**Лекция 7**

**Возрастные особенности системы крови и кровообращения**

1 Возрастные особенности системы кровообращения1

 2 Возрастные особенности количества и состава крови

3 Изменение реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку в онтогенезе

**1 Возрастные особенности системы кровообращения**

Сердечно-сосудистая система (система кровообращения) состоит из сердца и кровеносных сосудов: артерий, вен и капилляров.

**Сердце —** полый мышечный орган, имеющий вид конуса: расширенная часть — основание сердца, узкая часть — верхушка. Расположено в грудной полости позади грудины. Масса сердца зависит от возраста, пола, размеров тела и физического развития, у взрослого человека масса составляет 250-300 г.

Сердце размещается в околосердечной сумке, которая имеет два листка: наружный (перикард) — сращен с грудиной, ребрами, диафрагмой; внутренний (эпикард) — покрывает сердце и срастается с его мышцей. Между листками есть щель, заполненная жидкостью, которая облегчает скольжение сердца при сокращении и снижает трение.

Сердце сплошной перегородкой разделено на две половины. правую и левую. Каждая половина состоит из двух камер: предсердия и желудочка, которые в свою очередь разделены между собой створчатыми клапанами. В правое предсердие впадают верхняя и нижняя полые вены, а в левое — четыре легочные вены.



Сердце человека

Из правого желудочка выходит легочный ствол (легочная артерия), а из левого — аорта. В том месте, где выходят сосуды, располагаются полулунные клапаны.

Внутренний слой сердца — эндокард — состоит из плоского однослойного эпителия и образует клапаны, которые работают пассивно под действием тока крови.

Средний слой — миокард — представлен сердечной мышечной тканью. Самая тонкая толщина миокарда — в предсердиях, самая мощная — в левом желудочке. Миокард в желудочках образует выросты — сосочковые мышцы, к которым прикрепляются сухожильные нити, соединяющиеся со створчатыми клапанами. Сосочковые мышцы препятствуют выворачиванию клапанов при сокращении желудочков.

Наружный слой сердца — эпикард — образован слоем клеток эпителиального типа, представляет собой внутренний листок околосердечной сумки.

Сердце сокращается ритмично благодаря попеременным сокращениям предсердий и желудочков. Сокращение миокарда называется систолой, расслабление — диастолой. Во время сокращения предсердий происходит расслабление желудочков и наоборот. Различают три фазы сердечной деятельности:

* + 1. Систола предсердий — 0,1 с.
		2. Систола желудочков — 0,3 с.
		3. Диастола предсердий и желудочков (общая пауза) — 0,4 с.

Частота сердечных сокращений (ЧСС), или пульс, у взрослого в покое составляет 60-80 ударов в мин. Сердце имеет собственную проводящую систему, которая обеспечивает свойство автоматии.

Кровь движется по сосудам, образующим большой и малый круги кровообращения

**Большой круг кровообращения** начинается из левого желудочка аортой, от которой отходят артерии более мелкого диаметра, несущие артериальную (богатую кислородом) кровь к голове, шее, конечностям, органам брюшной и грудной полостей, таза. По мере удаления от аорты артерии разветвляются на более мелкие сосуды — артериолы, а затем капилляры, через стенку которых происходит обмен между кровью и тканевой жидкостью. Кровь отдает кислород и питательные вещества, а забирает углекислый газ и продукты метаболизма клеток. В результате кровь становится венозной (насыщенной углекислым газом). Капилляры соединяются в венулы, затем в вены. Венозная кровь от головы и шеи собирается в верхнюю полую вену, а от нижних конечностей, органов таза, грудной и брюшной полостей — в нижнюю полую вену. Вены впадают в правое предсердие. Таким образом, большой круг кровообращения начинается от левого желудочка и заканчивается в правом предсердии.

**Малый круг кровообращения** начинается легочной артерией от правого желудочка, которая несет венозную (бедную кислородом) кровь. Разветвляясь на две ветви, идущие к правому и левому легким, артерия делится на более мелкие артерии, артериолы и капилляры, из которых в альвеолах удаляется углекислый газ и происходит обогащение кислородом, поступившим с воздухом при вдохе.

Легочные капилляры переходят в венулы, затем образуют вены. По четырем легочным венам богатая кислородом артериальная кровь поступает в левое предсердие. Таким образом, малый круг кровообращения начинается от правого желудочка и заканчивается в левом предсердии.

Внешними проявлениями работы сердца являются не только сердечный толчок и пульс, но и кровяное давление. Кровяное давление — давление, которое оказывает кровь на стенки кровеносных сосудов, по которым она движется. В артериальной части кровеносной системы это давление называется артериальным.

Величина кровяного давления определяется силой сердечных сокращений, количеством крови и сопротивлением кровеносных сосудов.

Самое высокое давление наблюдается в момент выброса крови в аорту; минимальное — в момент, когда кровь достигает полых вен. Различают верхнее (систолическое) давление и нижнее (диастолическое) давление.

Величина АД определяется:

* работой сердца;
* количеством крови, поступающей в сосудистую систему;
* сопротивлением стенок сосудов;
* эластичностью сосудов;
* вязкостью крови.

Оно выше в период систолы (систолическое) и ниже в период диастолы (диастолическое). Систолическое давление в основном определяется работой сердца, диастолическое зависит от состояния сосудов, их сопротивления току жидкости. Разница между систолическим и диастолическим давлением — пульсовое давление. Чем меньше его величина, тем меньше поступает крови в аорту во время систолы. Кровяное давление может меняться в зависимости от влияния внешних и внутренних факторов. Так, оно повышается при мышечной деятельности, эмоциональном волнении, напряжении и др. У здорового человека давление поддерживается на постоянном уровне (120/70 мм рт. ст.) за счет функционирования регуляторных механизмов.

Регуляторные механизмы обеспечивают согласованную работу сердечно-сосудистой системы (ССС) в соответствии с изменениями во внутренней и внешней среде.

Нервная регуляция осуществляется вегетативной нервной системой. Парасимпатическая нервная система ослабляет и замедляет работу сердца, а симпатическая нервная система — наоборот, усиливает и ускоряет. Гуморальная регуляция осуществляется гормонами и ионами. Адреналин и ионы кальция усиливают работу сердца, ацетилхолин и ионы калия ослабляют и нормализуют сердечную деятельность. Эти механизмы функционируют взаимосвязано. Сердце получает нервные импульсы от всех отделов ЦНС.

Онтогенетические особенности кровообращения у человека

ССС развивается поэтапно, гетерохронно включая в свою деятельность различные звенья системы.

ССС имеет три критических периода: эмбриональный, ранний постнатальный и пубертатный (подростковый). Во время критических периодов гетерохронность выражена в наибольшей степени. Цель каждого критического периода — включить дополнительные приспособительные механизмы в работу ССС.

Основной направленностью онтогенетического развития ССС является совершенствование морфофункциональной организации самой ССС и способов ее регуляции. Регуляция обеспечивает более экономичное и адаптивное реагирование на возмущающие воздействия. Это обусловлено постепенным вовлечением более высоких уровней регуляции. Так, в эмбриональный период сердце подчинено внутренним механизмам регуляции, на уровне плода — внешним факторам. В неонатальный период основную регуляцию осуществляет продолговатый мозг; в период второго детства (9-10 лет) возрастает роль гипоталамо-гипофизарной системы.

Многие изменения свойств сердца и его сосудов обусловлены закономерными морфологическими процессами. С первого вдоха ребенка начинается перераспределение масс левого и правого желудочков: для правого желудочка сопротивление кровотока уменьшается, так как с началом дыхания сосуды легких открываются, а для левого — сопротивление увеличивается.

С возрастом продолжительность сердечного цикла увеличивается за счет диастолы. Это позволяет растущим желудочкам наполняться большим количеством крови.

Некоторые изменения функции сердца связаны не только с морфологическими, но и с биохимическими трансформациями. Например, с возрастом появляется такое важное свойство, как адаптация: в сердце увеличивается роль анаэробного (бескислородного) обмена.

Плотность капилляров к зрелому возрасту увеличивается, а затем снижается, их объем и поверхность в каждой последующей возрастной группе уменьшаются. Происходит и некоторое ухудшение проницаемости капилляров, увеличивается толщина базальной мембраны и эндотелиального слоя, возрастает межкапиллярное расстояние. Увеличивается также объем митохондрий, что является своеобразной компенсацией уменьшения капилляризации.

На протяжении жизни толщина стенки артерий и ее строение медленно изменяются. Утолщение стенки артерий определяется в основном утолщением и разрастанием эластических пластин. Этот процесс заканчивается с наступлением зрелости. Именно эластические элементы стенок артерий первыми изнашиваются, фрагментируются, подвергаются обызвествлению. Количество коллагеновых волокон увеличивается, они замещают гладкомышечные клетки в одних слоях стенок артерий и разрастаются в других. В итоге стенка становится менее растяжимой. Такое увеличение жесткости затрагивает как крупные, так и средние артерии.

Развитие сосудов сердца и их регуляция отражается на многих функциях. Например, у детей из-за незрелости сосудосуживающих механизмов и расширенных сосудов кожи повышена теплоотдача, поэтому переохлаждение организма может произойти очень быстро.

Потеря эластичности сосудистой стенки и увеличение сопротивления кровотоку в мелких артериях повышает общее периферическое сопротивление сосудов. Это приводит к закономерному повышению АД. Так, к 60 годам систолическое давление в среднем возрастает до 140 мм рт. ст., а диастолическое — до 90 мм рт. ст. У лиц старше 60 лет уровень АД в норме не превышает 150/90 мм рт. ст. Нарастанию АД препятствует как увеличение объема аорты, так и снижение сердечного выброса.

**Характеристика ССС плода**

У плода большая часть крови попадает из правого предсердия через овальное отверстие в левое предсердие. Легочные сосуды из-за отсутствия дыхания в значительной степени закрыты, поэтому основная часть крови из легочной артерии направляется через артериальный проток в аорту. Это возможно потому, что давление в аорте у плода ниже, чем в легочном стволе.

Симпатические нервы в ССС плода обнаруживаются рано, но их плотность очень мала. В результате гуморальные механизмы быстрее преобразовывают сердечную активность плода во время первой половины беременности.

Функционально парасимпатическая система незначительно влияет на сердце плода вплоть до самой последней стадии его внутриутробного развития.

Система кровообращения плода слабо реагирует на факторы внешней среды, потому что пупочно-плацентарные сосуды находятся в расширенном состоянии и их тонус крайне низок.

Выраженная гипоксемия (недостаток кислорода в крови), гиперкапния (повышенное содержание углекислого газа в крови) или комбинация обоих факторов, как правило, вызывают повышение ЧСС и АД.

У плода, так же как и у взрослых, отмечается перераспределение кровообращения при изменении газового состава крови в соответствии с потребностью тканей в кислороде. Сердце рано реагирует на стресс, вызванный гипоксией или кровопотерей, которые появляются после 10 недели беременности.

Во время двигательной реакции у плода повышается АД, что обусловлено увеличением ЧСС. Артериолы и капилляры полностью или почти полностью раскрыты, следовательно, общее периферическое сопротивление[[1]](#footnote-1) минимально.

К концу созревания плода нормализуется нервный контроль ССС.

**Характеристика ССС новорожденного**

К моменту рождения в системе кровообращения есть овальное окно между предсердиями и артериальным протоком.

Изменения в сердечной деятельности, начиная с момента первого вдоха, вызваны снижением сопротивления в сосудах легких, повышением сопротивления в сосудах большого круга кровообращения, а также улучшением притока к левому предсердию. Теряется необходимость перехода крови из правого предсердия в левое и из легочного ствола в аорту. Возникают предпосылки закрытия артериального протока и овального отверстия.

Функциональная атрофия (уменьшение размера и ослабление функции) артериального протока начинается через 10-15 мин после рождения, а морфологическая атрофия длится неделями. Закрытию артериального протока способствует повышение напряжения кислорода в крови, избыточное содержание адреналина и норадреналина, разрастание внутреннего слоя (эндотелия) и образование тромбов. Например, если содержание кислорода в крови снижено (как бывает при гипоксии новорожденного) или во вдыхаемой смеси много азота, то артериальный проток остается открытым. Механизм закрытия, особенно овального окна, срабатывает не всегда, это приводит к нарушению системы кислородообеспечения во всем организме.

Относительная масса сердца новорожденного почти вдвое больше чем у взрослого, составляет 0,9 % массы тела. Сердечная мышца устойчива к гипоксии и способна переключаться на анаэробный путь обмена.

У новорожденного минутный объем кровообращения (МОК) и масса циркулирующей крови значительно больше, чем у взрослых, поскольку организму необходим более быстрый обмен веществ.

После рождения в большом круге кровообращения сопротивление увеличивается, а в малом круге, наоборот, падает. Постепенно меняется толщина стенок желудочков. Толще становятся стенки левого желудочка, хотя на стадии плода толще были стенки правого желудочка.

Уровень периферического сопротивления складывается из двух разнонаправленных сил. Одна направлена на повышение сопротивления (например, сосудистый тонус), другая — на снижение сопротивления (например, вязкость крови). Последнее связано с уменьшением количества эритроцитов в крови, поскольку новорожденный попадает в условия относительной гипероксии. При этом АД растет, так как факторы, направленные на снижение сопротивления, уступают возросшему сопротивлению в большом круге кровообращения.

На состояние системы кровообращения новорожденных влияют особенности телосложения ребенка. Размер головы составляет 1/4 от размеров тела, кроме того, голова тяжелее других частей тела. Длина нижних конечностей вдвое меньше, чем у взрослых, поэтому доля МОК в сосудах системы нисходящей аорты у новорожденных равна 40 %, тогда как у взрослых — 75 %.

У новорожденных ортостатическая проба не влияет на АД, так как при пе­рераспределении крови между относительно большой головой и маленькими ногами повышается центральное венозное давление, а пульсовое АД не только не снижается, но может немного повыситься.

У новорожденного вдвое больше, чем у взрослых, коэффициент капиллярной фильтрации. У незрелых новорожденных капиллярная фильтрация может быть еще выше при низком кровотоке и охлаждении тела.

Причины высокой капиллярной фильтрации: расширение артериол, высокое венозное давление, относительно большой объем плазмы, высокий уровень обмена веществ и др.

У новорожденных детей отмечаются морфофункциональные особенности вен. Например, высокое венозное давление, причинами которого являются слабая растяжимость вен, их узкий просвет, большой объем плазмы и межтканевой жидкости, высокая ЧСС и недостаточная растяжимость правого желудочка. На самом начальном этапе постнатального онтогенеза венозное давление снижается. Этому способствует снизившееся сопротивление в малом круге кровообращения, выключение пупочного кровообращения и малая активность желудочно-кишечного тракта. В этот период венам свойственна спонтанная активность, что свидетельствует об установлении функциональных связей с созревающими гладкомышечными клетками.

Таким образом, у новорожденного ребенка регуляция ССС становится более разнообразной, усиливается роль нервных влияний, происходит перераспределение баланса между симпатическими и парасимпатическими влияниями. Такие преобразования позволяют организму ребенка приспосабливаться к постоянно меняющейся среде.

**Характеристика ССС детского возраста**

В период детства отмечается низкое АД, что обусловлено низким периферическим сопротивлением.

Имеющиеся у детей низкое сопротивление сосудов кровотоку, слабо выраженные реакции их тонуса на внешние стимулы не способствуют поддержанию гомеостаза. В частности, даже при небольшом охлаждении теплоотдача резко возрастает, так как кожные сосуды остаются расширенными. Совершенствование сосудодвигательных реакций на внешние стимулы начинается с 6-летнего возраста. Их развитие можно ускорить закаливающими процедурами.

В процессе роста и развития организма увеличивается АД. Абсолютная величина МОК также повышается, но МОК, отнесенный к массе тела, уменьшается. Уменьшение происходит за счет снижения уровня энергетических процессов, физиологического урежения ЧСС и сужения артериол.

В результате нарушенного баланса между симпатическими и парасимпатическими влияниями и высокой чувствительности к расширению периферических сосудов у детей в раннем возрасте высокие показатели ЧСС.

С возрастом у детей отмечается урежение ЧСС вследствие стимуляции нарастающим уровнем АД механорецепторов сосудов.

В детском возрасте сохраняется высокое венозное давление, а также большой объем кровообращения по отношению к единице массы тела.

Отмечается подъем АД, который связан с увеличением массы тела детей.

У ребенка в процессе роста происходит постепенный переход от режима новорожденности с высоким кровотоком и низким АД к режиму взрослого человека с низким кровотоком и высоким АД.

Каждому ребенку присуща индивидуальная норма АД, которая зависит от особенностей телосложения, возраста, расы, пола, климатогеографических условий, времени суток, особенностей генотипа и феномена акселерации, степени ожирения, содержания гемоглобина в крови, полового созревания и даже образовательного уровня родителей. Влияние длины тела на АД до 16 лет постепенно снижается.

С 7-8 лет у детей отмечается предстартовая реакция ССС: еще до начала мышечной работы учащается сердцебиение и повышается АД. Это свидетельствует о появлении в системе кровообращения условнорефлекторных реакций, которые в процессе дальнейшего онтогенетического развития становятся более выраженными. Однако организм ребенка даже в условиях систематической физической тренировки не приобретает той экономизации функции ССС, которая характерна для взрослых.

**Характеристика ССС подростков**

Масса сердца и размеры камер сердца увеличиваются быстрее, чем диаметр кровеносных сосудов. Просвет сосудов относительно невелик, потому что в результате скачкообразного увеличения длины тела сосуды вытягиваются. В итоге наблюдается относительное сужение аорты и легочного ствола.

Рост миокарда опережает рост и развитие соединительной ткани, т. е. рост клапанов сердца не поспевает за ростом миокарда и образуется их «транзиторная недостаточность». Эта недостаточность и незрелость регуляции сосочковых мышц миокарда приводит к асинхронности их работы, что, в свою очередь, сказывается и на характере потока крови.

Из-за феномена акселерации у многих подростков имеются признаки отставания развития сердца. В период полового созревания происходит наибольший прирост ударного, или минутного, объема крови.

Важную роль в регуляции ССС подростков играет эндокринный фактор, который влияет и на величину АД. Так, с повышением уровня адренокортикотроп ного гормона в крови отмечается спазм капилляров, а в период полового созревания возможно увеличение периферического сопротивления.

В подростковом периоде усиливаются половые различия ССС, которые начинают проявляться уже в 4-летнем возрасте. Миокарду мальчиков-подростков свойственны большие функциональные возможности, чем у девочек, величина АД у мальчиков выше, чем у девочек. Как правило, у девочек перед началом менструального цикла происходит подъем систолического АД и снижение ЧСС. Величина АД у девочек становится как у взрослых раньше, чем у мальчиков: через 3,5 года после появления первых менструаций.

В конце подросткового периода у девушек и юношей сила сердечных сокращений возрастает, что сопровождается преобладанием парасимпатической регуляции сердца и урежением ЧСС.

В период полового созревания стартовая реакция системы кровообращения может превосходить реакцию взрослых. У подростков снижается эффективность адаптации не только к мышечным, но и к температурным нагрузкам.

В подростковый период часто наблюдается гиперактивность ЧСС. Параллельно с увеличением потенциальной лабильности сердца происходит экономизация энергозатрат в процессе умственной или физической работы. Об этом свидетельствует значительное снижение амплитуды реакций АД и ЧСС по отношению к единице массы тела.

У юношей 16-17 лет регуляция ССС и внешнего дыхания отличается наи­большей пластичностью адаптивных механизмов, которые позволяют повышать кислородную эффективность ССС. Система кислородообеспечения представляет собой взаимодействие по крайней мере трех систем: внешнего дыхания, крови и кровообращения. Причем кислородтранспортные возможности преимущественно определяются ССС, и прежде всего способностью сердца увеличивать МОК.

Онтогенетические особенности кровообращения у человека

ССС развивается поэтапно, гетерохронно включая в свою деятельность различные звенья системы. ССС имеет **три критических периода**: эмбриональный, ранний постнатальный и пубертатный (подростковый). Во время критических периодов гетерохронность выражена в наибольшей степени. Цель каждого критического периода — включить дополнительные приспособительные механизмы в работу ССС.

Основная направленность онтогенетического развития совершенствование:

1. морфофункциональной организации

2. способов ее регуляции.

Регуляция обеспечивает более экономичное и адаптивное реагирование на возмущающие воздействия. Это обусловлено постепенным вовлечением более высоких уровней регуляции:

*эмбриональный период* - внутренние механизмы регуляции,

*плод* - внешние факторы.

*неонатальный период* - продолговатый мозг; *второе детство (9-10 лет)* -гипоталамо-гипофизарная система.

Закономерные **морфологические процессы** в онтогенезе:

 1.перераспределение масс левого и правого желудочков: для правого желудочка сопротивление кровотока уменьшается, так как с началом дыхания сосуды легких открываются, а для левого — сопротивление увеличивается.

2. продолжительность сердечного цикла увеличивается за счет диастолы, что позволяет растущим желудочкам наполняться большим количеством крови.

**Биохимические** трансформации:

адаптация: в сердце увеличивается роль анаэробного (бескислородного) обмена.

**Капилляры**

1.Плотность увеличивается

**Артерии**

2.Толщина стенки артерий и ее строение медленно изменяются.

Утолщение и разрастание эластических пластин. Этот процесс заканчивается с наступлением зрелости.

Функции.

1. У детей из-за незрелости сосудосуживающих механизмов и расширенных сосудов кожи повышена теплоотдача, поэтому переохлаждение организма может произойти очень быстро.

2.Потеря эластичности сосудистой стенки и увеличение сопротивления кровотоку в мелких артериях повышает общее периферическое сопротивление сосудов. Это приводит к закономерному повышению АД. Так, к 60 годам систолическое давление в среднем возрастает до 140 мм рт. ст., а диастолическое — до 90 мм рт. ст. У лиц старше 60 лет уровень АД в норме не превышает 150/90 мм рт. ст.

У новорожденного минутный объем кровообращения (МОК) и масса циркулирующей крови значительно больше, чем у взрослых, поскольку организму необходим более быстрый обмен веществ.

У новорожденного ребенка регуляция ССС становится более разнообразной, усиливается роль нервных влияний, происходит перераспределение баланса между симпатическими и парасимпатическими влияниями. Такие преобразования позволяют организму ребенка приспосабливаться к постоянно меняющейся среде.

В период детства отмечается **низкое АД**, что обусловлено низким периферическим сопротивлением. Даже при небольшом охлаждении теплоотдача резко возрастает, так как **кожные сосуды остаются расширенными**. Совершенствование сосудодвигательных реакций на внешние стимулы начинается с 6-летнего возраста. Их развитие можно ускорить закаливающими процедурами.

*В результате нарушенного баланса между симпатическими и парасимпатическими влияниями и высокой чувствительности к расширению периферических сосудов у детей в раннем возрасте высокие показатели ЧСС.*

*У ребенка в процессе роста происходит постепенный переход от режима новорожденности с высоким кровотоком и низким АД к режиму взрослого человека с низким кровотоком и высоким АД***.**

Каждому ребенку присуща индивидуальная норма АД, которая зависит от особенностей телосложения, возраста, расы, пола, климатогеографических условий, времени суток, особенностей генотипа и феномена акселерации, степени ожирения, содержания гемоглобина в крови, полового созревания и даже образовательного уровня родителей. С 7-8 лет у детей отмечается предстартовая реакция ССС: еще до начала мышечной работы учащается сердцебиение и повышается АД. Это свидетельствует о **появлении** в системе кровообращения **условнорефлекторных реакций**, которые в процессе дальнейшего онтогенетического развития становятся более выраженными. Однако организм ребенка даже в условиях систематической физической тренировки не приобретает той экономизации функции ССС, которая характерна для взрослых.

**Характеристика ССС подростков**

Масса сердца и размеры камер сердца **увеличиваются быстрее**, чем диаметр кровеносных сосудов. Просвет сосудов относительно невелик, потому что в результате скачкообразного увеличения длины тела сосуды вытягиваются. В итоге наблюдается **относительное сужение аорты и легочного ствола.**

Рост миокарда опережает рост и развитие соединительной ткани, т. е. рост клапанов сердца не поспевает за ростом миокарда и образуется их **«транзиторная недостаточность».** Из-за феномена акселерации у многих подростков имеются **признаки отставания развития сердца**. Важную роль в регуляции ССС подростков играет эндокринный фактор, который влияет и на величину АД. Так, с повышением уровня адренокортикотропного гормона в крови отмечается спазм капилляров, а в период полового созревания возможно увеличение периферического сопротивления.

У подростков снижается эффективность адаптации не только к мышечным, но и к температурным нагрузкам. В подростковый период часто наблюдается гиперактивность ЧСС. Параллельно с увеличением потенциальной лабильности сердца происходит **экономизация энергозатрат** в процессе умственной или физической работы.

**2 Возрастные особенности количества и состава крови**

Кровь является разновидностью соединительной ткани, имеющей жидкое межклеточное вещество — плазму, в ко­торой находятся клеточные элементы — эритроциты и дру­гие клетки. Функция крови состоит в переносе кис­лорода и питательных веществ к органам и тканям и выве­дении из них продуктов обмена веществ.

***Плазма крови*** представляет собой жидкость, остающу­юся после удаления из нее форменных элементов. Плазма крови содержит 90—93% воды, 7—8% различных белковых веществ (альбуминов, глобулинов, липопротеидов), 0,9% солей, 0,1% глюкозы. Плазма крови содержит также фер­менты, гормоны, витамины и другие необходимые орга­низму вещества.

***Белки плазмы крови*** участвуют в процессах свертывания крови, поддерживают постоянство ее реакции (рН), содер­жат иммуноглобулины, участвующие в защитных реакциях организма, обеспечивают вязкость крови, постоянство ее давления в сосудах, препятствуют оседанию эритроцитов.

Содержание глюкозы в крови у здорового человека со­ставляет 80—120 мг % (4,44—6,66 ммоль/л). Резкое уменьше­ние количества глюкозы в крови (до 2,22 ммоль/л) приводит к резкому повышению возбудимости клеток мозга. У челове­ка могут появиться судороги. Дальнейшее снижение содер­жания глюкозы в крови ведет к нарушению дыхания, крово­обращения, потере сознания и даже к гибели человека.

Минеральными веществами плазмы крови являются NaCl, KC1, СаС1, NaHCO2, NaH2PO4 и другие соли, а также ионы Na+,Ca2+,K . Постоянство ионного состава крови обес­печивает устойчивость осмотического давления и сохране­ние объема жидкости в крови и клетках организма.

Кровотечения и потеря солей опасны для организма, для клеток. Поэтому в медицинской практике применяют изотонический солевой раствор, имеющий такое же осмо­тическое давление, как и плазма крови (0,9% раствор NaCl). Более сложные растворы, содержащие набор необходимых организму солей, называют не только изотоническими, но и изоионическими. Применяют кровезаменяющие раство­ры, содержащие не только соли, но и белки, глюкозу.

Если эритроциты поместить в гипотонический раствор, с малой концентрацией солей, осмотическое давление в котором низкое, то вода проникает в эритроциты. Эритро­циты набухают, цитолемма их разрывается, гемоглобин выходит в плазму крови и окрашивает ее. Такая окрашен­ная в красный цвет плазма получила название лаковой крови. В гипертоническом растворе с высокой концентрацией со­лей и высоким осмотическим давлением вода выходит из эритроцитов, и они сморщиваются.

К форменным элементам (клеткам) крови относятся эрит­роциты, лейкоциты, кровяные пластинки (тромбоциты).

Эритроциты (красные кровяные тельца) являются безъ­ядерными клетками, не способными к делению. Количе­ство эритроцитов в 1 мкл крови у взрослых мужчин со­ставляет от 3,9 до 5,5 млн. (5,0\*1012/л), у женщин — от 3,7 до 4,9 млн. (4,5 х 10!2/л). При некоторьк заболеваниях, а также при сильных кровопотерях количество эритроцитов умень­шается. При этом в крови снижается содержание гемогло­бина. Такое состояние называют анемией (малокровием).

У здорового человека продолжительность жизни эрит­роцитов составляет до 120 дней, а затем они погибают, разрушаются в селезенке. В течение 1 секунды погибает при­мерно 10—15 млн. эритроцитов. Вместо погибших эритро­цитов появляются новые, молодые, которые образуются в красном костном мозге из его стволовых клеток.

Каждый эритроцит имеет форму вогнутого с обеих сто­рон диска диаметром 7—8 мкм, толщиной 1—2 мкм. Сна­ружи эритроциты покрыты оболочкой — плазмалеммой, через которую избирательно проникают газы, вода и дру­гие элементы. В цитоплазме эритроцитов отсутствуют орга- неллы, 34% ее объема составляет пигмент гемоглобин, функцией которого является перенос кислорода (О2) и уг­лекислоты (СО2).

Гемоглобин состоит из белка глобина и небелковой груп­пы гема, содержащего железо. В одном эритроците нахо­дится до 400 млн. молекул гемоглобина. Гемоглобин пере­носит кислород из легких к органам и тканям. Гемоглобин с присоединившимся к нему кислородом (О2) имеет ярко- красный цвет и называется оксигемоглобином. Молекулы кислорода присоединяются к гемоглобину благодаря вы­сокому парциальному давлению О2 в легких. При низком давлении кислорода в тканях кислород отсоединяется от гемоглобина и уходит из кровеносных капилляров в окру­жающие их клетки, ткани. Отдав кислород, кровь насыща­ется углекислым газом, давление которого в тканях выше, чем в крови. Гемоглобин в соединении с углекислым газом (СО2) называется карбогемоглобином. В легких углекислый газ покидает кровь, гемоглобин которой вновь насыщается кислородом.

Гемоглобин легко вступает в соединение с угарным га­зом (СО), образуя при этом карбоксигемоглобин. Присо­единение угарного газа к гемоглобину происходит в 300 раз легче, быстрее, чем присоединение кислорода. По­этому содержания в воздухе даже небольшого количества угарного газа вполне достаточно, чтобы он присоединил­ся к гемоглобину крови и блокировал поступление в кровь кислорода. В результате недостатка кислорода в организме наступает кислородное голодание (отравление угарным га­зом) и связанные с этим головная боль, рвота, головок­ружение, потеря сознания и даже гибель человека.

Лейкоциты («белые клетки крови»), так же как и эри­троциты, образуются в костном мозге из его стволовых клеток. Лейкоциты имеют размеры от 6 до 25 мкм, они отличаются разнообразием форм, своей подвижностью, функциями. Лейкоциты, способные выходить из кровенос­ных сосудов в ткани и возвращаться обратно, участвуют в защитных реакциях организма, они способны захватывать и поглощать чужеродные частицы, продукты распада кле­ток, микроорганизмы, переваривать их. У здорового чело­века в 1 мкл крови насчитывают от 3500 до 9000 лейкоцитов (3,5—9)х109/л, Количество лейкоцитов колеблется в тече­ние суток, их число увеличивается после еды, во время физической работы, при сильных эмоциях. В утренние часы число лейкоцитов в крови уменьшено.

По составу цитоплазмы, форме ядра выделяют зерни­стые лейкоциты (гранулоциты) и незернистые лейкоциты (агранулоциты), Зернистые лейкоциты имеют в цитоплазме большое число мелких гранул, окрашивающихся различ­ными красителями. По отношению гранул к красителям выделяют эозинофильные лейкоциты (эозинофилы) — гра­нулы окрашиваются эозином в ярко-розовый цвет, базо- фильные лейкоциты (базофилы) — гранулы окрашивают­ся основными красителями (азуром) в темно-синий или фиолетовый цвет и нейтрофильные лейкоциты (нейтро- филы), которые содержат зернистость фиолетово-розового цвета.

К незернистым лейкоцитам относят моноциты, имею­щие диаметр до 18—20 мкм. Это крупные клетки, содержа­щие ядра различной формы: бобовидное, дольчатое, под­ковообразное. Цитоплазма моноцитов окрашивается в го­лубовато-серый цвет. Моноциты, имеющие костномозго­вое происхождение, являются предшественниками ткане­вых макрофагов. Время пребывания моноцитов в крови со­ставляет от 36 до 104 часов.

К лейкоцитарной группе клеток крови относят также рабочие клетки иммунной системы — лимфоциты (см. «Им­мунная система»).

У здорового человека в крови содержится 60—70% ней- трофилов, 1—4% эозинофилов, 0—0,5% базофилов, 6—8% моноцитов. Число лимфоцитов составляет 25—30% всех «белых» клеток крови. При воспалительных заболеваниях количество лейкоцитов в крови (и лимфоцитов тоже) по­вышается. Такое явление получило название — лейкоцитоз. При аллергических заболеваниях увеличивается число эози- нофилов, при некоторых других болезнях — нейтрофилов или базофилов. При угнетении функции костного мозга, например, при действии радиации, больших доз рентгено­вских лучей или действии ядовитых веществ, количество лейкоцитов в крови уменьшается. Такое состояние называ­ют лейкемией.

Тромбоциты (кровяные пластинки), имеющие размеры 2—3 мкм, присутствуют в 1 мкл крови в количестве 250 000—350 000 (300х109/л). Мышечная работа, прием пищи повышают количество тромбоцитов в крови. Тром­боциты не имеют ядра. Это сферической формы пластин­ки, способные прилипать к чужеродным поверхностям, склеивать их друг с другом. При этом тромбоциты выде­ляют вещества, способствующие свертыванию крови. Про­должительность жизни тромбоцитов до 5—8 дней.

Защитные функции крови

Свертываемость крови. Кровь, текущая по неповрежден­ным кровеносным сосудам, остается жидкой. При повре­ждении сосуда вытекающая из него кровь довольно быстро свертывается (через 3—4 мин), а через 5—6 минут превра­щается в плотный сгусток. Это важное свойство свертывае­мости крови предохраняет организм от кровопотери. Свер­тывание связано с превращением находящегося в плазме крови растворимого белка фибриногена в нерастворимый фибрин. Белок фибрин выпадает в виде сети из тонких ни­тей, в петлях которой задерживаются клетки крови. Так образуется тромб.

Процесс свертывания крови протекает с участием ве­ществ, освобождающихся при разрушении тромбоцитов и при повреждении тканей. Из поврежденных тромбоци­тов и клеток тканей выделяется белок, который, взаимо­действуя с белками плазмы крови, преобразуется в ак­тивный тромбопластин. Для образования тромбопластина необходимо присутствие в крови, в частности, антигемо­литического фактора. Если в крови антигемолитический фактор отсутствует или его мало, то свертываемость кро­ви низкая, кровь не свертывается. Это состояние получи­ло название гемофилии. Далее, с участием образовавшего­ся тромбопластина, белок плазмы крови протромбин пре­вращается в активный фермент тромбин. При воздействии образовавшегося тромбина растворенный в плазме белок фибриноген превращается в нерастворимый фибрин. В сети из этих волокон белка фибрина оседают клетки крови. Для предупреждения свертывания в крови в кровеносных сосудах, в организме имеется противосвертывающая сис­тема. В печени и в легких образуется вещество гепарин, препятствующий свертыванию крови путем превращения тромбина в неактивное состояние.

Группы крови. Переливание крови. При кровопотерях в результате травмы и при некоторых операциях практи­куется переливание человеку (называемому реципиен­том) крови другого человека (донорской крови). При этом важно, чтобы донорская кровь была совместима с кровью реципиента. Дело в том, что при смешивании крови от разных лиц эритроциты, оказавшиеся в плазме крови другого человека, могут склеиваться (агглютини­роваться), а затем разрушаться (гемолизироваться). Ге­молизом называют процесс разрушения цитолеммы эри­троцитов и выхода из них гемоглобина в окружающую их плазму крови. Гемолиз эритроцитов (крови) может произойти при смешивании несовместимых групп кро­ви или при введении в кровь гипотонического раствора, при действии химических ядовитых веществ — аммиа­ка, бензина, хлороформа и других, а также в результате действия яда некоторых змей.

Дело в том, что в крови каждого человека имеются осо­бые белки, которые способны взаимодействовать с такими же белками крови другого человека. У эритроцитов такие белковые вещества получили название агглютиногенов, обозначенных заглавными буквами А и В. В плазме крови также имеются белковые вещества, получившие название агглютининов а (альфа) и р (бета). Свертывание крови (аг­глютинация и гемолиз эритроцитов) происходит в том слу­чае, если встречаются одноименные агглютиноген и аг­глютинин (А и а; В и р). С учетом наличия агглютиногенов и агглютининов кровь людей подразделяют на четыре груп­пы (табл. 3).

Как показано на таблице 3, в первой (I) группе крови, в ее плазме, содержатся оба агглютинина (а и [3), а у эрит­роцитов этой группы агглютиногенов нет вообще. У второй (II) группы крови, в ее плазме, имеется агглютинин Р, а у эритроцитов присутствует агглютиноген А. У третьей (III) группы крови, в ее плазме, имеется агглютинин а, а у эритроцитов содержится агглютиноген В. У четвертой (ГУ)группы крови агглютининов в плазме крови вообще нет, а эритроциты содержат оба агглютиногена — А и В.

Кровь всех четырех групп одинаково полноценная и от­личается только содержанием агглютиногенов и агглюти­нинов. Группа крови у человека постоянна. Она не изменя­ется в течение жизни и передается по наследству. При пе­реливании крови нужно обязательно учитывать совмести­мость групп крови. При этом важно, чтобы в результате переливания крови эритроциты донора не склеивались в крови реципиента.

С учетом наличия в крови агглютининов и агглютиноге- нов кровь людей I группы можно переливать людям с лю­бой группой крови. Поэтому людей с первой группой кро­ви называют универсальными донорами. Людей с IV груп­пой крови называют универсальными реципиентами, им можно переливать кровь любой другой группы, поскольку в плазме их крови нет агглютининов.

Кроме агглютиногенов А и В у эритроцитов крови неко­торых людей может содержаться агглютиноген, получив­ший название резус-фактора. Этот фактор впервые был обнаружен в крови обезьян макак-резус. Резус-фактор об­наруживается в крови примерно у 85% людей. Кровь таких людей называют резус-положительной (Rh+). Кровь, в ко­торой резус-фактора нет, называют резус-отрицательной (Rh-). Феномен резус-фактора заключается в том, что в крови таких людей отсутствуют вещества, получившие наз­вание антирезус-агглютининов. Если человеку с резус-от­рицательной кровью повторно перелить резус-положитель­ную кровь, то под влиянием резус-агглютиногена донора в крови реципиента образуются антирезус-агглютинины и гемолизирующие вещества. Это может вызвать агглютина­цию и гемолиз эритроцитов.

Так, если у матери резус-отрицательная кровь, а у пло­да кровь резус-положительная, унаследованная от отца, то кровь плода вызывает в резус-отрицательной крови матери образование антирезус-агглютининов. Эти агглютинины могут проходить через плаценту и разрушать эритроциты плода. В этом случае плод может погибнуть в утробе матери или ребенок родится с так называемой гемолитической желтухой.

**3 Изменение реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку в онтогенезе**

По мере роста и развития сердечно-сосудистой системы у детей изменяются реакции на физическую нагрузку. Возрастные особенности этих реакций проявляются при постановке специальных функциональных проб, направленных на выявление состояния сердечно-сосудистой системы, и в процессе выполнения физических упражнений, общественно полезного, производительного труда.

Д*инамическая нагрузка*способствует повышению частоты сердечных сокращений, максимального артериального давления (ударного объема). Чем младше ребенок, тем в большей мере повышениется частоты пульса. Дети и подростки, систематически занимающиеся физической культурой, постоянно выполняющие общественно полезные работы при строгом нормировании физических нагрузок, тренируют сердце, повышают его функциональные возможности.

Минутный объем сердца тренированные дети и подростки по сравнению со своими нетренированными сверстниками обеспечивают за счет увеличения ударного объема и в меньшей степени за счет частоты сердечных сокращений. Проявляется и другая примечательная особенность: время восстановления гемодинамических показателей у тренированных учащихся короче, чем у нетренированных. В ответ на большую нагрузку у тренированных школьников 15 лет количество крови, выбрасываемое за 1 мин, достигает такого объема, которое позволяет обеспечить кислородом работающие органы. При большой нагрузке особенно ярко проявляются различия в реакциях сердечно-сосудистой системы тренированного и нетренированного школьника.

У юных спортсменов (16-18 лет) после дозированной физической нагрузки (20 приседаний за 30 с или 60 подскоков) частота сердечных сокращений увеличивается на 60-70%, максимальное артериальное давление повышается на 25-30%, а минимальное снижается на 20-25%; пульс возвращается к исходной частоте через 1,0-1,5 мин. Такая реакция расценивается как благоприятная. На аналогичную нагрузку нетренированные подростки реагируют повышением частоты сердечных сокращений на 100%, максимального артериального давления на 30-40% и снижением минимального на 10-15%; пульс возвращается к величинам до нагрузки через 2-3 мин после ее завершения.

Важная роль, которую выполняет сердце в организме, диктует необходимость применения профилактических мер, способствующих его нормальной функции, укрепляющих его, предохраняющих от заболеваний, которые вызывают органические изменения клапанного аппарата и самой сердечной мышцы. Занятия физической культурой и трудом в пределах возрастных границ допустимых физических нагрузок – наиважнейшая мера укрепления сердца.

1. Периферическое сопротивление — сопротивление току крови, которое обусловлено су­жением или расширением кровеносных сосудов. [↑](#footnote-ref-1)