

## **Анатомо-функциональная характеристика артериального русла. Закономерности распределения артерий. Понятие о коллатеральном кровообращении, анастомозах и микроциркуляторном русле. Развитие и anomalies артерий.**

Раздел анатомии, изучающий сосуды носит название ангиология. В организме человека циркулирует два вида жидкости - кровь и лимфа. Следовательно, можно выделить кровеносную и лимфатическую сосудистые системы. Через интерстициальное пространство эти системы тесно функционально связаны друг с другом. Эти системы обеспечивают транспортную, интегративную, обменную, защитную и иммунную функции.

Основными составляющими частями кровеносной системы являются сердце, артериальное русло, гемомикроциркуляторное русло, венозное русло.

Определение понятия «артерия» (от греческого «содержащая воздух») достаточно просто - это кровеносный сосуд, по которому кровь идет в направлении от сердца. Артерии - это сосуды с центробежным током крови.

Стенка артериальной трубки имеет три оболочки.

- 1) Интима - (лат.- *intimus*- самый внутренний) представляет монослой эндотелиальных клеток. Под ним расположен подэндотелиальный слой и внутренняя эластическая мембрана. В полостях сердца интима переходит в эндокард.
- 2) Медиа - средняя оболочка. Состоит из миоцитов, ориентированных преимущественно циркулярно, спирально. Наличие большого количества эластических волокон и наружной эластической мембраны в медиі обеспечивает сохранение просвета артерий. В зависимости от соотношения гладкомышечных элементов и эластической ткани выделяют артерии эластического типа (аорта, легочный ствол, общие подвздошные, общие сонные – т.е. наиболее крупные артерии), артерии смешанного типа (наружные и внутренние сонные и подвздошные, подмышечные, брыжеечные, почечные, венечные артерии) и артерии мышечного типа.

3) Анвентиция - наружная соединительнотканная оболочка, содержащая сосуды сосудов и нервы сосудов. Снаружи артерии окружает периартериальная (паравазальная) клетчатка. Таким образом, наличие у артерии трех оболочек, собственных сосудов и нервов позволяют считать каждую артерию органом.

Самой крупной артерией человека является аорта. От аорты отходят парные ветви к голове, шее и конечностям. В области туловища от аорты отходят пристеночные (париетальные) и органые (висцеральные) ветви. Париетальные ветви характеризует парность, симметричность, сегментарность. Висцеральные ветви могут быть парными и непарными. По топографическим отношениям артерий с органами можно выделять внеорганные и внутриорганные артерии.

Закономерности ветвления артериального дерева были исследованы отечественным топографоанатомом В.Н. Шевкуненко. Он предложил выделять магистральный, рассыпной и смешанный типы ветвления артерий. При магистральном типе ветви постепенно отходят от основного ствола, при рассыпном ствол сразу делится на несколько ветвей.

### З а к о н о м е р н о с т и   р а с п р е д е л е н и я   а р т е р и й

А) Внеорганные артерии:

- 1) большинство артерий распределяется по принципу билатеральной симметрии;
- 2) артерии идут в зону кровоснабжения по кратчайшему расстоянию (кроме органов, изменяющих положение в процессе развития - диафрагма, щитовидная железа, гонады);
- 3) на конечностях артерии расположены на сгибательных поверхностях в защищенных местах (каналы, борозды);
- 4) артерии, как правило, делятся в соответствии с костной основой области;
- 5) в подвижных местах (суставы, кишечник) образуются артериальные сети;

б) Внутриорганные артерии:

- 1) входят в орган в области ворот и делятся на ветви (ряд органов ворот не имеют);
- 2) характер деления артерий определяется структурой органа. В паренхиматозных органах выделяют долевые, сегментарные и дольковые ветви. В полых органах ЖКТ образуют аркады и сплетения между оболочками и внутри них. В головном и спинном мозге выражен сетчато-радиарный тип ветвления, в мышцах и костях - магистрально-петлистый, в коже мы видим сети и сплетения.
- 3) Степень кровоснабжения органа определяется не только его массой, но и функциональной активностью (железы внутренней секреции - щитовидная железа, надпочечники имеют несколько артерий).

П о н я т и е о к о л л а т е р а л ь н о м к р о в о о б р а щ е н и и и  
а р т е р и а л ь н ы х а н а с т о м о з а х

Изучая характер ветвления артерий, видно, что часть конечных ветвей артерий соединяются друг с другом, т.е. анастомозируют. Анастомоз по-гречески – снабжать отверстием, устьем. Все анастомозы делят на внутри- и межсистемные. Внутрисистемные анастомозы это анастомозы ветвей одного крупного системного артериального ствола. К системным сосудам относят аорту, подключичные, наружные и внутренние сонные и подвздошные артерии. Межсистемные анастомозы это соустье между ветвями разных систем. К межсистемным относят и анастомозы между артериями противоположных сторон тела человека. Межсистемные анастомозы дают большую возможность для восстановления кровоснабжения органа при нарушении работы в одной из систем кровоснабжения. Кровь при этом начинает приходить к органу не прямым, а окольным путем. Коллатеральное кровообращение это процесс доставки крови по окольным путям кровотока в обход локальных нарушений проходимости магистральных сосудов. Локальные нарушения проходимости кровеносных сосудов являются не только результатом какой-либо

патологии. Гораздо чаще имеет место временное нарушение кровотока (например, работа кисти, суставов – временное сдавление сосудов не нарушает работу органов). Важную роль в коллатеральном кровообращении играют помимо предсуществующих анастомозов сосуды кожи и подкожно-жировой клетчатки, мышц, фасций, паравазальное и параневральное русло.

Создание учения о коллатеральном кровообращении связано с такими именами анатомов как Н.И. Пирогов, В. Н. Тонков, Б. А. Долго-Сабуров.

### Г е м о м и к р о ц и р к у л я т о р н о е   р у с л о

Это система микрососудов, связывающая артериальное и венозное русло.

Современная концепция построения ГМЦР полагает, что в однородных по строению тканях формируются структурно-функциональные единицы ГМЦР - функциональные микрососудистые модули. В этих модулях можно выделить пять звеньев.

- 1) артериола – приносящий сосуд ГМЦР. В её стенке три слоя: интима, медиа и адвентиция. Медиа содержит лишь один слой гладкомышечных клеток. Диаметр сосуда - 15-30 мкм. Несколько артериол замыкают артерио-артериолярные петли, от которых отходит от 2 до 6 прекапилляров.
- 2) Прекапилляры, или прекапиллярные артериолы отходят под прямым углом. Их диаметр составляет 8-20 мкм. Циркулярные миоциты имеются только у начала прекапилляра, где они формируют прекапиллярный сфинктер. Сфинктеры, как «краны» ГМЦР, регулируют кровоток в нём. По ходу прекапиллярных артериол видны единичные спиральные миоциты.
- 3) Из прекапилляров кровь попадает в капилляры. В них отсутствуют гладкомышечные клетки. Имеется один слой эндотелиальных клеток на базальной мембране. Диаметр их от 2 до 20 мкм. В капиллярах осуществляется обмен между кровью, тканями и интерстициальным пространством. В зависимости от функционального состояния капилляра

можно видеть фенестрацию эндотелиоцитов, базальной мембраны в различных сочетаниях. Не все капилляры функционируют одновременно. Можно встретить резервные, плазматические капилляры.

Морфология капилляра зависит от вида ткани. Наиболее широкие капилляры в печени, селезенке, костном мозге. Они носят название синусоидов. В мышцах, легких, головном и спинном мозге капилляры узкие и длинные. В ряде мест капилляры вообще отсутствуют – это эпителий кожи и слизистых, роговица, дентин и эмаль зубов, эндокард, интима сосудов. В капилляре можно выделить артериолярную и веноулярную части.

- 4) Из капилляров кровь поступает в выносящий отдел ГМЦР – это посткапилляры (посткапиллярные венулы) и венулы. В микрососудистом модуле количество посткапиллярных венул равно или большее, чем прекапилляров. Но диаметр их больше и составляет 8-30 мкм. Давление и скорость кровотока в них падает.
- 5) Венулы имеют диаметр 30-100 мкм. В их стенке могут появляться отдельные миоциты и клапаны. Нередко они сопровождают артериолы попарно.

Помимо пяти классических звеньев в ГМЦР можно встретить артериоло-веноулярные анастомозы. По ним кровь, минуя капилляры, из артериол попадает в венулы. Это важнейший механизм регуляции кровотока (скорость увеличивается в 10000 раз). В этом плане выделяют шунты и полшунты. Если для первых характерен юстакпиллярный (внекапиллярный) кровоток, то в структуре вторых есть капиллярный сегмент, и по ним в венулы сбрасывается смешанная кровь.

На сегодняшний день нет доказательств наличия артерио-венозных анастомозов, кроме случаев явной патологии.

Как правило, кровь из артериолы попадает в венулу, минуя одну капиллярную сеть. Но есть исключение, когда мы видим две последовательно расположенных капиллярных сети. Та капиллярная сеть, у которой приносящий и выносящий сосуды однокачественные – это чудесная сеть – *rete mirabile*.

Известна одна артериальная чудесная сеть и две венозных. Первая расположена в клубочке почки. Артериола - капилляры клубочка (чудесная сеть) – артериола - капилляры канальца (типичная сеть) - венула.

Венозная сеть печеночной дольки: артериолы кишечной ворсины - капиллярная сеть ворсины (типичная) – венулы - воротная вена - внутripеченочные вены - междольковые венулы - капиллярная сеть печеночной дольки (чудесная) - центральная вена (это венула) печеночной дольки.

Венозная сеть гипофиза: артериолы воронки гипофиза- капиллярная сеть воронки гипофиза (типичная) - воротная вена воронки гипофиза - капиллярная сеть аденогипофиза (чудесная) - выносящая венула.

### Развитие артерий в онтогенезе

Процесс развития артерий состоит из двух стадий. 1) этап формирования первичной капиллярной сети. Сеть имеет диффузную структуру, возникает из мезенхимальных клеток, которые образуют сосуды капиллярного типа. Сеть равномерно распределена по всему телу зародыша. 2) стадия магистрализации и редукции. Т.е. ряд сосудов магистрализуется и осуществляет все необходимые функции, а другие сосуды редуцируются.

Вторая стадия начинается со стадии простого трубчатого сердца и активно протекает на стадии сигмовидного сердца (конец третьей - четвертая неделя ВУР). В это время артериальный ствол сердца направляется краниально и делится на две вентральных аорты. На уровне будущей глотки аорты разворачиваются в обратном направлении и получают название дорзальных аорт. На 4 неделе дорзальные аорты сливаются и образуется непарная дорзальная аорта. Все эти процессы проходят в окружении жаберных дуг и сквозь каждую жаберную дугу проходит жаберная артерия или аортальная дуга. Аортальные дуги в количестве шести соединяют дорзальную и вентральные аорты, причем под первой дугой понимают сам поворот вентральных аорт.

Аортальные дуги являются материалом для сосудов головы, шеи, плечевого пояса и верхней конечности.

## Т р а с ф о р м а ц и я а о р т а л ь н ы х д у г

- 1) первая, вторая и пятая аортальные дуги практически полностью редуцируются.
- 2) Участки вентральных аорт выше третьих дуг на обеих сторонах магистрализируются в виде наружных сонных артерий. У них образуются множество ветвей, которые кровоснабжают производные мандибулярной и гиоидной дуг.
- 3) Третьи аортальные дуги и дорзальные аорты краниальнее этого уровня магистрализируются во внутренние сонные артерии (значение сосудов велико, т.к. идет развитие мозга и анализаторов);
- 4) Участки вентральных аорт между третьими и четвертыми дугами становятся общими сонными артериями, а аналогичные участки дорзальных аорт редуцируются;
- 5) Четвертая правая аортальная дуга сохраняется в виде проксимальной части правой подключичной артерии. Эта же дуга слева становится дугой аорты. Участок правой вентральной аорты каудальнее четвертой дуги становится плечеголовным стволом, а аналогичный участок левой вентральной аорты становится восходящей аортой;
- 6) Левая дорзальная аорта ниже уровня четвертой дуги и вся непарная дорзальная аорта становится нисходящей аортой. Правая дорзальная аорта от четвертой дуги до непарной дорзальной аорты редуцируется.

Особо изменяется шестая аортальная дуга. Она изменяется последней в тот момент, когда артериальный ствол сигмовидного сердца делится на лёгочный ствол и аорту.

Артериальный ствол делится на 2 трубки путем срастания двух валиков внутри его просвета. Затем трубки расходятся. При этом шестая аортальная дуга сохраняет связь только с лёгочным стволом и соединяет его с дорзальными аортами.

От середины каждой шестой дуги магистрализируются сосуды в закладку легких. Затем, центральная половина правой шестой дуги и магистраль в за-

кладку правого легкого становятся правой лёгочной артерией, а аналогичные участки слева превращаются в левую лёгочную артерию. Периферическая часть шестой аортальной дуги справа редуцируется, а слева сохраняется в виде Боталова протока.

Помимо рассмотренных выше процессов параллельно идет магистрализация ещё трёх групп артерий. Они носят название сегментарных. Выделяют три группы сегментарных артерий: 1) дорзальные, 2) латеральные, 3) вентральные.

#### Т р а н с ф о р м а ц и я с е г м е н т а р н ы х а р т е р и й

1) Среди дорзальных сегментарных артерий выделяют две группы сосудов. Одна группа в количестве семи штук отходят от парных дорзальных аорт с уровня 4-5 аортальной дуги и выше. Самые каудальные из этих артерий магистрализуются. Слева это левая подключичная артерия, справа - дистальная часть правой подключичной артерии. Латеральные концы этой группы дорзальных артерий образуют продольные анастомозы – это позвоночные артерии.

Вторая группа дорзальных сегментарных артерий отходит от непарной дорзальной аорты. Латеральные концы этих артерий образуют продольные анастомозы, которые постепенно устанавливают связь с подключичными артериями. Это внутренние грудные артерии. Сами дорзальные артерии этой группы сохраняются в виде задних и передних межреберных артерий.

Ещё одна группа дорзальных сегментарных артерий становятся поясничными артериями, а их продольные анастомозы – нижними надчревными артериями.

В своем каудальном отделе непарная дорзальная аорта по сути дела делится на две пупочные артерии, которые по аллантоису идут в плаценту. Дорзальная аорта ниже пупочных артерий сохраняется в виде тонкой срединной артерии крестца.

По мере развития от пупочных артерий магистрализуются сосуды в полость малого таза (внутренние подвздошные артерии) и сосуды в почку ниж-

ней конечности (наружные подвздошные артерии), а начальный участок почечной артерии становится общей подвздошной артерией.

В почке каждой конечности формируются осевые артерии, которые в последующем дают все сосуды конечностей. На верхней конечности осевая артерия сохраняется в виде межкостной артерии, а на нижней конечности в виде артерии седалищного нерва и малоберцовой артерии.

2) латеральные сегментарные артерии представляют первоначально представляют собой сосуды мезонефроса и закладки гонад. Т.к. мезонефрос редуцируется к метанефросу сосуды идут заново, а сосуды гонад сохраняются и удлиняются по мере опускания органов.

3) вентральные сегментарные артерии. Сначала эти сосуды связывают эмбрион с желточным мешком. По мере редукции желточного-брыжеечного круга сосуды сближаются, утрачивают парность и образуют три магистрали к органам ЖКТ: чревный ствол, верхнюю и нижнюю брыжеечную артерии.

#### А н о м а л и и

1) отсутствие или недоразвитие артерий (результат чрезмерной редукции), 2) дополнительные артерии (неполная редукция), 3) правосторонняя аорта, 4) удвоение аорты, 5) аномалии крупных сосудов сердца, 6) аномалии положения и хода артерий.