

ческих срезах, окрашенных азур-II-эозином и пикрофуксином по ван Гизон, и на тотальных препаратах, окрашенных гематоксилином или импрегнированных азотнокислым серебром. Размеры микрососудов определены с помощью окуляра-микрометра.

В составе не каждого микрорайона гемолимфомикроциркуляторного русла (ГЛМЦР) брыжейки определяются ПВЛУ, их число, размеры, форма, строение и топография очень вариабельны. ПВЛУ могут быть в большом числе рассеяны по всему микрорайону, не приближаясь к его контуру, или, напротив, сосредоточены вокруг коллатералей контурного пучка. ПВЛУ обычно окружает собирательную венулу разного диаметра, первичную или вторичную, ее корни и притоки, включая посткапиллярные венулы. Собирательная венула может проходить сквозь ПВЛУ, расщепляясь в виде «островка» в его толще, или выходить из него, в т.ч. рядом с терминальной артериолой, ЛК или лимфатическим посткапилляром. Ветви терминальной артериолы могут входить самостоятельно в ПВЛУ, на удалении от венулы, со стороны ее вхождения в ПВЛУ и т.д. Чем крупнее ПВЛУ, тем крупнее ее кровеносные микрососуды. Встречаются не только типичные ПВЛУ как плотные скопления лимфоцитов вокруг микрососудов, прежде всего – венул. Вокруг посткапиллярной венулы нередко определяются в разном количестве рассеянные лимфоциты, сама венула при этом расширена, а ее эндотелий утолщен. Венулу могут окружать рыхлые скопления лимфоцитов разной концентрации, неоформленные, без четких границ (предузелки), и оформленные, в их составе порой обнаруживаются очаги сгущения лимфоидной ткани. На территории одного микрорайона ГЛМЦР можно увидеть все перечисленные лимфоидные образования как разные этапы морфогенеза ПВЛУ. Наиболее мелкие ПВЛУ находятся в центре микрорайона ГЛМЦР, наиболее крупные – на его периферии. С увеличением размеров округлая форма ПВЛУ как основная встречается все реже: удлинение вдоль магистрализующейся венулы приводит к изменению исходной формы ПВЛУ на овальную и эллипсовидную. Она может быть отростчатой или совершенно неправильной, когда лимфоидная ткань переходит на крупные притоки вторичной собирательной венулы. ПВЛУ находится между терминальной артериолой (диаметр 20-30 мкм) и собирательной венулой (диаметр 30-50 мкм), вокруг их ветвей и корней, т.е. на территории типичного модуля ГЛМЦР открытого типа и вместе с его микрососудами составляет комплексный («иммунный») модуль. ПВЛУ служит продуктом кооперации лимфатической и лимфоидной систем на их периферии. Вторичные лимфоидные образования функционируют как противоточная микрогемолимфодинамическая система: по тканевым каналам, ЛК с тонкими эндотелиальными стенками

без базальной мембранны или синусам лимфоузла поступают антигены, из посткапиллярных венул – клетки крови. При длительной антигенной стимуляции вокруг венул формируются скопления лимфоцитов, они сгущаются с образованием ПВЛУ. Выбор тканевых каналов, ЛК в качестве путей транспорта антигенов (крупнодисперсных частиц) определяется толщиной и строением их стенок. А почему посткапиллярные венулы становятся путями притока макрофагов и лимфоцитов? У кровеносных капилляров стенка, конечно, тоньше, но они имеют узкий просвет. В случае необходимости быстрого притока большого числа лимфоцитов они могут поступать в венулу по артериоло-венулярному анастомозу, в обход капиллярной сети.

### Заключение

ПВЛУ в составе микрорайона и комплексных модулей ГЛМЦР тесно связаны с венулами. Посткапиллярные венулы являются основным источником лимфоцитов ПВЛУ, где они могут размножаться при антигенной стимуляции. Трансмуральная эмиграция лимфоцитов обуславливает утолщение эндотелия посткапиллярной венулы, а увеличение притока крови к формирующемуся ПВЛУ приводит к локальному росту и магистрализации ГЛМЦР, превращению посткапиллярной венулы в собирательную, росту ПВЛУ вокруг последней и ее притоков. Поэтому морфогенез ПВЛУ выглядит как результат повышения функциональной нагрузки на ГЛМЦР и адекватной перестройки его микрорайона.

Работа представлена на Международную научную конференцию «Фундаментальные исследования», 25 июля – 1 августа 2009 г. Хорватия. Поступила в редакцию 11.08.2009.

## ОБЩАЯ АНАТОМИЯ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Петренко В.М.

*Санкт-Петербургская государственная медицинская академия им. И.И. Мечникова  
Санкт-Петербург, Россия*

Научная история лимфатической системы начинается в XVII веке н.э., когда G.Asellius (1622) вновь открыл лимфатические сосуды (ЛС) в брыжейке тонкой кишки собаки (вслед за греческими учеными Герофилом и Эразистратом в III веке до н. э.). За последние 400 лет представления о строении лимфатической системы неуклонно расширялись, а о ее функциях не раз менялись. Накоплены обширные знания по данной проблеме, к сожалению, невсегда они становятся достоянием не только практических врачей, но даже многих преподавателей.

Лимфатическая система является частью сердечно-сосудистой системы, осуществляет дополнительный к венам дренаж органов. ЛС отводят тканевую жидкость, коллоиды, крупнодис-

персные частицы, которые не попали в корни венозного русла. Лимфатические узлы (ЛУ) в процессе транспортировки очищают периферическую лимфу от чужеродных веществ и клеток. Особенности лимфатической системы: 1) ее истоки не связаны с сердцем, поэтому скорость лимфотока, лимфатическое давление низкие; 2) лимфатическая система не замкнута в круг, ее корни начинаются слепо, прямо не связаны с кровеносным руслом. Поэтому нет лимфообразования, лимфоотток из органов носит маятниково-образный характер; 3) множественные клапаны ограничивают обратный лимфоток и являются атрибутом ЛС; 4) ЛУ разделяют экстраорганное лимфатическое русло на аfferентные и efferентные ЛС. Лимфатический путь может неоднократно прерываться ЛУ – ЛС может быть efferентным для одного ЛУ и afferентным для другого ЛУ. ЛУ служат функциональными анастомозами лимфатического и кровеносного русла: жидкость и лимфоциты переходят между ними через межсосудистую соединительную ткань (тканевые каналы). Лимфатическая система имеет следующие основные звенья: 1) лимфатические капилляры (ЛК); 2) лимфатические посткапилляры (ЛПК); 3) ЛС; 4) ЛУ; 5) лимфатические стволы; 6) лимфатические протоки.

ЛК, корни лимфатической системы, образуют сети, в местах соединения расширяются (лакуны – депо лимфы). В сети обнаруживаются пальцевидные, слепозамкнутые выросты (млечные синусы в кишечных ворсинках и др.). ЛК, по сравнению с кровеносным, имеет ряд особенностей строения: 1) слепое начало (один конец замкнут или переходит в петлю сети ЛК); 2) более широкий просвет; 3) более тонкая эндотелиальная стенка; 4) извилистые очертания, т.к. отсутствует базальная мембрана. Это облегчает прохождение крупных частиц и даже клеток в просвет ЛК; 5) ретикулярные волоконца (стропные, «якорные» филаменты) соединяют эндотелий с окружающими коллагеновыми волокнами, препятствуют сдавлению просвета ЛК при большем гидростатическом давлении в окружающих тканях, способствуют их дренажу. Тканевые каналы (ячейки в сетях соединительнотканых волокон) заполнены углеводами и белками (гликопротеины, протеогликаны и др.). Несвязанная с гиалуронатами, «избыточная» тканевая жидкость «стекает» с коллоида тканевых «щелей» на эндотелий ЛК, фильтруется сквозь его клетки (пиноцитозные пузырьки и трансцеллюлярные каналы) в полость ЛК, «продавливает» их подвижные контакты («клапаны») с образованием лимфы.

В стенке ЛПК появляются прерывистая базальная мембрана эндотелия и окружные складки (истинные клапаны). ЛПК участвуют в резорбции тканевой жидкости и белков, могут формировать сети, часто сопровождают собирательные венулы, переходят в ЛС около магистральной артериолы и мышечной венулы или в

составе их пучков. Клапаны разделяют ЛПК на автономные компартменты – безмышечные межклапанные сегменты, организующие пассивный лимфоотток благодаря тому, что клапаны ограничивают обратный лимфоток.

Стенка ЛС диаметром 100-150 мкм, кроме эндотелия и рыхлой соединительной ткани, содержит гладкомышечные клетки, в ЛС диаметром 200 мкм и более разделяется на 3 оболочки сгущениями сети эластических волокон – эластические мембранны, наружная прерывиста даже в грудном протоке. ЛС имеют четковидную форму – «перехваты», участки их сужения (прикрепления клапанов) чередуются с расширениями (клапанные синусы). В клапане выделяют утолщение в месте прикрепления к стенке (клапанный валик) и две (1-3) створки. Створки направлены проксимально, по ходу прямого лимфотока, ограничивают аксиальный синус, со стенкой – клапанные синусы (резервуар для ретроградной лимфы). Клапаны разделяют ЛС на лимфангионы – межклапанные сегменты с миоцитами в стенках. Лимфангион имеет три части – стенки клапанных и аксиального синусов (области входного и выходного клапанов), мышечная манжетка – средняя часть межклапанного сегмента ЛС, постоянно и в наибольшем количестве содержит миоциты, при сокращении преодолевает сопротивление факторов, сдерживающих прямой лимфоток (клапаны, сила тяжести и др.). Мыщца клапана (скопление миоцитов в клапанном валике) истончается в створке. Мыщца, напрягая клапан, тормозит обратный лимфоток, а изменяя положение створок, регулирует лимфоток между лимфангионами. Лимфангион является структурно-функциональной единицей ЛС – мышечная манжетка и клапаны (входной и выходной) в их связи организуют лимфоотток, в т.ч. активный: обратный лимфоток закрывает клапаны, в межклапанном сегменте скапливается лимфа, растягивая его стенки, что приводит к деформации и деполяризации мембран миоцитов. Сокращение возникает в тонких стенках клапанных синусов, распространяется по мышечным пучкам на мышечную манжетку своего и, возможно, следующего лимфангионов: мышечные манжетки соседних лимфангионов могут напрямую соединяться надклапанными пучками миоцитов. Мышечные элементы в стенке ЛС, особенно крупного, являются важным фактором лимфотока, но не следует пренебрегать значением других лимфодвижущих сил: 1) лимфообразование в ЛК, ЛПК (гидростатическое и онкотическое давление окружающих тканей); 2) механическое давление тканей, в т.ч. сокращение мышц, окружающих ЛК, ЛПК, ЛС; 3) дыхательные экскурсии диафрагмы, колебания внутригрудного и внутрибрюшного давлений; 4) присасывающее действие вен шеи и расслабляющихся лимфангионов; 5) вязкость коллагеновых и тяга эластических волокон стенки ЛС и периадвентиции. В стенке интраорганного ЛС

меньше миоцитов, т.к. лучше выражена его наружная манжетка (окружающие ткани), поддерживающая лимфоток.

ЛУ с момента закладки в эволюции и эмбриогенезе является лимфоносным (первично) и лимфоидным (вторично) органом: ветви ЛС, синусы, окружают лимфоидную ткань, в которую погружены кровеносные микрососуды. Различают следующие части ЛУ: 1) капсула – наружная стенка; 2) синус – многокамерная полость, выстлана эндотелием, истонченным и разреженным; 3) вещество – лимфоидная ткань (внутренняя стенка); 4) ворота – место входа в ЛУ артерий и выхода вен, представляют собой резкое локальное утолщение капсулы, которое внедряется в синус, где разрастается, деформируя синус, разрыхляется и насыщается лимфоцитами. В наружном, корковом веществе преобладают малые и средние лимфоциты. В мозговом веществе лимфоцитов вдвое меньше, но много плазматических клеток. В корковом веществе определяются локальные сгущения лимфоидной ткани – лимфоидные узелки, со светлым герминативным центром или без него. Между узелками находится межузелковая лимфоидная ткань или корковое плато. В нем малых лимфоцитов больше, чем в лимфоидных узелках, а средних лимфоцитов меньше. В герминативных центрах узелков снижение общего количества лимфоцитов сочетается с повышенным содержанием лимфобластов и больших лимфоцитов. Лимфоидные узелки в мозговом веществе могут появиться при интенсивной антигенной стимуляции ЛУ (иммунологическая перегрузка). Наибольшее содержание малых лимфоцитов определяется на границе между лимфоидными узелками и мозговым веществом ЛУ – паракортикальная или Т-зона (тимус-зависимая), она содержит больше Т-лимфоцитов и посткапиллярных венул с высокими эндотелиоцитами: через их пористые стенки происходит миграция лимфоцитов. В-лимфоциты сосредоточены в лимфоидных узелках и мозговом веществе (В-зона) – центры размножения В-лимфоцитов и их превращения в плазматические клетки. Они продуцируют антитела, которые нейтрализуют генетически чужеродные тела (антителы), поступающие с лимфой. Макрофаги и Т-лимфоциты участвуют в трансформации антигена и запуске иммунологической реакции. Между капсулой и веществом ЛУ проходит краевой (подкапсультный) синус. Он расширяется в воротах ЛУ и образует воротный синус, из которого выходят эfferентные ЛС (1-3). Афферентные ЛС (2-5) пропадают капсулой и впадают в краевой синус ЛУ. Его ветви, промежуточные синусы, пронизывают паренхиму ЛУ: корковые синусы – вдоль отростков капсулы, трабекул, мозговые синусы – между мозговыми тяжами. Различают два варианта лимфотока в ЛУ: 1) прямой – по краевому синусу; 2) непрямой – через промежуточные синусы и через вещество ЛУ (трансфузионный), более эф-

ективный для очистки лимфы. Капсула и трабекулы содержат гладкие миоциты: капсула может как мышечная манжетка сокращаться и “выживать” лимфу из ЛУ, клапаны направляют ее в эfferентные ЛС. Если лимфоотток затруднен, то часть жидкости из стромы ЛУ переходит в кровеносные микрососуды. О депонирующй и реэкритирующей функциях ЛУ свидетельствует тот факт, что объем периферической лимфы уменьшается примерно на 1/3 после прохождения всех ЛУ. Экстраорганное лимфатическое русло – это непрерывная полилимфангия – сеть с локальными вариациями структуры: стенки афферентных и эfferентных ЛС переходят в капсулу ЛУ, их полости – в краевой синус. ЛУ представляется не просто локальным расширением лимфатического пути, а лимфангиям, комплексным (лимфоидная ткань в стенках) и сложным (краевой синус ограничен входными и выходными клапанами). Количество ЛУ может достигать 1000 (400-500 в среднем). Больше всего ЛУ находится в брыжейке тонкой кишки (до 200 – мощный барьер на пути всасываемых чужеродных веществ). Различны размеры ЛУ – от 0,5-1 (головка булавки) до 10 мм и более (горошина). Непостоянные, мелкие ЛУ могут быть не учтены при подготовке или не замечены во время операции и не удалены, но оказаться резервуаром опухолевых клеток. ЛУ разделяют на разные группы: 1) по форме, крупные – чаще лентовидные, сегментарные и овальные, мелкие – округлые, бобовидные, овальные; 2) по положению – соматические, париетальные, висцеральные и смешанные, трахеальные, поясничные, брыжеечные и др.; по областям тела – головы, шеи, конечностей, грудной, брюшной и тазовой полостей; 3) по строению и выраженности транспортной функции: I тип – фрагментарный («транспортные» ЛУ), развиты трабекулы, широкие синусы; соотношение коркового и мозгового вещества, индекс К/М = 1; II тип – компактный («иммунные» ЛУ), тонкие трабекулы, узкие синусы, низкие транспортные возможности, индекс К/М = 1,4-4; III тип – промежуточный, наиболее часто встречающиеся ЛУ, их строение и транспортные возможности очень изменчивы. ЛУ с его ЛС (шире – со всеми путями лимфоотока из органа) образуют лимфатический сегмент (регион) – морфотопографическая единица лимфатического русла, которая имеет важное практическое значение, например при удалении ЛУ, пораженных опухолевыми метастазами.

Экстраорганные ЛС объединяются в региональные коллекторы, лимфатические стволы – кишечные, поясничные, бронхосредостенный, яремные, подключичные. Их не прерывают ЛУ. Лимфатические стволы служат корнями и притоками центральных коллекторов лимфы – лимфатических протоков, грудного и правого. Лимфатические стволы и протоки имеют диаметр до 1-4 мм, толстую стенку с ясно выраженным тремя оболочками. Лимфатические протоки и невсегда

стволы (яремный, подключичный, правый бронхосредостенный) впадают в вены шеи, чаще – внутреннюю яремную, подключичную или в угол их слияния. Грудной проток отводит 80 - 90 % центральной (постнодальной) лимфы в левый венозный угол шеи, собирает лимфу нижних конечностей, большей части туловища, левой верхней конечности, левых половин головы и шеи. Непостоянный правый проток собирает лимфу правой верхней конечности, правых половин головы, шеи и стенок грудной полости. Место впадения лимфатического коллектора в вену шеи, лимфовенозное соединение, снабжено клапаном. Клапан может отсутствовать, тогда на его месте обнаруживают мышечный сфинктер. Такое устройство препятствует забросу крови в лимфатический коллектор, хотя небольшое ее количество в него все-таки затекает. Косое прохождение коллектора сквозь венозную стенку также ограничивает венозный рефлюкс крови в него. Строение лимфовенозного соединения изменчиво, зависит от строения и положения конечного отрезка лимфатического коллектора, его терминального клапана, венозных клапанов. В мышечный сфинктер лимфовенозного соединения вплетаются комиссуральные пучки миоцитов, выходящие из спаек створок терминального клапана (его мышцы). Координированное сокращение комиссуральных мышечных пучков и мышечного сфинктера способствует укорочению и сужению устьевого отрезка лимфатического коллектора (регуляция лимфооттока по механизму датрузора).

В лимфатической системе развит окольный лимфоток. Множественные ЛС выходят из органов (их в 2-4 раза больше, чем артерий), идут на периферии нервно-сосудистого пучка и независимо от кровеносных сосудов, могут огибать ЛУ. Такие ЛС несут лимфу в обход ЛУ, например – в корни и начало грудного протока (правая поясничная коллатераль или кишечный ствол), что увеличивает возможность метастазирования опухоли.

### **Заключение**

Строение лимфатического русла изменяется на протяжении адекватно функциональной нагрузке. Корни начинаются не от ветвей артерий, как у вен, а от тканевых каналов. Отток тканевой жидкости в ЛК, лимфообразование регулирует эндотелий. К нему присоединяются соединительная ткань в ЛПК, гладкие миоциты в ЛС, лимфоидная ткань в ЛУ. Лимфатическая система имеет сегментарное строение: множественные клапаны разной конструкции и локализации преобразуют лимфатические пути в цепи полиморфных сегментов. В условиях дефицита собственной энергии лимфотока межклапанные сегменты лимфатического русла с разным строением организуют парциальное продвижение лимфы от органов к венам. В безмышечных звеньях русла лимфоотток происходит пассивно, под влиянием экстравазальных факторов (давление тока тканевой жидкости и окружающих тканей). При недос-

таточности их энергии включаются сократительная активность миоцитов в ЛС и ЛУ, а в ЛУ – лимфовенозный «насос» (функциональные анастомозы микрососудов): чудесная лимфатическая сеть (промежуточные синусы ЛУ) и кровеносные микрососуды погружены в лимфоидную ткань с ее тканевыми каналами (биофильтр для лимфы).

Работа представлена на Международную научную конференцию «Практикующий врач», Италия (Рим, Флоренция), 9-16 сентября 2009 г. Поступила в редакцию 18.08.2009.

## **ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ ВОДЯНКИ ПРАКТИКУЮЩИМ ВРАЧОМ**

Тарушкин В.Т., Тарушкин П.В., Тарушкина Л.Т.

Санкт-Петербургский государственный

университет

Санкт-Петербург, Россия

В соответствии с методикой использования нечётких множеств [1] в задачах диагностики все симптомы водянки являются подмножествами  $\Omega = \{ (1, S_1), \dots, (1, S_n) \}$ , где  $S_1$ : "Отёчность ног",  $S_2$ : "Отёчность кистей рук", ...,  $S$ : "Отёчность в лёгких". 1 в  $(1, S_i)$  обозначает, что симптом ярко выражен; 0 – его отсутствие; (слабый,  $S_i$ ) – слабое проявление  $S_i$ -го симптома. Всего в  $\Omega$  таким путём можно построить 3<sup>n</sup> диагнозов, включая  $\theta = \{ (0, S_1), \dots, (0, S_n) \}$  – полное выздоровление (нечёткое пустое множество). На начальной стадии болезни важно выделить основную причину водянки: сердечные и сердечно – сосудистые заболевания, поражение почек, печени, отравления и т.д. В дальнейшем предполагается в качестве основной причины ИБС (ишемическая болезнь сердца), возникшая вследствие малоподвижного образа жизни пациента. В качестве основного симптома берём  $(1, S_1)$ , где  $S_1$ : "Ишемия ног – отёк в начале появляющийся на стопах ног, а затем на голени, сопровождающийся выделением жидкости". Если использовать в качестве модели сердца насос, то ИБС означает, что сердце выбрасывает в среднем за сутки m% от нужного количества крови (например, m = 50). Вследствие этого нарушается нормальное соотношение между оттоком и притоком тканевой жидкости. Введём 3 – мерные аналоги булевых переменных:  $x_1$  (состояние симптома  $S_1$  на момент времени  $t_0$ ) и  $dx_1$  (действие лекарств за промежуток времени  $[t_0, t_1]$ , например, за первую неделю, которое получается из предиката  $P(z_1, \dots, z_m)$ : "Действие лекарств  $z_1, \dots, z_m$ ", когда областью интерпретации предметных переменных предиката являются 100 лучших лекарств от ишемической болезни сердца [2]). Например,  $(z_1)$  = Эгилок ретард,  $(z_2)$  = Кардиомагнол,  $(z_3)$  = Варфарекс, ...,  $(z_m)$  = Акридилол. Введём дифференциальное уравнение 3-значной логики [3] для описания динамики болезни: