

# КРОВООБРАЩЕНИЕ

- **Вследствие работы сердца кровь циркулирует по сосудам организма, обеспечивая обмен газов и других веществ в капиллярах между кровью и тканями организма.**

**1. Что называют кровообращением?**

- **2. Нарисуйте общую схему системы кровообращения, обозначьте ее основные звенья.**

- ***Ответ. 1. Непрерывное движение крови по полостям сердца и сосудам, образующих замкнутый круг.***



- Деятельность сердца осуществляется циклически. Назовите фазы цикла сердечной деятельности, укажите их длительность при общей продолжительности сердечного цикла 0,8 с.

- *Ответ.* Систола предсердий, систола желудочков, общая пауза сердца — время совпадения диастолы предсердий и желудочков

- **Циклические сокращения сердца обеспечиваются его проводящей системой. Нарисуйте схему проводящей системы сердца. Укажите, из каких отделов она СОСТОЯ и с какой скоростью проводится возбуждение по: 1) проводящей системе и рабочему миокарду предсердий; 2) ЛА (атривентрикулярному) узлу; 3) проводящей системе желудочков; 4) их сократительным волокнам.**



- В экспериментальной и клинической практике с целью регистрации изменения давления в полостях сердца проводят его катетеризацию.
- 1. Как, не вскрывая грудную клетку, попасть катетером в полость правого предсердия и желудочка?
- *Ответ. 1.* Через любую крупную вену, обычно через плечевую вену, вводят катетер и продвигают его через подключичную вену в правое предсердие, а затем в правый желудочек или легочную артерию.

- Известно, что давление в легочном стволе гораздо ниже, чем в аорте (25/10 и 120/80 соответственно).
- Объясните почему.
- *Ответ.* Сопротивление сосудов малого круга примерно в 6 раз меньше сопротивления сосудов большого круга из-за относительно большого диаметра легочных артерий и артериол, большей их растяжимости и небольшой длины сосудистого русла малого круга

- . При операциях на органах брюшной полости под общим наркозом хирурги обязательно производят новокаинизацию брыжейки, чтобы заблокировать проведение возбуждения по нервным волокнам.
- 1. Для чего это делается?

- **Ответ.** 1. Блокада чувствительных нервов, расположенных в брыжейке, предотвращает афферентную импульсацию при механическом раздражении органов брюшной полости и возможную остановку сердца (рефлекс Гольца)

- Одним из важных механизмов регуляции системного артериального давления является депрессорный рефлекс с барорецепторов аортальной рефлексогенной зоны. Нарисуйте рефлекторную дугу этого рефлекса.
-

- В опыте К. Бернара (1851) при перерезке симпатического нерва на шее белого кролика, ухо со стороны перерезки увеличивается в объеме, краснеет и теплеет. Объясните полученный результат и механизм его развития.

- *Ответ.* Это результат расширения сосудов уха после перерезки симпатического нерва, доказывающий, что симпатический нерв является сосудосуживающим и что по нему постоянно идут импульсы, т.е. имеется тоническая активность симпатического нерва.

- . В опыте К. Бернара перерезка симпатического нерва на шее кролика приводит к расширению сосудов уха со стороны перерезки.
- 1. Какой конец (центральный или периферический) перерезанного симпатического нерва нужно раздражать, чтобы вызвать сужение этих сосудов, и почему?
- 2. О чем это свидетельствует?

- *Ответ. 1.* Периферический, так как импульсация поступает к сосудам из ЦНС.
- 2. Симпатические нервы — сосудосуживающие

- 
- В экспериментах на животных перерезка депрессорного (аортального) нерва приводит к стойкому повышению АД? Объясните механизм наблюдаемого эффекта.
- *Ответ.* В норме депрессорный нерв проводит импульсы от барорецепторов дуги аорты к центру кровообращения в продолговатом мозгу, в результате чего тормозится тоническая активность нейронов прессорного отдела (сосуды расширяются) и повышается тоническая активность нейронов центра блуждающей нерва (тормозится работа сердца). Оба эффекта ведут к нормализации АД, сглаживая его колебания, возникающие в натуральных условиях.

- У людей, которым в связи с особенностями профессиональной деятельности приходится долго стоять в течение суток, часто отмечается застой венозной крови в ногах. Иногда это может привести к обмороку в связи со снижением венозного возврата крови к сердцу и уменьшением МВ. Для профилактики подобного нарушения кровообращения таким людям рекомендуют шагать на месте, периодически сокращая икроножные мышцы. Объясните механизм положительного влияния этого на венозный возврат.

- *Ответ.* Сокращение мышц сдавливают вены; при этом, благодаря венозным клапанам, кровь продвигается только в одном направлении — к сердцу.

- . В остром опыте на кролике проводят регистрацию АД и его изменений при стимуляции аортального нерва.
  - Объясните, почему в этом случае нужно раздражать центральный отрезок перерезанного аортального нерва.
  - Как и почему изменится давление при этом?
- *Ответ. 1.* Аортальный нерв является чувствительным. Импульсы при его раздражении передаются в депрессорную часть сердечно-сосудистого центра. Раздражение центрального отрезка этого нерва имитирует повышение давление в аорте.
  - *2.* В результате снижается сосудосуживающее влияние симпатических нервов (сосуды расширяются) и повышается тормозное влияние блуждающего нерва на сердце (деятельность сердца угнетается), что ведет к падению АД. Подобные изменения происходят и в естественных условиях при повышении АД.

- . В остром опыте на кролике проводят регистрацию АД и его изменений при стимуляции блуждающего нерва.
- 1. Объясните, почему в этом случае нужно раздражать периферический отрезок перерезанного нерва.
- 2. Как и почему изменится давление при этом?

- *Ответ. 1.* Влияние блуждающего нерва на сердце реализуется через его парасимпатические волокна, которые являются эфферентными, тормозящими работу сердца.
- Влияние раздражения периферического отрезка перерезанного блуждающего нерва на артериальное давление:

Торможение деятельности сердца ведет к снижению АД-

- .Больной страдает сердечной недостаточностью - снижена сила сокращений левого желудочка. Можно ли при помощи электростимуляции, изменяя силу или
- длительность стимула, увеличить силу сокращений?
- Обоснуйте ответ.

- **Ответ.** Нет. Сердце подчиняется закону «все или ни чего», т. е. сила сокращений не зависит ни от силы, ни от длительности стимула.



- . В норме через хорошо вентилируемые участки
- легких крови течет больше, чем через плохо вентилируемые участки. При этом соотношение перфузии и вентиляции оптимально, в норме оно составляет 0,8-1,0. 1. Какой механизм лежит в основе регуляции этого соотношения?  
2. Какое значение имеет его регуляция

- **Ответ.** 1. Снижение  $pO_2$  в плохо вентилируемых альвеолах ведет к сужению их сосудов и уменьшению кровотока через эти альвеолы. Повышение  $pO_2$  в хорошо вентилируемых альвеолах ведет к расширению их сосудов и увеличению кровотока через эти альвеолы.
- 2. Способствует максимальному насыщению артериальной крови кислородом

- . При кровопотере происходит резкое снижение АД, что сопровождается развитием комплекса приспособительных реакций, способствующих его нормализации. Назовите их, объясните механизмы.

- **Ответ.** 1. Рефлекторное сужение сосудов сопротивления и увеличение ЧСС (в результате уменьшения импульсации с барорецепторов и повышения ее с хеморецепторов сосудистых рефлексогенных зон под влиянием накапливающегося  $\text{CO}_2$  в крови и уменьшения  $\text{O}_2$ ).
- 2. Рефлекторное увеличение выработки АДГ (в результате снижения импульсации от волюморецепторов почек предсердий) и задержка жидкости в организме.
- 3. Активация ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (в результате ухудшения кровоснабжения

- У больного через 15 мин после проведения эпидуральной анестезии на уровне нижних грудных сегментов (местный анестетик вводится в эпидуральное пространство с целью блокады корешков спинного мозга соответствующего уровня) возник коллапс (резкое падение АД до 50/30 мм рт. ст.).
- 1. Какова причина падения давления?
- 2. В каких случаях можно не опасаться развития коллапса при эпидуральной анестезии и почему?
- **Ответ.** 1. Потеря симпатического тонуса сосудов нижней половины тела вследствие блокады симпатических нервов: преганглионарные симпатические нервные волокна выходят из грудных сегментов спинного мозга в составе передних корешков спинного мозга.
- 2. При анестезии ниже 3-го поясничного сегмента спинного мозга, поскольку в нижележащих сегментах отсутствуют симпатические нейроны.

- .Внутривенное введение адреналина вызвало у человека сужение сосудов кожи и расширение коронарных сосудов.
- Почему?

- *Ответ.* В сосудах кожи преобладают  $\alpha$ -адренорецепторы. При их активации гладкие мышцы сокращаются. В коронарных сосудах преобладают  $\beta_2$ -адренорецепторы, при активации которых гладкие мышцы расслабляются

- . На третьи сутки после аппендэктомии у молодого человека, находящегося в клинике, внезапно развился сосудистый коллапс, потеря сознания, а затем и остановка сердца. После безуспешных реанимационных мероприятий была констатирована смерть. На вскрытии патологоанатом обнаружил, что одна из долевых ветвей легочной артерии перекрыта эмболом (оторвавшимся тромбом), источником которого был пристеночный тромбоз нижней полой вены. В заключении о смерти врач указал, что причиной смерти явилась тромбоэмболия долевой ветви одной из легочных артерий.
- Укажите физиологическое обоснование для данного диагноза, учитывая, что потеря одного легкого (удаленного, например, вследствие онкологического заболевания) может быть компенсирована дыхательной функцией другого легкого.
- **Ответ.** Эмболия даже мелких сегментарных ветвей легочной артерии может приводить к рефлекторной остановке сердца вследствие чрезмерной активации механорецепторов сосудов малого круга (рефлекс Парина). В основе рефлекса — увеличение тонуса блуждающих нервов и снижение симпатических влияний на сердце и сосуды. Это ведет к падению давления из-за снижения частоты и силы сокращений сердца, расширения артериол (снижение периферического сопротивления) и снижения тонуса вен (уменьшение венозного возврата в связи с депонированием венозной крови, главным образом, в селезенке). В норме эта рефлекторная реакция обеспечивает разгрузку малого круга кровообращения - уменьшается поступление крови в легкие (защитный, или «разгрузочный», рефлекс).

- В начале XX в. Англия была потрясена преступлениями «черного вдовца», некоего Д. Смита, который обманным путем завладевал правами на имущество женщин, которых вскоре после оформления наследства на имя Смита находили утонувшими в ванне. Следствием было установлено, что Смит не прилагал больших усилий, для того чтобы лишить жизни молодых и физически здоровых женщин. Он, имитируя любовную игру, отвлекал внимание жертвы, находящейся в ванне, а затем резким движением дергал ее за ноги, в результате чего голова моментально оказывалась под водой, жертва теряла сознание, а затем и погибала. С помощью какого физиологического механизма можно объяснить моментальную потерю сознания и гибель жертв?

- *Ответ.* Осуществляется рефлекторное влияние со слизистой оболочки носа на сердце и дыхание. Резкое падение воды в полость носа вызывает мощное возбуждение рецепторов слизистой носа, которое распространяется по ветвям тройничного нерва в ствол мозга, где находятся сосудодвигательный и дыхательный центры. В результате происходит резкое торможение деятельности сердца и остановка дыхания.

- У больного наблюдается усиленная пульсация яремных вен. Какую патологию можно предположить?

- *Ответ.* Недостаточность трехстворчатого клапана. Во время систолы желудочков часть крови возвращается обратно и правое предсердие через незакрытый трехстворчатый клапан, давление в предсердии растет, возникает препятствие току венозной крови, что сопровождается усилением пульсации яремных вен.

- У здорового человека, стоящего на посту в жаркую погоду, случился обморок. Объясните почему.

- *Ответ.* В жаркую погоду увеличивается кожный кровоток (механизм терморегуляции) в связи с расширением кожных сосудов, что может привести к резкому снижению общего периферического сопротивления. Последнее сопровождается снижением АД и, естественно, резким уменьшением мозгового кровотока, что может привести к обмороку

. Блуждающий нерв, в отличие от симпатического, обладает ярко выраженным тонусом для сердца..

• *Ответ.* После выключения блуждающих нервов ЧСС резко увеличивается, после выключения симпатических нервов ЧСС не меняется.

- У больного недостаточность аортального клапана (т.е. во время диастолы клапан закрывается не полностью). Как и почему изменится у него давление в аорте?

- *Ответ.* Будет резко падать диастолическое давление (норма - 60 мм рт. ст.), так как часть крови из аорты возвращается в левый желудочек.

- При произвольном усилении дыхания в покое (гипервентиляция легких) может наблюдаться головокружение, потемнение в глазах. Какова причина подобных явлений? Объясните механизм.

- *Ответ.* Нарушение мозгового кровообращения. Гипервентиляция ведет к вымыванию  $\text{CO}_2$  из организма, снижению  $\text{PCO}_2$  в крови. Известно, что  $\text{CO}_2$  расширяет сосуды, а при его недостатке сосуды суживаются, особенно выражен спазм сосудов головного мозга

- .
- Давление в легочном стволе в норме низкое (среднее 15 мм рт. ст.).
- 1. Чем это объясняется?
- 2. При каких обстоятельствах оно может повыситься на 10-15 мм рт. ст. или более?

- **Ответ.** 1. Низким сопротивлением сосудов малого круга кровообращения.
- 2. При недостатке кислорода в альвеолах (например, при быстром подъеме в горах на высоту) и увеличении давления в левом предсердии (например, при застойной сердечной недостаточности). Это обычно сопровождается повышением давления в системе малого круга.

- .

- Регулярные физические упражнения существенно увеличивают физическую работоспособность человека. Назовите основные приспособительные реакции, возникающие при этом.

- **Ответ.** Возрастают: 1) альвеолярная вентиляция вследствие увеличения глубины и частоты дыханий; 2) МВ за счет увеличения частоты и силы сердечных сокращений;
- 3) температура тела;
- 4) диссоциации оксигемоглобина, что облегчает доставку O<sub>2</sub> тканям;
- 5) происходит расширение артериол в работающих мышцах с одновременным сужением сосудов в коже и внутренних органах.

Симпатические нервы являются сосудосуживающими. Нарисуйте схему нервного пути от сосудодвигательного центра до регулируемого сосуда, обозначьте узловые точки пути, назовите медиаторы преганглионарных и постганглионарных вегетативных волокон и соответствующие этим медиаторам рецепторы.

- *Ответ.*

- Среди врожденных пороков сердца чаще всего встречаются незкрытие овального окна и незаращение артериального (боталлона) протока. В то же время известно что овальное окно и артериальный проток — нормальные для плода пути кровотока. Объясните функциональное значение этих путей для плода.

- **Ответ.** У плода не функционирует малый круг кровообращения в связи с высоким сопротивлением легочных сосудов из-за отсутствия легочного дыхания. Овальное окно и артериальный проток играют роль «обходных путей», позволяя крови циркулировать по системе кровообращения, минуя сосуды малого круга.

- Известно, что у плода не функционирует малый круг кровообращения, и кровь циркулирует по системе кровообращения, минуя сосуды малого круга. Изобразите схематически пути тока крови из правого предсердия плода в его аорту.

- *Ответ.*
- **Овальное окно**
- **Левое предсердие**
- **Левый желудочек**
- **Аорта**

- Известно, что у плода, в связи с отсутствием у него легочного дыхания, лишь небольшая часть крови (около 10%) течет через систему сосудов малого круга.

Объясните: 1) почему «**малый**» круг кровообращения у плода не функционирует;

- 2) к каким особенностям системы кровообращения плода это привело в филогенезе.

- *Ответ.* 1. В связи с отсутствием кислорода в альвеолах легких плода, сосуды малого круга сужены, их сопротивление очень высокое, и кровь в них практически не поступает (правый желудочек не может преодолеть столь высокое сопротивление). 2. К формированию путей для циркуляции крови по сосудистой системе плода в «обход» малого круга, что обеспечивается наличием овального окна и артериального (боталлова) протока. В результате значительная часть крови из нижней полой вены шунтируется в левое предсердие через овальное окно, а основная часть выброса правого желудочка направляется в аорту через артериальный проток.

- . Известно, что у взрослых все органы и ткани снабжаются артериальной кровью, содержащей одинаковое количество кислорода (т.е. «на старте» все ткани находятся в одинаковых условиях по этому показателю). У плода, на фоне выраженной гипоксемии (пониженное содержание кислорода в крови), кислородное снабжение тканей отклоняется от этого принципа «равных возможностей». Какие ткани и области тела плода получают более оксигенированную кровь по сравнению с остальными? Почему?

- **Ответ.** 1. Печень, так как получает кровь непосредственно из пупочной вены;
- 2) сердце;
- 3) голова плода, так как получают кровь до момента смешивания ее с венозной кровью от основной части тела плода.

- Пути кровотока в антенатальной и постнатальной жизни человека существенно отличаются. Изобразите схематически путь оксигенированной крови от плаценты к правому предсердию плода.

- **Ответ. Путь оксигенированной крови от плаценты к правому предсердию плода**
- **Непарная пупочная вена ПЛАЦЕНТА**
- **Воротная вена (меньшая часть крови)**
- **Путь оксигенированной крови от плаценты к правому предсердию плода**

- При некоторых видах сердечных аритмий больным удается остановить приступ путем надавливания на глазные яблоки снаружи.
- 1. Объясните, какой механизм регуляции деятельности сердца проявляется при этом.

- *Ответ. 1.* Осуществляется сопряженный глазосердечный рефлекс (рефлекс Даньини—Ашнера). В результате надавливания на глазные яблоки повышается тонус ядер блуждающих нервов в продолговатом мозге, что ведет к уменьшению ЧСС на 10-20 в минуту

- Автоматия сердца обеспечивается проводящей системой сердца, в узлах и пучках которой имеются клетки, способные самовозбуждаться с разной частотой.
  - 1. Что называют убывающим градиентом автоматии?
  - 2. Какой отдел проводящей системы является истинным водителем ритма (водителем ритма 1-го порядка) и почему?
  - 3. В каких условиях выявляется активность потенциальных водителей ритма сердца?
- *Ответ.* 1. Уменьшение частоты генерации импульсов в пейсмекерных клетках в направлении от предсердий к верхушке сердца.
  - 2. Синоатриальный узел, генерирующий импульсы с большей частотой, чем потенциальные (латентные) водители ритма, навязывая им более высокий ритм возбуждения.
  - 3. Только при отсутствии импульсов, исходящих от истинного водителя ритма.

- У больного импульсы из синоатриального узла не проходят через атриовентрикулярный узел (АВУ), т.е. имеет место полная блокада проведения возбуждения в АВУ. Какая особенность деятельности сердца характеризует эту патологию?

- *Ответ.* Возникает некоординированная деятельность предсердий и желудочков, которые возбуждаются и сокращаются самостоятельно в независимом друг от друга ритме. Частота сокращений предсердий нормальная, а желудочки сокращаются реже — в своем собственном ритме, обусловленном функцией центров автоматизма 2-3-го порядков

- Артериальный пульс — это колебание артериальной стенки под влиянием пульсовой волны (повышенного давления), распространяющейся по столбу крови, заполняющей артериальное русло. Как и почему меняется скорость распространения пульсовой волны в артериальных сосудах в зависимости от возраста (у детей, молодых людей и пожилых)? Назовите средние величины этого показателя у лиц молодого и пожилого возраста.

- *Ответ.* Увеличивается в связи с уменьшением эластичности сосудов (увеличением их ригидности). У детей и молодых людей — 4-5 м/с, у пожилых - выше 10 м/с.

- Известно, что сердце выбрасывает кровь в сосудистое русло прерывисто (только в фазу изгнания), а по сосудам кровь движется непрерывно. Объясните почему. Проиллюстрируйте с помощью рисунка.

- *Ответ.* Во время фазы изгнания часть кинетической энергии сердца переходит в потенциальную энергию растянутых кровью эластических стенок аорты, последующее сжатие которой во время диастолы продвигает каждую порцию крови дальше. То же самое происходит и в артериях (бегущая волна).

- Толщина стенки левого желудочка значительно больше, чем толщина стенки правого желудочка. Объясните почему.

- *Ответ.* Правый желудочек перекачивает кровь в малый круг кровообращения, а левый желудочек — в большой, сосудистое сопротивление которого, а значит и АД, **примерно в 6 раз больше, чем в малом круге. В результате большой нагрузки миокард левого желудочка формируется более мощным в фнло- и онтогенезе**

- У больных с повышенным АД часто выявляется отечность тканей. Объясните почему.

- *Ответ.* Основные силы, определяющие обмен жидкостью между кровью и тканями — гидростатическое и онкотическое давления в капиллярах. Гидростатическое давление способствует фильтрации жидкости из крови в ткани, а онкотическое — движению жидкости в противоположном направлении (из ткани в кровь). При повышении АД возрастает среднее гидростатическое давление в капиллярах, что сдвигает равновесие в сторону фильтрации.

