

УДК 611.4

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Петренко В.М.**

*Российская АКАДЕМИЯ Естественных наук, Санкт-Петербург, e-mail: deptanatomy@hotmail.com*

Сегодня в России проводятся активные исследования лимфатической системы. Я предлагаю рассмотреть наиболее известные концепции о ее устройстве. Идея единства структуры и функции оказывается ключевой при рассмотрении современных представлений и основных направлений исследований функциональной анатомии лимфатической системы в нашей стране. При всем различии подходов к ее оценке, ученые России всегда подчеркивают важную роль лимфатической системы в жизнедеятельности человека и животных, включая такие ее функции, как дренажная и защитная (участие в иммунитете). Современные концепции о структурно-функциональной организации лимфатической системы исходят из принципа целостности организма, кооперации лимфатической системы с другими его частями.

**Ключевые слова:** анатомия, лимфатическая система

## FUNCTIONAL ANATOMY OF LYMPHATIC SYSTEM: MODERN IDEAS AND TRENDS OF INVESTIGATIONS

**Petrenko V.M.**

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

The active investigations of lymphatic system are conducted in modern Russia. I propose to consider the most of famous conceptions about its construction. Idea of unity of structure and function is key in modern notions and main trends of investigations on functional anatomy of lymphatic system in our country. With all distinctions of approaches to its appraisal, scientists of Russia always emphasize important role of lymphatic system in vital functions of man and animals, including such its functions as drainage and protective (the participation in immunity). Modern conceptions about structural and functional organization of lymphatic system proceed from principle of wholeness of organism, cooperation of lymphatic system with another its parts.

**Keywords:** anatomy, lymphatic system

Лимфатическая система играет важную роль в жизнедеятельности человека и животных [6, 8]. В СССР сложились 3 крупных научных центра исследований ее функциональной анатомии – Москва, Ленинград и Новосибирск. В постсоветской России произошло резкое сокращение фундаментальных исследований в этой области. Сегодня в нашей стране явно преобладают экспериментальные и клиничко-морфологические работы. Они выходят главным образом из школы профессора Ю.Е. Выренкова (РМАПО, Москва) [5] и НИИ экспериментальной и клинической лимфологии (Новосибирск – академики Ю.И. Бородин и В.И. Коненков) [8]. Кроме того, лимфологические исследования трансформируются в иммуноморфологические, прежде всего в школе академика М.Р. Сапина (МГМУ им. И.М. Сеченова) [18, 19]. Последнее связано с непрерывно растущим интересом клиницистов к структурным основам иммунитета. Поэтому в Международной анатомической терминологии [9] выделена новая система – лимфоидная, а термин «лимфатическая система» исключен. В разделе «Сердечно-сосудистая система» введен подраздел «Лимфатические протоки и стволы», в котором лимфоузлы (ЛУ) упоминаются, но подробно описываются в разделе

«Лимфоидная система». В литературе нет определения лимфоидной системы, а роль лимфатических сосудов (ЛС) низведена до уровня придатка ЛУ – поставщиков периферической лимфы для очистки [18, 19]. 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 [7]. Из лимфоидной ткани состоят многие органы, сходные по значению с ЛУ. Но в их развитии наблюдаются существенные отличия, отношение к лимфатическим стволам менее интимное: в отличие от ЛУ, они не стоят на пути крупных ЛС.

Анализ литературы [3, 8, 13, 17-19] позволяет констатировать, что, несмотря на определенный кризис классических представлений о лимфатической системе, в России продолжают активные исследования ее функциональной анатомии. В этой статье я предлагаю рассмотреть наиболее известные концепции в данной области.

### Проблема лимфангиона

Известная концепция Е. Horstmann (1951, 1959) и Н. Mislin (1961, 1983) о клапанном сегменте или лимфангионе как

функциональной единице ЛС получила широкое распространение в СССР благодаря усилиям ленинградских профессоров, физиолога Р.С. Орлова и анатома А.В. Борисова [1, 13]. В состав такого лимфангиона входят дистальный, входной клапан и более проксимально расположенная мышечная манжетка. Клапан ограничивает обратный лимфоток, а сокращающаяся мышечная манжетка поддерживает прямой лимфоток. Эта функциональная система была ошибочно переименована в структурно-функциональную единицу ЛС [1]. Еще в середине 90-х годов минувшего столетия я [13] предложил рассматривать лимфангион как структурно-функциональную единицу ЛС в виде межклапанного сегмента с гладкими миоцитами в стенках, поскольку: 1) стенка ЛС непрерывна на всем его протяжении; 2) лимфангион способен функционировать только при участии обоих его клапанов, входного (дистального) и выходного (проксимального). В 2005 г. А.В. Борисов [2] впервые раскритиковал концепцию Е. Horstmann, которой ранее неукоснительно придерживался [1], и мою концепцию, хотя предложил, вслед за мной, рассматривать лимфангион как межклапанный сегмент ЛС. Но при этом А.В. Борисов продолжил описывать свою прежнюю модель работы лимфангиона как клапанного сегмента ЛС и не объяснил, где проходят границы между соседними лимфангионами и почему они могут сокращаться раздельно при наличии общего пограничного клапана [10].

Лимфангионы, поочередно сокращаясь, постепенно продвигают лимфу от лимфокапиллярных сетей к венам. Именно этот механизм Р.С. Орлов и А.В. Борисов считали решающим, если не исключительным, в организации лимфооттока из органов [1-3]. По моему мнению [13, 15, 17], базовым является пассивный лимфоток, а для огромной по относительной емкости сети лимфатических капилляров и посткапилляров – исключительным. И никакие присасывающие действия расслабленных лимфангионов не смогут разгрузить такое русло. Активные сокращения лимфангионов происходят при дефиците энергии экстравазальных факторов лимфотока. Кроме того, я документально показал, что: 1) створки клапанов ЛС содержат гладкие миоциты, чем объясняется их способность к активным движениям; 2) над пограничными клапанами соседних лимфангионов проходят мышечные пучки, они особенно хорошо выражены в грудном протоке и крупных ЛС человека и крупных млекопитающих животных. Такие надклапанные пучки гладких миоцитов объединяют мышечные манжетки соседних лимфангионов в непрерывную мышечную

полосу – структурная основа их совместного сокращения [11, 13, 15].

#### **Концепция о лимфатическом регионе**

Концепция предложена академиком Ю.И. Бородиным для использования в практике преодоления эндо- и экзотоксикоза [4, 8]. Лимфатический регион охватывает лимфатический аппарат органа (части тела) и бассейн лимфосбора региона, включая пути интерстициального массопереноса, обуславливающие лимфообразование. В лимфатическом регионе выделяются 3 этапа (звена) клеточно-тканевого дренажа: 1) интерстициальная несосудистая микроциркуляция; 2) лимфатические капилляры и ЛС; 3) регионарные ЛУ. Лимфатический регион – это межсистемная морфофункциональная единица, реализующая дренаж клетки и перичеллюлярного пространства в направлении «интерстиций – лимфатическая система». Кроме ЛУ, лимфатический регион содержит постоянные и непостоянные лимфоидные образования, выполняющие функции лимфодетоксикации и иммунного надзора «на входе» в регион. Контроль «на выходе» из лимфатического региона – это функция ЛУ.

#### **Концепция о протективной системе**

Концепция предложена академиком В.И. Коненковым [8] и представляется мне по своей сути развитием: 1) идеи академика М.Р. Сапина [18,19] о том, что лимфатическая система является частью защитного (лимфоидного/иммунного) аппарата тела человека. При этом главным органом лимфатической системы М.Р. Сапин считает ЛУ, поскольку в ЛУ происходит фильтрация тканевой жидкости (очистка лимфы); 2) концепции Ю.И. Бородина [4] о лимфатическом регионе с выходом на организменный уровень, причем ключевым органом региона также оказывается ЛУ. В состав протективной системы входят тканевая жидкость, лимфа и кровь, прелимфатика, капиллярная сеть, ЛС и кровеносные сосуды, соединительная ткань, ЛУ, лимфоидные органы, тканевые и мигрирующие лимфоидные клетки, кооперирующие клетки нелимфоидной природы. В этой комплексной физиологической системе с защитными функциями были выделены 3 уровня организации: 1) базисный – стволовые клетки; 2) основной – соединительная ткань, лимфатические пути и лимфоидные органы; 3) регуляторный – цитокины.

#### **Лимфоидно-лимфатический аппарат**

Я не рассматриваю лимфатическую систему как часть лимфоидной [18,19], или

лимфоидную систему в составе лимфатической [7]. Это 2 взаимосвязанных специализированных отдела сердечно-сосудистой системы. Если в основе лимфоидной системы находятся кровеносные сосуды, пути (ре)циркуляции лимфоидных клеток [12, 16], то в основе лимфатической системы – ЛС разного типа как дополнительный к венам дренаж органов [15]. Вместе эти системы образуют защитный (иммунный) комплекс организма. МикроЛС и кровеносные микрососуды объединяются посредством интерстициальных каналов рыхлой соединительной ткани в единую циркуляционную систему организма, образуют так функциональный анастомоз в ЛУ, которые являются и лимфатическими, и лимфоидными (причем с афферентными ЛС) органами [12-17]. Протективная (??) система в своей основе – это не лимфатическая система с защитными функциями по М.Р. Сапину [17] или по В.И. Коненкову [8], а лимфоидно-лимфатический (иммунный) аппарат, по моему определению [12], известному в Новосибирске [8], с множеством лимфатических регионов на периферии.

#### **Конституция лимфатической системы**

Лимфатическую систему явно отличают маятникообразные колебания лимфотока и сопряженное с этим постоянное обнаружение множества клапанов. Они ограничивают обратный (выпрямляют переменный) лимфоток и обуславливают сегментарное строение путей лимфооттока из органов [13]. Разрабатывая с 1994 г. концепцию лимфангиона как межклапанного сегмента ЛС, я постепенно распространил сегментарный принцип построения на все звенья лимфатической системы: 1) вначале – на лимфатические посткапилляры (протолимфангионы – межклапанные сегменты без гладких миоцитов в стенках); 2) с 1998 г. – на ЛУ (лимфангионы лимфоидного типа – с лимфоидной тканью в стенках) [10, 14]; 3) с 2007 г. – на лимфокапиллярные сети [13, 15]. На входе в безмышечные межклапанные сегменты лимфокапилляров находятся квазиминиклапаны – подвижные межклеточные контакты эндотелия. Они регулируют отток жидкости из тканевых каналов – фильтрацию тканевой жидкости (лимфообразование). Лимфатические пути адаптируются к условиям дефицита собственной энергии лимфотока путем сегментарного устройства, компартментализации их полостей клапанами. Это позволяет «дробить» лимфоток на порции. Их продвижение требует меньше энергии, извлекаемой прежде всего из окружения (экстравазальные факторы лимфотока).

Лимфатическая система с момента закладки является частью сердечно-сосудистой системы. Первичные ЛС образуются путем выключения из кровотока части первичных вен, которые всегда сопровождают артерии эмбриона. Его сегментарное устройство через дорсальную аорту и ее ветви отражается на квазисегментарном, периартериальном размещении основных лимфатических путей. Такие выводы я сделал из результатов собственных многолетних исследований, а также анализа литературных данных о строении и развитии лимфатической системы у человека и животных.

В итоге я предложил концепцию о конституции или общем устройстве лимфатической системы [17], которое определяет ее реакции на все воздействия окружения, в т.ч. на толчки лимфотока, и состоит в сегментарной организации лимфатического русла: 1) складчатая конструкция его стенок (клапаны и собственные, межклапанные сегменты) взаимосвязана с колебаниями лимфотока; 2) квазисегментарная связь с артериями (генеральные, общие с кровеносным руслом, периартериальные сегменты) является следствием сегментарного устройства эмбриона и отражает внешние связи лимфатического русла с его окружением – источником всех экстравазальных факторов лимфотока. Межклапанные сегменты лимфатического русла во всем их разнообразии организуют базовое, пассивное и дополнительно активное продвижение лимфы от органов к венам. Строение и режим функционирования межклапанных сегментов лимфатического русла коррелируют с их топографией – адекватны строению генеральных сегментов лимфатической системы как части сердечно-сосудистой системы, корпоральных сегментов индивида. Собственные сегменты лимфатической системы соединяются с другими компонентами ее генеральных сегментов благодаря соединительной ткани, которая местами трансформируется в лимфоидную, в т.ч. ЛУ.

#### **Заключение**

Идея единства структуры и функции, которую П.Ф. Лесгафт отстаивал как важнейшую в развитии анатомии, оказывается ключевой при рассмотрении современных представлений и основных направлений исследований функциональной анатомии лимфатической системы в нашей стране. При всем различии подходов к ее оценке, ученые России всегда подчеркивают важную роль лимфатической системы в жизнедеятельности человека и животных,

включая такие ее функции, как дренажная, защитная (участие в иммунитете), дезинтоксикационная [4-8, 13, 14, 18, 19]. Кроме того, современные концепции о лимфатическом регионе, протективной системе и конституции лимфатической системы исходят из принципа целостности организма, кооперации лимфатической системы с другими его частями.

#### Список литературы

1. Борисов А.В. Теория конструкции лимфангиона // Морфология. – 1997. – Т. 112. – № 5. – С. 7-17.
2. Борисов А.В. Функциональная анатомия лимфангиона // Морфология. – 2005. – Т. 128. – № 6. – С. 18-27.
3. Борисов А.В. Анатомия лимфангиона. – Нальчик: изд-во «Полиграфсервис и Т», 2007. – 296 с.
4. Бородин Ю.И. Регионарный лимфатический дренаж и лимфодетоксикация // Морфология. – 2005. – Т. 128. – № 4. – С. 25-28.
5. Выренков Ю.Е. Руководство по клинической лимфологии / Н.А. Ефименко, Н.Е. Чериниховская и Ю.Е. Выренков. – М.: изд-во «Полимаг», 2001. – 160 с.
6. Выренков Ю.Е. Лимфатическая система сердца / Л.А. Бокерия и Ю.Е. Выренков. – М.: изд-во НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2005. – 186 с.
7. Коненков В.И., Прокофьев В.Ф., Шевченко А.В. и Зонова Е.В. Клеточная, сосудистая и экстрацеллюлярная составляющие лимфатической системы // Бюллетень СО РАМН. – 2008. – № 5 (133). – С. 7-13.
8. Коненков В.И., Бородин Ю.И., Любарский М.С. Лимфология. – Новосибирск: изд-во «Манускрипт», 2012. – 1104 с.
9. Международная анатомическая терминология / под ред. Л.Л. Колесникова. – М.: изд-во «Медицина», 2003. – 424 с.
10. Петренко В.М. Новые представления о структурной организации активного лимфооттока // Морфология. – 2006. – Т. 129. – № 3. – С. 82-87.
11. Петренко В.М. Представление о структурной организации активного лимфотока между соседними лимфангионами // Морфология. – 2007. – Т. 132. – № 4. – С. 87-92.
12. Петренко В.М. Имунные образования на путях лимфооттока из органов: лимфоидно-лимфатический аппарат. В кн.: «Актуал.вопр. соврем.морфол-и и физиол-и». – СПб: изд-во ДЕАН, 2007. – С. 303-305.
13. Петренко В.М. Функциональная морфология лимфатических сосудов. 2-е издание. – СПб: изд-во ДЕАН, 2008. – 400 с.
14. Петренко В.М. Структурные основы активного лимфотока в лимфатическом узле // Медицина XXI век. – 2008. – № 9(10). – С. 65-69.
15. Петренко В.М. Лимфатическая система: определение // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 3. – С. 23-27.
16. Петренко В.М. Лимфоидная система? // Журн.теорет. и практ. мед.ны. – 2011. – Т. 9. – Спец. вып., посвящ. 85-летию В.И.Дробышева. – С. 270-272.
17. Петренко В.М. Конституция лимфатической системы // Бюллетень СО РАМН. – 2012. – Т. 32. – № 2. – С. 29-35.
18. Сапин М.Р. Новый взгляд на лимфатическую систему и ее место в защитных функциях организма // Морфология. – 1997. – Т. 112. – № 5. – С. 84-87.
19. Сапин М.Р. Лимфатическая система и ее роль в иммунных процессах // Морфология. – 2007. – Т. 131. – № 1. – С. 18-22.