

УДК 611(075.8)

## ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА И ЕЕ МЕСТО В ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА

Петренко В.М.

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

Лимфатическая система – это сеть трубок лимфатического эндотелия, которые растут от тканевых каналов к венам главным образом вдоль артерий, в окружении и при участии соединительной ткани. Лимфа, текущая в полости лимфатического русла, является частью полифазной межклеточной среды, организованной как подвижная система: жидкости ↔ квазитвердые тела. В отличие от самих клеток, фазовое функционирование «студня» между ними [гель ↔ золь], особенно в соединительной ткани, резко замедляется (~ относительная стабилизация полифазного состояния внутренней среды организма), консервируется в цепи разных тканей. Лимфа является одним из видов жидкой соединительной ткани, оболочки лимфатического эндотелия происходят из рыхлой (квазитвердой) соединительной ткани, включая ее производные. Они переходят в окружающие ткани, в т.ч. в смежные отделы циркуляционной системы – тканевые каналы и кровеносные сосуды.

**Ключевые слова:** лимфатическая система, человек, тело, сегмент, соединительная ткань

## LYMPHATIC SYSTEM AND ITS PLACE IN THE HUMAN BODY

Petrenko V.M.

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

Lymphatic system is the network of tubes of lymphatic endothelium, which grow from tissue channels to veins mainly along arteries, in surroundings and with participation of connective tissue. Lymph, flowing in lumen of lymphatic bed, is the part of polyphasic intercellular environment, organizing as mobile system: fluids ↔ quasi-solids. Unlike cells, phasic function of «jelly» between them [gel ↔ sol], specially in connective tissue, is slowed down sharply (~ relative stabilization of polyphasic state of internal environment of organism), preserved in chain of different tissues. Lymph is one of types of liquid connective tissue, coats of lymphatic endothelium spring from loose (quasi-solid) connective tissue, including its derivatives. They pass into surrounding tissues, including adjoining parts of circulatory system – tissue channels and blood vessels.

**Keywords:** lymphatic system, man, body, segment, connective tissue

Лимфатическая система (ЛСи) человека находится в центре внимания исследователей разных специальностей, поскольку играет важную роль в его жизнедеятельности. В литературе устоялось представление, что лимфатическое русло протягивается от тканевых каналов к венам. Однако до сих пор отсутствует единая точка зрения на место ЛСи в организме человека [6, 11]. В литературе общее устройство тела человека обычно представляется в виде иерархической вертикали: клетки (→ ткани) → органы (→ системы органов) → индивид, хотя и с разными вариациями [7]. Гораздо реже обсуждаются взаимоотношения органов разных систем в топографо-анатомическом аспекте, например – сегментарном [8].

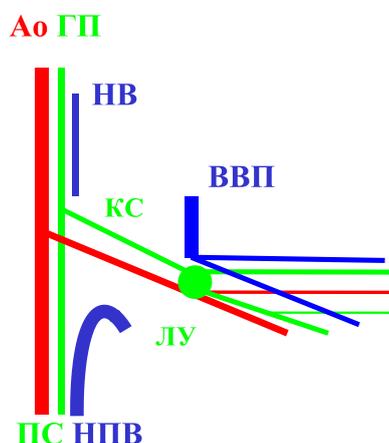
Классическая сегментарная организация тела характерна для кольчатых червей [13]. У человека она не воспроизводится в полном объеме даже в эмбриогенезе. Тело человека имеет квазисегментарное устройство: дефинитивные корпоральные сегменты сращены в разной степени, особенно на периферии, их «осевой скелет» образуют ветви аорты, идущие в сопровождении вен, лимфатических сосудов и нервов [9]. В литературе проявление сегментарного устройства тела человека

представляется его топологическая организация. Она возникает в эмбриогенезе, когда каждый сомит получает ветвь от ближайшего сегмента нервной трубки [14]. Ход подобных рассуждений определяется классической схемой: осевой комплекс раннего эмбриона состоит из нервной трубки и хорды, осевая (парахордальная) мезодерма разделяется вдоль них на две цепи первичных сегментов тела [4]. Их производные входят в состав дефинитивной сомы (кожи, скелета и скелетной мускулатуры), в которой очертания производных многих сомитов, прежде всего дерматомов, искажаются в ходе развития. Причиной таких изменений служит неравномерный рост тела человека и его частей. Таким же образом можно объяснить и морфогенез нервных сплетений.

Однако в начале четвертой недели эмбриогенеза человека в состав осевого комплекса зародыша входит новый элемент – дорсальная аорта, которую сопровождают кардинальные вены. Их ветви, наряду с ветвями нервной трубки, направляются к сомитам, а затем – к их производным. Хорда регрессирует уже в эмбриогенезе. Дорсальная (нисходящая) аорта становится центральной осью дефинитивного, квазисегментарного устройства человека, причем фактиче-

ски начиная уже с сомитов в эмбриогенезе: дорсальные ветви аорты участвуют в морфогенезе сомитов как (раз)делители их зачатков [9, 10].

**Цель исследования:** описать место ЛСи в квазисегментарном теле человека.



*Рис. 1. Параартериальная организация definitivaльной лимфатической системы (схема): Ао – аорта; НПВ, НВ, ВВП – вены, нижняя полая, непарная и воротная печени; ГП – грудной проток; ПС, КС – поясничные и кишечные стволы; ЛУ – лимфатический узел*

### Параартериальная организация ЛСи

Грудной проток сопровождает грудную аорту всегда, хотя и по разному (рис. 1). Чаще непарный у человека, он вначале идет справа от грудной аорты, затем позади нее переходит на левую сторону, продолжает свой путь позади дуги аорты, около левой общей сонной артерии, к левому венозному углу шеи [1, 3, 5]. Сбоку от грудного протока лежит непарная (полунепарная) вена – сохранившийся в грудной полости остаток парной посткардинальной вены, главного венозного коллектора у раннего эмбриона. Нижняя полая вена отклоняется от брюшной аорты и поясничных стволов вентрально около диафрагмы, на уровне грудной аорты «исчезает» – впадает в сердце над диафрагмой. Левый поясничный ствол определяется около левого края и позади брюшной аорты, может подниматься до грудной аорты, правые поясничные стволы идут около правого края брюшной и, реже, грудной аорты. Другие лимфатические стволы, периферические лимфатические сосуды и узлы встречаются непостоянно, имеют индивидуально вариабельную топографию, чаще всего находятся около аорты и ее ветвей, их разветвлений, проникающих в органы. Лимфатические сосуды I порядка

сопровождают магистральные артериолы и венулы, лимфатические посткапилляры – собирательные венулы и терминальные артериолы, в составе микроциркуляторного русла. Начиная с этого уровня организации встречаются aberrантные лимфатические сосуды, которые часто идут по кратчайшему пути к коллекторным для них лимфатическим сосудам и узлам, венам, на удалении от однопорядковых артерий и вен (внеорганные примеры – зоны вторичных сращений брюшины, кишечные стволы, шейная часть грудного протока).

ЛСи имеет параартериальную организацию с момента закладки на 2 мес эмбриогенеза человека (рис. 2): яремные лимфатические мешки – около общих сонных артерий и прекардинальных / внутренних яремных вен → правый и левый грудные протоки – вдоль грудной аорты, около ее дуги, плечеголового ствола и левой общей сонной артерии → непарная, поперечная цистерна двух грудных протоков – позади аорты, поясничных ножек диафрагмы → забрюшинный лимфатический мешок – вокруг левых почечных артерии и вены, почечных отрезков брюшной аорты и нижней полой вены → поясничные стволы – около аорты (левый латероаортальный, ретроаортальный и ретрокавальный) → подвздошные лимфатические мешки – около соименных артерий и вен → субаортальный лимфатический мешок. Эмбриональные кишечные стволы идут к забрюшинному лимфатическому мешку около чревного ствола, верхней и нижней брыжеечных артерий, первичные яремные и подключичные стволы – к яремным лимфатическим мешкам около общих сонных и подключичных артерий. В просвет лимфатических мешков и сосудов инвагинируют артерии. Они разделяют лимфатические мешки, часть грудных протоков, поясничных и кишечных стволов, других первичных экстраорганных лимфатических сосудов на закладки лимфоузлов и вторичные лимфатические сосуды. В результате ЛСи приобретает definitivaльные черты строения и топографии у плодов. Основные группы лимфоузлов находятся около аорты и ее ветвей, в т.ч. проходящих около крупных вен и нервных стволов, на которые исследователи обращают внимание в первую очередь при описании топографии лимфоузлов: подвздошные и субаортальные лимфоузлы (на месте одноименных лимфатических мешков); поясничные лимфоузлы – левые латероаортальные, ретроаортальные, предаортальные, промежуточные, ретрокаральные и латерокаральные (на месте забрюшинного лимфатического мешка, части эмбриональных

поясничных стволов, их анастомозов и коллатералей); околопозвоночные и межреберные лимфоузлы (на месте части грудных протоков, их притоков и коллатералей); яремные и подключичные лимфоузлы (на месте одноименных лимфатических мешков и части первичных лимфатических сосудов). Правый и левый грудные протоки сопровождают грудную аорту эмбриона, их краниальные отрезки (выше дуги аорты, в области яремных лимфатических мешков) – так или иначе общие сонные артерии, краниальное продолжение дорсальной аорты. У плодов первичные (основные, параартериальные или сателлитные) лимфатические пути дополняются, местами замещаются вторичными, коллатеральными и аберрантными лимфатическими путями, включая сплетения лимфатических сосудов и узлов. Их морфогенез коррелирует с ростом и гистогенезом органов, в т.ч. разных мышц, причем интенсивными, что предполагает такие же лимфопродукцию и давление на лимфатические сосуды и узлы. Особенно заметны изменения ЛСи в брюшной полости человека в связи обширными вторичными сращениями брюшины. В результате значительно расширяется забрюшинное пространство поясничной области, где формируются корни грудного протока – поясничные стволы и связанные с ними, часто замещающие их в разной степени лимфоузлы. Еще большим преобразованием, даже полной редукции подвергаются кишечные стволы, их расчлениают закладки висцеральных и, отчасти, поясничных лимфоузлов [5, 6].

#### **Двухуровневая сегментация ЛСи**

ЛСи – это специализированная часть дренажного отдела сердечно-сосудистой системы, коллатеральная к венам, ее корни не имеют прямых связей с сетью кровеносных капилляров, поэтому лимфоток происходит под низким и очень изменчивым давлением. К дефициту собственной энергии колебательного лимфотока ЛСи адаптируется путем двухуровневого разделения на сегменты: 1) генеральные (общие для лимфатического и кровеносного русла) и 2) специальные (межклапанные – собственные для лимфатического русла). Тело человека разделяется на части (регионы), а в их составе – на периартериальные, сосудисто-нервные сегменты. Сегментация ЛСи определяется именно на этих двух уровнях индивидуальной организации: 1) генеральная (общая, системная) – топическая / топографо-анатомическая; 2) специальная (собственная, локальная) – функциональная (микрoанатомическая или

гистологическая). На каждом субуровне своей генеральной сегментации, происходящей адекватно ветвлению ветвей аорты, лимфатическое русло подразделяется на собственные сегменты. Они «вставлены» в генеральные сегменты ЛСи (и всей сердечно-сосудистой системы) и в корпоральные (сосудисто-нервные) сегменты индивида посредством рыхлой соединительной ткани надсегментарного аппарата лимфатического русла – адвентиции каждого его звена (при наличии наружной оболочки) и периадвентиции. Меняющаяся конструкция сегментов ЛСи на протяжении лимфатического русла, на каждом субуровне ее генеральной организации детерминирует адекватную регуляцию лимфотока: 1) генеральные сегменты как часть корпоральных сегментов индивида – системная регуляция лимфотока (иннервация и кровоснабжение стенок и окружения, наружной манжетки лимфатического русла, движения которой, в т.ч. тканевых каналов, связующих корни лимфатического русла с кровеносными капиллярами, составляют экстравазальные факторы лимфотока, начиная с лимфообразования); 2) специальные сегменты – локальная регуляция лимфотока на основе движений стенок безмышечных, мышечных и лимфоидных межклапанных сегментов русла, в т.ч. межклеточных контактов эндотелия / квазиклапанов, клапанов и мышечных манжеток лимфангионов, включая капсулы лимфатических узлов (вазальные факторы лимфотока).

#### **Интеграция сегментов ЛСи**

ЛСи является частью сердечно-сосудистой системы, которая, в свою очередь, служит частью тела целостного организма человека. Собственные (межклапанные) сегменты ЛСи объединяются с другими компонентами ее генеральных сегментов (сегментов сердечно-сосудистой системы) и соответствующих корпоральных или сосудисто-нервных сегментов тела индивида в целом посредством рыхлой соединительной ткани. Последняя местами может трансформироваться в лимфоидную ткань, в частности, лимфоузлов. Межклапанные сегменты в лимфатических сосудах и узлах окружены общим футляром непрерывной адвентиции, она же продолжается в периадвентицию – в соединительнотканые связи с окружающими сосудами, нервами и органами. Лимфа и кровь, как разновидности жидкой соединительной ткани в полостях сосудов, объединяют тканевые жидкости всех органов в их тканевых каналах в единую циркуляционную систему организма (гуморальная связь).

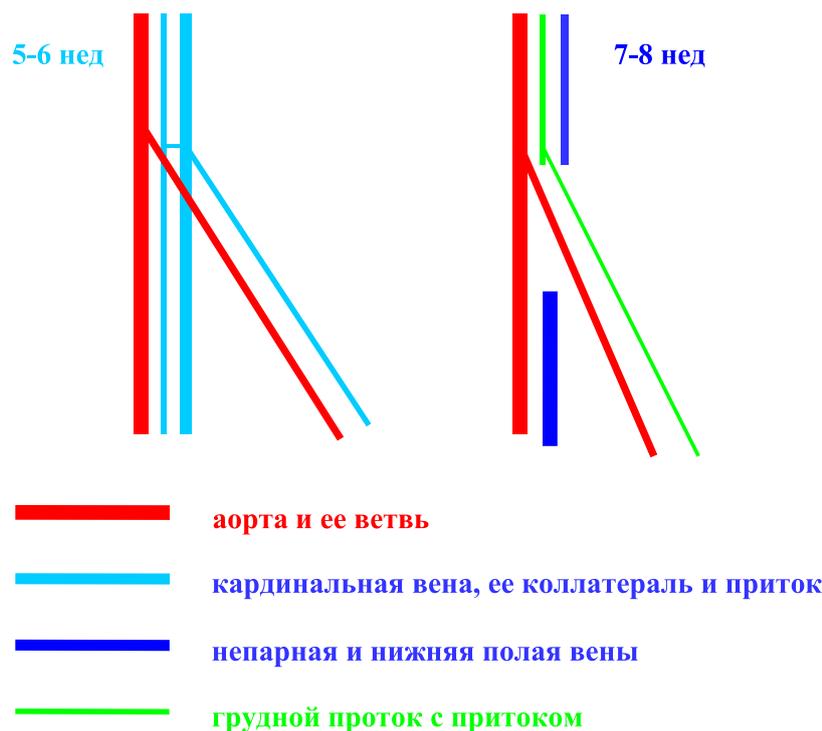


Рис. 2. Происхождение параартериальной организации эмбриональной лимфатической системы (упрощенная схема): первичные эмбриональные вены (кардинальная с коллатералью и притоком) преобразуются в definitive вены (непарная и нижняя полая) и лимфатические пути

В стенках лимфатического русла можно выделить собственный, сегментарный аппарат (межклапанные сегменты) и надсегментарный аппарат двухсторонних связей русла с его тканями. К первому аппарату относятся внутренние слои стенок лимфатического русла: в лимфатических капиллярах и посткапиллярах – эндотелий, в лимфатических сосудах и узлах – интима (в т.ч. лимфоидная ткань в лимфоузлах) и медиа. В состав надсегментарного аппарата русла могут входить мышечные слои, адвентициальный и субадвентициальный (наружной и средней оболочек). Их продольные / косопродольные пучки гладких миоцитов без перерыва и значительного отклонения проходят над клапанами и соединяют мышечные манжетки соседних лимфангионов в единую мышечную полосу – вероятная структурная основа совместных сокращений соседних лимфангионов. В поверхностные слои адвентиции лимфатического русла вплетаются соединительнотканые волокна периадвентиции, которая объединяет его стенки с окружающими тканями и органами – своего рода механические приводы наружной манжетки русла как экстралимфатического (тканевого) насоса.

#### Лимфоток как часть полифазной соединительной ткани

В основе жизнедеятельности человека лежит циркуляция жидкостей разного состава [5] – их фильтрация из кровеносных капилляров, продукция клетками, движение в интерстиции и сосудах. Циркуляцию организуют белки и их комплексы, образующие скелет внутри- и межклеточных пространств, бесклеточные стенки тканевых (предлимфатических) каналов дососудистой (межклеточной) циркуляции, и сами возникающие из циркулирующих клеточных продуцентов. Эндотелий сосудов (каналов межорганной циркуляции) – это клеточный барьер между тканевой жидкостью и кровью и одновременно регулятор их взаимопереходов. По мере увеличения объема крови и его бокового давления на сосудистую стенку эндотелий уплотняется и утолщается. Рыхлая соединительная ткань вокруг него также постепенно уплотняется и входит в состав сосудистой стенки, дифференцируется на ее разножесткие слои (с разными толщиной и плотностью). Сети соединительнотканых волокон пронизывают все тело животного, разделяя внутреннее пространство между его пограничными тка-

ниями на полиморфные компартменты. Тканевые щели в петлях этих сетей заполнены белково-углеводными комплексами, в т.ч. связывающими воду – изменчивый интерстиций, который обычно рассматривается как двухфазная система с гетерогенным распределением участков [1, 3]. Динамическое равновесие [гель ↔ золь] в студнеобразном аморфном веществе соединительной ткани регулируется разными факторами, производными физиологической активности тканей, (подобно гиалоплазме клеток – [12]). Таким образом изменяются степень натяжения соединительнотканых волокон, тургор перивазальных тканей, давление сокращающихся мышц (наружная манжетка тканевого насоса) и возникает «избыток» тканевой жидкости. Она «стекает» с протеогликанов и «продавливает» межэндотелиальные контакты в стенках лимфатических капилляров, где отсутствует базальная мембрана, фильтруется в их просвет с образованием лимфы: лимфообразование, первичная сила движения лимфы, является производным столба тканевой жидкости, поршня тканевого насоса в корнях лимфатического русла – «периферическое сердце».

#### Заключение

ЛСи входит в состав сердечно-сосудистой системы человека (и также большинства [13], если не всех [2] позвоночных животных) в виде коллатералей венозного русла. ЛСи – это сеть трубок лимфатического эндотелия, которые растут от тканевых каналов к венам главным образом вдоль артерий, особенно между органами, в окружении и при прямом участии, в т.ч. в составе стенок лимфатического русла, постоянно движущейся (функционирующей), полифазной (функционально и структурно дифференцирующейся) соединительной ткани. Протекающая в полости лимфатического русла лимфа является одной из частей полифазной межклеточной среды индивида, организованной как подвижная система типа: жидкости ↔ квазитвердые тела. В отличие от клеток, фазовое функционирование межклеточного «студня» [гель ↔ золь], особенно в соединительной ткани, замедляется (~ относительная стабилизация полифазного состояния внутренней среды

организма), консервируется в цепи разных тканей. Лимфа является одним из видов жидкой соединительной ткани, оболочки лимфатического эндотелия – рыхлой (квазитвердой) соединительной ткани, включая ее производные. Они переходят в окружающие ткани, в смежные отделы циркуляционной системы – тканевые каналы и кровеносные сосуды. В отличие от последних, плотность лимфы (по сравнению с красной кровью [1]) и стенок лимфатических сосудов ниже, чем можно объяснить большую лабильность лимфотока и проницаемость стенок лимфатического русла.

#### Список литературы

1. Бородин Ю.И., Сапин М.Р., Этинген Л.Е. и др. Общая анатомия лимфатической системы. – Новосибирск: изд-во «Наука», 1990. – 243 с.
2. Булекбаева Л.Э. Сравнительная физиология лимфатической системы. – Алма-Ата: изд-во «Наука» Казахской ССР, 1985. – 168 с.
3. Жданов Д.А. Функциональная анатомия лимфатической системы. – Горький: изд-во Горьковск. мед. ин-та, 1940. – Вып. 9. – 375 с.
4. Карлсон Б. Основы эмбриологии по Пэттену / пер. с англ. яз. – М.: изд-во «Мир», 1983. – Т. 1. – 360 с.
5. Петренко В.М. Лимфатическая система. Анатомия и развитие. 4-е изд-е. – СПб: изд-во ДЕАН, 2010. – 112 с.
6. Петренко В.М. Функциональная анатомия лимфатической системы: современные представления и направления исследований // Междунар. журнал приклад. и фундамент. исслед-ий. – 2013. – № 12. – С. 94–97.
7. Петренко В.М. Устройство организма у человека и высших животных // Успехи соврем. естествозн-я. – 2014. – № 2. – С. 32–35.
8. Петренко В.М. Конституция лимфатической системы. – СПб: изд-во ДЕАН, 2014. – 60 с.
9. Петренко В.М. Квазисегментарное устройство тела человека // Междунар. журнал приклад. и фундамент. исслед-ий. – 2014. – № 8. – Ч. 1. – С. 59–62.
10. Петренко В.М. Механика сегментации тела у эмбриона человека // Междунар. журнал эксперим. образ-я. – 2015. – № 2. – Ч. 1. – С. 21–24.
11. Петренко В.М. Лимфология как медико-биологическая наука: современные представления в России и история их формирования // Научное обозрение. Мед. науки. – 2016. – № 2. – С. 84–90.
12. Поликар А. Элементы физиологии клетки / пер. с франц. яз. – Л.: изд-во «Наука», Ленингр. отд-е, 1976. – 390 с.
13. Шмальгаузен И.И. Основы сравнительной анатомии позвоночных животных. – М.: гос.уч.-пед.изд-во наркомпроса РСФСР, 1938. – 488 с.
14. William D., Willis Jr. / В кн.: Фундаментальная и клиническая физиология / Камкин А.Г., Каменский А.А. – М.: изд-во «Академия», 2004. – 1073 с.