

Глава 14. ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Лимфатическая система — это совокупность лимфатических сосудов и расположенных по их ходу лимфатических узлов, обеспечивающая всасывание межклеточной жидкости, веществ и возврат их в кровяное русло. Первое упоминание о лимфе под названием «белая кровь» встречается у Гиппократ (около 460–377 гг. до н.э.). В то время уже знали о лимфатических узлах, об их болезненном увеличении. В 1564 г. молочно-белые лимфатические сосуды брыжейки описаны Евстахием. В 1653 г. Рубек выделил из лимфы фибрин. Систематические исследования лимфатической системы начались с 1662 г. работами итальянского анатома Азелли. Бурное развитие этого раздела науки произошло во второй половине XIX и особенно в XX вв. В случае прекращения лимфотока развиваются отек тканей и дистрофические их нарушения.

Лимфатические сосуды представляют собой обширную разветвленную сеть мелких тонкостенных сосудов, неравномерно представленную в разных участках тела. Начинается эта система с тончайших, закрытых с одного конца терминальных лимфатических капилляров. Стенки их обладают высокой проницаемостью, вместе с тканевой жидкостью внутрь лимфатического капилляра легко проходят молекулы белка. Архитектура сплетений лимфатических сосудов отражает конструкцию и функцию органов: они практически отсутствуют в головном и спинном мозге, мозговых оболочках, гиалиновом хряще, глазном яблоке, роговице, плаценте; их мало в мышцах, связках, фасциях, сухожилиях; наибольшее скопление лимфатических капилляров отмечено в печени, тонком кишечнике.

В результате слияния терминальных капилляров образуются лимфатические «вены», снабженные, подобно венам кровеносной системы, клапанами, препятствующими обратному току лимфы. Участки между двумя клапанами (клапанные сегменты), в последующем названные *лимфангионами* (Mesein), обеспечивают насосную функцию лимфатической системы (Р.С.Орлов). В зависимости от строения средней оболочки лимфатические сосуды делят на две группы: мышечные и безмышечные (образованы слоем эндотелиальных клеток, окруженных соединительнотканной оболочкой из коллагеновых и эластиновых волокон). Большинство лимфатических сосудов

(особенно нижних конечностей) мышечные. В целом лимфатические сосуды аналогичны венам. Они обеспечивают возврат собранной из тканевых пространств жидкости в кровяное русло. Самые крупные лимфатические сосуды впадают в кровеносную систему в месте соединения внутренней яремной и подключичной (плечевой) вен.

Центральным коллектором лимфы у человека является грудной проток. В него впадают многочисленные сосуды, собирающие лимфу от нижних конечностей, органов брюшной полости, левой половины груди, от сердца и левого легкого, от левой верхней конечности, от левой половины головы и шеи. Проток впадает в угол, образованный левыми (наружной яремной и подключичной) венами в месте их слияния. Главный коллектор лимфы дополняется правым лимфатическим протоком, формирующимся путем слияния лимфатических сосудов правой половины головы, шеи, груди и правой верхней конечности. Этот проток впадает в правый венозный угол. Таким образом, вся постоянно образующаяся лимфа возвращается в общий кровоток.

Лимфатические узлы — ключевые участки системы. Благодаря наличию гладкомышечных элементов, они способны сокращаться, особенно при нейрогуморальных воздействиях. Число сосудов, приносящих лимфу в лимфоузлы, больше числа выносящих сосудов. Лимфатические узлы существенно влияют на клеточный состав лимфы. Лимфа очень медленно проходит здесь через узкие и извилистые синусы. Попадающие в нее *бактерии* фагоцитируются клетками лимфатического узла. Иногда часть *бактерий*, пройдя через первый лимфатический узел, задерживается во втором или третьем узлах. При массивном заражении *микробы* могут пройти через все узлы и вторгнуться в кровеносное русло. Когда *микробы* попадают в лимфатические узлы, в них развивается воспалительный процесс. Они увеличиваются в размерах, становятся болезненными. У людей, которые много курят, лимфатические узлы в области легких наполняются частицами табачного дыма, становятся темно-серыми или черными. Эти частицы могут нарушить функционирование лимфатических узлов, снизить устойчивость организма к легочным инфекциям, способствовать другим заболеваниям, в том числе и развитию рака легких.

Функции лимфатической системы.

Кроветворная функция. В лимфатических узлах образуются, главным образом, лимфоциты, продолжают дифференцировку долгоживущие Т-лимфоциты. При попадании в организм микроорганизмов или после трансплантации чужеродных тканей в ближайшем лимфатическом узле интенсивно делятся лимфатические клетки и образуются малые лимфоциты.

Защитная функция заключается в транспорте антигенов и антител, в кооперации различных иммунокомпетентных клеток (лимфоцитов, макрофагов), в формировании первичного и вторичного иммунных ответов на антиген, реализации клеточного иммунитета,

переносе из лимфоидных органов плазматических клеток для обеспечения гуморального иммунитета. Детоксикация — переход в лимфу из интерстиция патологически измененных белков, токсинов, клеток и обезвреживание их в лимфоузлах.

Дренажная функция — удаление из интерстиция продуктов обмена и избытка воды, профильтровавшейся из кровеносных капилляров и не полностью реабсорбировавшейся.

Лимфатическая система обеспечивает возврат белков, липидов и электролитов в кровь — за сутки в кровь возвращается около 40 г белка.

Транспортирует из пищеварительной системы в кровь продукты гидролиза пищевых веществ, в основном липидов.

Состав лимфы. Лимфа представляет собой прозрачную жидкость слегка желтоватого цвета. Вязкость и плотность лимфы ниже, чем плазмы крови, вследствие меньшего содержания белков. Удельный вес лимфы колеблется в широких пределах (от 1,015 до 1,026) и зависит от областей, откуда она оттекает; pH — около 9. Лимфа состоит из лимфоцитозы и форменных элементов, в основном, лимфоцитов. По химическому составу лимфа близка к плазме крови (табл. 14.1). Белковые фракции представлены альбуминами, глобулинами, фибриногеном. Преобладают альбумины. Часть белка составляют гидролитические ферменты (диастаза, липаза). Почти нет разницы между лимфой и плазмой крови в содержании глюкозы, остаточного азота и неорганических веществ. Существенно различие в содержании белков: в плазме крови их в среднем 70 г/л, тогда как в лимфе — около 20 г/л. В лимфе содержатся небелковые азотистые вещества, а также глюкоза, биологически активные вещества (вазоактивные амины, витамины), антитела, соли.

Механизм образования лимфы.

Лимфа формируется из интерстициальной жидкости (см. раздел 13.7.3), давление в которой колеблется около нуля (оно может быть выше или ниже атмосферного на несколько мм рт.ст.). Давление в лимфатических капиллярах ниже атмосферного вследствие насосной функции лимфангионов. Пиноцитоз обеспечивает транспорт белков, хиломикронов, других частиц в полость лимфатического капилляра через эндотелиальные клетки. В лимфатические сосуды попадает только

Таблица 14.1

Содержание некоторых веществ в плазме крови и лимфе

Жидкая среда	Общий белок, г/л	Концентрация веществ, ммоль/л				
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Глюкоза	Мочевина
Плазма крови	70–80	140	5	2,5	5,6	4
Лимфа	25–55	120	4	2,5	5,6	4

небольшая часть жидкости, которая не реабсорбируется обратно в интерстиция в кровеносный капилляр, она в виде лимфы возвращается в кровеносное русло.

В лимфатические капилляры попадает 2–4 л жидкости в сутки. Белки в небольшом количестве попадают в интерстиций, затем в лимфокапилляр, за белком движется вода.

В лимфатических сосудах взрослого человека с массой тела 60 кг натощак в состоянии покоя содержится 1,5–3 л лимфы, т.е. 25–50 мл/кг массы тела. Пространство между кровеносными сосудами и клетками органов и тканей (интерстиций) в большинстве случаев представляет собой рыхлую соединительную ткань, в которой имеются коллаген, эластин, продукты жизнедеятельности фибробластов и гистиоцитов — мукополисахариды, протеины, гликозаминогликаны (ГАГ), вода и соли (в различных концентрациях в отдельных тканях). Вещества, неспособные непосредственно переходить из тканевой жидкости в кровеносные капилляры, поступают в лимфатические капилляры. Хотя диаметр пор в стенке кровеносного капилляра меньше, чем размер молекул белка плазмы, небольшое количество белка проникает в интерстиций. Кроме того, некоторое количество белка может переходить через эндотелий путем пиноцитоза. Белок, попадающий в интерстиций, как и другие вещества, возвращается в кровоток лимфатическими сосудами.

Механизм движения лимфы.

Непосредственной движущей силой лимфы, как и крови, в любом участке сосудистого русла является градиент давления, который создается несколькими факторами.

Основным из них является сократительная активность лимфатических сосудов и узлов. Сократительная деятельность каждого лимфангиона активируется повышением в нем гидростатического давления вследствие попадания порции лимфы из соседнего лимфангиона. В лимфангионе имеются мышечносодержащая часть и участок со слабым развитием мышечных элементов (область прикрепления клапанов). Для функций лимфатических сосудов характерны фазные ритмические сокращения (10–20 в минуту), медленные волны (2–5 в минуту) и тонус.

Присасывающее действие грудной клетки, по общепринятому мнению, способствует продвижению лимфы в область крупных вен грудной полости, как и движение крови по венам. Однако данное утверждение требует проверки, так как известно (Б.И.Ткаченко), что этот эффект для движения крови по венам не наблюдается.

Способствуют движению лимфы пульсация близлежащих крупных артериальных сосудов, сокращение скелетных мышц, повышение внутрибрюшного давления.

Клапанный аппарат обуславливает односторонний ток жидкости по направлению к сердцу при сдавливании лимфатических сосудов и их активном сокращении.

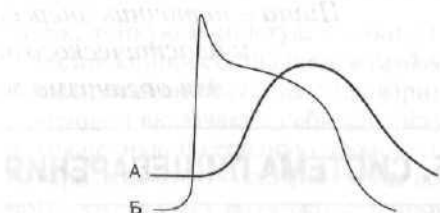


Рис. 14.1. Потенциал действия (А) и сокращение стенки лимфангиона (Б) (по Г.И.Лобову, с изменениями, 1998).

Регуляция сократительной активности лимфангионов.

Нервная регуляция (Орлов Р.С. и др., 1982). *Возбуждение симпатической нервной системы* ведет к учащению фазных сокращений лимфангионов с помощью активации α -адренорецепторов.

Зарегистрированы разнонаправленные реакции лимфатических микрососудов на введение катехоламинов — активация и угнетение. Эффект зависит от дозы препарата, по-видимому, по той же причине, что и в кровеносных сосудах (см. раздел 13.7.5).

Гуморальная регуляция. *Вазопрессин* усиливает лимфоток, повышает тонус, учащает фазные сокращения лимфангионов и снижает их амплитуду. *Окситоцин* оказывает противоположное действие.

Холинергические влияния неоднозначны, но, как правило, низкие концентрации ацетилхолина уменьшают частоту спонтанных фазных сокращений пейсмекеров лимфангионов. *Гистамин* и *серотонин* стимулируют сокращения лимфангионов.

Миогенная регуляция заключается в том, что заполнение лимфой проксимального лимфангиона ведет к увеличению его растяжения, возрастанию силы сокращения и перекачиванию лимфы в соседний лимфангион и т.д. При этом клапанный аппарат лимфатических сосудов обеспечивает, как и в венах, ток лимфы только к сердцу.

Потенциал действия миоцитов лимфангиона и его одиночное сокращение подобны таковым сердечной мышцы (рис. 14.1).