#### Тема: Физиология кровообращения и дыхания

1. Морфофункциональная характеристика системы крово- и лимфообращения. Роль и место системы крово-и лимфообращения в поддержании жизнедеятельности организма.

2. Сердце. Понятие о возбудимости, проводимости, сократимости и автоматизме сердца. Проводящая система сердца, ее функциональные особенности. Сердечный цикл и его фазовая структура. Систоличес­кий и минутный объемы крови, сердечный индекс. Работа сердца. Регуляция сердечной деятельности. Возрастные изменения сердечной деятельности.

3. Функциональная классификация кровеносных и лимфатических сосудов. Основные законы гемодинамики. Общее периферичес­кое сопротивление сосудов. Механизм формирования сосудистого тонуса. Факторы, обеспечивающие движе­ние крови и лимфы по сосудам. Скорость движения крови и лимфы в различных отделах системы крово- и лимфообращения. Время полного кругооборо­та крови. Микроциркуляция и ее роль в механизме обмена жидкости и различных веществ между кровью и тканя­ми.

4. Кровяное давление, его виды (систолическое, диастолическое, пульсовое, среднее, центральное, периферическое). Факторы, определяющие величину кровяного давления.

5. Изменение органного кровообращения при мышечной нагрузке, приеме пищи, при гипоксии, стрессе и других состояниях.

6. Значение дыхания для организма. Механизм вдоха и выдоха. Газообмен в легких. Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха. Способы определения.

7. Транспорт газов (О2, СО2) кровью. Гемоглобин, его формы. Газообмен между кровью и тканями.

8. Регуляция дыхания. Условно-рефлекторная и произвольная регуляция дыхания. Дыхание при физической работе, при повышенном и пониженном барометрическом давлении.

Сердечно-сосудистая система - физиологическая система, включающая сердце, кровеносные сосуды, лимфатические сосуды, лимфатические узлы, лимфу, механизмы регуляции (местные механизмы: периферические нервы и нервные центры, в частности сосудодвигательный центр и центр регуляции деятельности сердца).

Таким образом, сердечно-сосудистая система - это совокупность 2-х подсистем: системы кровообращения и системы лимфообращения. Сердце - основной компонент обеих подсистем.

Система кровообращения является одной из основных сис­тем жизнеобеспечения организма. Кровь образует внутреннюю среду организма, омывающую все клетки и ткани тела. Внутрен­няя среда имеет относительное постоянство состава, что создает приблизительно одинаковые условия существования клеток ор­ганизма (гомеостаз). Это достигается за счет поступления в кровь необходимых организму веществ и удалению из крови про­дуктов распада.

Кровь движется по кровеносным сосудам благодаря перио­дическим сокращениям сердца. Сердце и сосуды составляют си­стему кровообращения. Это одна из важнейших физиологиче­ских систем.

Кровеносные сосуды образуют 2 круга кровообращения: малый и большой. У человека и всех млекопитающих существуют полностью разделенные большой и малый круги кровообраще­ния и четырехкамерное сердце с правым и левым желудочком.

Малый круг кровообращения (1553 г. Сервет) начинается в правом желудочке лёгочным стволом, который несёт венозную кровь. Эта кровь поступает в лёгкие, где происходит регенерация газового состава. Конец малого круга кроообращения - в левом предсердии четырьмя лёгочными венами, по которым в сердце идёт артериальная кровь. Таким образом, оттекающая от тканей венозная кровь поступает в правое предсердие, а оттуда в правый желудочек. При сокращении его кровь нагнетается в легочную артерию. Протекая через легкие, кровь отдает углекислый газ и насыщается кислородом. Система легочных сосудов: легочные артерии, артериолы, капилляры и вены — об­разует малый круг кровооб­ращения. Обогащенная кисло­родом кровь из легких по ле­гочным венам поступает в ле­вое предсердие, а оттуда в ле­вый желудочек. При сокра­щении последнего она нагне­тается в аорту, артерии, артериолы и капилляры всех ор­ганов и тканей, а оттуда по венулам и венам притекает в правое предсердие. Система этих сосудов образует боль­шой круг кровообращения (1628 г. Гарвей). Следовательно, большой круг кровообращения начинается в левом желудочке аортой и кончается в правом предсердии венами: v.v.cava supcrior et ingerior.

Функции сердечно-сосудистой системы: движение крови по сосудом, т. к. кровь и лимфа выполняют свои функции при движении.

# Факторы, обеспечивающие движение крови по сосудам

Основной фактор, обеспечивающий движение крови по сосудам: работа сердца как насоса.

Вспомогательные факторы:

замкнутость сердечно-сосудистой системы;

разность давления в аорте и полых венах;

эластичность сосудистой стенки (превращение пульсирующего выброса крогви из сердца в непрерывный кровоток);

клапанный аппарат сердца и сосудов, обеспечивающий однонаправленное движение крови;

наличие внутригрудного давления - "присасывающее" действие, обеспечивающее венозный возврат крови к сердцу.

Работа мышц - проталкивание крови и рефлекторное увеличение активности сердца и сосудов в результате активации симпатической нервной системы.

Активность дыхательной системы: чем чаще и глубже дыхание, тем больше выражено присасывающее действие грудной клетки.

Размеры и масса сердца пропорциональные общим размерам тела. У взрослого объем полости равен 0,5-0,7 л; масса сердца равна 0,4 % от массы тела.

Стенка сердца состоит из 3х слоёв. Эндокард - тонкий соединительнотканный слой переходящий в tunica intima сосудов. Обеспечивает несмачиваемость стенки сердца, облегчая внутрисосудистую гемодинамику. Миокард - миокард предсердия отделяется от миокарда желудочков фиброзным кольцом. Эпикард - состоит из 2-х слоёв - фиброзный (наружный) и сердечный (внутренний). Фиброзный листок окружает сердце снаружи - выполняет защитную функцию и предохраняет сердце от растяжения. Сердечный листок состоит из 2-х частей:

Фазы деятельности сердца и работа клапанного аппарата сердца в различных фазах сердечного цикла

Весь сердечный цикл длится 0,8-0,86 с.

Две основные фазы сердечного цикла:

систола - выброс крови из полостей сердца в результате сокращения;

диастола - расслабление отдых и питание миокарда, наполнение полостей кровью.

Сердечный цикл начинается в систоле предсердия. Систола желудочка начинается одновременное диастолой предсердий.

Цикл работы желудочков состоит из систолы и диастолы желудочков.

Систола желудочков: период сокращения и период изгнания.

Диастола желудочков.

Состоит из следующих фаз.

Протодиастолический период - интервал времени от окончания систолы до закрытия полулунных клапанов (0,04 с). Кровь за счёт разность давления возвращается в желудочки, но наполняя кармашки полулунных клапанов закрывает их.

Фаза изометрического расслабления (0,25 с) - осуществляется при полностью закрытых клапанах. Длина мышечного волокна постоянна, изменяется их напряжение и давление в желудочках уменьшается. В результате открываются атриовентрикулярные клапаны.

Фаза наполнения - осуществляется в общую паузу сердца. Сначала быстрое наполнение, затем медленное - сердце наполняется на 2/3.

Пресистола - наполнение желудочков кровью за счет системы предсердий (на 1/3 объёма). За счёт изменения давления в различных полостях сердца обеспечивается разность давления по обе стороны клапанов, что обеспечивает работу клапанного аппарата сердца.

К особенностям нервной регуляции сердечной деятельности можно отнести то, что она состоит из интракардиальной и экстракардиальной регуляции сердечной деятельности. Интракардиальная регуляция сердечной деятельности - за счёт местных рефлекторных дуг (Опыт: сердце изолируют). Экстракардиальная нервная система представлена блуждающим и симпатическим нервами.

Деятельность сердца обусловлена его основными функция­ми: автоматизмом, возбудимостью и сократимостью. Эти функ­ции взаимосвязаны. В целостном организме они регулируются нервной системой и зависят от гуморальных влияний. Автома­тизм сердца выражается в способности специализированных клеток (малодифференцированных нервно-мышечных клеток) продуцировать ритмические импульсы к возбуждению и со­кращению.

Эти клетки составляют узлы и проводниковую систему. На­ибольшим автоматизмом, т. е. способностью вырабатывать на­ибольшее число импульсов в единицу времени, обладает сину­совый узел (узел Кис-Флека), который назван автоматическим центром первого порядка. Этот узел расположен в верхней час­ти правого предсердия между устьями полых вен (рис. 2.6). В физиологических условиях синусовый узел является водителем сердечного ритма. У взрослого человека он продуцирует 60— 80 имп/мин.

Другим центром автоматизма служит атриовентрикулярный, т. е. предсердно-желудочковый, узел (называемый узлом Ашофа-Тавара). Он расположен в нижней части правого предсердия ближе в его задней стенке, в области соединения обоих предсердно-желудочковых колец. Этот узел обладает меньшим ав­томатизмом. Он вырабатывает 40—60 имп/мин и поэтому на­зывается центром автома­тизма второго порядка. Еще меньшей степенью автома­тизма обладают пучок Ги­са и его разветвления (20 — 30 имп/мин). Клетки систе­мы Гиса составляют центр автоматизма третьего поряд­ка.

Эта система начинается от атриовентрикулярного узла об­щим стволом (пучок Гиса), который разделяется на две ножки: левую и правую ножки пучка Гиса. Ножки пучка Гиса дают мно­гочисленные разветвления ветвей проводниковой системы. Кон­цевые разветвления — волокна Пуркинье передают возбужде­ние сердечным мышцам.

Центры автоматизма второго и третьего порядка подчиня­ются деятельности синусового узла вследствие большей часто­ты его ритма. Атриовентрикулярный узел и система пучка Гиса проявляют свою автоматическую функцию лишь в патологиче­ских условиях при понижении автоматизма синусового узла или повышении их собственного автоматизма.

После поступления к сердечной мышце импульса от води­теля ритма она приходит в состояние возбуждения. В период возбуждения мышца не воспринимает других импульсов. Это свойство возбужденной мышцы не реагировать на повторные импульсы называется рефрактерностью. Новый импульс спосо­бен возбудить мышцу, если она вышла из рефрактерной фазы. Продолжительность рефрактерной фазы миокарда желудочков человека приблизительно равна продолжительности систолы. При возбуждении сократительного миокарда в сердце создает­ся электродвижущая сила, т. к. возбужденный участок мышцы становится электроотрицательным по отношению к участку мыш­цы, который находится в состоянии покоя. Возникающая в серд­це разность потенциалов становится источником для записи элек­трокардиограммы (ЭКГ).

Для снятия электрокардиограммы пользуются электродами (металлические пластинки), которые накладываются на конеч­ности и с помощью проводов присоединяются к электрокарди­ографу. При любом электрокардиографическом исследовании применяются три классических или стандартных отведения. Пер­вое отведение: один электрод на правом, другой — на левом пред­плечье; второе отведение — один электрод на правом предпле­чье, другой — на левой голени; третье отведение — один элек­трод на левом предплечье, а другой — на левой голени. Суще­ствует определенный порядок присоединения электродов к по­люсам электрокардиографа. Провод правой руки в первом и вто­ром отведениях присоединяется к отрицательному полюсу, провод левой руки в первом отведении — к положительному, а в третьем — к отрицательному полюсу; провод левой ноги во втором и третьем отведении присоединяется к положительному полюсу.

Нормальная электрокардиограмма состоит из пяти зубцов: Р, Q, R, S, Т. Зубцы Р, R, Т обычно направлены кверху, Q и S — книзу. Последние в нормальной электрокардиограмме могут отсутствовать. Все перечисленные зубцы расположены своими вершинами кверху или книзу от изоэлектрической линии, т. е. от горизонтальной линии, регистрируемой в момент отсутствия электрической активности.

В электрокардиографии часто пользуются терминами «по­ложительный» и «отрицательный» зубец. Под положительным подразумевается зубец, направленный вверх от изоэлектриче­ской линии, под отрицательным — зубец, направленный вниз от изоэлектрической линии. Например, зубцы Р и Т в норме по­ложительные, так как они направлены кверху. Те же зубцы, на­правленные вершиной вниз от изоэлектрической линии, назы­ваются отрицательными. Между элементами электрокардиограм­мы и фазами деятельности сердца имеются определенные соот­ношения.

Момент возникновения волны возбуждения в синусовом уз­ле на электрокардиограмме не регистрируется. Из синусового узла возбуждение переходит на предсердия — на электрокар­диограмме появляется зубец Р (рис. 2.7). Следовательно, зубец Р отображает возбуждение предсердий. От предсердий импульс направляется к желудочкам.

На электрокардиограмме это обозначается интервалом Р— Q (предсердно-желудочковая или атриовентрикулярная прово­димость). Последний соответствует времени от начала сокраще­ния предсердия (от начала зубца Р) до начала сокращения же­лудочков (до начала зубца Q). В норме длительность интервала Р — Q колеблется от 0,12 до 0,2 с. Охват возбуждением рабочей мускулатуры желудочков и прекращение этого возбуждения отмечаются на электрокардиограмме появлением зубцов Q, R, S, Т, которые составляют желудочковый комплекс. В последнем различают начальную часть — QRS и конечную часть — интер­вал S—Т и зубец Т.

Начальная часть желудочкового комплекса (QRS) соответ­ствует времени, в течение которого волна возбуждения посте­пенно охватывает мускулатуру обоих желудочков. Зубец Т от­ражает прекращение возбуждения. Ширина (продолжительность во времени) комплекса QRS измеряется от начала зубца Q до конца зубца Бив норме колеблется от 0,06 до 0,1 с. Отрезок QRST измеряется от начала зубца Q до конца зубца Т и соот­ветствует продолжительности всей электрической систолы серд­ца, в среднем 0,36 с.

Высота (или глубина) зубцов измеряется от нулевой линии до вершины (либо до самой нижней точки) зубца и выражается в милливольтах (мВ) в тех случаях, когда стандартным масшта­бом служит контрольный милливольт (1мВ = 10мм). Электро­кардиограмма покоя, снятая во втором стандартном отведении, характеризуется следующими величинами параметров: зубец Р положительный и составляет амплитуду от 0,15 до 0,25 мВ; ам­плитуда зубца R колеблется в пределах 1,5 — 2,5 мВ; зубец Т, как правило, положительный и имеет амплитуду от 0,2 до 1,6 мВ (см. рис.2.7).

С деятельностью сердца непрерывно связаны ритмические колебания давления в крупных артериях и крупных, близких к сердцу венах. Периодические колебания стенок кровеносных со­судов и изменение их просвета, возникающие в связи с распро­странением волн давления, обусловленных деятельностью серд­ца, называются пульсом.

Артериальный пульс легко ощущается при прикосновении пальцем руки к любой доступной прощупыванию артерии: на виске, на шее, в углу челюсти, у щиколотки, на запястье. Часто­ту пульса измеряют у человека в состоянии покоя и после раз­личных нагрузок. Пальпаторный подсчет частоты пульса, как правило, производят на лучевой артерии в области запястья че­тырьмя пальцами левой руки. В покое частота пульса колеблет­ся от 60 до 80 уд/мин.

1. Типы кровеносных сосудов, особенности строения, значение

Функциональная классификация кровеносных сосудов.

Магистральные сосуды.

Резистивные сосуды.

Обменные сосуды.

Ёмкостные сосуды.

Шунтирующие сосуды.

Магистральные сосуды - аорта, крупные артерии. Стенка этих сосудов содержит много эластических элементов и много гладкомышечных волокон. Значение: превращают пульсирующий выброс крови из сердца в непрерывный кровоток.

Резистивные сосуды - пре- и посткапиллярные. Прекапиллярные сосуды - мелкие артерии и артериолы, капиллярные сфинктеры - сосуды имеют несколько слоёв гладкомышечных клеток. Посткапиллярные сосуды - мелкие вены, венулы - тоже есть гладкие мышцы. Значение: оказывают наибольшее сопротивление кровотоку. Прекапиллярные сосуды регулируют кровоток в микроциркуляторном русле и поддерживают определённую величину кровяного давления в крупных артериях. Посткапиллярные сосуды - поддерживают определённый уровень кровотока и величину давления в капиллярах.

Обменные сосуды - 1 слой эндотелиальных клеток в стенке - высокая проницаемость. В них осуществляется транскапиллярный обмен.

Ёмкостные сосуды - все венозные. В них 2/3 всей крови. Обладают наименьшим сопротивлением кровотоку, их стенка легко растягивается. Значение: за счёт расширения они депонируют кровь.

Шунтирующие сосуды - связывают артерии с венами минуя капилляры. Значение: обеспечивают разгрузку капилярного русла.

Количество анастомозов - величина не постоянная. Они возникают при нарушении кровообращения или недостатке кровоснабжения.

3. Время кругооборота крови. Объёмная и линейная скорость кровотока

Время кругооборота крови - время, в течение которого коровь проходит оба круга кровообращения. При частоте сердечных сокращений 70 в минуту, время равно 20 - 23 с, из них 1/5 времени - на малый круг; 4/5 времени - на большой круг. Определяется время с помощью контрольных веществ и изотопов. - они вводятся внутривенно в v.venaris правой руки и определяется через сколько секунд, это вещество появится в v.venaris левой руки. На время влияют - объёмная и линейная скорости.

Объемная скорость - тот объём крови, что протекает через сосуды в единицу времени. Vлин. - скорость движения любой частицы крови в сосудах. Самая большая линейная скорость в аорте, самая малая - в капиллярах (соответственно 0,5 м/с и 0,5 мм/с). Линейная скорость зависит от общей площади сечения сосудов. За счёт низкой линейной скорости в капиллярах условия для транскапиллярного обмена. Эта скорость в центре сосуда болше, чем на периферии.

1. Сосуды микроциркуляторного русла

Сосуды микроциркуляции - сосуды, обеспечивающие и способствующие транскапиллярному обмену веществ.

5 типов сосудов:

мелкие артерии и артериолы;

прекапиллярные артериолы;

прекапиллярные сфинктеры;

истинные капилляры;

посткапиллярные венулы;

венулы.

Артериальные сосуды имеют диаметр 50-100 мкм.

Эти сосуды оказывают значительное сопротивление току крови и участвуют в регуляции величины давления.

Прекапиллярные артериолы и сфинктеры имеют диаметр менее 50 мкм. Имеется хорошо выраженый слой гладких мышц. Особенно в месте деления прекапилляров на капилляры. Регулируют количество крови, поступающей в капилляры.

Истинные капилляры - диаметром несколько микрометров. Самые мелкие 4,5-7 мкм - во внутренних органах, скелетных мышцах. Более крупные - 7-11 мкм - в коже, слизистых.

Стенка состоит: из 1-го слоя эндотелиоцитов, базальной мембраны, вместо гладких мышц - отдельные перициты (много отростков, пронизывающих базальную мембрану).Обеспечивают транскапиллярный обмен.

Посткапиллярные вены имеют диаметр 20 мкм., строение как у капилляров, в них тоже осуществляется транскапиллярный обмен.

Венулы - диаметром более 40 мкм., постепенно исчезают перициты и появляются гладкие мышцы. Есть перицитарные венулы (самое уязвимое место микроциркуляции, создают малое сопротивление кровотоку), мышечные венулы - выполняют функцию посткапиллярных сосудов сопротивления, за счёт изменения в них просвета изменяется давление в капиллярах и перецитарных венулах.

Вопрос 60. Транскапиллярный обмен.

**Проницаемость стенки капилляра**

1. Транскапиллярный обмен и факторы, влияющие на него

Транскапиллярный обмен - обмен веществ между кровью капилляров и органами, тканями.

В капиллярах благоприятные условия:

медленное движение крови;

различное давление в артериальном и венозном отделах капиллярах;

проницаемость сосудистой стенки.

Транскапиллярный обмен осуществляется за счёт:

диффузии;

фильтрации;

активного транспорта;

пиноцитоза.

Диффузия - пассивный транспорт веществ через стенку по градиенту концентрации; ионы, минеральные вещества, вещества растворимые в воде. В капиллярах 2-х сторонняя диффузия. Облегчённая диффузия - образуется комплекс с молекулой-перносчиком и осуществляется диффузия по коэфициэнту концентрации этих комплексов. Диффузией обладает СО2 и О2. Они растворяются в липидах и затем диффундируют по всей поверхности стенок капилляров. Газовый состав крови, после прохождения через капилляры, меняется в 30-40 раз.

Фильтрация - пассивный транспорт, осуществляемый за счёт разности давлений. Таким образом, происходит движение воды и растворённых в ней веществ.

В соответствии с цикличностью сердечной деятельности дав­ление крови в артериях не остается постоянным, а закономерно меняется, достигая максимума в начале каждой систолы и сни­жаясь до минумума к концу каждой диастолы. Соответственно принято различать:

- максимальное, или систолическое, кровяное давление, которое составляет в норме на крупных артериях человека 100—120 мм рт. ст.;

- минимальное, или диастолическое, кровяное давление, ле­жащее обычно в пределах 60—80 мм рт. ст.;

- пульсовое давление, или пульсовую амплитуду, под ко­торой понимается разность между величиной систолического и диастолического давления.

Для определения кровяного давления у человека пользуют­ся непрямым способом, основанным на том, что артерию сжима­ют извне с помощью манжеты и устанавливают величину внеш­него давления, которое при этом уравновешивает давление кро­ви внутри артерии. Впервые такой способ был предложен Рива и Роччи. В настоящее время наиболее употребительным явля­ется метод определения кровяного давления слуховым (аускультативным) способом по Короткову. Для измерения кровяного давления служат сфигмоманометры или другие аналогичные приборы.

Другой важной функциональной системой организма чело­века является дыхательная. Дыхание — это совокупность про­цессов, обеспечивающих потребление организмом кислорода и выделение диоксида углерода (углекислый газ СО2). Поступле­ние кислорода из атмосферы к клеткам необходимо для био­логического окисления органических веществ, в результате ко­торого освобождается энергия, нужная для жизни организма. В процессе биологического окисления образуется диоксид уг­лерода, подлежащий удалению из организма. Прекращение ды­хания ведет к гибели, прежде всего нервных, а затем и других клеток. Кроме того, дыхание участвует в поддержании постоян­ства реакции жидкостей и тканей внутренней среды организ­ма, а также температуры тела.

Процесс дыхания чисто условно разделяют на дыхание внешнее (газообмен в легких) и внутреннее (газообмен в тканях). В состав системы внешнего дыхания входят: аппарат внешнего дыхания и механизмы регуляции.

Аппарат внешнего дыхания - органы и ткани, обеспечивающие газообмен (воздухоносные пути; лёгкие; грудная клетка; дыхательные мышцы).

В состав воздухоносных путей входят: носовые ходы, ротовая полость, носоглотка, носовые пазухи, гортань, трахея, бронхи. Воздухоносные пути на уровне голосовой щели делятся на верхние и нижние дыхательные пути.

Так как воздухоносные пути образованы хрящевой тканью, то они всегда открыты, и воздух, несмотря на резкую смену давления с положительного на отрицательное, свободно циркулирует в обе стороны при вдо­хе и выдохе. А поскольку в состав воздухоносных путей входят гладкомышечные волокна, то они находятся всегда в состояни тонуса. При повышении тонуса - просвет уменьшается и наоборот. Просвет дыхательных путей регулируется с помощью парасимпатической нервной системы и симпатической нервной системы: при возбуждении симпатической нервной системы - увеличение просвета, т. к. здесь симпатическая нервная система опосредует своё влияние через бетта 2-адренорецепторы. При возбуждении парасимпатической нервной системы - уменьшается просвет дыхательных путей.

Дыхательные пути выстланы мерцательным эпителием, который очищает поступающий воздух. Для дыхательных путей характерно обильное кровоснабжение с целью регуляции температуры вдыхаемого и выдыхаемого воздуха и его влажность.

В дыхательных путях много рецепторов: обонятельные; обеспечивающие защитные реакции: при раздражении верхних дыхательных путей - чихание, нижних - кашель. Воздух, находящийся в дыхательных путях не участвует в газообмене - это воздух "мёртвого" пространства.

*Значение воздухоносных путей*: проведение воздуха; очищение, согревание; увлажнение воздуха; регуляция количества воздуха, поступающего в лёгкие (путём изменения просвета); место возникновения защитных дыхательных рефлексов; возникновение обанятельных функций; терморегуляция, за счёт испарения.

Кроме того, дыхательная система представляет и звукообразовательный аппарат (гортань).

Лёгкие – это своеобразный мешок, образованный разветвлениями мелких бронхиол (альвеолами) - до 30 млн, в них происходит газообмен. Легкие расположены в грудной полости по сторонам от серд­ца и больших сосудов, в боковых пространствах. Каждый из двух главных бронхов, проникнув в ворота соответствующего лег­кого, проходит, постепенно утончаясь, через все легкое до его основания. На этом пути от него отходят спереди и сзади по четы­ре бронхиальные ветви. Отходящие от главных бронхов бронхи­альные ветви в свою очередь делятся на более мелкие веточки, так что в результате повторного деления получается целое, как говорят, бронхиальное дерево. Мелкие бронхи заканчиваются в легочных дольках. Дольки отделены друг от друга прослой­кой соединительной ткани, в которой очень часто откладыва­ется вдыхаемая угольная пыль.

Внутри дольки вступивший в нее бронх делится на еще более мелкие тонкие ветви, которые продолжаются как альве­олярные ходы и альвеолярные мешочки. Стенку каждой аль­веолы оплетает густая капиллярная сеть, кровь которой всту­пает в осмотический обмен с содержащимся в альвеоле возду­хом. Венозная кровь, притекающая к легочным капиллярам через ветви легочной артерии, поглощает кислород из воздуха и выделяет в альвеолы свою углекислоту. Обогащенная ки­слородом кровь затем оттекает из капилляров по легочным венам.

Обмен газами происходит через несколько лёгочных мембран (аэрогематический барьер).Толщина лёгочных мембран - 0,4-1,2 мкм. Протяжённость 90 м2. Вентиляция альвеол зависит от положения тела: в вертикальном положении - хуже - верхушки, лучше - нижние отделы; в горизонтальном - наоборот. Плохо вентилируемые альвеолы практически не снабжаются кровью.

*Функции лёгких*: дыхательная; обмен воды (за сутки через лёгкие из организма выводится 500-600 мл воды в спокойном состоянии, при нагрузке – больше); терморегуляция - образование и выделение тепла (образование тепла происходит за счёт интенсивных обменных процессов, протекающих с выделением энергии. Выделение тепла - за счёт испарения воды, конвекции). Кроме того легкие являются депо крови 2-го порядка (20-25 % всей циркулирующей крови).

Дыхание человека включает следующие процессы: 1) внеш­нее дыхание (вентиляция легких), 2) обмен газов в легких (меж­ду альвеолярным воздухом и кровью капилляров малого круга кровообращения), 3) транспорт газов кровью, 4) обмен газов в тканях между кровью капилляров большого круга кровообра­щения и клетками тканей, 5) внутреннее дыхание (биологиче­ское окисление в митохондриях клеток). Физиология изучает пер­вые 4 процесса, внутреннее дыхание рассматривается в курсе биохимии.

Внешнее дыхание (вентиляция легких) осуществляется в ре­зультате периодических изменений объема грудной полости. Уве­личение объема грудной полости обеспечивает вдох (инспира­цию), уменьшение — выдох (экспирацию). Фазы вдоха и следу­ющего за ним выдоха составляют дыхательный цикл. Изменение объема грудной полости совершается за счет сокращений дыхательных мышц.

Вместилище для лёгких - грудная полость (грудная клетка + мышцы) представляет собой герметично замкнутое пространство, т. к. между висцеральным и париетальным листками плевры есть полость, в ней - 30-40 мл жидкости, близкой по составу к плазме крови. Она уменьшает трение листков плевры. Если соединить плевральную полость с регистрирующим устройством, обнаружится, что внутри плевральное давление (Р) меньше давления атмосферного (т. е. это отрицательная величина).

Отрицательное внутриплевральное давление объясняется неравномерным ростом лёгких и грудной клетки. При рождении легкие - в спавшемся состоянии - ателектаз. При первом вдохе лёгкие расправляются и занимают почти всю грудную клетку. Отрицательное внутриплевральное давление только во время выдоха. Со 2-й недели жизни рост грудной клетки начинает опережать рост лёгких. Лёгкие постепенно растягиваются и у взрослого лёгкие сильно растянуты по сравнению с исходной величиной. Плевральная полость увеличивается, давление становится отрицательным.

Благодаря плевральной полости лёгкие, находясь постоянно в растянутом состоянии, пассивно следуют за изменением размеров грудной клетки. Кроме того, благодаря наличию отрицательного внутриплеврального давления облегчается венозный возврат крови; облегчается движение лимфы в грудной полости; обеспечивается движение пищевого комка по пищеводу.

Если грудная полость сообщается с окружающей средой, то давление атмосферное равно внутригрудному - лёгкие спадаются (ателектаз) - это пневмоторакс.

Мышцы, изменяющие размеры грудной клетки делятся на:

- Инспираторные - возбуждаются под действием импульсов от инспираторных нейронов центральной нервной системы, они обеспечивают вдох. Основные из них а) диафрагма - при её сокращении увеличивается вертикальный размер грудной клетки; б) наружные межрёберные - сокращаясь, поднимают передние края рёбер, увеличивают переднее-задний и поперечный размеры грудной клетки. Кроме того существуют вспомогательные: передние грудные, зубчатые, разгибающие позвоночник.

- Экспираторные мышцы - осуществляют выдох. Основные: внутренние межрёберные. Вспомогательные: мышцы брюшного пресса, мышца, сгибающие позвоночник.

Дыхательный цикл состоит из 3-х фаз: вдох (инспирация), выдох (экспирация), дыхательная пауза.

Вдох - воздух из окружающей среды поступает в лёгкие. Вдох короче выдоха и длится 0,9-4,7 с.

Выдох. Так как в момент выдоха просвет дыхательных путей уменьшается, выдох длиннее вдоха и длится 1,2-6 с.

Пауза может отсутствовать. Нормальное дыхание = ЧДД (частота дыхательного движения) равно 16-20 в минуту. На 1 дыхание 4-5 сердечных сокращений. Частота дыхательного движения зависит от интенсивности дыхательной нагрузки.

Типы дыхания

Грудное - в основном за счёт работы межрберных мышц. Размеры грудной клетки увеличиваются в передне-заднем и пореречном направлении.

Диафрагма в дыхании не участвует. При спокойном дыхании участвуют лишь межрёберные мышцы 3-4 верхних промежутков. При этом типе дыхания плохо вентилируются нижние отделы легких. Встречается у детей и (иногда) женщин.

Брюшной тип - за счёт работы диафрагмы. Размер грудной клетки увеличивается в вертикальном направлении. Плохо вентилируются верхушки лёгких. Характерен для мужчин, тренированных людей, певцов.

Смешанный тип - размеры грудной клетки увеличиваются во всех направлениях. При физических и эмоциональных нагрузках.

Механизм и виды вдоха и выдоха

При спокойном дыхании импульсы дыхательного центра неодинаково поступают в момент вдоха и выдоха к мышцам. Вдох - активный процесс, выдох - пассивный.

Активный вдох - начинается под действием импульсов из инспираторных нейронов центральной нервной системы. В результате сокращаются инспираторные мышцы, размеры грудной клетки увеличиваются, лёгкие пассивно увеличиваются в объёме, давление внутри лёгких падает и в результате разности давлений воздух поступает в лёгкие.

Пассивный выдох - прекращается импульсация от инспираторных нейронов и инспираторные мышцы расслабляются, объём грудной клетки уменьшается, давление внутри лёгких увеличивается, воздух выходит из лёгких в окружающёю среду.

В условиях форсированного дыхания и при некоторых заболеваниях может быть пассивный вдох и активный выдох.

При вдохе давление в лёгких на 1,5-2 мм рт. ст. меньше атмосферного, при выдохе - на 3-4 мм рт. ст. больше.

При спокойном дыхании человек вдыхает и выдыхает око­ло 500 мл (от 300 до 800 мл). Этот объем воздуха называется **дыхательным объемом.** Сверх него при глубоком вдохе человек может выдохнуть еще приблизительно 2500 мл воздуха (резерв­ный объем). После спокойного выдоха человек способен выдох­нуть около 1000 мл (резервный объем выдоха).

Сумма указанных объемов составляет **жизненную емкость легких** — ЖЕЛ = 500 + 2500 + 1000 мл. Жизненная емкость легких определяет собой максимальный объем воздуха, кото­рый может быть введен или выведен из легких в течение одного вдоха иди выдоха. ЖЕЛ определяют с помощью спирометров различной конструкции.

ЖЕЛ несколько выше у мужчин (4000—5500 мл), чем у жен­щин (3000—4500 мл). Она больше в положении стоя, чем в по­ложении сидя или лежа. Физическая тренировка сопровождает­ся увеличением ЖЕЛ. После максимального глубокого выдоха в легких остается значительный объем воздуха, около 1500 мл. Это остаточный объем.

Вентиляция легких определяется объемом воздуха, вдыхае­мого или выдыхаемого в единицу времени. При этом обычно измеряют минутный объем дыхания — МОД. Его величина при спокойном дыхании 6—8 л.

Газообмен в легких осуществляется в результате диффузии кислорода из альвеолярного воздуха в кровь (около 500 л/сут) и диоксида углерода из крови в альвеолярный воздух (около 430 л/сут). Обмен газов происходит самопроизвольно, чисто диффузионным образом, при этом газ переходит из области с высоким давлением в область с низким давлением, т. е. диф­фузия происходит вследствие разности парциального давления газов.

Обогащенная кислородом, т. е. оксигенированная в легких, кровь идет к тканям по артериям, а дезоксигенированная воз­вращается к сердцу по венам (рис. 2.9). Для самопроизвольной диффузии кислорода в ткани необходимо, чтобы его парциальное давление в альвеолярном воздухе было выше парциального давления в артериальной крови, а последнее в свою очередь вы­ше парциального давления кислорода в тканях. Действительно, парциальное давление в легких, артериях и тканях имеет сле­дующие значения, мм рт. ст.:

легкие (альвеолы) артерии ткани

105 100 40

Для диоксида углерода, наоборот, давление в тканях долж­но быть выше, чем в венозных капиллярах, где оно в свою оче­редь должно быть выше парциального давления СОг в легких. Действительно, парциальное давление, мм рт. ст., в тканях, ве­нах и легких имеет следующие значения:

ткани вены легкие

60 47 35

Ясно, что самопроизвольно кислород движется в направ­лении: легкие— кровь — ткани;

углекислый газ — в обратном направлении: ткани — кровь — легкие.

Следовательно, в основном, движение О2 и СО2 при дыха­нии объясняется простой диффузией.

Необходимо, однако, отметить, что в действительности про­цессы дыхания гораздо сложнее этой упрощенной схемы. О2 и СО2 не просто растворяются в крови, а поглощаются гемогло­бином (вещество, которое придает крови красный цвет). Гемо­глобин содержится в особых клетках — эритроцитах. Иными словами, переносчиком кислорода от легких к тканям и диок­сида углерода от тканей к легким является кровь. В свободном (растворенном) состоянии переносится лишь небольшое коли­чество этих газов.

Основное количество кислорода и диоксида углерода пере­косится в связанном состоянии. Кислород транспортируется в виде оксигемоглобина. Возрастание диссоциации оксигемоглобина и увеличение снабжения тканей кислородом наблюдаются при сокращении мышц и других состояниях перехода тканей из состояния покоя в деятельное состояние.

В крови углекислый газ находится в трех фракциях: физиче­ски растворенный, химически связанный в виде кислых солей угольной кислоты и химически связанный с гемоглобином в ви­ре карбгемоглобина.

Обмен газов в тканях включает освобождение молекул ки­слорода по ходу кровеносных капилляров и диффузию в места его потребления — митохондрии клеток. Это возможно в связи с меньшим напряжением кислорода в тканях (20—40 мм рт. ст.), чем в крови. С другой стороны, наибольшее напряжение диок­сида углерода отмечается в клетках в результате образования этого газа в митохондриях. Диоксид углерода диффундирует по градиенту напряжений в кровеносные капилляры и транс­портируется кровью к легким.

***Нервная регуляция дыхания*** осуществляется дыхательным центором. По современным представлениям ДЦ - совокупность нейронов, расположенных на различных уровнях ЦНС и обеспечивающих дыхательные движения и приспособление дыхания к условиям существования:

1 уровень: спинальный;

2 уровень: бульбарный + уровень варолиевого моста;

3 уровень: супрапонтиальный;

4 уровень: корковый.

Их роль различна, но все они участвуют в регуляции дыхания. При этом наиболее важная роль принадлежит моторной и премоторной зонам КГМ. У животных и человека возможна выработка условных рефлексов на изменение дыхания - Быков и Асратян. Достаточно 10-15 сочетаний для выработки условного рефлекса. У спортсменов перед стартом - гиперпноэ. Асратян - удалял у животных КГМ. При физической нагрузке быстро возникает одышка - диспноэ. Возможность произвольного изменения ЧДД и глубины дыхания - роль КГМ.

*Факторы, влияющие на ДЦ*: избыток СО2 (гиперкапния) - активация ДЦ; недостаток О2 (гипоксемия); ацидоз (накопление в крови Н+); недостаток СО2 - тормозит ДЦ; избыток О2; алкалоз (накопление ОН - в крови).

В регуляции дыхания большое значение, кроме того, имеет рефлекторное влияние с проприрецепторов дыхательных мышц и рецепторов, расположенных в альвеолах (механо- и хемо- рецепторы).

Рефлекторные влияния оказывают и экстерорецепторы:

а со слизистых оболочек дыхательных путей - при этом возникает кашель и чихание (верхние дыхательные пути). При сильном раздражении возможна задержка дыхания;

с кожи - при раздражении тепловых и холодовых рецепторов (задержка и активация дыхания соответственно). При возбуждении болевых рецепторов - кратковременная задержка, а затем увеличение ЧДД и глубины дыхания.

С интерорецепторов: например, с желудка.

С проприорецепторов - скелетных мышц.

С механорецепторов - сердечно-сосудистой системы.

***Гуморальные влияния***. 1890 г. - опыт Фредерика - опыт перекрестного кровообращения. У 2-х собак перекрестно соединили а carotica и v jugularis так, что голова одной собаки получала кровь от туловища другой и наоборот.

У собаки № 2 зажимали трахею: в организме этой собаки возрастает уровень СО2 и уменьшается уровень О2. Кровь, оттекающая от тела собаки №2, вызывает активацию ДЦ собаки №1 - у нее возникает гиперпноэ. В туловище собаки №1 уменьшается уровень СО2 и увеличивается уровень О2. Кровь от туловища собаки №1 идет в голову собаки №2 и вызывает торможение ДЦ вплоть до остановки дыхания - апноэ.

Очевидно, что интенсивность окислительных процессов в организме непостоянна. При мышечной работе газообмен уве­личивается для обеспечения затрат энергии на выполняемую деятельность. При увели­чении нагрузки может быть достигнут пре­дел возможного прироста потребления кис­лорода. Такое максимальное потребление кислорода интересно как величина, харак­теризующая функциональные возможности организма (В. С. Фарфель, 1949; Taylor, 1960, и др.)- Уровень максимального по­требления кислорода определяет величину затрат энергии, которую удается обеспечить за счет окислительных процессов по ходу самой работы, т. е. за счет аэробных про­цессов. Максимальное потребление кисло­рода увеличивается по мере роста ребенка. Оно достигает наибольших величин только в третьем десятилетии жизни (Robinson, 1938; Astrand, 1952). Возра­стают не только абсолютные величины, но и величины, пересчитанные на 1 кг веса тела.

Изменения газообмена во время работы зависят от размеров тела, причем в большей степени от его массы, а не от поверхности. У юных спортсменов максимальное потребление кислорода, пересчитанное на 1 кг веса, достигает уровня, наблюдаемого у взрослых спортсменов: до 70—75 мл на 1 кг веса и более (А. А. Гуминский и О. С. Елизарова, 1965). Однако возрастные различия все же сказываются в этих случаях на продолжительности времени, в течение которого удается поддержи­вать достигнутый уровень потребления кислорода. Взрослые люди мо­гут работать на максимальном уровне несколько минут, в то время как даже тренированные подростки быстро снижают интенсивность газооб­мена, а с ним и интенсивность работы (С. А. Бакулин, 1959).

При кратковременной интенсивной работе затраты энергии так ве­лики, что их нельзя обеспечить за счет газообмена во время работы. После таких нагрузок остается более или менее значительный кисло­родный долг, величина которого оказывается тем больше, чем больше расход энергии за счет анаэробных процессов (А. Хилл, 1929). При про­чих равных условиях чем старше дети, тем больше может быть их кислородный долг. Чем тренированнее спортсмен, тем больше может быть кислородный долг при выполнении работы. При сравнении юных и взрослых спортсменов обнаруживается, что даже при высокой степени тренированности подростки отличаются от взрослых по харак­теру изменений газообмена. В одном из подобных исследований было показано, что исследуемые юные спортсмены пробегали дистанцию 100 м медленнее, чем взрослые, накапливая в то же время больший кислородный долг (рис. 87). Следовательно, анаэробные затраты энер­гии осуществлялись у них менее производительно, чем у взрослых. Спортивная тренировка может очень значительно повысить работоспо­собность детей и подростков, но не устраняет возрастных особенностей и различий.