**Тетяна Замазій, Олександр Неплях**

**(Харків, Україна)**

**ФІЗІОЛОГІЯ ЛІМФАТИЧНОЇ СИСТЕМИ**

Лимфатические сосуды – это дренажная система, по которой тканевая жидкость оттекает в кровеносное русло. Лимфатическая система человека начинается с замкнутых, в отличие от кровеносных, лимфатических капилляров, пронизывающих все ткани, за исключением эпидермиса кожи, центральной нервной системы, паренхимы селезенки, хрящей, плаценты, хрусталика и оболочек глазного яблока.[1]

Лимфатическая система (в переводе с латинского –systemalymphsticum) – компонент системы кровообращения в организме человека и позвоночных животных. Функции ее многообразны, она играет важную роль в метаболизме и процессах самоочищения клеток.[2]

В организме животных кроме системы кровообращения есть система лимфообращения, возвращающая в кровь поступившую в ткани жидкость — лимфу. Лимфатическая система — составная часть сосудистой системы, обеспечивающая образование лимфы и лимфообращение. Лимфатическая система – сетькапилляров, сосудов и узлов, по которым в организме передвигается лимфа. Лимфатические капилляры замкнуты с одного конца, т.е. слепо заканчиваются в тканях. Лимфатические сосуды среднего и крупного диаметра, подобно венам, имеют клапаны. По их ходу расположены лимфатические узлы — «фильтры», задерживающие вирусы, микроорганизмы и наиболее крупные частицы, находящиеся в лимфе. Лимфатическая система начинается в тканях органов в виде разветвленной сети замкнутых лимфатических капилляров, которые не имеют клапанов, а их стенки обладают высокой проницаемостью и способностью всасывать коллоидные растворы и взвеси. Лимфатические капилляры переходят в лимфатические сосуды, снабженные клапанами. Благодаря этим клапанам, препятствующим обратному току лимфы, она течет только в направлении к венам. Лимфатические сосуды впадают в лимфатический грудной проток, через который течет лимфа от 3/4 организма. Грудной проток впадает в краниальную полую вену или яремную вену. Лимфа по лимфатическим сосудам поступает в правый лимфатический ствол, впадающий в краниальную полую вену. Лимфатическая система выполняет несколько функций: защитную функцию, которую обеспечивает лимфоидная ткань лимфатических узлов, вырабатывающая фагоцитарные клетки, лимфоциты и антитела. Перед входом в лимфатический узел лимфатический сосуд делится на мелкие ветви, которые переходят в синусы узла. От узла отходят также мелкие ветви, которые объединяются вновь в один сосуд; фильтрационная функция также связана с лимфатическими узлами, в которых механически задерживаются различные чужеродные вещества и бактерии; транспортная функция лимфатической системы заключается в том, что через эту систему в кровь поступает основное количество жира, который всасывается в желудочно-кишечном тракте; лимфатическая система выполняет также гомеостатическую функцию, поддерживая постоянство состава и объема интерстициальной жидкости;лимфатическая система выполняет дренажную функцию и удаляет избыток находящейся в органах тканевой (интерстициальной) жидкости. Образование и циркуляция лимфы обеспечивают удаление избытка внеклеточной жидкости, который создается за счет того, что фильтрация превышает реабсорбцию жидкости в кровеносные капилляры. Такая дренажная функция лимфатической системы становится очевидной, если отток лимфы из какой-то области тела снижен или прекращен (например, при сдавливании конечностей одеждой, закупорке лимфатических сосудов при их травме, пересечении во время хирургической операции). В этих случаях дистальнее места сдавливания развивается местный отек ткани. Такой вид отека называют лимфатическим. Возврат в кровеносное русло альбумина, профильтровавшегося в межклеточную жидкость из крови, особенно в органах, имеющих высокопроницаемые гистогематические барьеры (печень, желудочно-кишечный тракт). За сутки с лимфой в кровоток возвращается более 100 г белка. Без этого возврата потери белка кровью были бы невосполнимы. Лимфа входит в систему, обеспечивающую гуморальные связи между органами и тканями. С ее участием осуществляется транспорт сигнальных молекул, биологически активных веществ, некоторых ферментов (гистаминаза, липаза). В лимфатической системе завершаются процессы дифференцировки лимфоцитов, транспортируемых лимфой вместе с иммунными комплексами, выполняющими функции иммунной защиты организма. Защитная функция лимфатической системы проявляется также в том, что в лимфоузлах отфильтровываются, захватываются и в ряде случаев обезвреживаются инородные частицы, бактерии, остатки разрушенных клеток, различные токсины, а также опухолевые клетки. С помощью лимфы удаляются из тканей эритроциты, вышедшие из кровеносных сосудов (при травмах, повреждениях сосудов, кровотечениях). Нередко накопление токсинов и инфекционных агентов в лимфатическом узле сопровождается его воспалением. Лимфа участвует в транспорте в венозную кровь большого круга кровообращения хиломикронов, липопротеинов и жирорастворимых веществ, всасывающихся в кишечнике. Лимфа представляет собой фильтрат крови, образующийся из тканевой жидкости. Она имеет щелочную реакцию, в ней отсутствуют эритроциты, но содержатся лейкоциты, фибриноген и тромбоциты, поэтому она способна свертываться. Химический состав лимфы сходен с таковым плазмы крови, тканевой жидкости и других жидкостей организма. Лимфа, оттекающая от разных органов и тканей, имеет различный состав в зависимости от особенностей их обмена веществ и деятельности. Лимфа, оттекающая от печени, содержит больше белков, лимфа желез внутренней секреции — больше гормонов. Продвигаясь по лимфатическим сосудам, лимфа проходит через лимфатические узлы и обогащается лимфоцитами. Лимфа – прозрачнаябесцветная жидкость, содержащаяся в лимфатических сосудах и лимфатических узлах, в которой нет эритроцитов, имеются тромбоциты и много лимфоцитов. Ее функции направлены на поддержание гомеостаза (возврат белка из тканей в кровь, перераспределение жидкости в организме,образование молока, участие в пищеварении, обменных процессах), а также участие в иммунологических реакциях. В лимфе содержится белок (около 20 г/л). Продукция лимфы сравнительно невелика (больше всего в печени), за сутки образуется около 2 л путем реабсорбции из интерстициальной жидкости в кровь кровеносных капилляров после фильтрации. Образование лимфы обусловлено переходом воды и растворенных в плазме крови веществ из кровеносных капилляров в ткани, а из тканей — в лимфатические капилляры. В состоянии покоя процессы фильтрации и абсорбции в капиллярах сбалансированы и лимфа полностью абсорбируется обратно в кровь. В случае повышенной физической нагрузки в процессе метаболизма образуется ряд продуктов, которые повышают проницаемость капилляров для белка, его фильтрация увеличивается. Фильтрация в артериальной части капилляра происходит при повышении гидростатического давления над онкотическим на 20 мм рт. ст. При мышечной деятельности объем лимфы нарастает и ее давление обусловливает проникновение интерстициальной жидкости в просвет лимфатических сосудов. Лимфообразованию способствует повышение осмотического давления тканевой жидкости и лимфы в лимфатических сосудах. Движение лимфы по лимфатическим сосудам происходит за счет присасывающей силы грудной клетки, сокращения скелетных мышц, сокращения гладких мышц стенки лимфатических сосудов и за счет лимфатических клапанов. Лимфатические сосуды имеют симпатическую и парасимпатическую иннервацию. Возбуждение симпатических нервов приводит к сокращению лимфатических сосудов, а при активации парасимпатических волокон происходит сокращение и расслабление сосудов, что усиливает лимфоток. Адреналин, гистамин, серотонин усиливают ток лимфы. Уменьшение онкотического давления белков плазмы и повышение капиллярного давления увеличивает объем оттекающей лимфы. Лимфа является жидкостью, текущей по лимфатическим сосудам и составляющей часть внутренней среды организма. Источники ее образования — плазма крови, профильтровавшаяся из микроциркуляторного русла в ткани и содержимое интерстициального пространства. Около 2-3 л фильтрата крови и жидкости межклеточной среды, не реабсорбировавшихся в кровеносные сосуды, поступают за сутки по межэндотелиальным щелям в лимфатические капилляры, систему лимфатических сосудов и вновь возвращаются в кровь. Лимфатические сосуды имеются во всех органах и тканях организма за исключением ЦНС, поверхностных слоев кожи и костной ткани. Наибольшее их количество насчитывается в печени и тонком кишечнике, где образуется около 50% всего суточного объема лимфы организма. Основной составной частью лимфы является вода. Минеральный состав лимфы идентичен составу межклеточной среды той ткани, в которой образовалась лимфа. В лимфе содержатся органические вещества, преимущественно белки, глюкоза, аминокислоты, свободные жирные кислоты. Состав лимфы, оттекающей от разных органов, неодинаков. В органах с относительно высокойпроницаемостью кровеносных капилляров, например, в печени, лимфа содержит до 60 г/л белка. В лимфе имеются белки, участвующие в образовании тромбов (протромбин, фибриноген), поэтому она может свертываться. Лимфа, оттекающая от кишечника, содержит не только много белка (30-40 г/л), но и большое количество хиломикронов и липопротеинов, образованных из апопротеинов и жиров, всосавшихся из кишечника. Эти частицы находятся в лимфе во взвешенном состоянии, транспортируются ею в кровь и придают лимфе схожесть с молоком. В составе лимфы других тканей содержание белка в 3-4 раза меньше, чем в плазме крови. Главным белковым компонентом тканевой лимфы является низкомолекулярная фракция альбумина, фильтрующегося через стенку капилляров во внесосудистые пространства. Поступление белков и других крупномолекулярных частиц в лимфу лимфатических капилляров осуществляется за счет их пиноцитоза. В лимфе содержатся лимфоциты и другие формы лейкоцитов. Их количество в разных лимфатических сосудах различается и находится в пределах 2-25\*109/л, а в грудном протоке составляет 8\*109/л. Другие виды лейкоцитов (гранулоциты, моноциты и макрофаги) содержатся в лимфе в небольшом количестве, но их число возрастает при воспалительных и других патологических процессах. Эритроциты и тромбоциты могут появляться в лимфе при повреждении кровеносных сосудов и травмах тканей. Лимфа всасывается в лимфатические капилляры, обладающие рядом уникальных свойств. В отличие от кровеносных капилляров лимфатические капилляры являются замкнутыми, слепо заканчивающимися сосудами. Их стенка состоит из одного слоя эндотелиальных клеток, мембрана которых фиксирована с помощью коллагеновых нитей к внесосудистым тканевым структурам. Между эндотелиальными клетками имеются межклеточные щелевидные пространства, размеры которых способны изменяться в широких пределах: от замкнутого состояния до размера, через который в капилляр могут проникать форменные элементы крови, фрагменты разрушенных клеток и частицы, сопоставимые по размерам с форменными элементами крови. Сами лимфатические капилляры также могут изменять их размер и достигать диаметра до 75 мкм. Эти морфологические особенности строения стенки лимфатических капилляров придают им способность изменять проницаемость в широких пределах. Так, при сокращении скелетных мышц или гладкой мускулатуры внутренних органов за счет натяжения коллагеновых нитей могут раскрываться межэндотелиальные щели, через которые в лимфатический капилляр свободно перемещается межклеточная жидкость, содержащиеся в ней минеральные и органические вещества, включая белки и тканевые лейкоциты. Последние могут легко мигрировать в лимфатические капилляры также из-за их способности к амебоидному движению. Кроме того, в лимфу поступают лимфоциты, образующиеся в лимфатических узлах. Поступление лимфы в лимфатические капилляры осуществляется не только пассивно, но также под действием сил отрицательного давления, возникающего в капиллярахблагодаря пульсирующему сокращению более проксимальных участков лимфатических сосудов и наличию в них клапанов. Стенка лимфатических сосудов построена из эндотелиальных клеток, которые с наружной стороны сосуда охватываются в виде манжетки гладкомышечными клетками, расположенными радиально вокруг сосуда. Внутри лимфатических сосудов имеются клапаны, строение и принцип функционирования которых сходны с клапанами венозных сосудов. Когда гладкие миоциты расслаблены и лимфатический сосуд расширен, створки клапанов открыты. При сокращении гладких миоцитов, вызывающем сужение сосуда, давление лимфы в данном участке сосуда повышается, створки клапанов смыкаются, лимфа не может перемещаться в обратном (дистальном) направлении и проталкивается по сосуду проксимально. Лимфа из лимфатических капилляров перемещается в посткапиллярные и затем в крупные внутриорганные лимфатические сосуды, впадающие в лимфатические узлы. Из лимфатических узлов по небольшим внеорганным лимфатическим сосудам лимфа течет в более крупные внеорганные сосуды, образующие самые крупные лимфатические стволы: правый и левый грудные протоки, через которые лимфа доставляется в кровеносную систему. Из левого грудного протока лимфа поступает в левую подключичную вену в месте возле ее соединения с яремными венами. Через этот проток в кровь перемещается большая часть лимфы. Правый лимфатический проток доставляет лимфу в правую подключичную вену от правой половины груди, шеи и правой руки. Ток лимфы может быть охарактеризован объемной и линейной скоростями. Объемная скорость поступления лимфы из грудных протоков в вены составляет 1-2 мл/мин, т.е. всего 2-3 л/сут. Линейная скорость движения лимфы очень низкая — менее 1 мм/мин. Движущую силу тока лимфы формирует ряд факторов. Разность между величиной гидростатического давления лимфы (2-5 мм рт. ст.) в лимфатических капиллярах и ее давлением (около 0 мм рт. ст.) в устье общего лимфатического протока. Сокращение гладкомышечных клеток стенок лимфатических сосудов, продвигающих лимфу в направлении грудного протока. Этот механизм иногда называют лимфатическим насосом. Периодическое повышение внешнего давления на лимфатические сосуды, создаваемое сокращением скелетных или гладких мышц внутренних органов. Например, сокращение дыхательных мышц создает ритмические изменения давления в грудной и брюшной полостях. Понижение давления в грудной полости при вдохе создает присасывающую силу, способствующую перемещению лимфы в грудной проток. Количество лимфы, образующейся за сутки в состоянии физиологического покоя, составляет около 2-5% от массы тела. Скорость се образования, движения и состав зависят от функционального состояния органа и ряда других факторов. Так, объемный ток лимфы от мышц при мышечной работе увеличивается в 10-15 раз. Через 5-6 ч после приема пищи увеличивается объем лимфы, оттекающей от кишечника, изменяется ее состав. Это происходит главным образом за счет поступления в лимфу хиломикронов и липопротеинов. Пережатие вен ног или длительное стояние приводит к затруднению возврата венозной крови от ног к сердцу. При этом увеличивается гидростатическое давление крови в капиллярах конечностей, возрастает фильтрация и создается избыток тканевой жидкости. Лимфатическая система в таких условиях не может обеспечить в достаточной мере свою дренажную функцию, что сопровождается развитием отека.[3]

**Литература:**

1. <https://med.wikireading.ru/24945>
2. <https://uflebologa.ru/anatomiya-i-fiziologiya-serdechno-sosudistoj-sistemy/limfaticheskaya-sistema-717>
3. <http://www.grandars.ru/college/medicina/limfaticheskaya-sistema.html>

Науковий керівник:

кандидат біологічних наук Замазій Тетяна Миколаївна.