ не прерывают, а деформируют ЛС с последующей трансформацией матричного ЛС в сеть синусов в процессе роста лимфоидной муфты кровеносных сосудов. «Намывание» лимфоцитов с образованием паренхимы связано с торможением прямого (через первичный синус) и нарастанием трансфузионного лимфотока (через межсосудистую соединительную ткань закладки ЛУ). Преобразования (самодифференциация) сердечно-сосудистой системы зародыша обусловлены интенсивным ростом органов и гистогенезом, сопровождающихся усиленной продукцией тканевой жидкости с увеличением нагрузки на дренажные сосуды, их расширением, «размножением», образованием лимфатических коллатералей.

### Заключение

Лимфатическая система на всех уровнях своей организации и этапах своей эволюции и онтогенеза представляет собой специализированный дренажный отдел сердечно-сосудистой системы, коллатеральный к венам. Лимфатическое русло непрерывно на всем протяжении, но часто подвергается локальным деформациям, в том числе клапанами

(разделение на межклапанные сегменты разной конструкции), кровеносными сосудами и лимфоидной тканью (ЛУ как лимфоидный лимфангион с сетью лимфатических синусов, лимфоидные узелки и бляшки в сетях ЛК и ЛПК). Такие деформации лимфатических путей возникают в процессе органогенеза и способствуют организации лимфооттока из органов, в том числе под иммунным контролем.

### Список литературы

1. Сапин М.Р. Лимфопроводящие пути и их место в иммунной системе // Морфология. – 1998. – Т. 113, № 3. – С. 109.
2. Сапин М.Р., Этинген Л.Е. Иммунная система человека. – М.: Медицина, 1996. – 406 с.
3. Коненков В.И., Прокофьев В.Ф., Шевченко А.В., Зонова Е.В. Клеточная сосудистая и экстрацеллюлярная составляющие лимфатической системы // Бюллетень СО РАМН. – 2008. – № 5 (133). – С. 7-13.
4. Иосифов Г.М. Лимфатическая система человека с описанием аденоидов и органов движения лимфы. – Томск: Изв-я Томск. ун-та, 1914. – 100 с.
5. Петренко В.М. Развитие лимфатической системы в пренатальном онтогенезе человека. – СПб: Изд-во СПбГМА, 1998. – 364 с.
6. Петренко В.М. Эволюция и онтогенез лимфатической системы. Второе издание. – СПб: Изд-во ДЕАН, 2003. – 336 с.
7. Петренко В.М. Функциональная морфология лимфатических сосудов. – 2-е изд. – СПб: изд-во ДЕАН, 2008. – 400 с.

## LYMPHATIC SYSTEM: DEFINITION

**Petrenko V.M.**

*International Morphological Centre, St.-Petersburg  
e-mail: deptanatomy@hotmail.com*

Lymphatic system is the specialized drainage part of cardiovascular system, collateral to veins, on all levels of its organization and all stages of its development in the evolution and ontogenesis.

Keywords: lymphatic system