

Высшее государственное учебное заведение Украины
«Украинская медицинская стоматологическая академия»
Кафедра физиологии

*В.Н.Соколенко, Л.Э.Веснина,
М.Ю.Жукова, И.В.Мищенко*

«ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ»

Модуль 2.
Физиология висцеральных систем



Учебное пособие для студентов
факультета подготовки иностранных студентов

Полтава - 2018

УДК 612.2(075.8)

Рекомендовано ученым советом Высшего государственного учебного заведения Украины «Украинская медицинская стоматологическая академия» как учебное пособие для иностранных студентов высших учебных заведений МЗ Украины, обучающихся на русском языке (протокол №9 заседания ученого совета Высшего государственного учебного заведения Украины «Украинская медицинская стоматологическая академия» от 23 мая 2018.

Учебное пособие представляет собой общее руководство по физиологии дыхания человека. Он подготовлен в соответствии с программой по физиологии для медицинских вузов Украины для специальностей «Медицина» и «Стоматология», а также с учетом требований Болонской конвенции по реформированию системы образования.

В пособии содержится материал, который подлежит внеаудиторному изучению, а также тесты и задачи для самоконтроля знаний студентов. В тесты включены вопросы для подготовки к «Крок-1».

Учебное пособие является одновременно учебником и практикумом для иностранных студентов при подготовке к аудиторным, индивидуальным и внеаудиторным занятиям.

Пособие подготовили: доцент кафедры физиологии ВДНЗУ «Украинская медицинская стоматологическая академия» г. Полтавы **Соколенко В.Н.**, профессор кафедры **Веснина Л.Э.**, доцент кафедры **Жукова М.Ю.**, заведующий кафедрой, профессор **Мищенко И.В.**

Рецензенты:

1. Заведующий кафедрой физиологии с основами биоэтики и биобезопасности Тернопольского государственного медицинского университета им. И.Я.Горбачевского доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Украины **С.Н.Вадзюк.**

2. Заведующий кафедрой физиологии ГВУЗ «Івано-Франківський національний медичний університет», доктор медицинских наук, профессор **Н.М. Воронич-Семченко.**

3. Доктор медицинских наук, профессор кафедры внутренней медицины №1 ВУГЗУ «Украинская медицинская стоматологическая академия» **Скрипник И.Н.**

Введение

Любой клетке для жизнедеятельности необходима энергия. Животные клетки, как правило, получают энергию в результате окислительного распада питательных веществ, поэтому к ним должен постоянно поступать кислород. В то же время нормальное функционирование клеток возможно лишь при условиях удаления конечного продукта метаболизма – углекислого газа.

Дыхание – одна из основных жизненных функций, совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм O_2 , использование его в окислительно-восстановительных процессах, а также удаление из организма CO_2 и некоторых других соединений, являющихся конечными продуктами обмена веществ.

В организме человека дыхательная система выполняет **дыхательную** и **недыхательную** функции.

Дыхательная функция системы поддерживает газовый гомеостазис внутренней среды организма в соответствии с уровнем метаболизма его тканей.

С вдыхаемым воздухом в легкие попадают микрочастицы пыли, которые задерживаются слизистой оболочкой дыхательных путей и затем удаляются из легких с помощью защитных рефлексов (кашель, чихание) и механизмов мукоцилиарного очищения (**защитная функция**).

Недыхательные функции системы обусловлены такими процессами, как синтез (сурфактанта, гепарина, лейкотриенов, простагландинов), активация (ангиотензина II) и инактивация (серотонина, простагландинов, норадреналина) биологически активных веществ, при участии альвеолоцитов, тучных клеток и эндотелия капилляров легких (**метаболическая функция**). Эпителий слизистой оболочки дыхательных путей содержит иммунокомпетентные клетки (Т- и В-лимфоциты, макрофаги) и тучные клетки (синтез гистамина), обеспечивающие **защитную функцию** организма. Через легкие из организма выводятся с

выдыхаемым воздухом пары воды и молекулы летучих веществ, в том числе и токсические (**выделительная функция**), а также незначительная часть тепла из организма (**терморегулирующая функция**). Дыхательные мышцы грудной клетки участвуют в поддержании положения тела в пространстве (**позно-тоническая функция**). Капилляры легких могут накапливать большое количество крови (**депонирующая функция**), а с поверхности легких легко всасываются эфир, хлороформ, никотин и многие другие вещества (**всасывательная функция**).

Наконец, нервный аппарат дыхательной системы, мышцы голосовой щели и верхних дыхательных путей, а также мышцы грудной клетки участвуют в речевой деятельности человека (**функция речеобразования**) [8].

У человека процесс дыхания включает:

- Внешнее дыхание, или вентиляция легких - обмен газов между альвеолами легких и атмосферным воздухом.
- Обмен газов в легких между альвеолярным воздухом и кровью.
- Транспорт газов кровью, то есть процесс переноса O_2 от легких к тканям, а CO_2 от тканей к легким
- Обмен газов между кровью капилляров большого круга кровообращения и клетками тканей.
- Внутреннее (тканевое) дыхание – биологическое окисление в митохондриях легких.[1]

Четыре первых этапа изучает физиология, а последний – биохимия.

У человека газообмен происходит в основном в альвеолах легких и лишь около 2 % поступает в кровь через кожу.

Кислород может проникнуть сквозь кожу, но лишь в небольших количествах, совершенно недостаточных для поддержания жизни. Существует легенда об итальянских детях, которых для участия в религиозной процессии покрасили золотой краской; история дальше повествует, что все они умерли от удушья, потому что "кожа не могла дышать". На основании научных данных смерть от удушья здесь совершенно исключена, так как поглощение кислорода через кожу едва

измеримо, а выделение двуокиси углерода составляет менее 1% от его выделения через легкие [9].

Внешнее дыхание

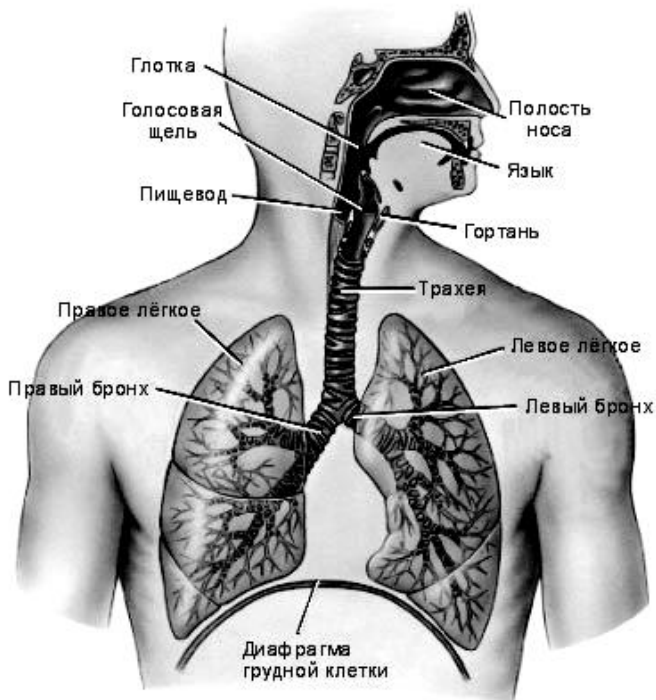
Дыхательная система человека состоит из тканей и органов, обеспечивающих легочную вентиляцию (воздухоносные пути и костно-мышечная система, выполняющая вентиляцию легких) и легочное дыхание (орган газообмена - легкие) (рис.1,1а).



Рис.1. Дыхательная система человека

(изображение со свободного доступа интернетресурса <http://zdorovushko.ru/med-spravochnik/dyxatelnaya-sistema/>)

К воздухоносным путям относятся: нос, полость носа, носоглотка, гортань, трахея, бронхи и бронхиолы.



Костно-мышечная система образована грудной клеткой; дыхательными мышцами, которые увеличивают или уменьшают размер грудной клетки; участками головного мозга, которые регулируют работу дыхательной системы; путями и нервами, которые соединяют головной мозг с мышцами.

Рис. 1а. Строение дыхательной системы человека

(изображение со свободного доступа интернетресурса <http://www.sleepnet.ru/patologiya-organov-i-narusheniya-sna/dyihatelnaya-sistema-2/dyihatelnaya-sistema-cheloveka/>)

Легкие состоят из бронхиол и альвеолярных мешочков, а также из артерий, капилляров и вен легочного круга кровообращения (Рис.2).

Общая площадь альвеол легких достигает в среднем 100 м². Альвеолы, которые находятся на конце мелких дыхательных путей легких, имеют диаметр примерно 0,3 мм и плотно контактируют с легочными капиллярами. Циркуляция крови между клетками тканей организма человека, потребляющих O₂ и продуцирующих CO₂, и легкими, где эти газы обмениваются с атмосферным воздухом, осуществляется системой кровообращения. [8]

В покое ЧД человека 12-15 раз за 1 мин. Около 500 мл воздуха за один дыхательный акт, или 6-8 л за минуту вентилируется во время вдоха и выдоха. Воздух, который вдыхают, смешивается с газом, который содержится в альвеолах, и простой диффузией O₂ попадает в кровь легочных капилляров, тогда как CO₂ приходит в альвеолы. Следовательно, ежеминутно 250 мл O₂ приходит, а 200 мл CO₂ высвобождается из организма человека.

Следы других газов, н-р метан из кишки, также есть в воздухе, который выдыхают. Алкоголь и ацетон выдыхают если они имеются в

организме в определенной концентрации. В целом, можно определить 250 разных летучих веществ в воздухе, который выдыхает человек.

Дыхательные газы переносятся в организме путем конвекционного и диффузионного транспорта.

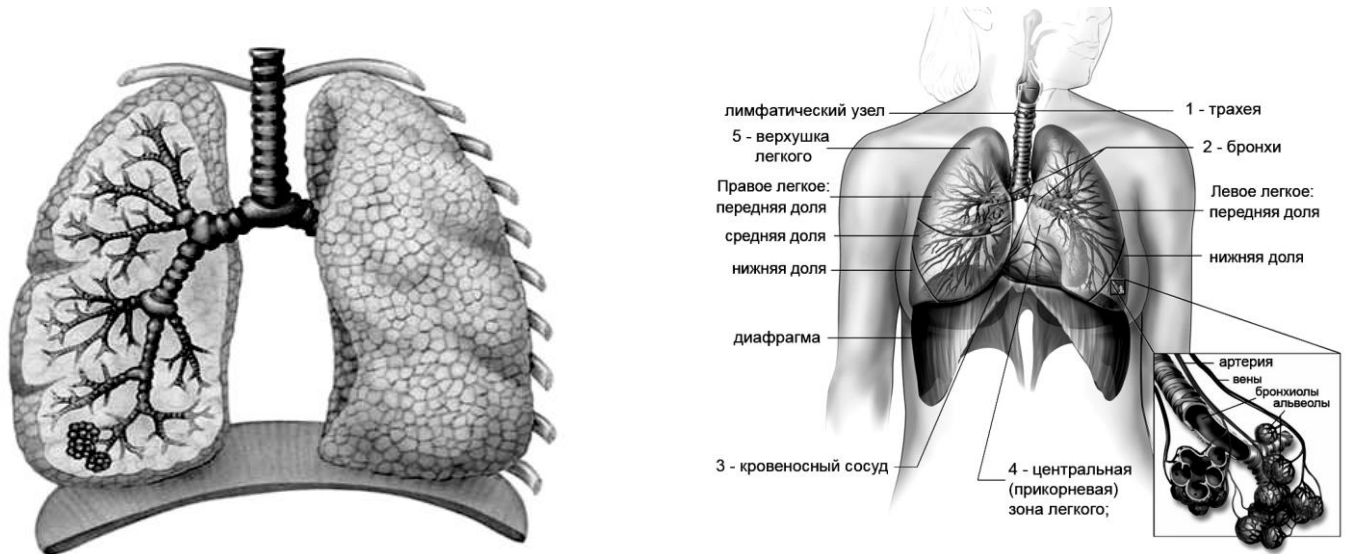


Рис. 2. Орган газообмена – легкие

(изображение со свободного доступа интернетресурса http://house-massage.ru/stroenie_i_funkcii_organov_dyhanija.html)

Для переноса веществ на сравнительно небольшие расстояния служат процессы **конвекционного транспорта** (основан на градиенте давления, который создается с затратами энергии): легочная вентиляция и транспорт газов кровью.

Диффузный транспорт (основан на градиенте концентрации газов и создается без затрат энергии и происходит в легочных альвеолах и тканях, омываемых кровью) служит для переноса газов лишь на короткие расстояния (менее 0,1 мм). При этом он играет важнейшую роль в переносе O_2 и CO_2 в замкнутую систему кровообращения и из нее [5,10].

Внешнее дыхание или вентиляция легких осуществляется циклически за счет создания разности давлений между альвеолярным и атмосферным воздухом путем чередования **вдоха (инспирация)** и **выдоха (экспирация)**. Вдох, как правило, несколько короче выдоха.

Акт вдоха есть активным процессом в осуществлении которого важное значение имеет изменение объема грудной полости.

Поскольку легкие постоянно соединены через воздухоносные пути с внешней средой, то давление воздуха в них равно атмосферному. Легкие находятся всегда в растянутом состоянии, так как атмосферное давление действует на них в одном направлении - изнутри. Во время вдоха растяжение увеличивается, во время выдоха - уменьшается.

Грудная клетка представляет собой пассивную костно-хрящевую основу, объединенную связками, которая в процессе вдоха расширяется благодаря двум механизмам - поднятию ребер и уплощению диафрагмы. Механизмы увеличения и уменьшения объема грудной полости осуществляются за счет работы дыхательных мышц, которые делятся на **инспираторные** и **экспираторные**.

За счет сокращения инспираторных дыхательных мышц объем грудной полости увеличивается в трех направлениях - вертикальном, сагиттальном и фронтальном.

Как это происходит? В этом процессе можно выделить несколько факторов. Один из них – это сокращение **диафрагмы** - основной инспираторной мышцы, которая обеспечивает увеличение грудной полости в вертикальном направлении. Движение диафрагмы приводит к изменению внутригрудного объема в пределах 75%. Охватывая дно грудной полости, диафрагма нависает над печенью и движется вниз при вдохе как поршень (на 1,5-7 см, а 1 см - увеличение объема на 200-300 мл).

Состоит диафрагма из 3 частей: реберной, центрального сухожилия и ножки диафрагмы (рис. 3,4).

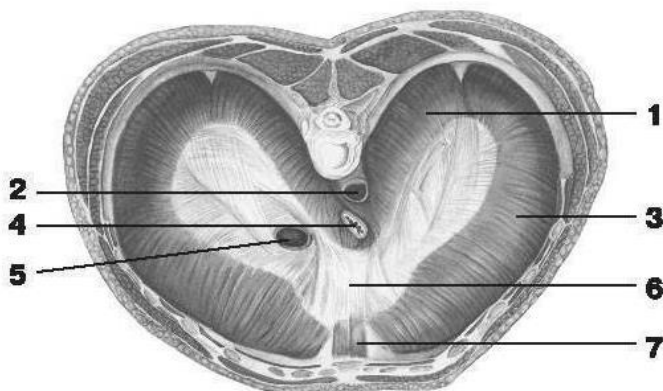


Рис.3. Диафрагма (вид сверху):

1 — поясничная часть диафрагмы; 2 — аортальное отверстие; 3 — реберная часть диафрагмы; 4 — пищеводное отверстие; 5 — отверстие полых вен; 6 — сухожильный центр; 7 — грудинная часть диафрагмы
(изображение со свободного доступа интернетресурса
https://anatomy_atlas.academic.ru/1661)

Реберная часть и ножки диафрагмы иннервированные различными волокнами диафрагмального нерва и, таким образом, могут сокращаться независимо. Например, во время рвоты и срыгивания внутрибрюшное давление увеличивается благодаря сокращению реберных волокон. В период, когда волокна ножек расслаблены, происходит перемещение содержимого желудка в пищевод. Ножка диафрагмы принимает участие в акте глотания.

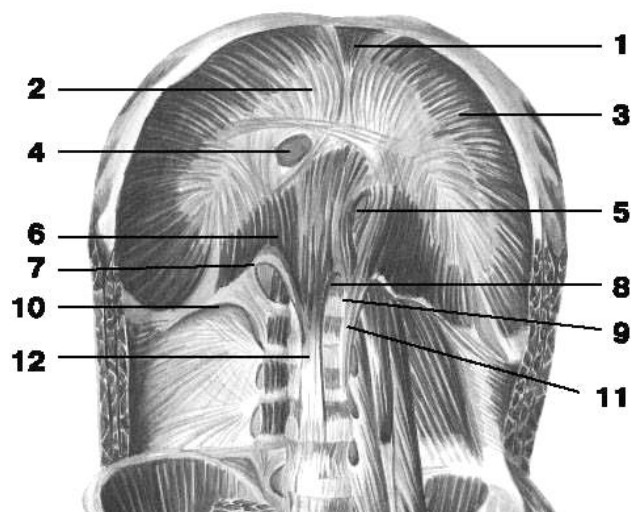


Рис. 4. Диафрагма и мышцы задней стенки живота:

1 — грудинная часть диафрагмы; 2 — сухожильный центр; 3 — реберная часть диафрагмы; 4 — отверстие поллой вены; 5 — пищеводное отверстие; 6 — поясничная часть диафрагмы; 7 — медиальная дуговая связка; 8 — аортальное отверстие; 9 — срединная дуговая связка; 10 — латеральная дуговая связка; 11 — левая ножка диафрагмы; 12 — правая ножка диафрагмы (изображение со свободного доступа интернетресурса https://anatomy_atlas.academic.ru/1661)

В результате сокращения диафрагмы происходит уменьшение (уплощение) ее купола, внутренние органы (в брюшной полости) оттесняются вниз, и грудная клетка увеличивается в вертикальном направлении (рис.5).

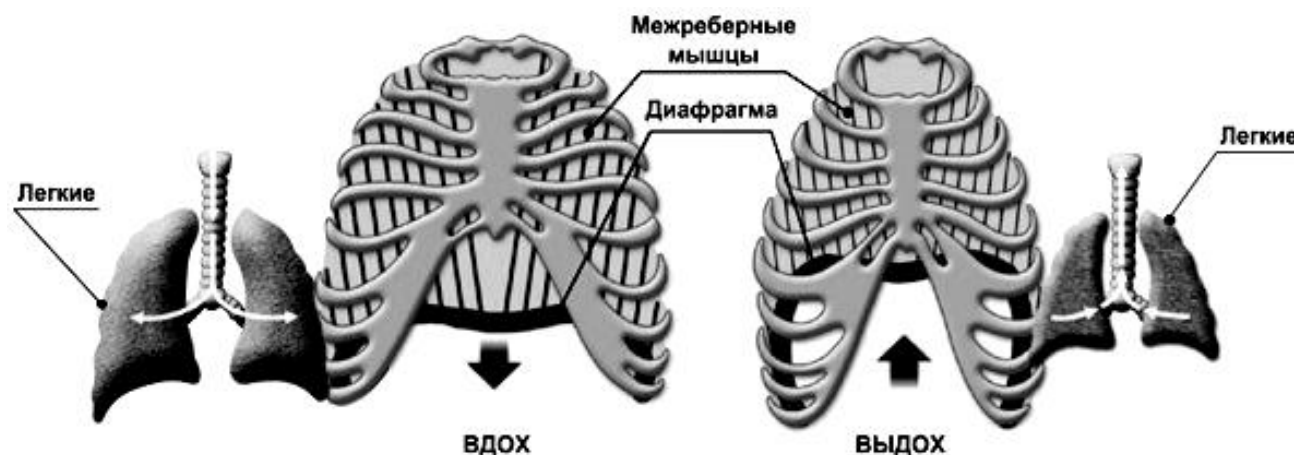


Рис. 5. Положение купола диафрагмы и нижних ребер грудной клетки при спокойном выдохе и вдохе

(изображение со свободного доступа интернетресурса <http://pravdanews.info/diafragma-kak-klyuch-k-zdorovyu-8.html>)

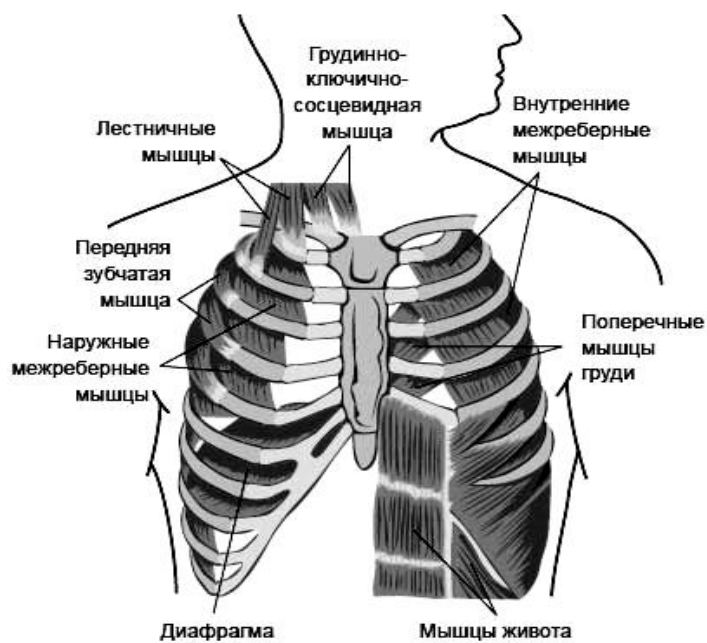


Рис.6. Мышечная система, обеспечивающая дыхание

(изображение со свободного доступа интернетресурса <http://1lustiness.ru/polza-i-vred-produktov/poleznaya-eda/6990-dykhatel'naya-sistema-fiziologiya-i-funktsii-dykhaniya-cheloveka-elatrium>)

Другой фактор – это сокращение наружных косых межреберных и межхрящевых мышц (как Вы помните из анатомии, они имеют следующее расположение – ближе к позвоночнику прикреплены у вышележащего ребра, а у грудины

– у нижележащего) (рис. 6). В результате этого происходит увеличение объема грудной клетки в сагитальном и фронтальном направлениях. Такому изменению положения грудной клетки способствует то, что ребра выдвигаются вперед, вверх и в стороны.

Так, как легкие через висцеральный и париетальный листки плевры соединены с грудной клеткой, то вслед за увеличением ее объема происходит увеличение объема легких. Это приводит к снижению в них давления. Оно становится ниже атмосферного, воздух попадает в легкие. Способствует акту вдоха и отрицательное давление в плевральной полости, которое во время вдоха возрастает, Это объясняется тем, что при растяжении легких увеличивается их эластическая тяга – сила, с которой легкое стремится сжаться. Она обусловлена двумя факторами: наличием большого количества эластических волокон в стенках альвеол и поверхностным натяжением пленки жидкости, содержащей сурфактанты и покрывающей внутреннюю поверхность стенки альвеол.

Таким образом, вдох осуществляется достаточно **активным** способом.

Наличие на внутриальвеолярной поверхности сурфактанта оказывает сильное влияние на величину растяжимости и эластической

тяги легких. Он представляет собой структуру из фосфолипидов и белков, образуемых альвеолярными пневмо-цитами 2-го типа (рис.7).

Сурфактант играет важную роль в поддержании структуры, свойств легких, облегчении газообмена и выполняет следующие функции [5]:

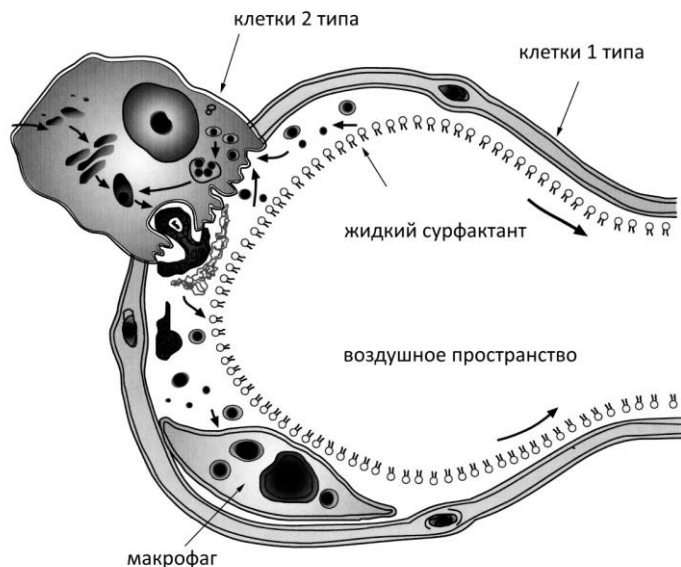


Рис. 7. Сурфактант

(изображение со свободного доступа интернетресурса https://www.kroha.net/lekarstvennie_preparati/preparati_dlya_detey/surfaktant/)

- снижает поверхностное натяжение в альвеолах и увеличивает растяжимость легких;
- препятствует слипанию стенок альвеол;
- увеличивает растворимость газов и облегчает их диффузию через стенку альвеолы;
- препятствует развитию отека альвеол;
- облегчает расправление легких при первом вдохе новорожденного;
- способствует активации фагоцитоза альвеолярными макрофагами.

Обычно секреция сурфактанта в альвеолах начинается на 6-7 мес. внутриутробного развития и является показателем развития легких.

Дефицит сурфактанта считается причиной поражения альвеолярного дерева и образования в легочной ткани очагов ателектаза. У многих недоношенных детей в момент рождения в альвеолах еще нет сурфактанта или его очень мало, в результате их легкие имеют высокую тенденцию к спадению (иногда в 6-8 раз больше, чем у нормального взрослого) (рис. 8). Происходит нарушение газообмена, и, как следствие, гипоксия. Гипоксия в свою очередь приводит к повреждению легочных

сосудов, через которые начинается поступление богатой белком жидкости в просвет альвеол. Нарушается оксигенация крови. Такое состояние называют *синдромом респираторного дистресса новорожденных*. Без применения интенсивной терапии (продолжительного искусственного дыхания под положительным давлением) такое состояние приводит к смерти [8].

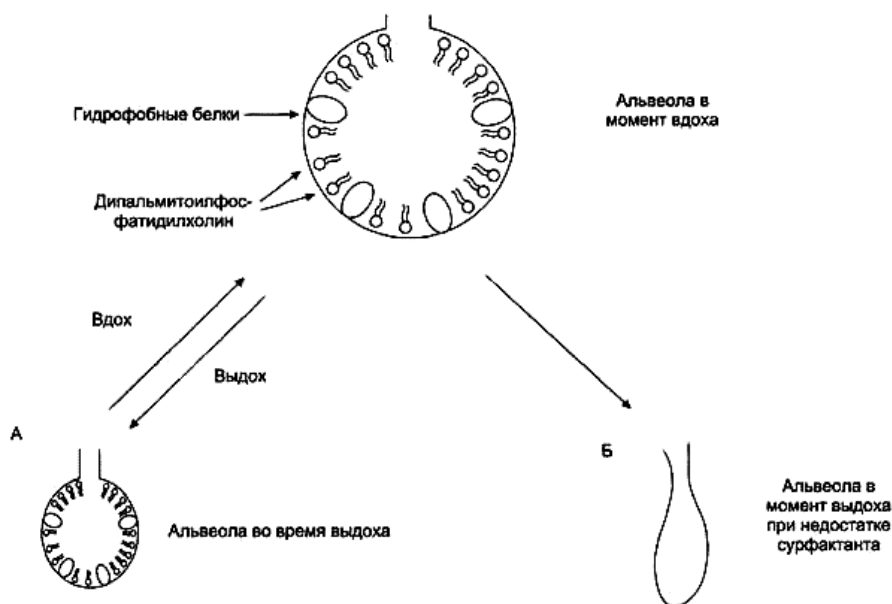


Рис.8. Значение сурфактанта для легких:

А – сурфактант уменьшает поверхностное натяжение жидкости, выстилающей поверхность альвеол, и предотвращает слипание стенок альвеол во время выдоха. Меньшее давление воздуха не обходимо, чтобы наполнить альвеолы воздухом.

Б – в отсутствие сурфактанта или при его недостаточном образовании (у недоношенных детей) стенки альвеол во время выдоха спадаются и требуется давление воздуха в 10 раз больше, чтобы наповнить альвеолы.

(изображение со свободного доступа интернетресурса http://biochemistry.ru/biohimija_severina/B5873Part65-432.html)

Диафрагма и внешние межреберные мышцы в состоянии самостоятельно поддерживать достаточную вентиляцию легких. Пересечение спинного мозга над третьим шейным сегментом приводит к фатальным последствиям, тогда как пересечение ниже 5 шейного сегмента - нет, потому что диафрагмальный нерв, который отходит от шейных сегментов C₃-C₅ остается невредимым. Напротив, в больных с билатеральным параличом диафрагмального нерва, однако с сохранением иннервации межреберных мышц дыхание затруднено, но достаточное для поддержания жизни.

Лестничные, грудинно-ключично-сосцевидные мышцы шеи, *трапецевидная, большая и малая грудные мышцы, мышцы разгибатели позвоночника* являются *вспомогательными* мышцами вдоха и помогают поднять грудную клетку в случае усиленного дыхания.

Таким образом, в акте вдоха принимают участие мышцы-разгибатели.

В конце вдоха от момента, когда силы растяжения легких и грудной стенки теряют уравновешенность, сила растяжения легких направляет грудную стенку в положение **выдоха (экспирация)** (рис.5,6). Давление в дыхательных путях становится незначительно позитивным и воздух выходит из легких.

В целом, дыхательные мышцы в акте выдоха участия не принимают, поэтому его считают *пассивным* процессом. Но сильный вдох может снизить внутриплевральное давление до «-30» мм рт.ст. и больше, предопределяя значительную степень наполнения легких. Если вентиляция увеличивается, то и объем выдоха легких тоже увеличивается путем сокращения *экспираторных* мышц и уменьшения объема внутригрудного пространства.

К экспираторным мышцам относятся *внутренние межреберные мышцы*, которые во время сокращения толкают реберную клетку книзу. Сокращение мышц передней брюшной стенки также помогает выдоху, таща грудную клетку книзу и внутрь, а в случае увеличения внутрибрюшного давления, еще и поднимая диафрагму.

Таким образом, **акт выдоха** - в обычных условиях осуществляется пассивно за счет следующих факторов: силы тяжести грудной клетки, эластической тяги перекрученных во время вдоха реберных хрящей, давления органов брюшной полости. Выдох, также как и вдох, может быть и активным (например, при гипервентиляции), когда происходит сокращение *внутренних косых межреберных мышц*.

Дыхательные мышцы в процессе работы преодолевают определенное сопротивление. Примерно две трети его приходится на *эластическое сопротивление*, обусловленное тканями легких и грудной

стенки, а также действием сурфактанта. Кроме того, часть усилий, которые развиваются дыхательными мышцами, тратится на преодоление неэластического сопротивления, обусловленного трением газового потока о воздухоносные пути.

Эластическая тяга легких — сила, с которой легкие стремятся сжаться и с которой ткань легкого противодействует давлению плевральной полости и обеспечивает спадение альвеол.

Две трети эластической тяги легких обусловлены поверхностным натяжением сурфактанта и жидкости внутренней поверхности альвеол, около 30% создается эластическими волокнами легких и примерно 3% тонусом гладко-мышечных волокон внутрилегочных бронхов.

Величина эластической тяги легких обратно пропорциональна величине их растяжимости.

При вдохе и выдохе дыхательная система преодолевает **неэластическое (вязкое) сопротивление**, состоящее из следующих компонентов:

- аэродинамического сопротивления воздухоносных путей;
- вязкого сопротивления тканей;
- инерционного сопротивления (малое и им можно пренебречь).

Воздух, вдыхаемый и выдыхаемый движется по воздухоносным путям под действием градиента давления между полостью рта и альвеолами. Этот градиент давления служит движущей силой для переноса дыхательных газов. Воздушный поток в дыхательных путях имеет преимущественно ламинарный характер, но в некоторых участках (особенно в местах разветвления бронхов и в участках их патологических сужений) могут возникать завихрения. Поток воздуха в этих случаях становится турбулентным. При ламинарном потоке воздуха, согласно закону Хагена-Пуазейля, объемная скорость V (расход) пропорциональна градиенту давления ΔP , и обратно пропорциональна аэродинамическому сопротивлению R , зависит от поперечного сечения и длины трубки и от вязкости газа. Это сопротивление обычно называют сопротивлением воздухоносных путей.

В норме аэродинамическое сопротивление определяется, главным образом, условиями для воздухоносного потока в трахее и крупных бронхах. Что касается мелких бронхов и бронхиол, то их вклад в общее сопротивление невелико из-за очень большой суммарной площади поперечного сечения. При вдохе и выдохе преодолевается не только сопротивление воздухоносных путей, но и вязкое сопротивление тканей грудной и брюшной полостей, обусловленное их внутренним трением и неупругой деформацией. Сопротивление тканей сравнительно невелико. В норме общее неэластическое сопротивление легких на 90% создается сопротивлением воздухоносных путей и лишь на 10% - сопротивлением тканей. [4]

При спокойном дыхании на работу дыхательных мышц расходуется около 2% поглощенного кислорода. Однако при физической нагрузке энергетические потребности дыхательных мышц растут в большей степени, чем минутный объем дыхания и поглощения O_2 . В связи с этим при тяжелой физической работе на деятельность дыхательной мускулатуры расходуется до 20% общего поглощения кислорода.

Как было упомянуто ранее, большую роль в процессе вдоха играет внутриплевральное давление. Как оно возникает и каково его значение? Поговорим об этом более подробно.

Грудная клетка образует герметичную полость, обеспечивающую изоляцию легких от атмосферы. Легкие покрывает листок висцеральной плевры, а внутреннюю поверхность грудной клетки — листок париетальной плевры. Листки переходят один в другой у ворот легкого и между ними образуется щелевидное пространство, заполненное плевральной жидкостью. Часто это пространства называют плевральной полостью, хотя полость между листками образуется лишь в особых случаях. Слой жидкости в плевральной щели несжимаем и нерастяжим и плевральные листки не могут отойти друг от друга, хотя способны легко скользить вдоль (подобно двум стеклам, приложенным смоченными поверхностями, их трудно разъединить, но легко смещать вдоль плоскостей).

При обычном дыхании давление между плевральными листками ниже, чем атмосферное; его называют **отрицательным давлением** в плевральной щели. Появление отрицательного давления в плевральной щели (рис. 9.) объясняется тем, что грудная клетка новорожденного растет быстрее, чем легкие, в силу чего легочная ткань подвергается постоянному растяжению.

Причинами возникновения отрицательного давления в плевральной щели являются наличие эластической тяги легких и грудной клетки и способность плевральных листков захватывать (сорбировать) молекулы газов из жидкости плевральной щели или воздуха, попадающего в нее при ранениях грудной клетки или при проколах с лечебной целью. Из-за наличия отрицательного давления в плевральной щели в нее идет постоянная фильтрация небольшого количества газов из альвеол. В этих условиях сорбционная активность плевральных листков предотвращает накопление в ней газов и предохраняет легкие от спадания.

Важная роль отрицательного давления в плевральной щели состоит в удерживании легких в растянутом состоянии даже во время выдоха, что необходимо для заполнения ими всего объема грудной полости, определяемого размерами грудной клетки.

У новорожденного соотношение объемов легочной паренхимы и грудной полости больше, чем у взрослых, поэтому в конце спокойного выдоха отрицательное давление в плевральной щели исчезает.

У взрослого человека в конце спокойного выдоха отрицательное давление между листками плевры составляет в среднем 3-6 см вод. ст. (т.е. на 3-6 см меньше, чем атмосферное).

Если человек находится в вертикальном положении, то отрицательное давление в плевральной щели вдоль вертикальной оси тела значительно различается (изменяется на 0,25 см вод. ст. на каждый сантиметр высоты). Оно максимально в области верхушек легких, поэтому при выдохе они остаются более растянутыми и при последующем вдохе их объем и вентиляция увеличиваются в небольшой степени.

В области основания легких величина отрицательного давления может приближаться к нулю (или оно даже может стать положительным в случае потери легкими эластичности из-за старения или заболеваний). Своей массой легкие давят на диафрагму и прилежащую к ней часть грудной клетки. Поэтому в области основания в конце выдоха они менее всего растянуты. Это создаст условия для их большего растяжения и усиленной вентиляции при вдохе, увеличения газообмена с кровью.

Под влиянием силы тяжести к основанию легких притекает больше крови, кровотоков в этой зоне легких превышает вентиляцию.

У здорового человека лишь при форсированном выдохе давление в плевральной щели может стать больше атмосферного.

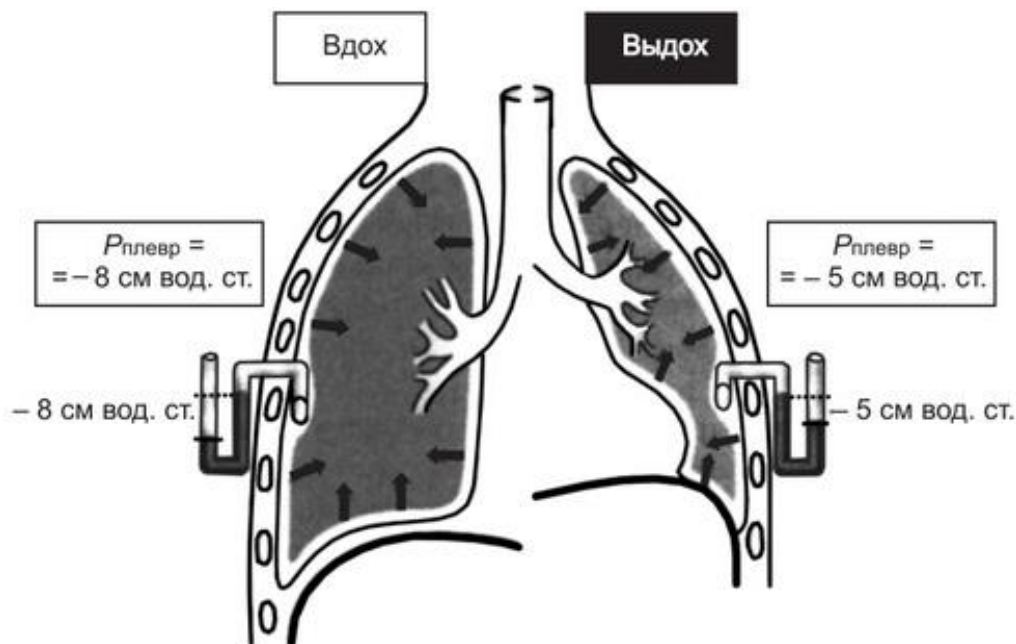


Рис. 9. Изменения размеров грудной клетки, объема легких и давления в плевральной щели при вдохе и выдохе

(изображение со свободного доступа интернетресурса
<http://www.grandars.ru/college/medicina/dyhatelnye-myshcy.html>)

В конце спокойного вдоха отрицательное давление в плевральной щели составляет 6-9 см вод. ст., а при максимально интенсивном вдохе может достигать большей величины. Если же вдох осуществляется с максимальным усилием в условиях перекрытия дыхательных путей и невозможности поступления воздуха в легкие из атмосферы, то отрицательное давление в плевральной щели на короткое время (1-3 с) достигает 40-80 см вод. ст.

Внутриплевральное давление у новорожденного. Степень растяжения легких у новорожденных иной, чем у взрослых. После первого вдыхания плевральное давление на высоте инспирации составляет - 10 см. вод ст. Но в конце выдоха разница между внутриплевральным давлением и атмосферным у новорожденного равна 0. Поэтому при вскрытии грудной клетки легкие не спадаются. С возрастом степень растяжения легких в конце выдоха постепенно увеличивается.

Таким образом, отрицательное давление постоянно поддерживается в плевральной щели.

Поступления воздуха в плевральную полость называется **пневмотораксом** (рис.10).



Рис.10. Развитие пневмоторакса

(изображение со свободного доступа интернетресурса
https://sekretizdorovya.ru/publ/spontannyj_pnevmotoraks/26-1-0-769)

Эффективный газообмен в этих условиях становится невозможным.

Различают **открытый пневмоторакс** - если взаимосвязь между плевральным пространством и внешней средой открыта, и, **закрытый пневмоторакс** - если отверстие, через которое воздух попадает в плевральное пространство, герметично закрыто.

Давление в плевральной щели становится равным атмосферному давлению и легкое спадается. Если вместо воздуха там окажется жидкость, то это явление имеет соответствующее название – гидро-, пио-, гемоторакс (рис.11) [7].

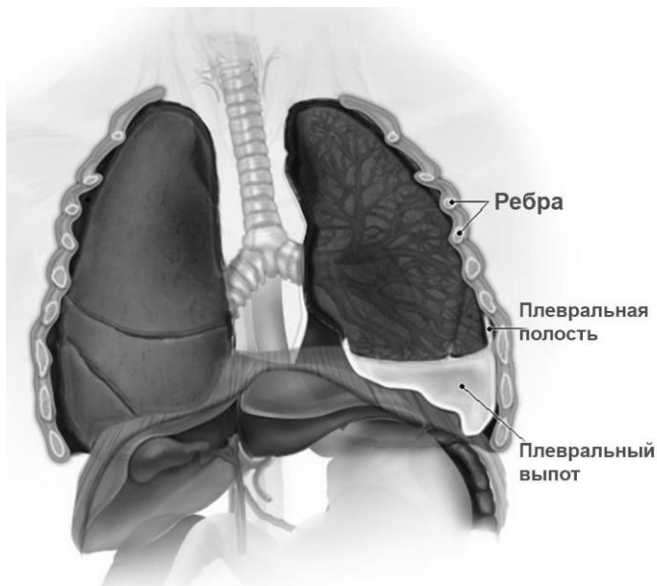


Рис.11. Синдром скопления жидкости в плевральной полости

(изображение со свободного доступа интернетресурса <http://otekam.net/zastoj/legkie-skaplivaetsya-zhidkost.html>)

Один цикл чередования вдоха и выдоха составляет **дыхательный акт** (рис. 12).

Паттерн дыхания - это соотношение компонентов дыхательного акта (длительность фаз, глубина дыхания, динамика давления и потоков в воздухоносных путях). Организм избирает такой паттерн дыхания, при котором требуемый уровень альвеолярной вентиляции достигается с наименьшей затратой энергии на работу дыхательных мышц.

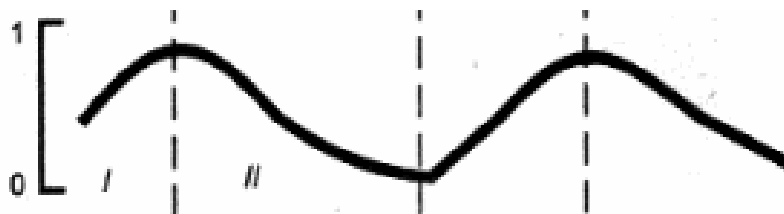


Рис. 12. Фазы дыхательного акта (спирограмма)

(изображение со свободного доступа интернетресурса https://studopedia.ru/11_113067_patterni-dihaniya.html)

В норме дыхание представлено равномерными дыхательными циклами “вдох-выдох” в соотношении 1:1,3 с частотой дыхательных движений 12-16 за мин. Этот вид дыхания получил название *эйпноэ*.

Паттерн дыхания может изменяться в зависимости от состояния человека, его потребностей - разговор, прием еды.

Периодически может возникать *апноэ* – задержка дыхания при вдохе и выдохе.

Гиперпноэ – увеличение частоты и глубины дыхания при физической нагрузке за счет повышения потребности в O₂.

При нарушении структур мозга, имеющих непосредственное отношение к процессу дыхания, паттерн дыхания существенно меняется.

Ритмичность дыхательных циклов относительна. Даже в условиях покоя низкоамплитудные дыхательные движения периодически сменяются движениями большой амплитуды, так называемыми **вставочными вдохами**, после которых наступает удлиненная пауза. Такие высокоамплитудные вдохи способствуют вентиляции альвеол застойных участков легких.

При различных состояниях организма, фармакологических воздействиях или неадекватных окружающих условиях наблюдаются **расстройства дыхания**. Все формы нарушения нормального дыхания объединяются термином «диспноэ».

Различают несколько типов патологического дыхания (рис.13).

Часто встречается так называемое периодическое **дыхание Чейна—Стокса**: дыхательные движения постепенно углубляются и учащаются, что приводит к развитию гипервентиляции и гипокании. В результате частота и глубина дыхания уменьшаются вплоть до апноэ. Затем концентрация углекислоты в крови увеличивается, что в свою очередь приводит к новому нарастанию частоты и глубины дыхания. Причиной могут быть функциональные изменения возбудимости центрального дыхательного механизма, наступающие в результате гипоксии, либо органического поражения дыхательного центра. Дыхание Чейна-Стокса наблюдается иногда у детей младшего возраста, у практически здоровых

людей во время сна, а также в горах. Возникает при нарушении работы дыхательных нейронов продолговатого мозга, часто наблюдается при гипокании.

1	Эйпноэ	
2	Гиперпноэ	
3	Апноэ	
4	Дыхание Чейна – Стокса	
5	Дыхание Биота	
6	Апнейзис	
7	Гаспинг	

Рис. 13. Различные формы дыхания в норме (1-3) и патологии (4-7) (по В.Ефимову и В.Сафонову с изм).
(изображение со свободного доступа интернетресурса <https://med.wikireading.ru/24970>)

При хронической гипоксии головного мозга или отделении перерезкой передней части моста от среднего мозга дыхание напоминает "лягушачье" — после развития вдоха следует инспираторная задержка и короткий выдох. Такой тип дыхания называется **апнейстическим**. Он может быть вызван снижением тонического импульсного потока к нервным клеткам пневмотаксического центра, регулирующего соотношение фаз дыхательного цикла, или частичной блокадой сенсорной информации, поступающей по блуждающему нерву.

Если устранены все влияния, исходящие из роstralных отделов центральной нервной системы, то дыхание приобретает судорожный

характер — «гаспинг-дыхание», с резким вдохом максимальной амплитуды, в котором принимают участие не только дыхательные мышцы, но и другая скелетная мускулатура. Выдох происходит активно. Дыхательные движения становятся редкими, с большими экспираторными паузами.

Гаспинг, или терминальное редкое дыхание, возникает при резкой гипоксии мозга или в период агонии.

Особый характер дыхания отмечен при **одышке**, т. е. при нарушении частоты и глубины дыхательных движений, сопровождающихся субъективным ощущением удушья.

Атактическое дыхание, т.е. неравномерное, хаотическое, нерегулярное дыхание. Наблюдается при сохранении дыхательных нейронов продолговатого мозга, но при нарушении связи с дыхательными нейронами варолиева моста.

Дыхание Биота проявляется в том, что между нормальными дыхательными циклами «вдох-выдох» возникают длительные паузы - до 30с. Такое дыхание развивается при повреждении дыхательных нейронов варолиева моста, но может появиться в горных условиях во время сна в период адаптации.

При **дыхательной апраксии** больной не способен произвольно менять ритм и глубину дыхания, но обычный паттерн дыхания у него не нарушен. Это наблюдается при поражении нейронов лобных долей мозга.

При **нейрогенной гипервентиляции** дыхание частое и глубокое. Возникает при стрессе, физической работе, а также при нарушениях структур среднего мозга.

Дыхание Куссмауля – глубокое дыхание с укороченным активным выдохом.

Все виды паттернов дыхания, в том числе и патологические, возникают при изменении работы дыхательных нейронов продолговатого мозга и варолиева моста. Наряду с этим могут развиваться вторичные изменения дыхания, связанные с различной патологией или воздействием на организм экстремальных факторов внешней среды. Например, застой

крови в малом круге кровообращения, гипертензия малого круга или амнезия вызывают учащение дыхания (*тахипноэ*). Дыхание типа Чейна—Стокса часто развивается при сердечной недостаточности. Метаболический ацидоз, как правило, вызывает *брадинноэ*. [1]

В зависимости от того, связано ли расширение грудной клетки при нормальном дыхании преимущественно с поднятием ребер или уплощением диафрагмы, различают **грудной (реберный) и брюшной (диафрагмальный)** тип дыхания. При грудном типе дыхание обеспечивается, в основном, за счет работы межреберных мышц, а диафрагма смещается пассивно в соответствии с изменением внутригрудного давления. При брюшном типе дыхания в результате мощного сокращения диафрагмы не только понижается внутриплевральное давление, но и одновременно повышается и внутрибрюшное. Этот тип дыхания более эффективен, так как при нем сильнее вентилируются легкие, и облегчается венозный возврат крови от органов брюшной полости к сердцу. **Диафрагмальное дыхание более физиологично!** [2]

Легочная вентиляция

Вентиляция легких зависит от глубины дыхания (дыхательного объема) и частоты дыхательных движений. Оба эти параметры могут изменяться в зависимости от потребностей организма. В покое дыхательный объем невелик по сравнению с общим объемом воздуха в легких. Таким образом, человек может как вдохнуть так и выдохнуть дополнительный объем воздуха. Однако, даже при самом глубоком выдохе в альвеолах и воздухоносных путях легких остается некоторое количество воздуха. Для того, чтобы количественно описать все эти взаимоотношения, общий легочный объем делят на несколько компонентов (при этом под емкостью понимают совокупность двух или нескольких компонентов).

Количество воздуха, находящееся в легких после максимального вдоха, составляет **общую емкость легких (ОЕЛ)** (рис. 14).

Величина ОЕЛ у взрослых достигает 4200-6000 мл. Она состоит из **жизненной емкости легких (ЖЕЛ)** и **остаточного объема (ОО)**.

Жизненная емкость легких – это количество воздуха, которое выходит из легких при максимально глубоком выдохе после максимально глубокого вдоха. Она в норме составляет величину от 3300 до 4800 мл (у мужчин 4000-4800 мл, у женщин – 3300-4000 мл). ЖЕЛ состоит из трех легочных объемов (дыхательного, резервного вдоха и резервного выдоха).

ЖЕЛ - клинический показатель функции легких, отражающий как силу дыхательных мышц, так и другие аспекты дыхания. ЖЕЛ зависит от возраста, пола, роста, положения тела: в вертикальном положении она несколько больше, чем в горизонтальном (в вертикальном положении в легких меньше крови). ЖЕЛ зависит в значительной мере от степени тренированности организма.

Часть жизненной емкости, которую выдыхают при первой секунде форсированного выдоха, называется **объемом форсированного выдоха**. Он тоже имеет клиническое значение при определении типа нарушения легочной вентиляции.

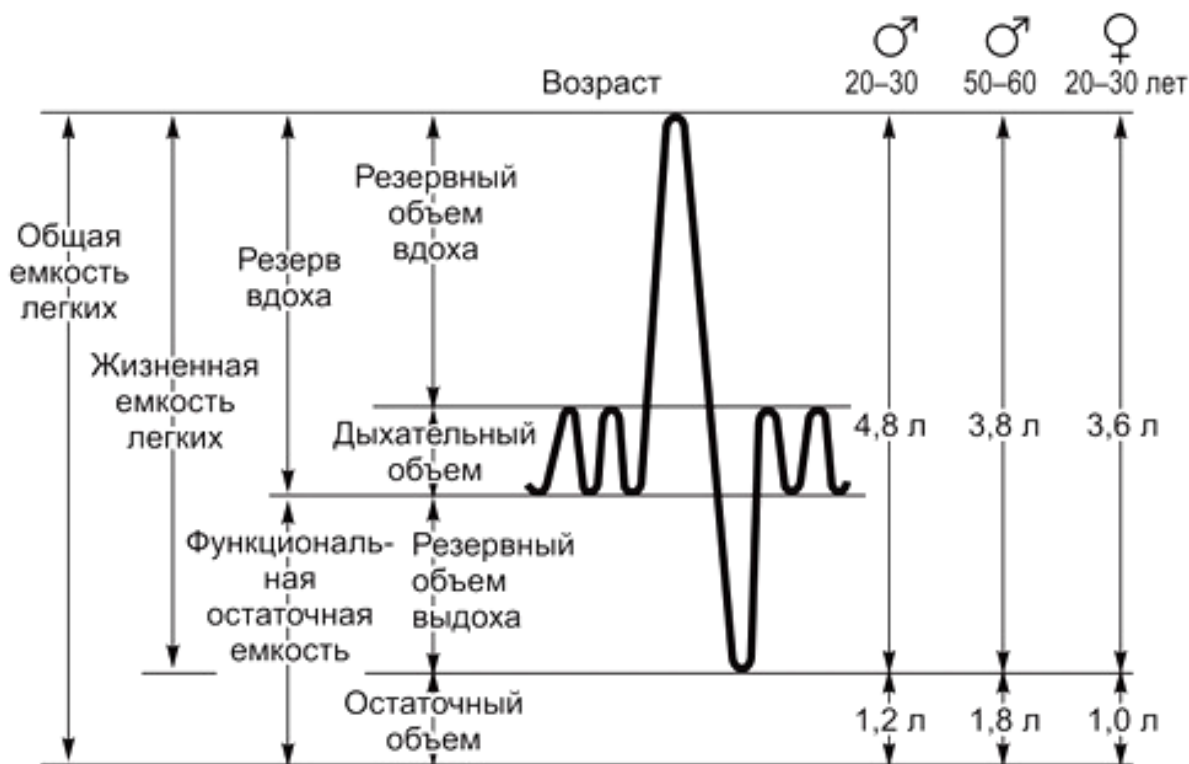


Рис. 14. Легочные объемы и емкости

(изображение со свободного доступа интернетресурса <http://www.grandars.ru/college/medicina/pokazateli-vneshnego-dyhaniya.html>)

Индивидуальную нормальную величину ЖЕЛ называют **должной жизненной емкостью легких** (ДЖЕЛ). Ее рассчитывают в литрах по формулам и таблицам на основе учета роста, массы тела, возраста и пола.

Для людей 18-25-летнего возраста расчет можно вести по формулам:

$$\text{ДЖЕЛ}_{\text{женщины}} = 3,8 * P + 0,029 * V - 3,190;$$

$$\text{ДЖЕЛ}_{\text{мужчины}} = 5,8 * P + 0,085 * V - 6,908,$$

где P — рост; V — возраст (годы).

Величина измеренной ЖЕЛ считается пониженной, если это снижение составляет более 20% от уровня ДЖЕЛ.

Емкость вдоха - максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть после спокойного выдоха.

Функциональная остаточная емкость - количество воздуха, которое остается в легких после спокойного выдоха. Физиологическая роль этой величины заключается в том, что благодаря наличию этой емкости в альвеолярном пространстве сглаживаются колебания концентраций O_2 и CO_2 , обусловленные различиями их содержания во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе. Если бы атмосферный воздух поступал непосредственно в альвеолы, не смешиваясь с воздухом, уже находящимся в легких, то содержание O_2 и CO_2 в альвеолах испытывало бы колебания в соответствии с фазами дыхательного цикла. Благодаря же тому, что функциональная остаточная емкость в покое в несколько раз больше дыхательного объема, изменение состава альвеолярного воздуха относительно невелико.

Дыхательный объем (ДО) - объем вдыхаемого и выдыхаемого воздуха при каждом дыхательном цикле в состоянии покоя. Он равняется 400-500 мл.

Резервный объем вдоха — часть дополнительного воздуха, который можно вдохнуть при максимальном вдохе после обычного. Его величина в норме составляет от 1900 до 3300 мл.

Резервный объем выдоха — объем, который можно выдохнуть при максимальном выдохе после обычного. Его величина в норме составляет от 700 до 1000 мл. При спокойном дыхании после выдоха в легких остается резервный объем выдоха и остаточный объем.

Остаточный объем (ОО) — это все то, что остается в легких после глубокого выдоха, его величина от 1200 до 2000 мл (20-30% от ОЕЛ). В

пожилом возрасте величина ООЛ нарастает из-за уменьшения эластической тяги легких, проходимости бронхов, снижения силы дыхательных мышц и подвижности грудной клетки. В возрасте 60 лет он уже составляет около 45% от ОЕЛ.

Есть еще один интересный объем - это **объем анатомического мертвого пространства**. Это та часть воздуха, которая остается в воздухоносных путях (носовые ходы, полость рта, носоглотка, придаточные пазухи носа, гортань, трахея, бронхи) и не попадает в легких (этот воздух не принимает участие в газообмене). Это анатомическое пространство занимает объем около 140-260 мл и зависит от особенностей конституции человека (при решении задач, в которых необходимо учитывать АМП, а величина его не указана, объем АМП принимают равным 150 мл).

Хотя оно получило название «мертвого», на самом деле оно очень полезно. Его польза заключается в том, что воздух, проходя через них (особенно если он проходит через носовые ходы) обогревается, обезвреживается от инородных частиц, бактерий, увлажняется. Поэтому **дыхание через нос более физиологично!** [2]

Физиологическое мертвое пространство (ФМП) — объем воздуха, поступающий в дыхательные пути и легкие и не принимающий участия в газообмене. ФМП больше анатомического мертвого пространства, так как включает его как составную часть. Кроме воздуха, находящегося в дыхательных путях, в состав ФМП входит воздух, поступающий в легочные альвеолы, но не обменивающийся газами с кровью из-за отсутствия или снижения кровотока в этих альвеолах (для этого воздуха иногда применяется название **альвеолярное мертвое пространство**). В норме величина функционального мертвого пространства составляет 20-35% от величины дыхательного объема. Возрастание этой величины свыше 35% может свидетельствовать о наличии некоторых заболеваний. У здоровых легких количество подобных альвеол небольшое, поэтому в норме объемы анатомического и функционального мертвого пространства практически одинаковы.

Данные объемы относят к *статическим показателям*. Объемы воздуха можно непосредственно измерить с помощью спирометра или пневмотахографа. Остаточный объем и функциональную остаточную емкость можно определить только косвенно.

К *динамическим показателям* относят альвеолярную вентиляцию, минутный дыхательный объем, частоту дыхания, максимальную вентиляцию легких.

Минутный объем дыхания (МОД) — объем воздуха вентилируемый через легкие и дыхательные пути за 1 мин. Для определения МОД достаточно знать глубину, или дыхательный объем (ДО), и частоту дыхания (ЧД): $МОД = ДО \times ЧД$. В покое МОД составляет 4-6 л/мин. Этот показатель часто называют также вентиляцией легких (отличать от альвеолярной вентиляции).

Частота дыхания – количество дыхательных циклов (вдох-выдох) за 1 минуту (в норме 16-20). Частота дыхательных движений выше у детей (20-30 в мин.), у грудных 30-40 в мин., а у новорожденных 40-50 в минуту.

Таким образом, минутный объем дыхания у взрослых людей при частоте 12, а ДО - 0,5 л равен 6 л/мин. При физических нагрузках в соответствии с увеличением потребностей в кислороде возрастает и минутный объем дыхания, достигая в условиях максимальной нагрузки 120-170 л/мин. Это - **максимальная вентиляция легких** (максимальная дыхательная емкость). МВЛ может быть определена при произвольной гипервентиляции в покое (дышать максимально глубоко и часто в покое допустимо не более 15 с).

Показателем эффективности дыхания в целом является **альвеолярная вентиляция**. От этой величины зависит газовый состав, поддерживающийся в альвеолярном пространстве. Поскольку объем мертвого пространства постоянен, то альвеолярная вентиляция тем больше, чем глубже дыхание.

Альвеолярная вентиляция легких (АВЛ) — объем атмосферного воздуха, проходящий через легочные альвеолы за 1 мин. Для расчета

альвеолярной вентиляции надо знать величину АМП. Если она не определена экспериментально, то для расчета объем АМП берут равным 150 мл. Для расчета альвеолярной вентиляции можно пользоваться формулой $AVL = (DO - AMP) \times \text{ЧД}$. Например, если глубина дыхания у человека 650 мл, а частота дыхания 12, то АВЛ равно 6000 мл (650-150) x 12 (табл.1).

Таблица 1. Показатели легочной вентиляции

(соответственно данным интернетресурса
http://studbooks.net/80256/meditsina/legochnye_obemy)

Показатель	Значение
Частота дыхания (ЧД)	9-16 дых/мин
Ритмичность дыхания	Ритмичное
Дыхательный объем (ДО)	300-800 мл
Резервный объем вдоха (РО _{вд})	1500-2500 мл
Резервный объем выдоха (РО _{выд})	1000-1500 мл
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)	3000-4800 мл
Должная ЖЕЛ (ДЖЕЛ): для мужчин для женщин	Рост (см)x25 Рост (см)x20
Емкость максимального вдоха	1800-3300 мл
Емкость максимального выдоха	1300-2300 мл
Максимальная вентиляция легких (МВЛ)	120-170 л
Должная максимальная вентиляция легких (ДМВЛ)	½ ДЖЕЛx35
Минутный объем дыхания (МОД)	6-8 л/мин
Резерв дыхания = МВЛ-МОД	50-140 л
Форсированная ЖЕЛ (ФЖЕЛ)	80% ЖЕЛ
Объемная скорость вдоха и выдоха: для мужчин для женщин	5-8 л/с 4-6 л/с
Задержка дыхания на вдохе (проба Штанге)	55-60 с
Задержка дыхания на выдохе (проба Генча)	35-40 с
Индекс Тиффно (объем форсированного выдоха за 1с (первую секунду) умножить на 100% и разделить на ЖЕЛ	80% для мужчин 82% для женщин

Частота дыхания 16-20 в минуту (норма, указанная во всех учебниках и учебных пособиях) не является идеально физиологической. Более физиологична (с точки зрения профилактики многих заболеваний не только дыхательного аппарата, а и других органов и систем) меньшая частота дыхания, которая может быть достигнута соответствующей тренировкой (чаще всего физическими упражнениями).

Почему меньшая частота более физиологична? Рассмотрим на конкретном примере преимущества дыхания тренированного человека.

Представим себе, что перед нами два человека, оба одинакового телосложения, но один из них регулярно занимается каким-либо видом физической активности (регулярная, например, утренняя гимнастика, бег или другие занятия). ДО у тренированного человека всегда будет выше, чем у не тренированного. Для примера возьмем такие цифры. У тренированного человека ДО - 800 мл. У нетренированного – 400 мл (такие различия вполне реальны в действительности). Если предложить тому и другому небольшую физическую нагрузку, то можно легко обнаружить, что частота дыхания у них возрастет. Но если у тренированного человека она станет, например, 20 дыхательных актов в минуту, то у нетренированного будет значительно чаще. Например, 40 дыхательных движений в минуту. При таких цифрах МО как у того, так и у другого станет равным 16 000 мл воздуха ($400 \text{ мл} \times 40$ и $800 \text{ мл} \times 20$). В чем же тогда скажете преимущества одного перед другим?

А дело в том, что у первого (тренированного) из 800 мл ДО в альвеолы будет поступать с каждым вдохом 600 мл воздуха (примем условие, что у того и другого субъекта объем мертвого пространства равен 200 мл). У второго (нетренированного) в альвеолы будет поступать всего 200 мл воздуха. При частоте дыхания 20 у первого к альвеолам за минуту доставится 12000 мл воздуха ($20 \times 600 \text{ мл}$). А при частоте 40 у второго к альвеолам доставится 8000 мл воздуха ($40 \times 200 \text{ мл}$). Т.е. у нетренированного к легким поступает на 4000 мл воздуха меньше. Поэтому меньшая частота дыхания более физиологична! [2]

Как выяснилось сегодня, цивилизованный человек здоров, активен, бодр и может оставаться таким десятки лет, если у него МО не превышает 4-5 л. Чем больше МО превышает этот уровень, тем больше имеется симптомов патологий различных органов. У обладателей таких проблем (это болезни цивилизации!) МО составляет от 8 до 12 л в состоянии покоя. Такое дыхание никак нельзя назвать здоровым.

Запомните, нормализация внешнего дыхания – это приведение МО к 3-4 литрам в минуту ! Как же быть? Снижать частоту дыхания за счет его правильной формы. Высокая частота нашего дыхания связана с тем, что мы вообще дышим неправильно. У большинства людей время, затраченное на вдох почти равно времени, затраченному на выдох. Кроме того, большинство людей после вдоха сразу же делают выдох, а это тоже не физиологично. Надо после вдоха дыхание несколько задерживать, а далее идет более медленный (чем вдох) выдох и после него снова задержка дыхания. Такой тип дыхания очень напоминает дыхание по Бутейко, Фролову и другим. Но, к сожалению, люди начинают приобщаться к такой «культуре» дыхания, когда заболевают. А на самом деле так и надо дышать всегда. Это путь к здоровью и профилактике массы болезней!

Таким образом, воздухопроводящие пути, легочная паренхима, плевра, костно-мышечный каркас грудной клетки и диафрагма составляют единый рабочий орган, посредством которого осуществляется вентиляция легких. Вентиляция легких – это процесс обновления газового состава альвеолярного воздуха, обеспечивающего поступление в них кислорода и выведение избыточного количества углекислого газа. Интенсивность вентиляции определяется глубиной и частотой дыхания, мертвым пространством. Вентиляция легких происходит, благодаря активному физиологическому процессу (дыхательным движениям). Она зависит от положения тела (вертикального или горизонтального) и кровотока в альвеолах [2].

Виды нарушений вентиляции

Вентиляция легких часто нарушается вследствие патологических изменений дыхательного аппарата. С целью диагностики целесообразно различать два типа нарушений вентиляции - рестриктивный и обструктивный.

К **рестриктивному** типу нарушений вентиляции относятся все патологические состояния, при которых снижаются дыхательные экскурсии легких, снижается способность легких расправляться, то есть уменьшается их растяжимость. Такие нарушения наблюдаются, например, при поражении легочной паренхимы или при плевральных спайках (например, при фиброзе легких).

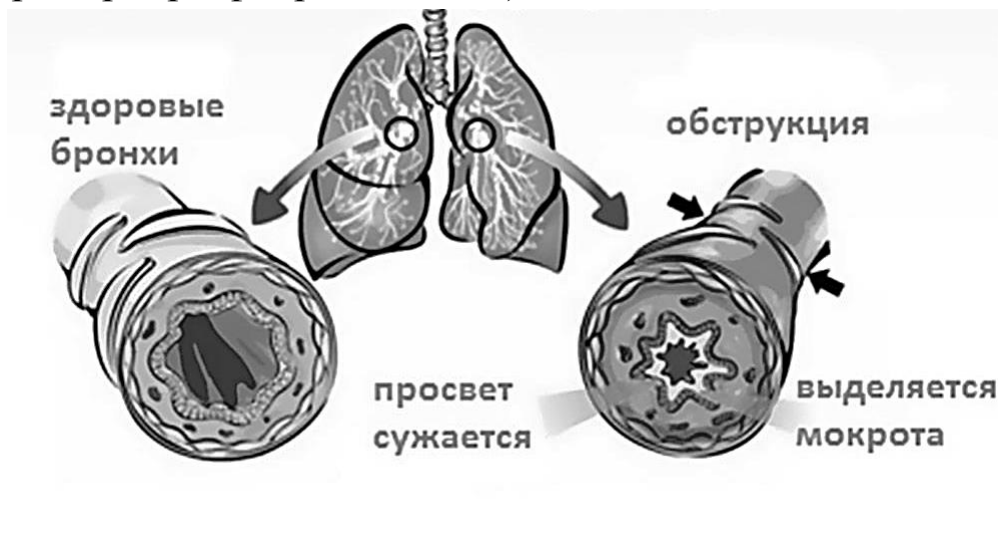


Рис.14а. Механизм обструкции бронхов
(изображение со свободного доступа интернетресурса
<http://bronhitoff.ru/vidy/obstruktivnyj-simptomny-lechenie.html>)

Обструктивный тип нарушений вентиляции обусловлен сужением воздухоносных путей, то есть повышением их аэродинамического сопротивления. Подобные состояния встречаются, например, при накоплении в дыхательных путях слизи, набухании их слизистой оболочки или при спазме бронхиальных м. мышц (бронхиальная астма, астмоидных бронхит). У таких больных сопротивление выдоху повышено, поэтому со временем воздушность легких и функциональная остаточная емкость в них увеличивается. Патологические состояния, характеризующиеся избыточным растяжением легких, так и их

структурными изменениями (снижением количества эластичных волокон, исчезновением альвеолярных перегородок, уменьшением капиллярной сетки), называются эмфиземой легких.

Снижение *жизненной емкости легких* - это признак *рестриктивного нарушения вентиляции*, но надо учитывать что есть и внелегочные рестриктивные изменения. Наличие рестриктивных изменений легких определяют по снижению ЖЕЛ (не менее 20% от должной величины) и уменьшению МВЛ (неспецифический показатель), а также снижению растяжимости легких и в ряде случаев по возрастанию показателя теста Тиффно (более 85%). При рестриктивных нарушениях уменьшаются общая емкость легких, функциональная остаточная емкость и остаточный объем.

Объем воздуха, удаляемого из легких при *форсированном выдохе* за единицу времени (как правило за 1 с) служит хорошим показателем *обструктивных нарушений вентиляции*. Так как при обструктивных нарушениях выдох вследствие повышенного аэродинамического сопротивления увеличивается, то и объем форсированного выдоха снижается.

Заключение о смешанных (обструктивных и рестриктивных) нарушениях системы внешнего дыхания делается при одновременном наличии изменений вышеперечисленных потоковых и объемных показателей [12].

Газообмен в легких и транспорт газов

Механизм перехода и переноса газов. Главным фактором, обеспечивающим переход газов из одной среды в другую, является градиент давления (рис.15). О каком давлении идет речь? Газы, кислород и углекислый газ, создают определенное давление, которое получило название **парциального**.

Парциальным давлением называют часть общего давления, которая приходится на долю данного газа в этой смеси. Эта часть

зависит от процентного содержания газа в смеси. Чем оно больше, тем выше парциальное давление данного газа.

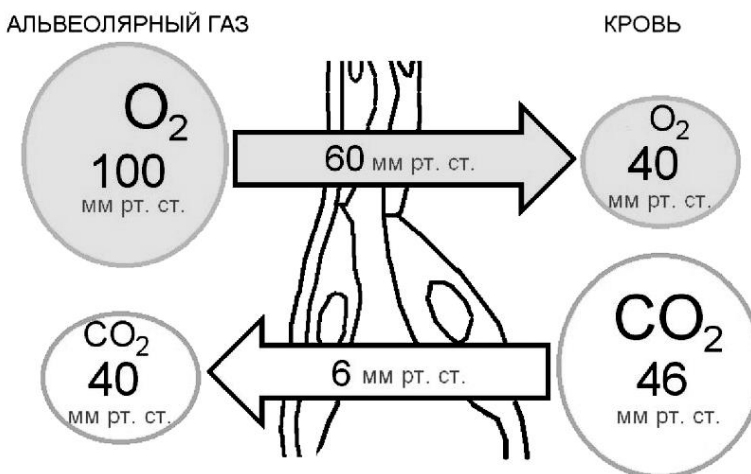


Рис.15. Градиент давления газов - ΔP .

(изображение со свободного доступа интернетресурса <https://ppt-online.org/10320>)

Парциальное давление кислорода в атмосфере составляет где-то около 159 мм рт.ст. В альвеолах оно находится в пределах 102-105 мм рт.ст. В венозной крови, подтекающей к альвеолам, парциальное напряжение кислорода равно около 40 мм рт.ст. Т.е. градиент давления для кислорода между альвеолами и кровью составляет около 60 мм рт.ст. (табл. 2) [6].

Таблица 2.

Газовый состав атмосферного, альвеолярного воздуха и выдыхаемого воздуха, % (мм.рт.ст.)

[<http://referatwork.ru/valeologiya/section-8.html>]

Газовый состав воздуха	Атмосферный воздух	Альвеолярный воздух	Выдыхаемый воздух
O ₂	20,85 (160)	13,5 (104)	15,5 (120)
CO ₂	0,03 (0,2)	5,3 (40)	3,7 (27)
N ₂	78,62 (596)	74,9 (569)	74,6 (566)
H ₂ O	0,5 (3,8)	6,3 (47)	6,2 (47)
Общий	100,0 (760)	100,0 (760)	100,0 (760)

Таким образом, кислород благодаря этой разнице парциального давления и напряжения его в разных средах переходит из атмосферы в

альвеолы и далее, в кровь и ткани. Как же он переносится? Прежде всего, давайте рассмотрим условия этого переноса (рис. 16).

Известно, что за 1 минуту в состоянии относительного покоя переносится кровью 300-350 мл кислорода (при физической работе эта цифра резко возрастает). За счет чего может переноситься такое большое количество кислорода? Можно выделить два фактора, обеспечивающие этот перенос. Один из них – это большая поверхность альвеол (от 60 до 100 м²). Другой фактор – быстрая диффузионная способность кислорода. Если разность давления между альвеолами и кровью составляла бы 1 мм рт.ст., то за 1 минуту могло бы диффундировать до 200 мл кислорода. Разница же на самом деле, как это мы показали выше, составляет около 60 мм рт.ст. Это значит, что 12000 мл кислорода может проходить за 1 минуту, а даже при интенсивной физической нагрузке эта цифра не превосходит 4000-5000 мл. Вот какова его диффузионная способность! Она в 2,5-3 раза превосходит тот уровень, который необходим при интенсивных физических нагрузках. [2]

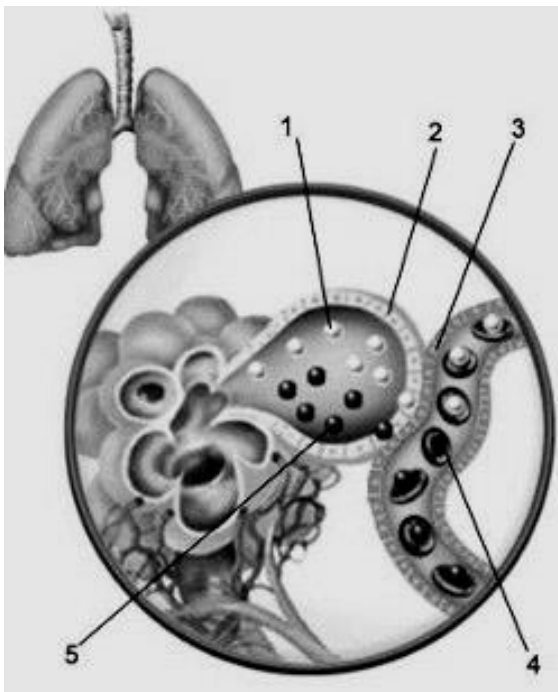


Рис. 16. Газообмен в легких

Стенки альвеол состоят из однослойного эпителия и к ним примыкают капилляры. Общая дыхательная поверхность альвеол у взрослого человека составляет около 120 м². Кислород (1) через стенки альвеол (2) и капилляров (3) попадает в кров (4), а углекислый газ (5) перемещается в противоположном направлении.

(изображение со свободного доступа интернетресурса <http://teb-consulting.ru/post-456>)

Для перехода из альвеолярного воздуха в эритроцит и связи с гемоглобином молекула кислорода должна продиффундировать через:

- слой сурфактанта, выстилающий альвеолу;

- альвеолярный эпителий;
- базальные мембраны и интерстициальное пространство между эпителием и эндотелием;
- эндотелий капилляра;
- слой плазмы крови между эндотелием и эритроцитом;
- мембрану эритроцита;
- слой цитоплазмы в эритроците.

В каком же виде переносится кислород? Частично он способен растворяться (в 100 мл крови до 0,3 мл кислорода, т.е. во всей крови это будет около 15 мл). Это, естественно, не может решать проблемы транспорта кислорода. Главное соединение, с помощью которого переносится кислород, это **оксигемоглобин** (рис. 17,18).

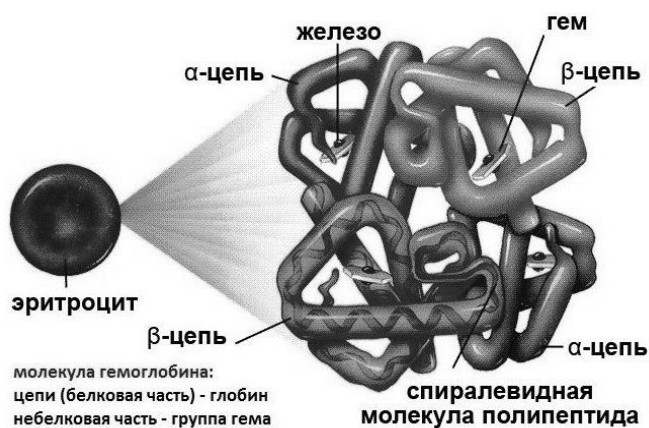


Рис. 17. Гемоглобин

(изображение со свободного доступа интернетресурса <http://medporada.in.ua/vitamins-dlya-pidvishhennya-gemoglobinu-v-krovi-yaki-priznachayut.html>)

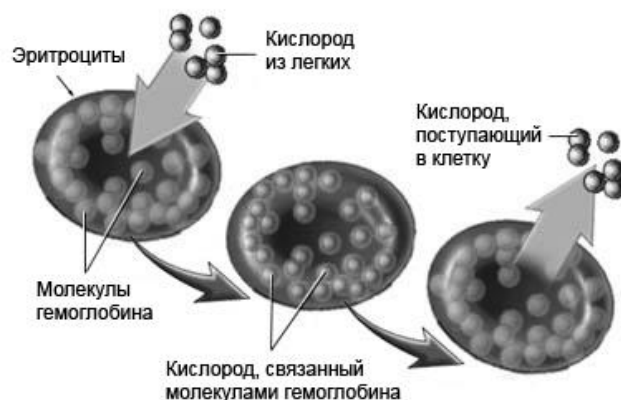


Рис. 18. Механизм транспортировки кислорода кровью

(изображение со свободного доступа интернетресурса <http://qmedical-bg.info/cardiology/povishavane-na-hemoglobina-v-krvta-pri-vzrastni-deca-bremenni-jeni-mje-prichini.html>)

Подсчитано, что 1 г гемоглобина может переносить около 1,34 мл кислорода. Если учесть, что 100 мл крови содержат около 14-16 г гемоглобина, то они смогут перенести 18-21 мл кислорода. Этот показатель называется **кислородная емкость крови (КЕК)**. *КЕК – это количество кислорода, переносимое 100 мл крови до ее полного насыщения.* Этот показатель может изменяться. Он увеличивается при

физической работе, при полицитемии. Уменьшается при заболеваниях крови, в частности, анемиях [2].

Между количеством оксигемоглобина в крови и напряжением в ней кислорода существует определенная зависимость. Установлено, что когда в крови нет кислорода ($PO_2 = 0$), то нет и оксигемоглобина, он содержится в форме восстановленного гемоглобина. Если $PO_2 = 10$ мм рт. ст. 5,5% гемоглобина перейдет в форму HbO_2 , когда же содержание PO_2 достигнет 20 мм рт. ст. то оксигемоглобина будет уже 25%, при уровне 40 мм рт. ст. будет 74%, а при уровне 100 мм рт. ст. в форме HbO_2 будет около 92% O_2 . Таким образом, чем большее напряжение кислорода в крови, тем больше будет оксигемоглобина.

Кривая, отражающая зависимость между напряжением кислорода в крови и количеством образующегося оксигемоглобина получила название **кривой диссоциации оксигемоглобина** (рис.19.).

Но эта зависимость не линейная, она выражается S-образной кривой. Верхняя часть кривой, которая по форме приближается к горизонтальной, имеет значение для образования оксигемоглобина в капиллярах легких. Сюда поступает венозная кровь, в которой $PO_2 = 40$ мм рт.ст. (в альвеолярном воздухе $PO_2 = 100$ мм рт.ст.), Поэтому кислород очень быстро переходит в кровь и уровень HbO_2 возрастает до 92%. Но не всегда PO_2 в альвеолярном воздухе будет составлять 100 мм рт. ст. При подъеме на высоту, снижении альвеолярной вентиляции он уменьшится. Однако, несмотря на это, количество гемоглобина в форме HbO_2 будет долго (до определенного предела) достаточно высоким и гемоглобин будет выполнять функцию транспорта кислорода (эту часть кривой сравнивают с графическим изображением процесса зарядки аккумулятора).

Средняя часть кривой, которая по форме приближается к вертикальной, имеет значение для процессов, происходящих в капиллярах тканей. При PO_2 40 мм рт. ст. (5,3 кПа) только 72% приходится на HbO_2 . Но чем интенсивнее работает орган, тем меньше будет в крови PO_2 и тем больше будет диссоциация его на Hb и кислород. Итак, оксигенация клеток, интенсивно работающих, будет расти (эту часть

кривой можно сравнить с графическим изображением процесса разрядки аккумулятора).

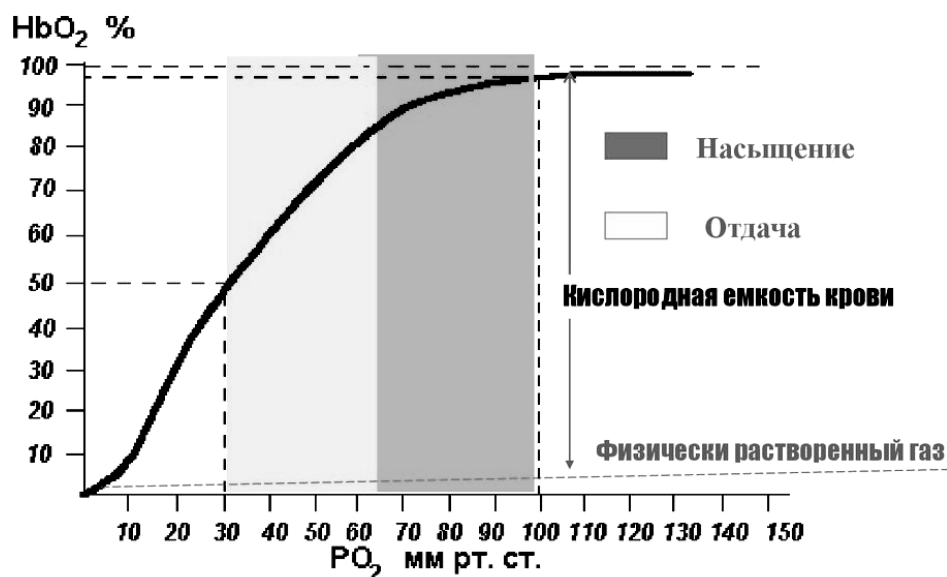


Рис. 19. Кривая диссоциации оксигемоглобина
(изображение со свободного доступа интернетресурса <https://ppt-online.org/150963>)

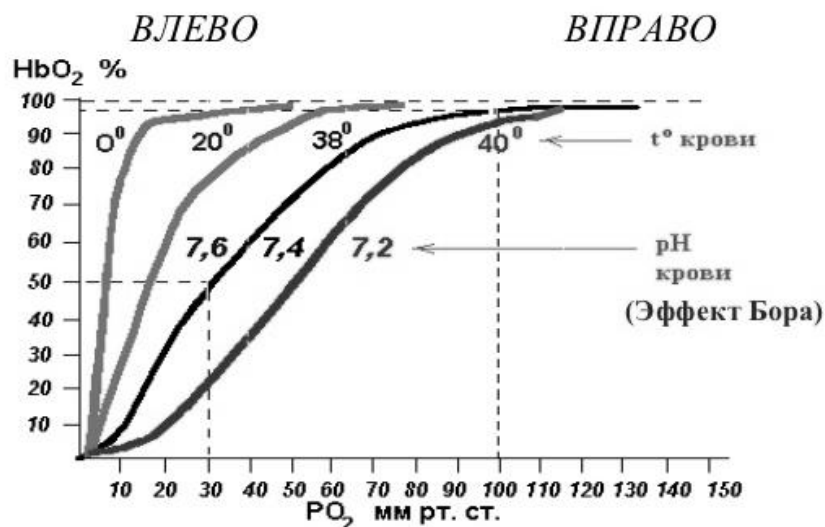
Показателем, характеризующим интенсивность использования O_2 тканями, будет разница количества HbO_2 в крови, которая притекает и оттекает, — **артериовенозная разница**. Она увеличивается при физической нагрузке, полицитемии и уменьшается — при анемиях, заболеваниях сердца. **Потребление кислорода** — количество кислорода, поглощаемое организмом в течение единицы времени (в покое 200- 400 мл/мин).

Наклон кривой диссоциации оксигемоглобина в крови человека не постоянен и при некоторых условиях может меняться. Характер кривой диссоциации отражает показатель, который называется «**напряжение полунасыщения**» (P_{50}). P_{50} — такое напряжение O_2 , при котором насыщение гемоглобина кислородом составляет 50%. В норме P_{50} артериальной крови составляет около 26 мм рт. ст. (3,5 кПа).

Конфигурация кривой диссоциации HbO_2 обусловлена химическим сродством гемоглобина к O_2 и другими внешними факторами, изменяющими характер кривой. К таким факторам относятся температура, pH, CO_2 , концентрация в эритроците 2,3-ДФГ.

Форма кривой диссоциации оксигемоглобина значительной мере зависит от концентрации в крови H^+ . При снижении рН кривая смещается **вправо**, что свидетельствует об уменьшении сродства НЬ к O_2 . При повышении рН увеличивается сродство НЬ к O_2 и кривая смещается **влево** (рис.20).

Влияние рН на сродство НЬ к O_2 называется **эффектом Бора**. Эффект Бора играет определенную роль в газотранспортной функции крови: образование большого количества CO_2 в тканях способствует увеличению отдачи кислорода за счет снижения сродства НЬ к нему. При выделении CO_2 в легких уменьшается рН крови и улучшается оксигенация. CO_2 также влияет на диссоциацию HbO_2 . Причем упомянутый эффект обусловлен не только H_2CO_3 , но и прямым влиянием уровня PCO_2 на гемоглобин [4].



Сдвиг влево - легче насыщение кислородом: <t; <Pco₂; <2,3-ДФГ; >pH

Сдвиг вправо - легче отдача кислорода: >t; >Pco₂; >2,3-ДФГ; <pH

Рис. 20. Сдвиги кривой диссоциации оксигемоглобина

(изображение со свободного доступа интернетресурса
<https://www.slideshare.net/crasgmu/173-8885637>)

При понижении температуры отдача O_2 оксигемоглобином замедляется, а при ее увеличении ускоряется этот процесс. Смещению кривой вправо способствует также увеличение содержания в эритроцитах 2,3-ДФГ. Содержание этого вещества в эритроците увеличивается при анемии, способствует поступлению O_2 к тканям и частично компенсирует снижение уровня КЕК.

Таким образом, отсутствие в организме запасов O_2 компенсируется за счет резкого увеличения использования его из крови, повышения артериовенозной разницы. При интенсивной работе тканей, когда образуется больше CO_2 , H^+ и повышается температура, создаются условия для улучшения доставки кислорода клеткам [14]. Кривая диссоциации оксигемоглобина в естественных физиологических условиях имеет сдвиги влево (и вверх) и вправо (и вниз) (рис.20).

Сдвиг кривой влево - наблюдается при снижении температуры, увеличении рН, уменьшении содержания углекислоты в крови. Такая реакция наблюдается в тот момент, когда кровь подтекает к легким. Этот сдвиг выражен у новорожденных, у жителей горных районов и профессионалов, работающих на высоте (летчики, космонавты, альпинисты). Смысл этого сдвига состоит в том, чтобы при меньшем парциальном давлении кислорода в атмосфере больше образовывалась оксигемоглобина в крови.

Сдвиг кривой вправо – наблюдается при повышении температуры, уменьшении рН, увеличении содержания углекислоты. Это имеет место тогда, когда кровь подтекает к тканям (например, работающим мышцам, где выше температура, больше углекислоты или при лихорадке). Смысл этого сдвига сводится к тому, что при том же парциальном напряжении кислорода меньше образуется оксигемоглобина и свободный кислород идет в ткани. Там он, очень нужен, при этих состояниях, для осуществления окислительно-восстановительных реакций в тканях. [2]

Переход и перенос углекислого газа осуществляется по тем же механизмам. Известно, что в тканях напряжение углекислого газа самое высокое (оно достигает уровня 60 мм рт.ст). В венозной крови, оттекающей от тканей, оно меньше и равняется 46 мм рт.ст. В альвеолах, куда подтекает венозная кровь, оно еще меньше и составляет 38 мм рт.ст. В атмосфере его величина совсем маленькая – около 0,2 мм рт.ст. Естественно, что такой градиент давления и напряжения в разных средах и участках организма обеспечивает переход углекислого газа из тканей в

кровь, из крови в альвеолы и из альвеол в окружающее пространство. Как же углекислый газ транспортируется кровью?

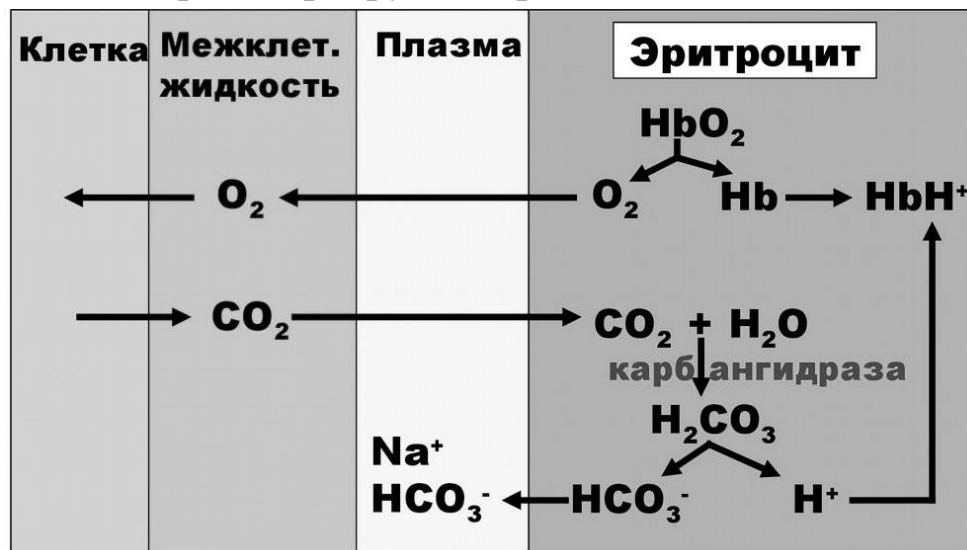


Рис. 21. Основные химические реакции (в тканях)
 (изображение со свободного доступа интернетресурса
<https://ppt-online.org/183942>)

Частично, также как и кислород, он может в небольших количествах растворяться (около 3-6%). Остальная часть вступает в химические соединения. Это происходит как в плазме, так и в эритроцитах. В плазме появляются соединения углекислого газа с водой – H_2CO_3 (рис.21).

Это происходит вследствие того, что парциальное напряжение этого газа в тканях больше, чем в крови, он переходит в плазму крови и там соединяется с водой. Часть углекислоты в плазме вступает в соединение с хлоридом натрия, в результате чего образуется бикарбонат натрия ($NaHCO_3$). В виде этих двух соединений плазма и переносит углекислый газ. Остальная его часть поступает в эритроциты, где под влиянием особого фермента эритроцитов **карбоангидразы** резко возрастает возможность его соединения с водой с образованием углекислоты. Некоторое количество этой углекислоты соединяется с хлоридом калия, в результате чего образуется бикарбонат калия ($KHCO_3$). Наконец, часть углекислого газа соединяется с аминной группой гемоглобина, в результате чего образуется **карбогемоглобин** (рис.22,23).

Таким образом, в эритроцитах углекислый газ переносится в виде углекислоты, бикарбоната калия и карбогемоглобина. Когда кровь

подтекает к альвеолам, то тот же фермент карбоангидраза действует противоположно той реакции, что она вызывала раньше. Она усиленно способствует диссоциации углекислоты и углекислый газ, в результате этих процессов переходит в альвеолы.

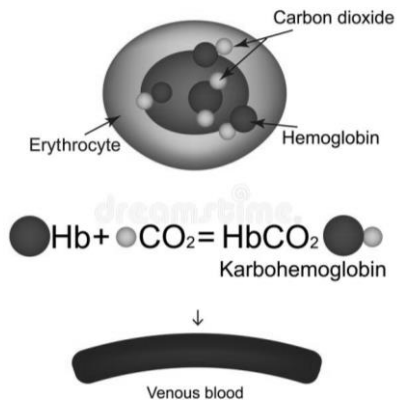


Рис.22. Образование карбогемоглобина

(изображение со свободного доступа интернетресурса <https://www.shutterstock.com/th/image-vector/karbohemoglobin-hemoglobin-carries-carbon-dioxide-infographics-354378857>)

Так как в альвеолах парциальное давление кислорода выше, чем в крови, он переходит в кровь, в эритроциты с образованием в них оксигемоглобина. Являясь более сильной кислотой, чем угольная, она отнимает у бикарбонатов основания и, тем самым, способствует освобождению углекислого газа. Углекислый газ, в результате этого, переходит в альвеолы. В тканях же оксигемоглобин, переходя в гемоглобин, отдает связанные с ним основания, увеличивая соединение углекислого газа кровью. Эти примеры свидетельствуют о том, что в образовании и освобождении углекислого газа существенная роль отводится кислороду [2].

Однако при всех этих реакциях напряжение углекислого газа в венозной крови остается большим (около 46 мм рт.ст.) и оно не столь уж и отличается от напряжения его в артериальной крови (40 мм рт.ст.). Эти цифры свидетельствуют о том, что существует артерио-венозная разница в содержании углекислого газа. Она, как видно из приведенных цифр, не столь уж и велика. Естественно возникает вопрос, а зачем в организме остается так много углекислого газа?

Такое большое количество углекислого газа в артериальной крови остается для его использования как основного регулятора дыхания.

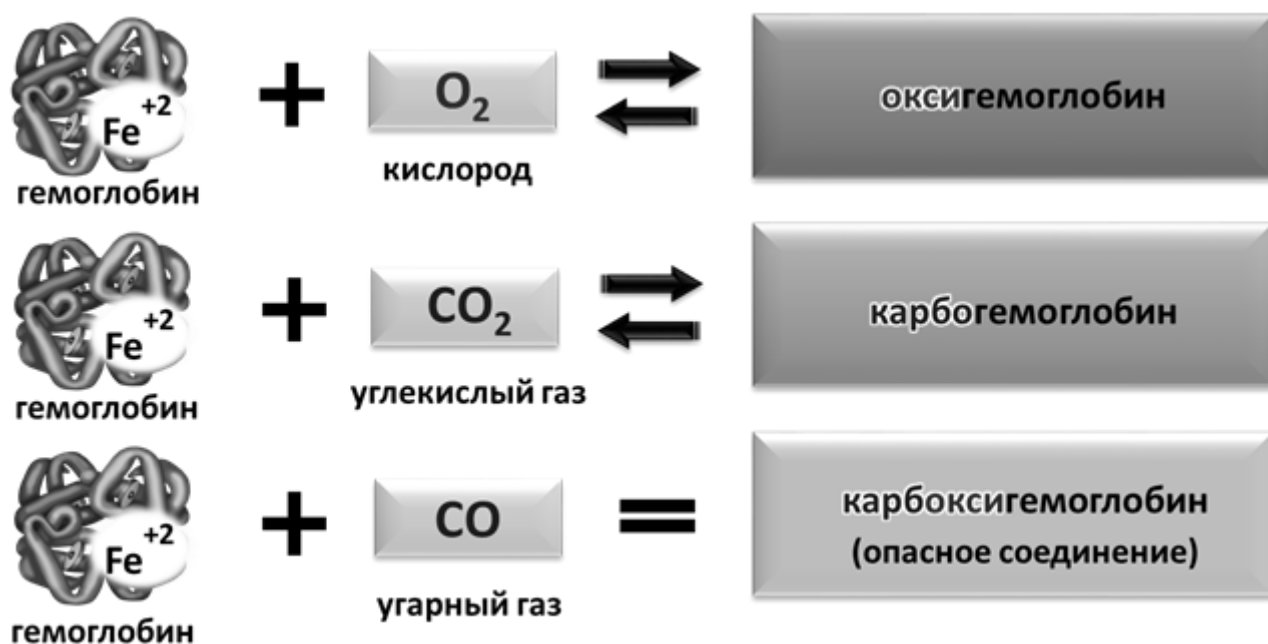


Рис.23. Соединения гемоглобина

(изображение со свободного доступа интернетресурса
<https://videouroki.net/video/18-vnutrienniaia-srieda-orghanizma-sostav-i-funksii-krovi.html>)

Особенности диффузии газов через аэрогематический барьер количественно характеризуются через диффузионную способность легких. Для O₂ **диффузионная способность легких** - это объем газа, который переносится с альвеол в кровь за минуту при градиенте альвеолярно-капиллярного давления газа 1 мм рт.ст.

Диффузионная способность мембраны аэрогематического барьера обратно пропорциональна ее толщине и молекулярной массе газа и прямо пропорциональна площади мембраны и особенно коэффициента растворимости O₂ и CO₂ в жидком слое альвеолярно-капиллярной мембраны.

Отношение выделенного CO₂ к поглощенному O₂ называется **дыхательным коэффициентом**. В среднем он составляет 0,82, но зависит от употребляемых продуктов (белки, жиры или углеводы).

Парциальное давление O₂ и CO₂ зависят от отношения альвеолярной вентиляции к перфузии легких. Перфузия легких максимальная в горизонтальном положении. Характер вентиляции легких может изменяться вследствие различных причин. Дыхание усиливается при работе, изменении метаболических потребностей организма и

патологических состояний. Можно произвольно усилить дыхание. Снижение вентиляции также может быть произвольным или наступать в результате действия регуляторных и патологических факторов.

Выделяют следующие типы вентиляции:

1. **Нормовентиляция**: нормальная вентиляция, при которой парциальное давление CO_2 в альвеолах поддерживается на уровне около 40 мм рт.ст.
2. **Гипервентиляция**: усиленная вентиляция, превышающая метаболические потребности организма, PaCO_2 менее 40 мм рт.ст.
3. **Гиповентиляция**: сниженная вентиляция относительно метаболических потребностей организма, PaCO_2 более 40 мм рт.ст.
4. **Повышенная вентиляция**: любое увеличение альвеолярной вентиляции в сравнении с уровнем покоя (н-р, при мышечной работе) независимо от парциального давления газов в альвеолах.
5. **Эупное**: нормальная вентиляция в покое, сопровождающаяся субъективным чувством комфорта.
6. **Гиперпноэ**: рост глубины дыхания независимо от того, повышена при этом частота дыхательных движений или нет.
7. **Тахипноэ**: рост частоты дыхания
8. **Брадипноэ**: уменьшение частоты дыхания
9. **Апноэ**: остановка дыхания, обусловлена главным образом отсутствием физиологической стимуляции дыхательного центра.
10. **Диспноэ** (одышка): неприятное субъективное ощущение недостаточности дыхания или затруднения дыхания.
11. **Ортопноэ**: выраженная одышка, связанная с застоем крови в легочных капиллярах в результате недостаточности левого сердца. В горизонтальном положении состояние углубляется.
12. **Асфиксия**: остановка или угнетение дыхания, связанные главным образом с параличом дыхательных центров. Газообмен при этом резко нарушен [7,12].

Регуляция дыхания

Чтобы использование O_2 и образование CO_2 отвечали разнообразным требованиям организма, связанных с ежедневной активностью, а величины PaO_2 и $PaCO_2$ оставались в узких физиологических пределах, необходимы приспособительные изменения минутной вентиляции. Для достижения этого гомеостатического эффекта существует сложная система регуляции дыхания.

Физиологическая система контроля - система управления дыханием организована как контур отрицательной обратной связи. Газ, который вдыхается, поступает по воздухоносным путям к альвеолам где он принимает участие в обмене газов на уровне альвеолярно-капиллярной мембраны. Рецепторы реагируют на информацию о механических явлениях (н-р, о наполнении легких) и гуморальных параметрах (н-р, PaO_2 и $PaCO_2$). Эта информация интегрируется в дыхательном центре продолговатого мозга, который модулирует нервный импульс к мотонейронам, иннервирующих дыхательные мышцы. Координированное возбуждение респираторных мотонейронов приводит к синхронному сокращению дыхательных мышц, создавая воздушный поток.

Когда химические раздражения, такие как гипоксия и гиперкапния, распознаются хеморецепторами, их сигналы в дыхательном центре реализуются повышенной нервной импульсацией к респираторным мотонейронам, вызывая повышение минутной вентиляции. Артериальная гипокапния, наоборот вызывает уменьшение вентиляции.

Регуляция дыхания осуществляется путем рефлекторных реакций, возникающих в результате возбуждения специфических рецепторов, заложенных в легочной ткани, сосудистых рефлексогенных зонах и других участках. Центральный аппарат регуляции дыхания представляют образования спинного мозга, продолговатого мозга и вышележащих отделов нервной системы. Основная функция управления дыханием

осуществляется дыхательными нейронами ствола головного мозга, которые передают ритмические сигналы в спинной мозг к мотонейронам дыхательных мышц.

Дыхание - процесс автоматический, но он поддается произвольной регуляции. Без такой регуляции невозможна была бы речь. Вместе с тем, управление дыханием построено на рефлекторных принципах: как безусловно-рефлекторных, так и условно-рефлекторных. Регуляция дыхания построена на общих принципах автоматической регуляции, которые используются в организме.

Регуляцию дыхания осуществляет дыхательный центр - многоуровневое структурно-функциональное образование нервной системы, осуществляющее автоматическую и произвольную регуляцию дыхания. Он управляет дыхательными мышцами [15].

Дыхательный нервный центр – это совокупность нейронов центральной нервной системы, обеспечивающих координированную ритмическую деятельность дыхательных мышц и постоянное приспособление внешнего дыхания к изменяющимся условиям внутри организма и в окружающей среде (рис.24).

Функции дыхательного центра:

- Обеспечение вдоха.
- Обеспечение выдоха.
- Обеспечение автоматии дыхания.
- Обеспечение приспособления параметров дыхания к условиям внешней среды и деятельности организма. Например, при повышении температуры (как в окружающей среде, так и в организме) дыхание учащается.

Уровни дыхательного центра:

1. **Спинальный** (в спинном мозге). В спинном мозге расположены центры, координирующие деятельность диафрагмы и дыхательных мышц - L-мотонейроны в передних рогах спинного мозга. Диафрагмальные нейроны - в шейных сегментах, межреберные - в грудных. При перерезке проводящих путей между спинным и головным мозгом дыхание

нарушается, т.к. спинальные центры *не обладают автономностью (т.е. самостоятельностью)* и *не поддерживают автоматию* дыхания.

2. Бульбарный (в продолговатом мозге) - основной отдел дыхательного центра. В продолговатом мозге и варолиевом мосту располагаются 2 основных вида нейронов дыхательного центра - *инспираторные* (вдыхательные) и *экспираторные* (выдыхательные).

На бульбарном уровне (т.е. в продолговатом мозге) можно выделить **пневмотаксический центр**, расположенный на уровне варолиева моста, выше инспираторных и экспираторных нейронов. Этот центр регулирует их активность и *обеспечивает смену вдоха и выдоха*. Инспираторные нейроны обеспечивают вдох и одновременно от них возбуждение поступает в пневмотаксический центр. Оттуда возбуждение бежит к экспираторным нейронам, которые возбуждаются и обеспечивают выдох. Если перерезать пути между продолговатым мозгом и варолиевым мостом, то уменьшится частота дыхательных движений, засчёт того, что уменьшается активирующее действие ПТДЦ (пневмотаксического дыхательного центра) на инспираторные и экспираторные нейроны. Это также приводит к удлинению вдоха засчёт длительного сохранения тормозного влияния экспираторных нейронов на инспираторные.

Бульбарный отдел дыхательного центра является главным, он обеспечивает автоматию дыхания, но его деятельность может изменяться под действием *гуморальных* и *рефлекторных* влияний.

3. Супрапонтальный (т.е. "надмостовой") - включает в себя несколько областей промежуточного мезга.

Гипоталамическая область - при раздражении вызывает гиперпноэ - увеличение частоты дыхательных движений и глубины дыхания. Задняя группа ядер гипоталамуса вызывает гиперпноэ, передняя группа действует противоположным образом. Именно засчёт дыхательного центра гипоталамуса дыхание реагирует на температуру окружающей среды. Гипоталамус совместно с таламусом обеспечивает изменение дыхания при *эмоциональных реакциях*.

Таламус - обеспечивает изменение дыхания при болевых ощущениях.

Мозжечок - приспособливает дыхание к мышечной активности.

4. **Моторная и премоторная зона коры** больших полушарий головного мозга. Обеспечивает условно-рефлекторную регуляцию дыхания. Всего за 10-15 сочетаний можно выработать дыхательный условный рефлекс. Засчёт этого механизма, например, у спортсменов перед стартом возникает гиперпноэ. Асратян Э.А. в своих опытах удалял у животных эти области коры. При физической нагрузке у них быстро возникала одышка - диспноэ, т.к. им не хватало этого уровня регуляции дыхания.

Дыхательные центры коры дают возможность произвольного изменения дыхания.

Инспираторные (вдыхательные) - возбуждаются за 0,01-0,02 с до начала активного вдоха. Во время вдоха у них увеличивается частота импульсов, а затем мгновенно прекращается. Подразделяются на несколько видов.

Виды инспираторных нейронов:

- По влиянию на другие нейроны:
 - тормозные (прекращают вдох)
 - облегчающие (стимулируют вдох).
- По времени возбуждения:
 - ранние (за несколько сотых долей секунды до вдоха)
 - поздние (активны в процессе всего вдоха).
- По связям с экспираторными нейронами:
 - в бульбарном дыхательном центре
 - в ретикулярной формации продолговатого мозга.

В дорсальном ядре 95% - инспираторные нейроны, в вентральном - 50%. Нейроны дорсального ядра связаны с диафрагмой, а вентрального - с межрёберными мышцами.

Экспираторные (выдыхательные) - возбуждение возникает за несколько сотых долей секунды до начала выдоха. Различают:

- ранние,
- поздние,
- экспираторно-инспираторные.

В дорсальном ядре 5% нейронов являются экспираторными, а в вентральном - 50%. В целом экспираторных нейронов значительно меньше, чем инспираторных. Получается, что вдох важнее выдоха.

Автоматию дыхания обеспечивают комплексы из 4-х нейронов с обязательным присутствием тормозных.

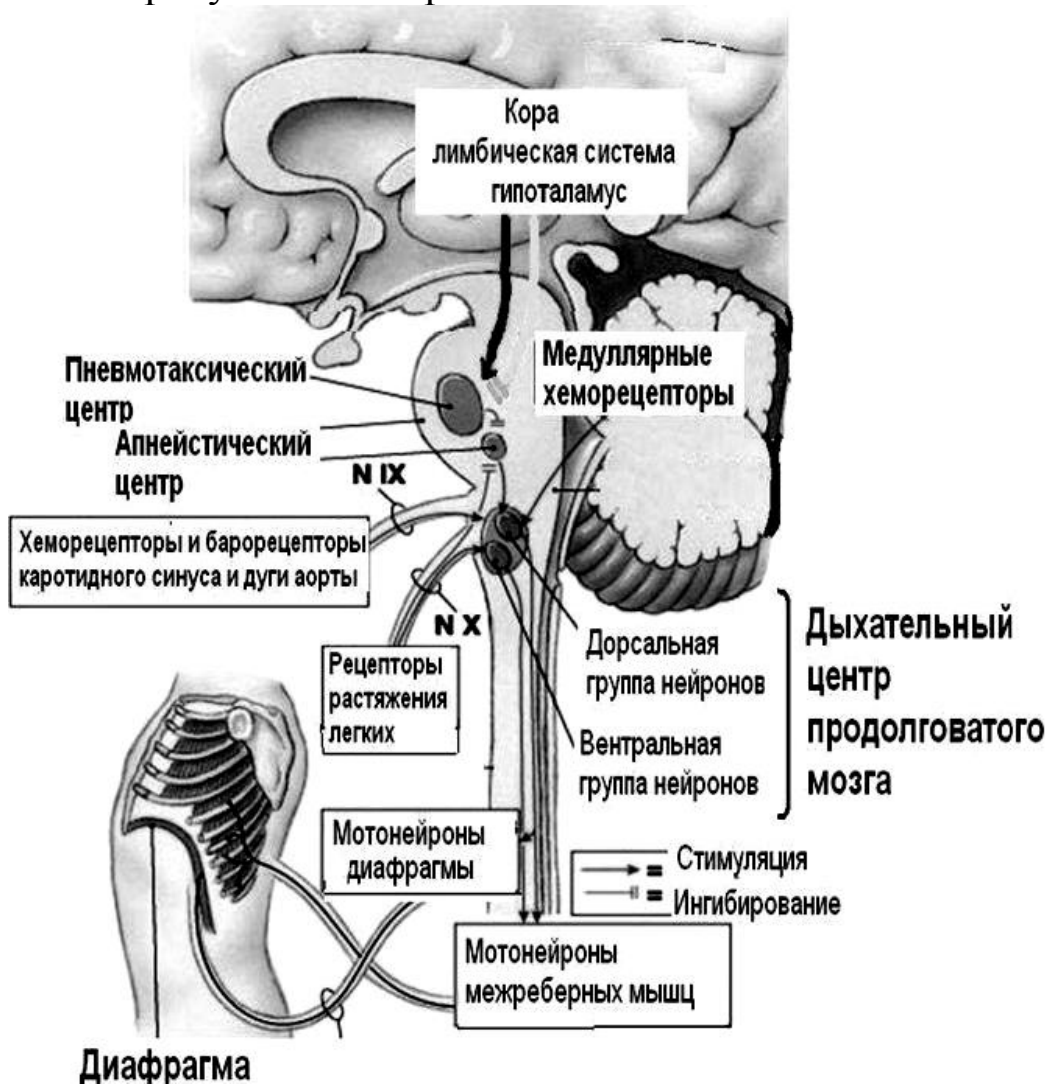


Рис. 24. Дыхательный нервный центр
(изображение со свободного доступа интернетресурса)

Дыхательные инспираторные и экспираторные нейроны имеют выход не только на дыхательные мышцы, но и на другие ядра продолговатого мозга. Например, при возбуждении дыхательного центра

реципрокно тормозится центр глотания и в то же время, наоборот, возбуждается сосудо-двигательный центр регуляции сердечной деятельности [15].

Основная (рабочая) часть дыхательного нервного центра расположена в продолговатом мозгу (рис.25).

В ней различают два отдела: **инспираторный** (центр вдоха) и **экспираторный** (центр выдоха).

Дорсальная группа дыхательных нейронов продолговатого мозга состоит преимущественно из инспираторных нейронов. Они частично дают поток нисходящих путей, вступающих в контакт с мотонейронами диафрагмального нерва.

Вентральная группа дыхательных нейронов посылает преимущественно нисходящие волокна к мотонейронам межреберных мышц. В передней части варолиева моста обнаружена область, названная **пневмотаксическим центром**. Этот центр имеет отношение к работе как экспи-, так и инспираторного его отделов. Важной частью дыхательного нервного центра является группа нейронов шейного отдела спинного мозга (III-IV шейные сегменты), где расположены ядра диафрагмальных нервов.

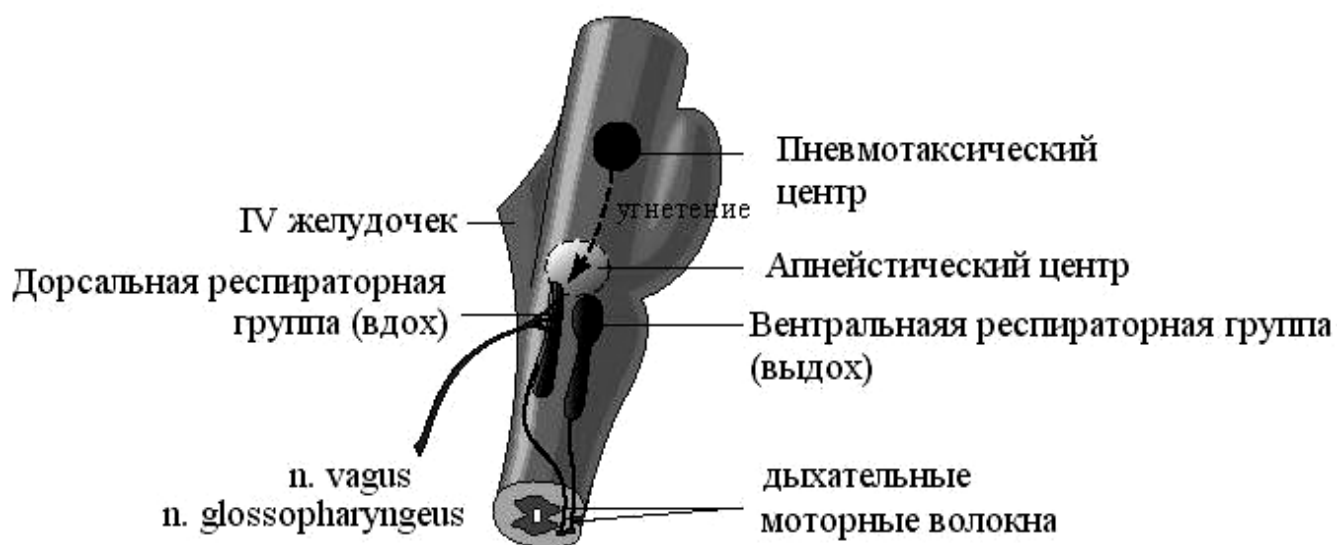


Рис. 25. Дыхательный нервный центр продолговатого мозга

(изображение со свободного доступа интернетресурса
<http://abitur-design.ru/dixatelnij-centr-prodolgovotogo-mozga-v-sostoyanii-pokoya-posilaet-impulsi-k>)

К моменту рождения ребенка дыхательный центр способен давать ритмическую смену фаз дыхательного цикла, но эта реакция очень несовершенна. Дело заключается в том, что к рождению дыхательный центр еще не сформирован, его формирование заканчивается к 5-6 годам жизни. Это подтверждается тем, что именно к этому периоду жизни детей дыхание у них становится ритмичным и равномерным. У новорожденных же оно неустойчиво как по частоте, так и глубине и ритму. У них дыхание диафрагмальное и практически мало отличается во время сна и бодрствования (частота от 30 до 100 в минуту). У детей 1 года количество дыхательных движений днем в пределах 50-60, а ночью – 35-40 в минуту, неустойчивое и диафрагмальное. В возрасте 2-4 лет – частота становится в пределах 25-35 и носит преимущественно диафрагмальный тип. У 4-6 – летних детей частота дыхания 20-25, смешанное – грудное и диафрагмальное. К 7 –14 годам достигает уровня 19-20 в минуту, оно является в это время смешанным. Таким образом, окончательное формирование нервного центра практически относится к этому возрастному периоду.

Как же происходит возбуждение дыхательного центра? Один из важнейших путей его возбуждения - это **автоматия**. Единой точки зрения на природу автоматии нет, но имеются данные о том, что в нервных клетках дыхательного центра возможно возникновение вторичной деполяризации (по принципу диастолической деполяризации в сердечной мышце), которая, достигая критического уровня, и дает новый импульс. **Пейсмейкерные нейроны** (нейроны - "создатели ритма") обеспечивают *автоматическое* возникновение возбуждения в дыхательном центре даже в том случае, если не будут раздражаться дыхательные рецепторы.

Тормозные нейроны обеспечивают автоматическое подавление этого возбуждения через определённое время.

В дыхательном центре используется принцип **реципрокного** (т.е. взаимоисключающего) взаимодействия двух центров: **вдоха** и **выдоха**. Их возбуждение находится в обратно пропорциональной зависимости. Это

означает, что возбуждение одного центра (например, центра вдоха) тормозит связанный с ним второй центр (центр выдоха) [15].

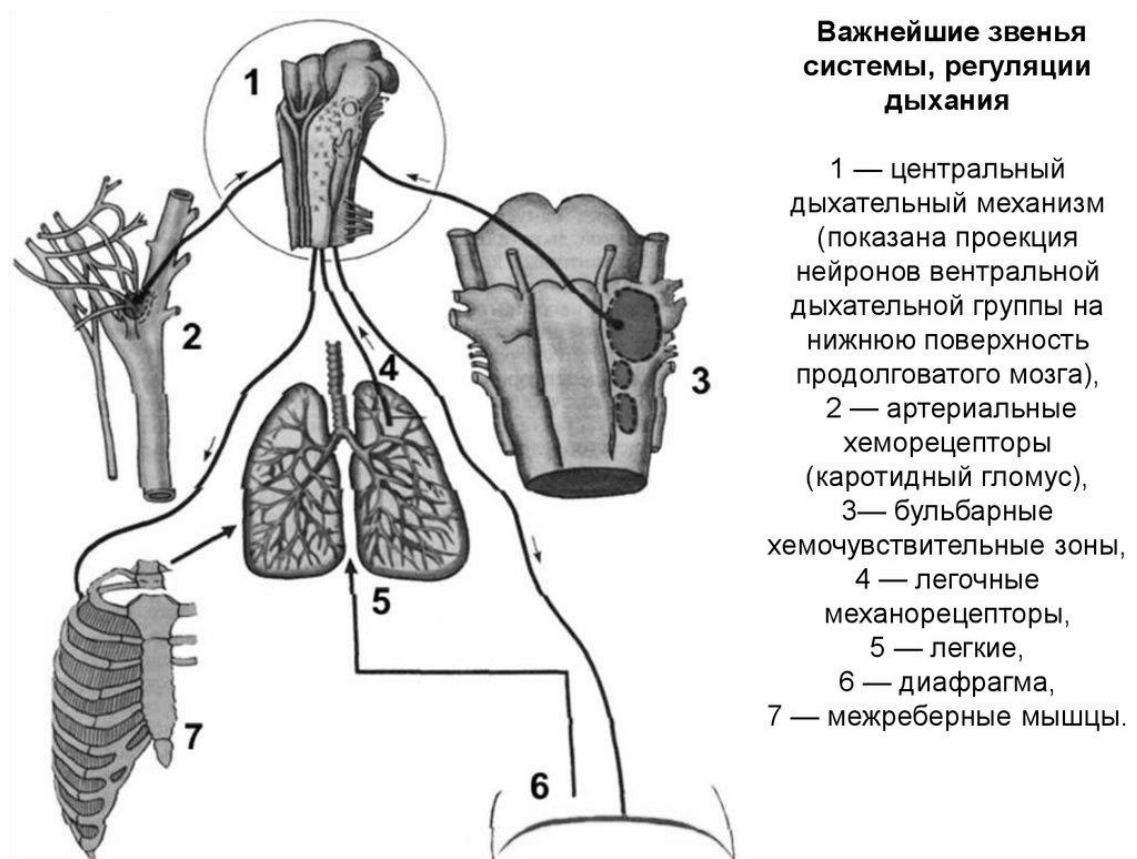


Рис. 26. Важнейшие звенья системы регуляции дыхания:

(изображение со свободного доступа интернетресурса
<https://ppt-online.org/39731>)

Однако одним из основных путей возбуждения дыхательного нервного центра является его раздражение углекислотой. Ранее мы отметили, что углекислоты много остается в крови, оттекающей от легких. Она и выполняет функцию основного раздражителя нервных клеток продолговатого мозга. Это опосредуется через специальные образования - **хеморецепторы**, расположенные непосредственно в структурах продолговатого мозга («**центральные хеморецепторы**») (рис.26). Они очень чувствительны к напряжению углекислого газа и кислотно-щелочному состоянию омывающей их межклеточной мозговой жидкости (табл.2) [2,4,7].

Таблица 2. Основные хеморецепторы

Рецепторы	Локализация	Характеристика
Центральные	Вентральная поверхность продолговатого мозга	Реагируют на изменения pH, pCO ₂
Периферические	Бифуркация сонных артерий, дуга аорты	Реагируют на снижение pO ₂ и pH, рост pCO ₂

Углекислота может легко диффундировать из кровеносных сосудов головного мозга в спинномозговую жидкость и стимулировать хеморецепторы продолговатого мозга. Это еще один путь возбуждения дыхательного центра.

Наконец, его возбуждение может осуществляться и рефлекторно. Все рефлексы, обеспечивающие регуляцию дыхания мы условно подразделяем на: собственные и сопряженные.

Собственные рефлексы дыхательной системы – это такие рефлексы, которые берут начало в органах дыхательной системы и в ней же заканчиваются. В первую очередь к этой группе рефлексов следует отнести рефлекторный акт с **механорецепторов легких** (рис.27.). В зависимости от локализации и вида, воспринимаемых раздражений, характера рефлекторных ответов на раздражение различают три вида таких рецепторов: рецепторы растяжения, ирритантные рецепторы и юкстакапиллярные рецепторы легких.

Рецепторы растяжения легких находятся, преимущественно в гладких мышцах воздухоносных путей (трахее, бронхах). Таких рецепторов в каждом легком около 1000 и связаны они с дыхательным центром крупными миелинизированными афферентными волокнами блуждающего нерва с высокой скоростью проведения. Непосредственным раздражителем этого типа механорецепторов является внутреннее напряжение в тканях стенок воздухоносных путей. При растяжении легких во время вдоха частота этих импульсов возрастает. Раздувание легких вызывает рефлекторное торможение вдоха и переход к выдоху. При перерезке блуждающих нервов эти реакции прекращаются, и дыхание становится замедленным и глубоким. Указанные реакции называют рефлексом **Геринга-Брейера**. Этот рефлекс воспроизводится у

взрослого человека, когда дыхательный объем превосходит 1 л (при физической нагрузке, например). Он имеет большое значение у новорожденных [7].

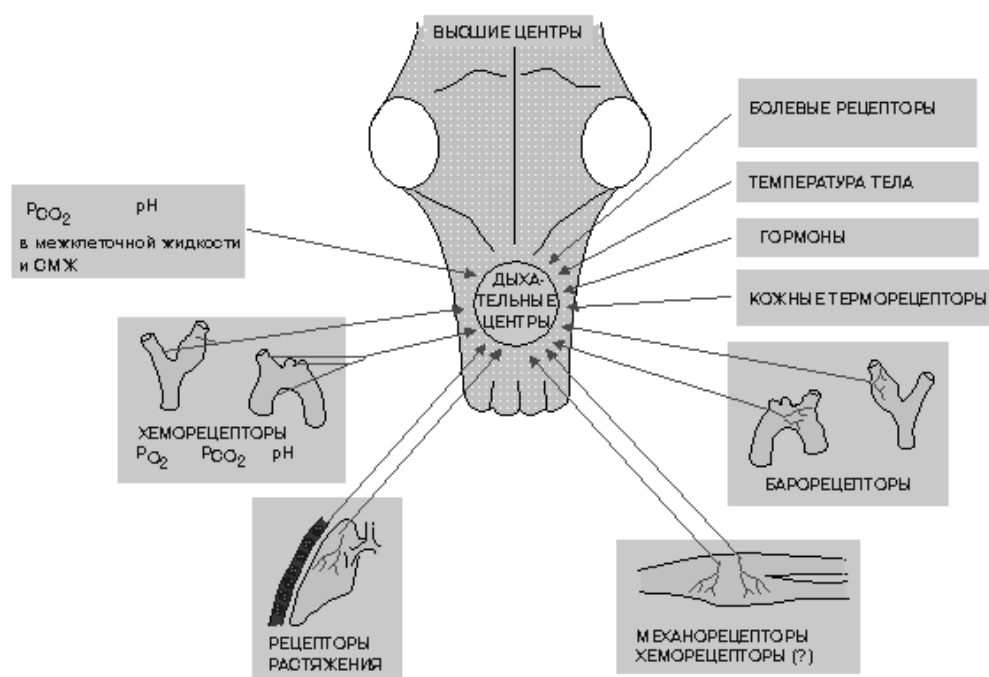


Рис.27. Общая схема центральных и периферических факторов, влияющих на дыхание (Schmidt R.F., Thews G., «Human Physiology», 1983)

(изображение со свободного доступа интернетресурса <https://studfiles.net/preview/2910038/page:2/>)

Ирритантные рецепторы или быстро адаптирующиеся механорецепторы воздухоносных путей, рецепторы слизистой оболочки трахеи и бронхов. Они реагируют на резкие изменения объема легких, а также при действии на слизистую трахеи и бронхов механических или химических раздражителей (пылевых частиц, слизи, паров едких веществ, табачного дыма и т.п.). В отличие от легочных рецепторов растяжения ирритантные рецепторы обладают быстрой адаптацией.

При попадании в дыхательные пути мельчайших инородных тел (пыли, частиц дыма), активация ирритантных рецепторов вызывает у человека кашлевой рефлекс. Его рефлекторная дуга такова – от рецепторов информация через верхнегортанный, языкоглоточный, тройничный нерв идет к соответствующим структурам мозга, отвечающим за выдох (срочный выдох – **кашель**). Если изолированно

возбуждаются рецепторы носовых дыхательных путей, то это вызывает другой срочный выдох - **чихание**.

Юкстакпиллярные рецепторы – расположены вблизи капилляров альвеол и дыхательных бронхов. Раздражителем этих рецепторов является повышение давления в малом круге кровообращения, а также увеличение объема интерстициальной жидкости в легких. Это наблюдается при застое крови в малом круге кровообращения, отеке легких, повреждениях легочной ткани (например, при пневмонии). Импульсы от этих рецепторов направляются к дыхательному центру по блуждающему нерву, вызывая появление частого поверхностного дыхания. При заболеваниях вызывает ощущение одышки, затрудненного дыхания. Может быть не только учащенное дыхание (тахипное), но и рефлекторное сужение бронхов.

Еще различают большую группу собственных рефлексов, которые берут свое начало от проприорецепторов дыхательной мускулатуры. Рефлекс от **проприорецепторов межреберных мышц** осуществляется во время вдоха, когда эти мышцы, сокращаясь, посылают информацию через межреберные нервы к экспираторному отделу дыхательного центра и в результате наступает выдох. Рефлекс от **проприорецепторов диафрагмы** осуществляется в ответ на ее сокращение во время вдоха, в результате информация поступает по диафрагмальным нервам вначале в спинной, а потом в продолговатый мозг в экспираторный отдел дыхательного центра и наступает выдох.

Таким образом, все собственные рефлексы дыхательной системы осуществляются во время вдоха и заканчиваются выдохом.

Сопряженные рефлексы дыхательной системы – это рефлекс, которые начинаются за ее пределами. К этой группе рефлексов, прежде всего, относится рефлекс на сопряжение деятельности системы кровообращения и дыхания. Такой рефлекторный акт начинается от периферических хеморецепторов сосудистых рефлексогенных зон (рис.26). Наиболее чувствительные из них находятся в области синокаротидной зоны.

Синокаротидный хеморецептивный сопряженный рефлекс – осуществляется при накоплении углекислого газа в крови. Если его напряжение растет, то происходит возбуждение наиболее высоковозбудимых хеморецепторов (а они именно в этой зоне и находятся в синокаротидном тельце), возникающая волна возбуждения идет от них по IX паре черпномозговых нервов и достигает экспираторного отдела дыхательного центра. Возникает выдох, который и усиливает выброс лишней углекислоты в окружающее пространство. Таким образом, система кровообращения (она, кстати, при осуществлении этого рефлекторного акта также работает более интенсивно, возрастает частота сердечных сокращений, скорость кровотока) влияет на деятельность системы дыхания.

Другой разновидностью сопряженных рефлексов дыхательной системы является многочисленная группа **экстероцептивных рефлексов**. Они берут свое начало от тактильных (вспомните реакцию дыхания на осязание, прикосновение), температурных (тепло – увеличивает, холод – уменьшает дыхательную функцию), болевых (слабые и средней силы раздражители – усиливают, сильные – угнетают дыхание) рецепторов.

Проприорецептивные сопряженные рефлексы дыхательной системы осуществляются вследствие раздражения рецепторов скелетных мышц, суставов, связок. Это наблюдается при выполнении физической нагрузки. Почему это происходит? Если в состоянии покоя человеку необходимо 200-300 мл кислорода в минуту, то при физической нагрузке этот объем должен значительно возрасти. В этих условиях увеличивается и МО, артериовенозная разница по кислороду. Увеличение этих показателей сопровождается повышением потребления кислорода. Далее все зависит от объема работы. Если работа длится 2-3 минуты и мощность ее достаточно велика, то потребление кислорода непрерывно растет с самого начала работы и снижается лишь после ее прекращения. Если же продолжительность работы больше, то потребление кислорода, нарастая в первые минуты, поддерживается в дальнейшем на постоянном уровне.

Потребление кислорода возрастает тем более, чем тяжелее физическая работа.

Наибольшее количество кислорода, которое организм может поглотить за 1 минуту при предельно тяжелой для него работе, называется **максимальное потребление кислорода (МПК)**. Работа, при которой человек достигает своего уровня МПК, должна длиться не более 3 минут.

Существует много способов определения МПК. У людей, не занимающихся спортом или физическими упражнениями, величина МПК не превышает 2,0-2,5 л/мин. У спортсменов она может быть выше более чем в два раза. МПК является показателем **аэробной производительности организма**. Эта способность человека совершать очень тяжелую физическую работу, обеспечивая свои энергетические расходы за счет кислорода, поглощаемого непосредственно во время работы. Известно, что даже хорошо тренированный человек может работать при потреблении кислорода на уровне 90-95% от уровня своего МПК не более 10-15 минут. Тот, кто имеет большую аэробную производительность, тот достигает лучших результатов в работе (спорте) при относительно одинаковой технической и тактической подготовленности.

Почему при физической работе возникает увеличение потребления кислорода? В этой реакции можно выделить несколько причин: раскрытие дополнительных капилляров и увеличение крови в них, сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо и вниз, увеличение температуры в мышцах. Для того, чтобы мышцы могли совершать определенную работу, им нужна энергия, запасы которой в них восстанавливаются при доставке кислорода.

Таким образом, существует зависимость между мощностью работы и количеством кислорода, которое требуется для работы. То количество крови, которое требуется для работы, называется **кислородным запросом**. Кислородный запрос может достигать при тяжелой работе до 15-20 л в минуту и более. Однако максимум потребления кислорода в

два-три раза меньше. Можно ли выполнить работу, если минутный кислородный запас превышает МПК? Чтобы правильно ответить на этот вопрос, надо вспомнить, для чего используется кислород при мышечной работе. Он необходим для восстановления богатых энергией химических веществ, обеспечивающих мышечное сокращение. Кислород обычно взаимодействует с глюкозой, и она, окисляясь, освобождает энергию. Но глюкоза может расщепляться и без кислорода, т.е. анаэробным путем, при этом тоже выделяется энергия. Кроме глюкозы, есть и другие вещества, способные расщепляться без кислорода.

Следовательно, работа мышц может быть обеспечена и при недостаточном поступлении кислорода в организм. Однако в этом случае образуется много кислых продуктов и для их ликвидации нужен кислород, ибо они разрушаются путем окисления. То количество кислорода, которое требуется для окисления продуктов обмена, образовавшихся при физической работе, называется **кислородный долг**. Он возникает во время работы и ликвидируется в восстановительном периоде после нее. На его ликвидацию уходит от нескольких минут до полутора часов. Все зависит от длительности и интенсивности работы. Основную роль в образовании кислородного долга составляет молочная кислота. Чтобы продолжить работу при наличии в крови большого ее количества, организм должен иметь мощные буферные системы и его ткани должны быть приспособлены к работе при недостатке кислорода. Такое приспособление тканей служит одним из факторов, обеспечивающих высокую **анаэробную производительность**.

Все это усложняет регуляцию дыхания при физической работе, так как потребление кислорода в организме возрастает и его недостаток в крови приводит к раздражению хеморецепторов. Сигналы от них идут в дыхательный центр, в результате дыхание учащается. При мышечной работе много образуется углекислоты, которая поступает в кровь и она может действовать на дыхательный центр непосредственно через центральные хеморецепторы. Если недостаток кислорода в крови приводит преимущественно к учащению дыхания, то избыток

углекислоты вызывает его углубление. При физической работе оба эти фактора действуют одновременно, вследствие чего происходит и учащение, и углубление дыхания. Наконец, импульсы идущие от работающих мышц, достигают дыхательного центра и усиливают его работу.

При функционировании дыхательного центра все отделы его функционально взаимосвязаны. Это достигается следующим механизмом. При накоплении углекислоты возбуждается инспираторный отдел дыхательного центра, от него информация идет в пневматоксический отдел центра, потом к экспираторному его отделу. Последний, кроме того, возбуждается за счет целой гаммы рефлекторных актов (с рецепторов легких, диафрагмы, межреберных мышц, дыхательных путей, хеморецепторов сосудов). Вследствие его возбуждения через специальный тормозный ретикулярный нейрон угнетается деятельность центра вдоха и на смену ему приходит выдох. Так как центр вдоха тормозится, то он не посылает далее импульсы в пневматоксический отдел, а от него прекращается поток информации в центр выдоха. К этому моменту накапливается в крови углекислота и снимаются тормозные влияния со стороны экспираторного отдела дыхательного центра. Вследствие такого перераспределения потока информации возбуждается центр вдоха и наступает на смену выдоху вдох. И все вновь повторяется.

Важным элементом в регуляции дыхания является блуждающий нерв. Именно через его волокна идут основные влияния на центр выдоха. Поэтому в случае его повреждения (также как и при повреждении пневматоксического отдела дыхательного центра) дыхание изменяется так, что вдох остается нормальным, а выдох резко затягивается. Такой тип дыхания называют **вагус-диспноэ** (рис.28) [2].

Мы уже отмечали выше, что при подъеме на высоту происходит увеличение легочной вентиляции, обусловленное стимуляцией хеморецепторов сосудистых зон. Одновременно с этим возрастает частота сердечных сокращений и МО. Эти реакции несколько улучшают

кислородный транспорт в организме, но ненадолго. Поэтому при длительном пребывании в горах по мере адаптации к хронической гипоксии начальные (срочные) реакции дыхания постепенно уступают место более экономному приспособлению газотранспортной системы организма. Так, у постоянных жителей больших высот реакция дыхания на гипоксию оказывается резко ослабленной (**гипоксическая глухота**) и легочная вентиляция поддерживается почти на том же уровне, что и у живущих на равнине. Зато при длительном проживании в условиях высокогорья возрастает ЖЕЛ, повышается КЕК, в мышцах становится больше миоглобина, в митохондриях усиливается активность ферментов, обеспечивающих биологическое окисление и гликолиз. У людей, живущих в горах, кроме того, понижена чувствительность тканей организма, в частности, центральной нервной системы, к недостаточному снабжению кислородом [5].

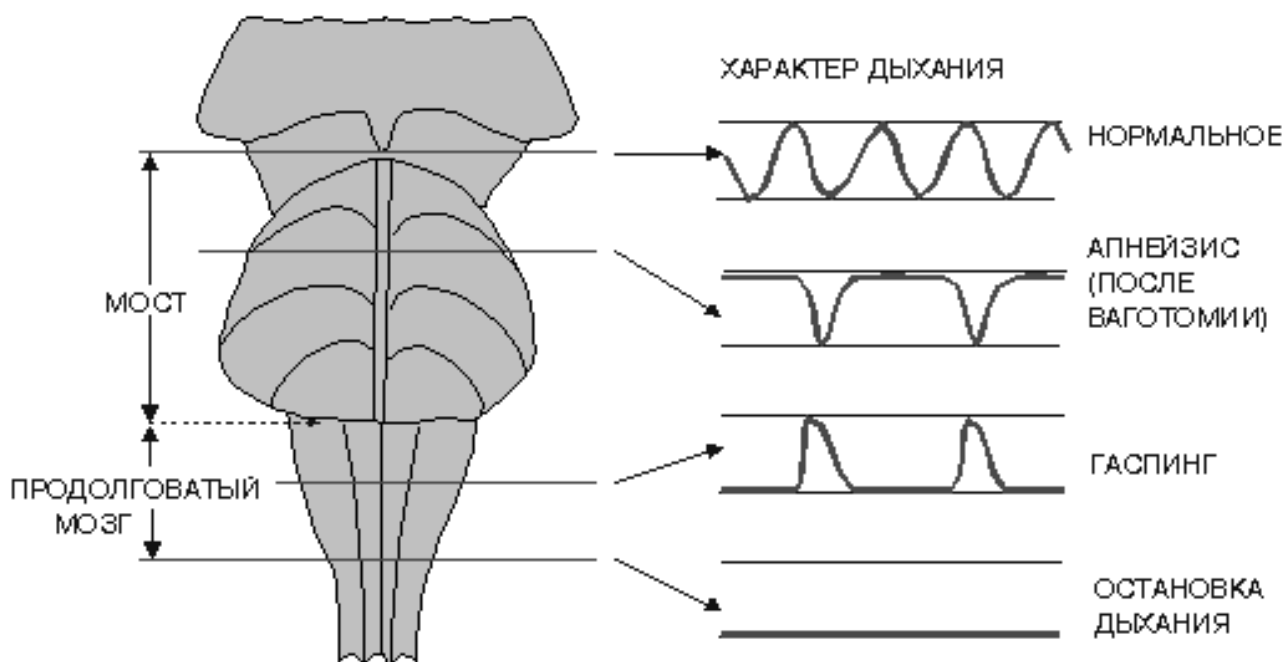


Рис. 28. Влияние перерезок на разных уровнях ствола мозга на дыхание (вентральная поверхность ствола мозга) (Schmidt R.F., Thews G., «Human Physiology», 1983)

(изображение со свободного доступа интернетресурса
<http://present5.com/kafedra-normalnoj-fiziologii-fiziologiya-dyxaniya-regulyaciya-dyxaniya/>)

На высотах более 12000 м давление воздуха очень мало и в этих условиях даже дыхание чистым кислородом не решает проблемы. Поэтому при полетах на этой высоте необходимы герметические кабины (самолеты, космические корабли).

Человеку иногда приходится работать и в условиях повышенного давления (водолазные работы). На глубине в крови начинает растворяться азот и при быстром подъеме из глубины он не успевает выделяться из крови, газовые пузырьки вызывают эмболию сосудов. Состояние, возникающее при этом, называется **кессонная болезнь**. Она сопровождается болями в суставах, головокружением, одышкой, потерей сознания. Поэтому азот в смесях воздуха заменяют нерастворимыми газами (например, гелием).

Человек может произвольно задерживать дыхание не более чем на 1-2 минуты. После предварительной гипервентиляции легких эта задержка дыхания увеличивается до 3-4 минут. Однако затяжное, например, ныряние после гипервентиляции таит в себе серьезную опасность. Быстрое падение оксигенации крови может вызвать внезапную потерю сознания, а в этом состоянии пловец (даже опытный) под влиянием стимула, вызванного ростом парциального напряжения углекислоты в крови, может вдохнуть воду и захлебнуться (утонуть) [2].

Первый вдох ребенка, причины его возникновения. Во внутриутробном периоде развития легкие не являются органом внешнего дыхания плода, эту функцию выполняет плацента. Но задолго до рождения появляются дыхательные движения, которые необходимы для нормального развития легких. Легкие до начала вентиляции заполнены жидкостью (около 100 мл).

Рождение вызывает резкие изменения состояния дыхательного центра, приводящие к началу вентиляции. Первый вдох наступает через 15-70 сек после рождения, обычно после пережатия пуповины, иногда – до него, т.е. сразу после рождения. Факторы, стимулирующие первый вдох:

1) Наличие в крови гуморальных раздражителей дыхания: CO_2 , H^+ и недостаток O_2 . В процессе родов, особенно после перевязки пуповины, напряжение CO_2 и концентрация H^+ возрастают, усиливается гипоксия. Но сами по себе гиперкапния, ацидоз и гипоксия не объясняют наступления первого вдоха. Возможно, что у новорожденных небольшие уровни гипоксии могут возбуждать дыхательный центр, действуя непосредственно на ткань мозга.

2) Не менее важный фактор, стимулирующий первый вдох, - резкое усиление потока афферентных импульсов от рецепторов кожи (холодовых, тактильных), проприорецепторов, вестибулорецепторов, наступающее в процессе родов и сразу после рождения. Эти импульсы активируют ретикулярную формацию ствола мозга, которая повышает возбудимость нейронов дыхательного центра.

3) Стимулирующим фактором является устранение источников торможения дыхательного центра. Раздражение жидкостью рецепторов, расположенных в области ноздрей, сильно тормозит дыхание (рефлекс «ныряльщика»). Поэтому сразу при рождении головки плода из родовых путей, акушеры удаляют слизь и оклоплодные воды из воздухоносных путей.

Таким образом, возникновение первого вдоха – результат одновременного действия ряда факторов.

Первый вдох новорожденного характеризуется сильным возбуждением инспираторных мышц, прежде всего диафрагмы. В 85 % случаев первый вдох более глубокий, чем последующие, первый дыхательный цикл более длительный. Происходит сильное снижение внутриплеврального давления. Это необходимо для преодоления силы трения между жидкостью, находящейся в воздухоносных путях и их стенкой, а также для преодоления силы поверхностного натяжения альвеол на границе жидкость – воздух после попадания в них воздуха. Длительность первого вдоха 0,1–0,4 сек., а выдоха в среднем 3,8 сек. Выдох происходит на фоне суженной голосовой щели и сопровождается криком. Объем выдыхаемого воздуха меньше, чем вдыхаемого, что

обеспечивает начало формирования ФОЕ. ФОЕ увеличивается от вдоха к вдоху. Аэрация легких обычно заканчивается ко 2-4 дню после рождения. ФОЕ в этом возрасте составляет около 100 мл. С началом аэрации начинается функционировать малый круг кровообращения. Жидкость, оставшаяся в альвеолах, всасывается в кровеносное русло и лимфу [13] .

У новорожденных ребра расположены с меньшим наклоном, чем у взрослых, поэтому сокращения межреберных мышц менее эффективно изменяют объем грудной полости. Спокойное дыхание у новорожденных является диафрагмальным, инспираторные мышцы работают только при крике и одышке.

Новорожденные всегда дышат носом. Частота дыхания вскоре после рождения в среднем около 40 в минуту. Воздухоносные пути у новорожденных узкие, их аэродинамическое сопротивление в 8 раз выше, чем у взрослых. Легкие мало растяжимы, но податливость стенок грудной полости высокая, результатом этого являются низкие величины эластической тяги легких. Для новорожденных характерен относительно небольшой резервный объем вдоха и относительно большой резервный объем выдоха. Дыхание новорожденных нерегулярно, серии частых дыханий чередуются более редкими, 1-2 раза в 1 минуту возникают глубокие вздохи. Могут наступать задержки дыхания на выдохе (апноэ) до 3 и более секунд. У недоношенных может наблюдаться дыхание типа Чейн-Стокса. Деятельность дыхательного центра координируется с активностью центров сосания и глотания. При кормлении частота дыхания обычно соответствует частоте сосательных движений.

Возрастные изменения дыхания. После рождения до 7-8 лет идут процессы дифференцировки бронхиального дерева и увеличения количества альвеол (особенно в первые три года). В подростковом возрасте происходит увеличение объема альвеол.

Минутный объем дыхания увеличивается с возрастом почти в 10 раз. Но для детей в целом характерен высокий уровень вентиляции легких, приходящийся на единицу массы тела (относительной МОД). Частота дыхания с возрастом уменьшается, особенно сильно в течение первого

года после рождения. С возрастом ритм дыхания становится более стабильным. У детей длительность вдоха и выдоха почти равны. Увеличение продолжительности выдоха у большинства людей происходит в подростковом возрасте.

С возрастом совершенствуется деятельность дыхательного центра, развиваются механизмы, обеспечивающие четкую смену дыхательных фаз. Постепенно формируется способность детей к произвольной регуляции дыхания. С конца первого года жизни дыхание участвует в речевой функции [13].

Роль полости рта в создании речевого дыхания и речеобразования. Дыхательная система человека, помимо своей основной функции - обеспечения газообмена в легких, принимает непосредственное участие в создании звуков речи. Основными способами создания акустических эффектов является прерывание воздушной струи ритмическими смыкающимися и размыкающимися голосовыми связками. При протекании воздуха с достаточно большой скоростью через сужения, образуемые в том или ином месте по ходу верхних дыхательных путей, возникают тональные и шумовые звуки.

Таким образом, речь возникает благодаря действиям дыхательной системы, обеспечивающей необходимое давление и потоки воздуха в речеобразующем тракте, и благодаря движению элементов этого тракта, управляющих воздушными потоками. Органы полости рта, например губы, язык и зубы, участвуют в создании акустического эффекта, так как выдох при разговоре происходит через рот. Работа дыхательного аппарата во время речи называется *речевым дыханием*. Нормальная речь с правильным и четким произношением звуков непрерывно связана с целостностью зубных рядов. Потеря зубов, особенно передних, приводит к шепелявости, ухудшению четкости произносимых звуков и даже к потере возможности произношения отдельных из них. При этом иногда могут наблюдаться слюноотделение и выброс слюны через пространства, которые образуются на месте отсутствующих зубов. Дефекты речи могут быть также обусловлены нарушением функции слюнных желез (сухость

во рту), жевательной мускулатуры (контрактура мышц и паралич двигательных нервов), височно-нижнечелюстного сустава (контрактура нижней челюсти), а также врожденными или приобретенными дефектами органов челюстно-лицевой области, аномалиями прикуса и неправильным зубным протезированием.

Одной из главных причин нарушения речевой функции являются дефекты зубных рядов, в особенности фронтального участка зубочелюстной системы. При этом наблюдается искажение генерации звуков, а также изменение энергозатрат в условиях речевой деятельности. В связи с этим врач-стоматолог при протезировании должен выбрать конструкцию протеза, при которой речевая деятельность становится оптимальной по четкости и ясности генерированных звуков и минимальной по затрате энергии.

У человека нет специфических, специально созданных для речи органов. Для речеобразования он использует органы дыхания, глотания и жевания. Однако для голосовой составляющей речи у человека имеется специализированный голосовой аппарат (гортань и голосовые связки).

Органы, участвующие в речеобразовании, делятся на две группы: органы дыхания (легкие с бронхами и трахеей) и органы, непосредственно участвующие в звукообразовании. Среди них различают активные (подвижные), способные менять объем и форму речевого тракта и создавать в нем препятствия для выдыхаемого воздуха, и пассивные (неподвижные), лишенные этой способности.

К активным органам относятся гортань, глотка, мягкое небо, язык, губы.

К пассивным органам относят - зубы, твердое небо, полость носа и придаточные пазухи. Все эти образования с точки зрения периферического механизма речеобразования можно представить как три взаимосвязанных отдела - *генераторный, резонаторный и энергетический*. Различают два резонатора - тоновый (к нему относится гортань) и шумовой (за счет создания щелей в полости рта). Два модулирующих генератора - рот и глотка и один немодулирующий -

носоглотка с придаточными полостями. Два энергодатчика - скелетные межреберные мышцы, диафрагмы, живота и гладкие мышцы трахеобронхиального дерева.

Немаловажное значение в звукообразовании имеют сосудистые реакции в слизистых оболочках дыхательных путей и голосового тракта. От состояния кровенаполнения данных отделов зависит резонаторная функция в процессе звукообразования. Секреция желез слизистой оболочки дыхательных путей и голосового тракта также оказывает определенное влияние на речеобразование. Ее усиление сказывается и на резонаторных свойствах голосового тракта. Так, обильная секреция в носоглотке создает затруднение для воспроизводства носовых звуков, придает им оттенок гнусавости. Чрезмерное отделение слюны влияет на формирование всех звуков, в которых участвуют полость рта, зубы, язык и губы. Эта сфера уже стоматогенного аспекта речеобразования, на что врач-стоматолог должен обращать внимание.

Одним из важных исполнительных отделов системы речеобразования является голосовой тракт, где за счет артикуляции формируется фонемная и шепотная составляющие речи. Деятельность этого отдела в большей своей части является областью компетенции врача-стоматолога. Так, нарушение целостности зубных рядов, особенно резцовой группы, приводит к изменению и затруднению в формировании зубных звуков, при этом может наблюдаться шепелявость, присвист и т.д. Патологические образования на спинке языка приводят к затруднению воспроизводства звуков, а также нарушения в области губ. На результат фонации большое влияние оказывает измененный прикус. Особенно это проявляется при открытом, перекрестном прикусах, прогнатии и прогении.

Нарушение фонации при различных изменениях в полости рта получили соответствующие названия. Так, нарушение, связанное с расщелиной твердого неба, называется палатолалией. При аномалиях строения и функции языка, возникающие артикуляционные расстройства получили название глоссолалии. Неправильное строение зубов и их

расположение в альвеолярных дугах, особенно передней группы (резцы и клыки), часто являются причиной дислалий. Все это должен учитывать врач-стоматолог при выполнении лечебных мероприятий в полости рта.

Хирург-стоматолог при производстве операций на органах полости рта должен заранее прогнозировать возможность нарушения речеобразовательной функции. Особенно важно знание механизмов артикуляции для стоматолога-ортопеда. Производство съемных протезов, особенно при обширных адентиях или полном отсутствии зубов, приводит к изменению артикуляционных соотношений в полости рта. Это, естественно, сказывается и на резонирующей функции голосового аппарата. Завышение прикуса при протезировании, неправильная постановка искусственных зубов и даже хорошо изготовленный протез всегда на первых этапах привыкания к нему приводят к затруднению речеобразования.

Часто у больных со съемными протезами проявляются те или иные признаки дислалий, которые выражаются в затруднении звукообразования, дополнительного прищепывания, шепелявости, присвистывания. Все это необходимо учитывать при конструировании и создании зубных протезов, особенно людям, которые в своем трудовом процессе активно используют речь (артисты, певцы, лекторы, дикторы, педагоги). Известное положение "поставить голос" певцу, артисту, диктору или педагогу означает не что иное, как путем определенных поведенческих приемов настроить дыхание и артикуляцию.

В процессе жевания пищи и проглатывании пищевого комка происходят изменения дыхания, которые относятся к защитным дыхательным рефлексам. Они проявляются в остановке дыхания, Во время глотания челюсти смыкаются, мягкое небо поднимается, сокращающиеся небно-глоточные мышцы образуют перегородку между ртом и носовой полостью. Вход в гортань закрывается надгортанником, а голосовые связки закрывают голосовую щель. Поэтому пищевой комок при сокращении мышц глотки может попасть только в отверстие

пищевода.

Итак, здоровое дыхание это – через нос, как можно реже, с задержкой во время вдоха и, особенно, после него. **Удлиняя** вдох, мы стимулируем работу симпатического отдела вегетативной нервной системы, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Удлиняя выдох, мы удерживаем больше и дольше в крови углекислоту. А это оказывает положительное влияние на тонус кровеносных сосудов (снижает его), со всеми вытекающими отсюда последствиями. Благодаря этому кислород может в такой ситуации пройти в самые отдаленные сосуды микроциркуляции, препятствуя нарушению их функции и развитию многочисленных заболеваний.

Правильное дыхание – это профилактика и лечение большой группы заболеваний не только дыхательной системы, но и других органов и тканей! [2].

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1 [3]

Определение показателей внешнего дыхания

Научно-методическое обоснование темы.

Внешнее дыхание — это газообмен между организмом и атмосферой. Транспорт газов осуществляется с помощью парциального давления: кислорода в атмосфере, легких, крови и тканях с переходом в последние и углекислого газа в обратном направлении. Внутреннее дыхание — необходимость кислорода и выделения углекислого газа клетками.

Для стоматологов изучение этого раздела может представлять профессиональный интерес из двух позиций: формирование пищевого комка и глотания, а также речеобразование.

Большое значение в формировании пищевого комка, жевании и глотании имеют процессы дыхания. Ротовое дыхание (продувка воздуха над едой) во время жевания предопределяет охлаждение горячей еды в ротовой полости. В процессе жевания еды и проглатывания комка еды происходят изменения дыхания, которые принадлежат к защитным рефлексам дыхания. Они проявляются в остановке дыхания. Во время глотания челюсти смыкаются, мягкое небо поднимается, сокращаются небно-глоточные мышцы, образуя перегородку между ртом и носовой полостью. Вход в гортань закрывается надгортанником, а голосовые связки закрывают голосовую щель. Поэтому комочек еды при сокращении мышц глотки может попасть лишь в отверстие пищевода.

Дыхательная система человека, кроме своей основной функции, принимает участие в образовании звуков речи. Органы ротовой полости, например, губы, язык и зубы принимают участие в образовании акустического эффекта, поскольку выдох во время разговора происходит через рот. Работа дыхательного аппарата во время вещания называется речевым дыханием. Нормальное произношение с правильной и четкой артикуляцией звуков тесно связано с целостностью зубных рядов. Потеря зубов, особенно передних, предопределяет дефекты речи, ухудшение четкости произношения звуков и даже приводит к потере возможности произношения отдельных из них. При этом иногда может наблюдаться слюноотделение и выброс слюны через щели, которые образуются на месте отсутствия зубов.

Дефекты речи могут быть также обусловлены нарушением функции слюнных желез (избыточная сухость во рту), жевательной мускулатуры (контрактура мышц, паралич двигательных нервов), височно-нижнечелюстного сустава (контрактура нижней челюсти), а также врожденными или приобретенными дефектами органов челюстно-лицевого участка, аномалиями прикуса и неправильным протезированием. Нарушения фонации при разнообразных изменениях в ротовой полости имеют соответствующие названия. Так, нарушение, связанное с расщелиной твердого неба, называется *палатолалией*, при аномалиях строения и функции языка — *глосолалией*. Неправильное строение зубов и их расположения в альвеолярных дугах, особенно передней группы (резцы, клыки), часто становятся причиной *дислалий*. Все это должен учитывать врач-стоматолог во время выполнения лечебных мероприятий в ротовой полости.

Хирург-стоматолог, выполняя операции на органах ротовой полости, должен прогнозировать нарушение речеобразовательной функции. Особенно большое значение механизмов артикуляции для стоматолога-ортопеда. Изготовление съемных протезов, особенно при широких адентиях или при полном отсутствии зубов, приводит к изменениям артикуляционных соотношений в ротовой полости, что безусловно влияет и на резонирующую функцию голосового аппарата и речеобразования. Завышение прикуса при протезировании, неправильная постановка зубов и даже хорошо изготовленный протез всегда на первых этапах привыкания к нему приводят к затруднению речеобразования. Часто у больных с съемными протезами наблюдаются те или другие признаки дислалий, которые проявляются препятствием звукообразования, дополнительным прищоптыванием, шепелявостью, присвистыванием. Все это необходимо учитывать, конструируя и устанавливая зубные протезы, особенно людям, которые в своем трудовом процессе активно используют речь (артисты, певцы, лекторы, дикторы, педагоги).

Учебная цель.

Знать: строение и функции системы дыхания, ее роль в организме, механизмы внешнего дыхания и методы его исследования.

Уметь: исследовать показатели внешнего дыхания методом спирометрии, рассчитать за спирограммой статические и динамические показатели внешнего

дыхания, определить с помощью пневмотахометра скорость воздушного потока; полученные результаты оценить, сравнив с физиологическими константами.

Для работы необходимо: часы с секундной стрелкой, кушетка медицинская, вата, спирограммы, спирометр, спирт.

Работа 1. Определить тип, частоту и ритм дыхания.

По движению грудной или брюшной стенки определить основные параметры внешнего дыхания в состоянии покоя и после 20 приседаний за 30 сек.

Рекомендации относительно оформления результатов работы: результаты оформить в виде таблицы, в которую включить показатели до и после физической нагрузки.

В выводах: сравнить параметры внешнего дыхания до и после физической нагрузки и сделать выводы о влиянии внешних факторов на показатели внешнего дыхания у людей разного пола.

Работа 2. Определить показатели внешнего дыхания за спирограммой в состоянии покоя и после физической нагрузки.

Найти соотношение остаточного объема (ОО) к ЖЕЛ (жизненная емкость легких), отраженной в процентах. В норме эта величина колеблется от 20 до 50%. ОО в клинике не определяют прямым методом, в норме он составляет 25—30% от величины ЖЕЛ (рис. 29).

Рекомендации относительно оформления результатов работы: зарисовать спирограмму в протоколы и обозначить показатели, которые исследовали. Записать в протоколах полученные результаты.

В выводах: сделать вывод о функциональном состоянии внешнего дыхания обследуемого и ответить на вопрос, отвечают ли фактические результаты физиологическим константам.

Работа 3. Определить ЖЕЛ и ДЖЕЛ (должная ЖЕЛ).

Обработать спиртом конец спирометра, установить стрелку спирометра на «0» шкалы. В положении «стоя» сделать глубокий вдох, потом полный выдох в спирометр.

Рассчитать ДЖЕЛ по формуле:

$$\text{ДЖЕЛ (мужчины)} = [27,63 - (0,112 \times \text{возраст})] \times \text{рост (в см)}$$

$$\text{ДЖЕЛ (женщины)} = [21,73 - (0,101 \times \text{возраст})] \times \text{рост (в см)}$$

Рекомендации относительно оформления результатов работы: записать расчеты и сравнить ДЖЕЛ и ЖЕЛ в исследуемых.

В выводах: оценить ЖЕЛ исследуемого, учитывая, что ЖЕЛ здоровых людей может отклоняться от ДЖЕЛ на $\pm 20\%$. ЖЕЛ является клиническим показателем функции легких, давая информацию как о силе дыхательных мышц, так и о других аспектах дыхания. Жизненная емкость легких зависит от возраста, пола, роста, положения тела: в вертикальном положении она несколько больше, чем в горизонтальном (в вертикальном положении в легких меньше крови). ЖЕЛ зависит в значительной степени от степени тренированности организма.

Уменьшение ЖЕЛ больше, чем на 20%, может указывать на абсолютное уменьшение функционирования легочной ткани, как при заболевании легких (непроходимость бронхов, опухоль, пневмония и др.), так и при сердечно-сосудистых заболеваниях. При этом снижается резервный объем вдоха и выдоха, что указывает на уменьшение системы грудная клетка—легкие. Величина ОО увеличивается, вызывая увеличение ОЕЛ, что указывает на деструктивные изменения бронхов и снижение эластичности легочной ткани.

Работа 4. Исследовать проходимость дыхательных путей методом измерения объема и продолжительности форсированного выдоха по методу Вотчала-Тиффно.

По спирограмме форсированного выдоха рассчитать объем экспираторного форсированного выдоха за 1 сек (ЭФЖЕЛ) и длительность форсированного выдоха к моменту его резкого замедления. Для этого с момента начала форсированного выдоха отложить 2 см, что соответствует 1 сек при скорости движения ленты 1200 мм/хв и опустить перпендикуляр к пересечению с кривой выдоха. Определить объем воздуха, выдохнутого за 1 сек. и определить отношение ее к ЖЕЛ по формуле:

$$\frac{\text{ЭФЖЕЛ (за 1 сек)} \times 100\%}{\text{ЖЕЛ}}$$

У здоровых людей эта величина должна быть не меньше, чем 70%. Длительность форсированного выдоха в норме составляет 2—4 сек.

Рекомендации относительно оформления результатов работы: записать расчеты.

В выводах: по расчетным данным сделать вывод о проходимости дыхательных путей у исследуемого. Увеличение бронхиального сопротивления указывает на отек, гиперемия слизистой оболочки, спазматические явления гладких мышц дыхательных путей, нагромождения гнойного секрета и др.

Работа 5. Определить резерв дыхания.

Резерв дыхания (РД) определяется по формуле: $\text{РД} = \text{МВЛ} - \text{МОД}$.

В норме РД превышает МОД не менее чем в 15—20 раз.

Рекомендации относительно оформления результатов работы: записать в протоколы расчеты.

В выводах: оценить полученные показатели резерва дыхания, учитывая что, у здоровых людей РД составляет не меньше, чем 85% МВЛ. При дыхательной недостаточности он уменьшается до 55—60% и ниже.

Задание для самоконтроля: смотри тесты «Крок-1», ситуационные задачи.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Вентиляция альвеол и факторы, которые влияют на нее.
2. Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха.
3. Парциальное давление и его значение для вентиляции.

4. Мертвое пространство и его значение.
5. Роль внешнего дыхания в процессах формирования пищевого комка, жевание и глотание.
6. Роль внешнего дыхания в речеобразовании.
7. Влияние стоматологических заболеваний (манипуляций) на речеобразовательную функцию полости рта.

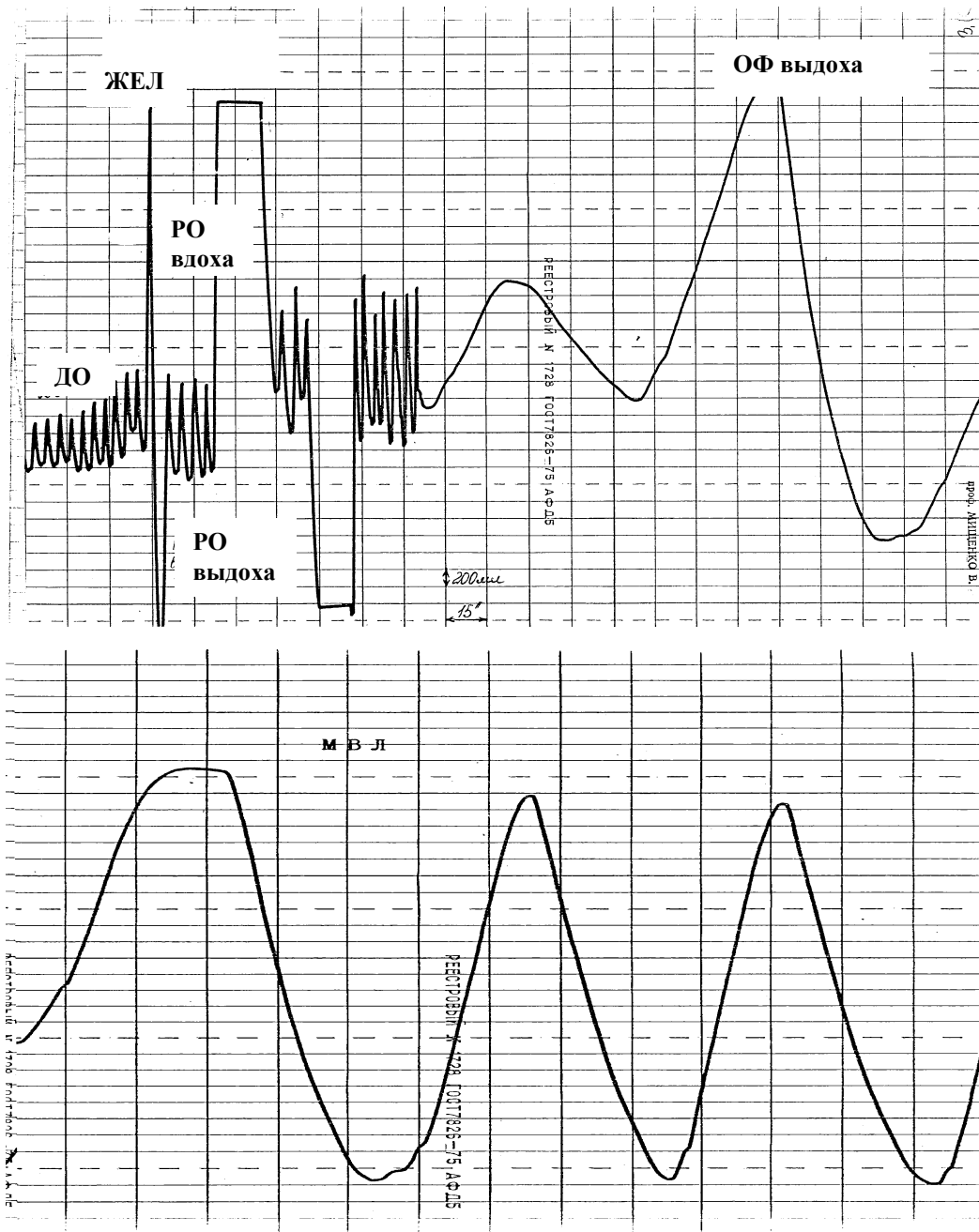


Рис. 29. Спирограмма человека в состоянии покоя

ДО – дыхательный объем, ЖЕЛ – жизненная емкость легких, РО_{вдоха} – резервный объем вдоха, РО_{выдоха} – резервный объем выдоха, МВЛ – максимальная вентиляция легких, ОФ_{выдоха} – объем форсированного выдоха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснакова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород:Издательство НГМА, 2005.- С. 279-294.
2. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 505-550.
3. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница:Новая книга, 2009.- С. 187-227.
4. Физиология человека [Текст]: учебник / под ред. В. М. Покровского, Т. Ф. Коротько. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 2011. – 664 с.

Интернет ресурсы:

1. <http://osvita.ua/vnz/reports/biolog/27320/>
2. <http://lektsii.org/2-48638.html>
3. <http://www.studfiles.ru/preview/5601818/page:72/>
4. idruchniki.com/1534122059799/meditsina/dihannya
5. <http://bibliograph.com.ua/447/127.htm>
6. <http://www.eurolab.ua/encyclopediaua/tuberculosis-ua/42345/>
7. <http://www.grandars.ru/college/medicina/fiziologiya-dyhaniya.html>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2 [3]

Легочная вентиляция. Газообмен, транспорт газов кровью

Научно-методическое обоснование темы.

Переход кислорода из легких в кровь и выход из крови углекислого газа — это пассивные процессы, которые характеризуют второй этап дыхания. Скорость перехода газов через мембрану, которая состоит из альвеолярных, сосудистых и кровяных клеток и слоев разных веществ, что их отделяют и укрывают, зависит от многих факторов. Главными из них является градиент парциального давления газов, толщина диффузионной мембраны, поверхность, через которую происходит диффузия, и свойства газов.

У живого человека нельзя наблюдать непосредственно за функцией диффузионной мембраны, поэтому все методы определения диффузии основываются на выявлении результатов ее, то есть определении показателей количества газов в венозной и артериальной крови, их сравнении, а также определении общего поглощения кислорода и выделения CO_2 организмом по показателям внешнего дыхания.

Учебная цель.

Знать: законы диффузии газов с одной среды в другую; морфологию и особенности легочных и сосудистых мембран, через которые диффундируют газы крови; формы транспорта газов кровью, физико-химические свойства гемоглобина и соединения его.

Уметь: объяснить механизмы диффузии газов на границе легкие-кровь и кровяные ткани, а также способы транспорта газов.

Для работы необходимо: спирограф, кислород, загубник, зажим для носа, бумага для записи, вата, спирт.

Работа 1. Определение потребления кислорода за 1 хв. С помощью спирографа.

Присоединив герметически дыхательные пути к прибору с помощью загубника, образуют замкнутую систему прибор-легкие. На протяжении 1 хв в состоянии относительного физиологического покоя записывают спирограмму. По мере потребления кислорода спирограмма отклоняется вверх от исходной линии. Зная, что отклонение кривой от нулевой линии на 30 мм вверх отвечает поглощению 1 л O_2 , можно определить потребление O_2 за 1 хв.

Например: 30 мм — 1 л O_2
6 мм — X л O_2 , отсюда X л = 6 мм:30 мм = 0,2 л.

Потом быстро закрывают кран прибора, обследуемый вынимает загубник из рта и приседает 20 раз на протяжении 30 с. Сразу же после приседания он опять присоединяется через загубник к прибору. Записывают спирограмму после физической нагрузки на протяжении 3 мин. По окончании исследования по спирограмме рассчитывают потребление O_2 в состоянии покоя и после физической нагрузки.

Рекомендации относительно оформления результатов работы. В виде таблицы записать количество O_2 , что был употреблен в состоянии покоя и после физической нагрузки. В протоколе зарисовать схему спирограммы.

В выводах: ответить на такие вопросы:

- 1) Насколько больше поглощено кислорода во время физического труда?
- 2) Какая длительность отдыха?

Задание для самоконтроля: смотри тесты «Крок-1», ситуационные задачи.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Диффузия и транспортировка газов как этапы процесса дыхания.
2. Состав атмосферного, выдыхаемого и альвеолярного воздуха. Парциальное давление газов.
3. Газы крови, методы исследования. Напряжение газов в артериальной и венозной крови.
4. Связывание и перенесение кислорода кровью. Кислородная емкость крови.
5. Кривая диссоциации оксигемоглобина и факторы, которые влияют на нее.
6. Диффузия газов в легких. Диффузионная способность легких и факторы, которые влияют на нее.
7. Транспортировка CO_2 кровью. Роль карбоангидразы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснакова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород:Издательство НГМА, 2005.- С. 279-294.

2. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 505-550.
3. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница:Новая книга, 2009.- С. 187-227.
4. Физиология человека [Текст]: учебник / под ред. В. М. Покровского, Т. Ф. Коротько. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 2011. – 664 с.

Интернет ресурсы:

1. http://8next.com/bl/3480-bl_0133.html
2. <http://intranet.tdm>
3. http://www.studfiles.ru/preview/3270285/u.edu.ua/data/kafedra/internal/normal_phiz/classes_stud/uk
4. <http://www.grandars.ru/college/medicina/fiziologiya-dyhaniya.html>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3 [3]

Исследование процесса регуляции дыхания

Научно-методическое обоснование темы.

Чтобы использование O_2 и образование CO_2 отвечали разнообразным требованиям организма, связанных с ежедневной активностью, а величины PaO_2 и $PaCO_2$ сохранялись в узких физиологических пределах, необходимы приспособительные изменения минутной вентиляции. Для достижения этого гомеостатического эффекта существует сложная система регуляции дыхания.

Физиологическая система контроля — система управления дыханием организована как контур негативной обратной связи. Газ, который вдыхается, поступает к альвеолам по воздухоносным путям к альвеолам, где он принимает участие в обмене газов на уровне альвеолярно-капиллярной мембраны. Рецепторы реагируют на информацию о механических явлениях (н-р, о наполнении легких) и гуморальных параметрах (н-р, PaO_2 и $PaCO_2$). Эта информация интегрируется в *дыхательном центре* продолговатого мозга, который модулирует нервный импульс к мотонейронам, которые иннервируют дыхательные мышцы. Координированное возбуждение респираторных мотонейронов приводит к синхронному сокращению дыхательных мышц, создавая воздушный поток.

Когда химические раздражения, такие, как гипоксия и гиперкапния, распознаются хеморецепторами, их сигналы в дыхательном центре реализуются повышенной нервной импульсацией к респираторным мотонейронам, что вызывает повышение минутной вентиляции. Артериальная гипокапния, наоборот вызывает уменьшение вентиляции.

Врач нередко встречается с ситуациями, когда нужно быстро, четко, квалифицированно помочь больному при нарушении дыхания.

Знания механизмов регуляции дыхания могут понадобиться врачу во время принятия родов, предоставление помощи утопленному или отравленному угарным газом. Эти знания сослужат службу во время пребывания в горах, очаге пожара и

тому подобное. Очень нужно уметь регулировать дыхание анестезиологам и реаниматологам.

Главный физиологический результат работы системы регуляции дыхания — поддержка оптимального парциального напряжения газов в крови и тканях в соответствии с интенсивностью метаболизма.

Учебная цель.

Знать: основные принципы регуляции дыхания; иметь представление о структуре и деятельности дыхательного центра.

Уметь: определить максимальную длительность задержки дыхания у человека во время вдоха, выдоха, вдоха после гипервентиляции и проанализировать механизмы, которые влияют на длительность задержки дыхания; определить по спирограмме, как изменятся некоторые показатели внешнего дыхания (частота, МОД) и минутное потребление кислорода в связи с мышечным трудом, проанализировать механизмы этих изменений.

Для работы необходимо: часы с секундной стрелкой, спирограммы.

Работа 1. Провести пробы с задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге) и на выдохе (проба Генче) в состоянии покоя.

В сидячем положении исследуемый на высоте очень глубокого (но не максимального) вдоха задерживает дыхание, зажимая при этом нос. Время задержки дыхания регистрируется по секундной стрелке часов. После установления спокойного дыхания через 5—7 мин. задержать дыхание после глубокого выдоха.

Оценка проб: здоровый человек может задержать дыхание при глубоком вдохе на 55—60 сек (минимум 30—40 сек), на выдохе 30—40 сек (минимум 20 сек). У молодых тренированных людей время задержки увеличивается.

Дать физиологическую оценку этих проб по спирограмме.

Рекомендации относительно оформления результатов работы. Записать результаты всех проб.

В выводах: ответить, почему во всех пробах разная длительность периода задержки.

Работа 2. Провести пробы с задержкой дыхания на вдохе и выдохе после 20 приседаний за 30 сек (проба с физической нагрузкой).

Исследуемый делает 20 приседаний за 30 сек, сразу же задерживает дыхание на вдохе, зажимая ноздри. После установления дыхания физическая нагрузка повторяется и дыхание задерживается на выдохе.

Провести анализ спирограмм с задержкой дыхания на вдохе и выдохе в состоянии покоя и после физической нагрузки.

Рекомендации относительно оформления результатов работы: данные записать в виде таблицы.

В выводах: ответить на вопрос, как изменилось дыхание в связи с физической нагрузкой.

Задание для самоконтроля: смотри тесты «Крок-1», ситуационные задачи.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Дыхательный центр: строение, пути возбуждения.
2. Роль CO₂ в возбуждении дыхательного нервного центра.
3. Гуморальные механизмы возбуждения дыхательного нервного центра.
4. Рефлекторная регуляция дыхания: собственные и сопряженные рефлексы дыхательной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснакова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород:Издательство НГМА, 2005.- С. 279-294.
2. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 505-550.
3. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница:Новая книга, 2009.- С. 187-227.
4. Физиология человека [Текст]: учебник / под ред. В. М. Покровского, Т. Ф. Коротько. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 2011. – 664 с.

Интернет ресурсы:

1. <http://www.studfiles.ru/preview/3270284/>
2. http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/normal_phiz/classes_stud/uk
3. <http://bibliograph.com.ua/447/136.htm>
4. <http://www.grandars.ru/college/medicina/fiziologiya-dyhaniya.html>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4 [3]

Решение ситуационных задач и практические навыки по физиологии системы дыхания

Научно-методическое обоснование темы.

Занятие носит обобщающий прикладной характер и необходимо для формирования целостного представления о системе дыхания, умения применять знание для решения ситуационных задач и выполнения практических навыков. Закрепление знаний по методам исследования и оценки показателей дыхания нужные для профессиональной подготовки врача.

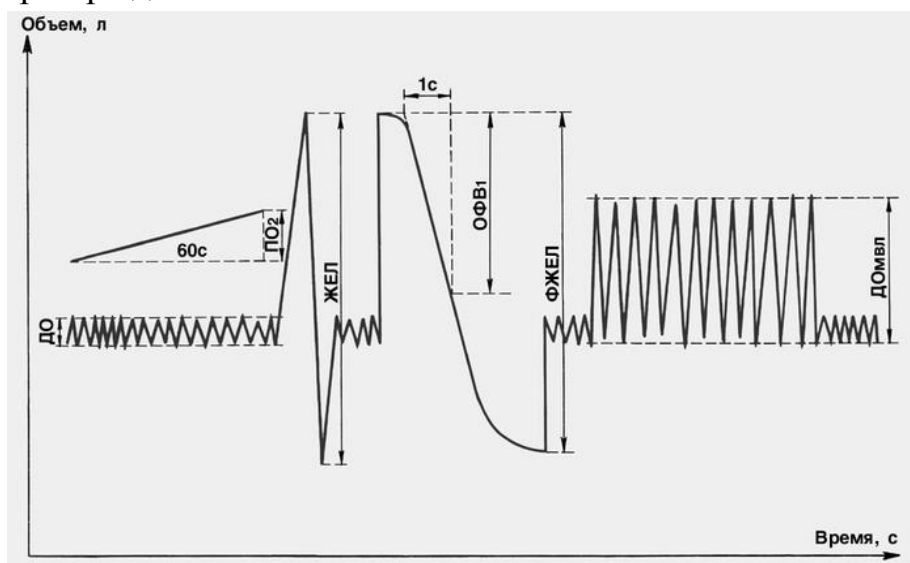
Учебные цели:

- Объяснять строение и функции системы дыхания, его роль в организме, механизмы внешнего дыхания и методы его исследования, законы диффузии газов с одной среды к другой; морфологию и особенности легочных и сосудистых мембран, через которые диффундируют газы крови; формы транспорта газов кровью, физико-химические свойства гемоглобина и соединения его, основные принципы регуляции дыхания.
- Трактовать представление о структуре и деятельности дыхательного центра.
- Исследовать показатели внешнего дыхания методом спирометрии.

- Рассчитывать по спирограмме статические и динамические показатели внешнего дыхания.
- Определять с помощью пневмотахометра скорость воздушного потока; полученные результаты оценивать, сравнивая с физиологическими константами.
- Объяснить механизмы диффузии газов на грани легкие-кровь и ткани, а также способы транспорта газов.
- Определять максимальную длительность задержки дыхания у человека во время вдоха, выдоха, вдоха после гипервентиляции.
- Анализировать механизмы, которые влияют на длительность задержки дыхания.
- Определять по спирограмме, как изменятся некоторые показатели внешнего дыхания (частота, МОД) и минутное потребление кислорода в связи с мышечной работой, проанализировать механизмы этих изменений.

***Перечень практических навыков,
которые необходимо уметь выполнять:***

1. Определить тип, частоту и ритм дыхания.
2. Определить показатели внешнего дыхания за спирограммой в состоянии спокойствия и после физической нагрузки.
3. Определить ЖМЛ и НЖМЛ(необходима ЖМЛ).
4. Исследовать проходимость дыхательных путей методом измерения объема и долготы форсированного выдоха за методом Вотчала-Тиффно.
5. Определить резерв дыхания.



6. Визначити потребление кислорода за 1 мин. С помощью спирографа.
7. Провести пробы с задержанием дыхания на вдохе(проба Штанге) и на выдохе(проба Генче) в состоянии спокойствия.

8. Провести пробы с задержанием дыхания на вдохе и выдохе потом 20 приседания за 30 сек (проба с физической нагрузкой).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ :

1. Значение дыхания для организма, основные этапы процесса дыхания, дыхательный цикл, физиологию дыхательных путей;
2. Механизм вдоха и выдоха, давление в плевральной полости, его изменение при дыхании, эластические свойства легких и стенок грудной полости;
3. Газообмен в легких, состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха, напряжение газов, растворенных в крови, парциальное давление газов (O_2 и CO_2) в альвеолярном воздухе, газообмен в тканях;
4. Транспорт газов (O_2 и CO_2) кровью, факторы, влияющие на образование и диссоциацию оксигемоглобина, содержание O_2 и CO_2 в артериальной и венозной крови, кислородную емкость крови;
5. Кривые диссоциации оксигемоглобина и их зависимость от концентрации водородных ионов и температуры;
6. Регуляцию дыхания, дыхательный центр, структуры ЦНС, обеспечивающие дыхательную периодику;
7. Влияние на частоту и глубину дыхания газового состава и рН артериальной крови; 8) центральные и периферические хеморецепторы, их значение в обеспечении газового гомеостаза, изменение вентиляции легких при гиперкапнии и гипоксии;
8. Механорецепторы легких (растяжения, ирритантные, юкстаальвеолярные), их роль в саморегуляции дыхания, рефлекс Геринга-Брейера;
9. Значение гипоталамуса и коры больших полушарий в регуляции дыхания, условно-рефлекторную и произвольную регуляцию дыхания;
10. Структуры ЦНС, обеспечивающие дыхательную периодику, механизмы, обеспечивающие ритмическую смену дыхательных фаз;
11. Дыхание при физической работе, при повышенном и пониженном атмосферном давлении, резервные возможности системы дыхания, защитные дыхательные рефлекссы, дыхание при речи.
12. Механизм первого вдоха новорожденного;
13. Особенности регуляции дыхания; созревание дыхательного центра, устойчивость дыхательного центра новорожденного к гипоксии и низкая чувствительность к гиперкапнии. Созревание рефлексогенных зон и развитие произвольного изменения частоты и глубины дыхания.

(см. тесты для подготовки к «Крок-1», ситуационные задачи)

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснакова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород:Издательство НГМА, 2005.- С. 279-294.
2. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 505-550.
3. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница:Новая книга, 2009.- С. 187-227.
4. Физиология человека [Текст]: учебник / под ред. В. М. Покровского, Т. Ф. Коротько. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 2011. – 664 с.

Интернет ресурсы:

1. <http://medlecture.ru/lectures/physiologia-semester-2/pages/physiologia-dyhaniya-1>
2. <http://biofile.ru/bio/19503.html>
3. <http://medlecture.ru/lectures/physiologia-semester-2/pages/physiologia-dyhaniya-1>
4. <http://biofile.ru/bio/19503.html>
5. http://www.kniga.com/books/preview_txt.asp?sku=ebooks312390
6. http://www.telenir.net/medicina/polnaja_yenciklopedija_ozdorovlenija/p6.php
7. http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/distance/lectures_stud
8. http://www.medicinform.net/human/fisiology2_2.htm
9. http://www.medicinform.net/human/fisiology2_2.htm
10. <http://biofile.ru/chel/1959.html>
11. <http://biofile.ru/bio/2387.html>
12. <http://www.grandars.ru/college/medicina/regulyaciya-dyhaniya.html>
13. <http://xn--80ahc0abogjs.com/terapiya-anesteziologiya-intensivnaya/regulyatsiya-dyhaniya.html>

Тесты для подготовки к «Крок-1»

1. При анализе спирограммы у больного 66 лет установлены снижения дыхательного объема и амплитуды дыхательных движений, которое может быть связано с:

- A. *Снижением силы сокращений дыхательных мышц
- B. Газовым составом окружающей среды
- C. Конституцией человека
- D. Ростом человека
- E. Массой тела человека

2. У человека преклонного возраста наблюдается ограниченная дыхательная экскурсия грудной клетки, что есть результатом:

- A. *Уменьшения эластичности межреберных хрящей
- B. Снижения количества сурфактанта
- C. Снижения кровоснабжения легких

- D. Продолжительного курения табака
- E. Повышения количества сурфактанта

3. После операции на брюшной полости больной находится в состоянии покоя в горизонтальном положении. В этом состоянии инспирация легких на 80 % осуществляется, вероятнее всего, за счет сокращения:

- A. *Диафрагмы
- B. Внешних межреберных мышц
- C. Внутренних межреберных мышц
- D. Больших и малых грудных мышц
- E. Мышц живота

4. Продолжительное курение вызовет стойкий отек слизистой оболочки воздухоносных путей, который увеличивает сопротивление движению воздуха. Врачи таким пациентам рекомендуют дышать через рот. Почему?

- A. *Дыхание через рот уменьшает аэродинамическое сопротивление
- B. Увеличивается ЖЕЛ
- C. Увеличивается ДО
- D. Увеличивается ФОЕ (функциональная остаточная емкость)
- E. Повышается кровоснабжение легких

5. В предстартовом состоянии бегуну необходимо повысить концентрацию O_2 в мышцах. Каким образом это можно сделать?

- A. *Дышать в режиме гипервентиляции
- B. Дышать в режиме гиповентиляции
- C. Делать быстрый вдох и медленный выдох
- D. Подышать чистым кислородом
- E. Выпить 50 мл 20 % глюкозы

6. При физической нагрузке изменяется уровень O_2 , CO_2 , pH крови. Наиболее эффективным раздражителем хеморецепторов каротидного синуса, который увеличивает вентиляцию легких, есть:

- A. *Низкий уровень O_2 в крови
- B. Низкий уровень CO_2 в крови
- C. Повышение напряжения O_2 в крови
- D. Накопление лактата в крови
- E. Повышение pH крови

7. При исследовании возбудимости нейронов дыхательного центра регистрировали активность И-нейронов. В какую фазу дыхательного цикла возбудимость этих нейронов максимальная?

- A. *При вдохе
- B. При выдохе
- C. При задержке дыхания на вдохе
- D. При задержке дыхания на выдохе
- E. В дыхательную паузу

8. У рабочих, которые производят цемент, усиливается рефлекс кашля,

который обусловлен возбуждением:

- A. *Ирритантных рецепторов
- B. Юкстакпиллярных рецепторов
- C. Хеморецепторов легких
- D. Терморецепторов легких
- E. Болевых рецепторов плевры

9. Спинномозговая жидкость (СМЖ) отделенная от крови гематоэнцефалическим барьером (ГЭБ). Какое соединение, регулирующее возбудимость центральных дыхательных хеморецепторов продолговатого мозга, имеет наилучшую способность проникать через ГЭБ?

- A. *CO₂
- B. O₂
- C. H⁺
- D. HCO₃⁻
- E. H₂PO₃⁻

10. При курении табака у человека часто возникает кашель. Раздражение каких рецепторов запускает этот рефлекс?

- A. *Ирритантных
- B. Центральных хеморецепторов
- C. Хеморецепторов дуги аорты
- D. J-рецепторов альвеол
- E. Механорецепторов легких

11. У человека, который вышел из теплого помещения на холодный воздух часто возникает кашель. Раздражение холодным воздухом каких рецепторов запускает рефлекс кашля?

- A. *Ирритантных
- B. Центральных хеморецепторов
- C. Хеморецепторов дуги аорты
- D. J-рецепторов альвеол
- E. Механорецепторов легких

12. Повышенная выработка гистамина в легких есть одной из причин возникновения бронхоспазма при бронхиальной астме, которая обусловлена возбуждением:

- A. *Ирритантных рецепторов
- B. Центральных хеморецепторов
- C. Хеморецепторов дуги аорты
- D. J-рецепторов альвеол
- E. Механорецепторов легких

13. Для образования энергии в клетке, которая используется для ее жизнедеятельности, нужно обеспечить постоянное поступление кислорода к митохондриям. Этапами этого процесса есть:

- A. *Конвекционное поступление воздуха в легкие и диффузия газов между

альвеолами и кровью.

В. Диффузное поступление воздуха в легкие и конвекция газов между альвеолами и кровью.

С. Диффузия газов в легких и транспорт их кровью.

Д. Конвекционный транспорт воздуха в легкие и в кровь.

Е. Нагнетание воздуха в легкие и диффузия газов

14. Проводят исследования на каротидном синусе собаки. Как снижение напряжения O_2 в крови, которая проходит через синус, повлияет на системное артериальное давление?

А. *Повысит.

В. Снизит.

С. Не изменит.

Д. Повысит с последующим снижением.

Е. Снизит с последующим повышением

15. У пациента установлены снижения рН крови. В какую сторону сместится кривая диссоциации оксигемоглобина вследствие изменения рН?

А. *Вправо.

В. Влево.

С. Вверх.

Д. Вниз.

Е. Не изменится.

16. В крови здорового человека CO_2 находится в химически связанной и свободной формах. Какая из этих форм транспорта CO_2 преобладает?

А. Карбогемоглобин.

В. Угльная кислота.

С. Карбоксигемоглобин.

Д. *Бикарбонатные ионы.

Е. Свободный CO_2 .

17. Во время глубоководных работ произошла авария и возникшая необходимость срочного спасения водолаза. Его быстро подняли на поверхность судна. Вскоре состояние его здоровья начал ухудшаться. Что стало причиной этого ухудшения?

А. Эмболия углекислотой.

В. Эмболия кислородом.

С. *Эмболия сосудов пузырьками азота.

Д. Гипоксемия.

Е. Гиперкапния.

18. Врач скорой помощи констатировал у потерпевшего потерю сознания, нарушение дыхания и прочие проявления отравления угарным газом. Какое соединение будет причиной нарушения дыхания?

А. Карбогемоглобин

В. Метгемоглобин.

- C. Дезоксигемоглобин.
- D. Оксигемоглобин.
- E. *Карбоксигемоглобин

19. После нескольких интенсивных произвольных дыхательных движений (гипервентиляции) спортсмену неко-торое время дышать "не хочется". Что является причиной возникновения такого состояния?

- A. Повышается возбудимость дыхательного центра.
- B. *Снижается возбудимость дыхательного центра.
- C. Повышается парциальное давление CO_2
- D. Снижается парциальное давление O_2
- E. Повышается величина рН крови.

20. После продолжительной задержки дыхания у пациента напряжение O_2 артериальной крови снизилась до 60 мм рт. ст. (8,0 кПа). Как реагирует система дыхания на такое изменение гомеостаза?

- A. Гиповентиляцией
- B. Гипероксигенацией тканей.
- C. Гипероксией
- D. *Гипервентиляцией.
- E. Гиперкапнией

21. Пациент из горизонтального положения перешел в вертикальное.

Изменилась ли перфузия легких кровью?

- A. Не изменилась
- B. *К верхним отделам легких поступает меньше крови
- C. К верхним отделам легких поступает больше крови
- D. К средним от-делам легких поступает меньше крови
- E. К нижним отделам легких поступает меньше крови

22. В покое при осуществлении газообмена в легких эритроцит проходит по капилляру:

- A. За 0,3- 0,5 с
- B. За 1,5-2 с
- C. *За 0,6-1 с
- D. За 1 мин
- E. За 3-5 с

23. Каким показателем оценивают в клинике количество газа, которое проходит через легочную мембрану за 1 мин. при градиенте давления 1 мм. рт.ст.

- A. *Диффузная способность легких
- B. Количество потребленного кислорода
- C. Количество выделенного углекислого газа
- D. Дыхательный коэффициент
- E. Объем мертвого пространства

24. У пациента газообмен через легочно-капиллярную мембрану зависит от:

- A. Площадь поверхности
- B. Толщина мембраны
- C. Градиенту давления газа
- D. Коэффициента диффузии
- E. *Все перечисленные факторы

25. Кровь, которая вытекает от легких по легочным венам, несет меньше кислорода, чем в идеальных условиях. Это связано с:

- A. *Все ответы верные
- B. Наличием артерио-венозных шунтов
- C. Неравномерной вентиляцией легких
- D. Неодинаковой перфузией разных участков легких
- E. Примесей венозной крови из большого круга кровообращения

26. Во время обследования больного 72 лет с заболеванием легких обнаружено, что давление CO_2 в артериальной крови составляет 48 мм рт.ст., а pH 7,3. К возникновению какого состояния внутренней среды организма могут привести такие изменения?

- A. *Ацидоз
- B. Гипокапния
- C. Алкалоз
- D. Гипоксия
- E. Гипоксемия

27. В эксперименте на собаке изучали влияние различных гуморальных факторов на стимуляцию дыхательного центра. Какой из показателей крови возбуждает его рецепторы непосредственно ?

- A. *Концентрация H^+
- B. Напряжение CO_2
- C. Напряжение O_2
- D. Концентрация N_2
- E. Концентрация CO

28. Больным с легочной недостаточностью часто советуют пожить некоторое время в горной местности. Что может быть причиной улучшения их здоровья?

- A. *реакция организма на гипоксию
- B. низкая температура окружающей среды
- C. чистый воздух
- D. снижение нервного напряжения
- E. Уменьшение физической нагрузки

29. У пациента выявлено сужение трахеи. Как это проявляется на функциональном состоянии легких?

- A. *динамическая податливость легких увеличивается при снижении эластичности легких
- B. Увеличивается эластичность легких
- C. Динамическая податливость уменьшается

- D. Динамическая податливость уменьшается, а эластичность увеличивается
- E. Функциональное состояние легких не изменяется

30. У больного диагностирована эмфизема легких. Какие показатели легочной вентиляции будут при этом снижены?

- A. *снижение объема легочной вентиляции
- B. снижение дыхательного объема
- C. Снижение ЖЄЛ
- D. Снижение РО выдоха
- E. снижение РО вдоха

31. При дыхании на большой высоте, какие адаптационные механизмы осуществляются?

- A. *все перечисленные
- B. увеличение альвеолярной вентиляции
- C. сдвиг кривой диссоциации ге-моглобина влево
- D. увеличение диффузной способности легких
- E. Увеличение количества эри-троцитов и гемоглобина

32. У альпиниста 27 лет на высоте 5000 метров над уровнем моря впервые во время сна изменился характер дыхания: за несколькими глубокими вдохами наступает остановка дыхания, за которой снова возникают глубокие дыхательные движения и т.д. Какая вероятная причина изменения внешнего дыхания?

- A. *снижение парциального давления O_2 в воздухе
- B. снижение парциального давления CO_2 в воздухе
- C. повышение кислородной емкости крови
- D. увеличение объемной скорости кровотока
- E. снижение температуры воздуха

33. Какие влияния вызовут эффекты расслабления мышц бронхов ?

- A. *Адренэргические
- B. Холинэргические
- C. Адреномиметические
- D. Холиномиметические
- E. Пуринэргические

34. Как изменится характер дыхания при глотании?

- A. *Задерживается в обеих фазах дыхательного цикла
- B. Задержка дыхания не происходит ни в одной из фаз дыхательного цикла
- C. Задерживается в фазе инспирации
- D. Задерживается в фазе экспирации
- E. Усиливается в обоих фазах дыхательного цикла

35. Наибольшее количество воздуха, который человек может выдохнуть после максимально глубокого вдоха, это:

- A. *Жизненная емкость легких
- B. Общая емкость легких

- C. Функциональная остаточная емкость
 - D. Резервный объем выдоха
 - E. Кислородная емкость легких
- 36. Какие влияния вызовут эффекты сокращения мышц бронхов и бронхиол?**
- A. *Холинэргические
 - B. Адренэргические
 - C. Холинэргические и адренэргические
 - D. Пуринэргические
 - E. Серотонинэргические
- 37. Суммарным показателем активности системы дыхания есть:**
- A. *Потребление кислорода за одну минуту
 - B. Градиент концентрации газа
 - C. Коэффициент диффузии
 - D. Кислородная емкость легких
 - E. Коэффициент утилизации кислорода
- 38. Часть кислорода артериальной крови, которая усваивается тканями, называется:**
- A. *Коэффициентом утилизации кислорода
 - B. Парциальным давлением газа
 - C. Кислородной емкостью крови
 - D. Минутным объемом дыхания
 - E. Дыхательным объемом
- 39. Сколько составляет парциальное давление O_2 и CO_2 в венозной крови?**
- A. * O_2 -40 мм рт.ст; CO_2 -46 мм рт.ст.
 - B. O_2 -40 мм рт.ст; CO_2 -31 мм рт.ст.
 - C. O_2 – 110 мм рт.ст; CO_2 -40 мм рт.ст.
 - D. O_2 – 159 мм рт.ст; CO_2 -40 мм рт.ст.
 - E. O_2 – 124 мм рт.ст; CO_2 -31 мм рт.ст.
- 40. В каких компонентах крови находится фермент карбоангидраза?**
- A. В плазме
 - B. *В эритроцитах
 - C. В лейкоцитах
 - D. В моноцитах
 - E. В лимфоцитах
- 41. Как повлияет на характер дыхания двусторонняя перерезка блуждающих нервов?**
- A. *Дыхание станет реже и глубже
 - B. Дыхание станет поверхностным и частым
 - C. Возникнет задержка дыхания
 - D. Возникнет дыхание типа Куссмауля
 - E. Возникнет дыхание типа Биота
- 42. Как изменится дыхание при стимуляции центрального конца перерезанного**

блуждающего нерва?

- A. *Возникнет задержка дыхания
- B. Дыхание станет редким и глубоким
- C. Дыхание станет поверхностным и частым
- D. Возникнет дыхание типа Биота
- E. Возникнет дыхание типа Рейн-Стокса

43. Вследствие физической нагрузки кислородная емкость крови у человека увеличилась с 180 до 200 мл/л. Основной причиной этого есть то, что при физической нагрузке увеличивается:

- A. *Содержание гемоглобина в единице объема крови
- B. Диффузная способность легких
- C. Содержание кислорода в альвеолах
- D. Сродство гемоглобина к кислороду
- E. Минутный объем дыхания

44. В исследуемого необходимо оценить активность системы дыхания. Что из указанных показателей целесообразно определить для этого?

- A. *Потребление кислорода за минуту
- B. Минутный объем дыхания
- C. Жизненная емкость легких
- D. Альвеолярная вентиляция легких
- E. Кислородная емкость крови

45. По просьбе врача больной сделал максимально глубокий выдох. Какие из перечисленных мышц принимают участие в таком выдохе?

- A. *Живота
- B. Диафрагма
- C. Лестничные
- D. Грудинно-ключично-сосцевидные
- E. Трапецевидные

46. У человека в состоянии покоя значительно увеличена работа мышц вдоха. Что из приведенного может быть причиной этого?

- A. *Сужение дыхательных путей
- B. Поверхностное дыхание
- C. Редкое дыхание
- D. Увеличение внутриплеврального давления
- E. Сурфактант

47. У человека в состоянии покоя значительно увеличенная работа мышц вдоха. Что из приведенного может быть причиной этого?

- A. *Дефицит сурфактанта
- B. Поверхностное дыхание
- C. Редкое дыхание
- D. Увеличение внутриплеврального давления
- E. Расширение дыхательных путей

48. У человека измеряют внутриплевральное давление. В какой фазе человек задержал дыхание, если величина зарегистрированного давления равняется “–7,5 см.вод.ст.?”

- A. *Спокойный вдох
- B. Спокойный выдох
- C. Форсированный вдох
- D. Форсированный выдох

49. У человека измеряют внутриплевральное давление. В какой фазе человек задержал дыхание, если величина зарегистрированного давления равняется “–15 см.вод.ст.?”

- A. *Форсированный вдох
- B. Спокойный выдох
- C. Спокойный вдох
- D. Форсированный выдох

50. У человека измеряют внутриплевральное давление. В какой фазе человек задержал дыхание, если величина зарегистрированного давления равняется “+” 3 см.вод.ст.?”

- A. *Форсированный выдох
- B. Спокойный выдох
- C. Форсированный вдох
- D. Спокойный вдох

51. Измеряют давление в альвеолах легких здорового человека. Это давление будет равняться 0 мм рт.ст. во время:

- A. *Интервала между вдохом и выдохом
- B. Спокойного вдоха
- C. Спокойного выдоха
- D. Форсированного вдоха
- E. Форсированного выдоха

52. У человека гипервентиляция вследствие физической нагрузки. Какой из приведенных показателей внешнего дыхания у нее значительно больше, чем в состоянии покоя?

- A. *Дыхательный объем
- B. Жизненная емкость легких
- C. Резервный объем вдоха
- D. Резервный объем выдоха
- E. Общая емкость легких

53. У человека вследствие патологического процесса увеличена толщина альвеолокапиллярной мембраны. Непосредственным следствием этого будет уменьшение у человека:

- A. *Диффузной способности легких
- B. Кислородной емкости крови
- C. Минутного объема дыхания

- D. Альвеолярной вентиляции легких
- E. Резервного объема выдоха

54. У человека содержащее гемоглобина в крови составляет 100 г/л. Чему у него равняется кислородная емкость крови?

- A. *134 мл/л
- B. 100 мл/л
- C. 150 мл/л
- D. 168 мл/л
- E. 180 мл/л

55. Человек потерял сознание в салоне автомобиля, где продолжительное время ожидал приятеля при включенном двигателе. В крови у него найдено патологическое соединение гемоглобина. Что именно?

- A. *Карбоксигемоглобин
- B. Дезоксигемоглобин
- C. Карбгемоглобин
- D. Метгемоглобин
- E. Оксигемоглобин

56. У животного разрушили одну из структур дыхательного центра. Это существенно не отразилось на спокойном дыхании животных. Что именно разрушили ?

- A. *Вентральное дыхательное ядро
- B. Дорзальное дыхательное ядро
- C. Пневмотаксический центр
- D. Мотонейроны спинного мозга
- E. Вентральное и дорзальное дыхательные ядра

57. У животного удалили каротидные тельца с обеих сторон. На какой из указанных факторов у нее не будет развиваться гипервентиляция?

- A. *Гипоксемия
- B. Физическая нагрузка
- C. Гиперкапния
- D. Ацидоз
- E. Увеличение температуры ядра тела

58. Проводят регистрацию электрической активности нейронов. Они возбуждаются перед вдохом и в его начале. Где расположенные эти нейроны ?

- A. *В продолговатом мозге
- B. В промежуточном мозге
- C. В среднем мозге
- D. В спинном мозге
- E. В коре головного мозга

59. У человека кашель. Раздражение каких рецепторов его вызвало ?

- A. *Ирритантных
- B. Растяжение легких

- С. Обонятельных
- Д. Центральных хеморецепторов
- Е. Периферических хеморецепторов

60. При поступлении в организм какого из приведенных веществ для сохранения жизни необходимо искусственное дыхание?

- А. *Курареподобного
- В. Атропин
- С. Адреналин
- Д. Обзидана
- Е. Никотина

61. У человека с приступом бронхоспазма необходимо уменьшить влияние блуждающего нерва на гладкую мускулатуру бронхов. Какие мембранные циторецепторы целесообразно заблокировать для этого?

- А. *М-холиноре-цепторы
- В. Н-холиноре-цепторы
- С. α - и β -адренорецепторы
- Д. α -адреноре-цепторы
- Е. β -адрено-рецепторы

62. Большая группа людей продолжительное время находится в закрытом помещении небольшого размера. Это привело к развитию у них гипервентиляции вследствие таких изменений воздуха:

- А. *Увеличение содержания углекислого газа
- В. Уменьшение содержания кислорода
- С. Увеличение содержания водяных паров
- Д. Увеличение температуры

63. При обследовании человека необходимо определить, какая часть альвеолярного воздуха обновляется при любом вдохе. Какой из приведенных показателей необходимо рассчитать для этого?

- А. *Коэффициент легочной вентиляции
- В. Минутный объем дыхания
- С. Минутную альвеолярную вентиляцию
- Д. Жизненную емкость легких
- Е. Функциональную остаточную емкость легких

64. Человек сделал спокойных выдох. Как называется объем воздуха, который помещается у него в легких при этом?

- А. *Функциональная остаточная емкость легких
- В. Остаточный объем
- С. Резервный объем выдоха
- Д. Дыхательный объем
- Е. Жизненная емкость легких

65. Человек сделал максимально глубокий вдох. Как называется объем воздуха, который находится у него в легких?

- A. *Общая емкость легких
- B. Жизненная емкость легких
- C. Емкость вдоха
- D. Функциональная остаточная емкость легких
- E. Дыхательный объем

66. Человек сделал максимально глубокий выдох. Как называется объем воздуха, который находится в его легких?

- A. *Остаточный объем
- B. Функциональная остаточная емкость легких
- C. Емкость вдоха
- D. Резервный объем выдоха
- E. Альвеолярный объем

67. Студенты продолжительное время находились в непроветриваемой комнате. У них возникли изменения дыхания. На изменение концентрации каких веществ реагируют центральные хеморецепторы, которые принимают участие в регуляции дыхания?

- A. *Водородных ионов в спинномозговой жидкости
- B. Кислорода в артериальной крови
- C. Углекислого газа в венозной крови
- D. Кислорода в спинномозговой жидкости
- E. Водородных ионов в венозной крови

68. Студенты продолжительное время находились в непроветриваемой комнате. У них возникли изменения дыхания. На изменение какого параметра крови реагируют периферические хеморецепторы каротидного синуса?

- A. *Снижение напряжения кислорода в артериальной крови
- B. Повышение напряжения кислорода в артериальной крови
- C. Снижение напряжения углекислого газа в артериальной крови
- D. Повышение концентрации водородных ионов в артериальной крови
- E. Снижение концентрации водородных ионов в артериальной крови

69. В эксперименте на собаке глубина вдоха ограничивается потоком импульсов с:

- A. *С механорецепторов легких
- B. Рецепторов воздухоносных путей
- C. Хеморецепторов каротидной зоны
- D. Центральных хеморецепторов
- E. Юкстаальвеолярных рецепторов

70. В эксперименте регистрировали клеточную активность нейронов дыхательного центра. Вдох начинался с торможения в инспираторном центре нейронов:

- A. *I альфа
- B. I бета
- C. II дельта

- D. II гамма
- E. II бета

71. В эксперименте на собаке разрушили пнев-мотаксический центр. Это привело к изменению:

- A. *Продолжительности вдоха
- B. Просвета бронхов
- C. Просвета трахеи
- D. Продолжительности выдоха
- E. Продолжительности паузы между дыхательными циклами

72. У больного хроническим обструктивным бронхитом в результате воспалительного процесса нарушена бронхиальная проходимость. Какими изменениями функции внешнего дыхания сопровождается хронический обструктивный бронхит на ранних стадиях ?

- A. *Снижением пробы Тиффно
- B. Увеличением жизненной емкости легких
- C. Увеличением максимальной вентиляции легких
- D. Увеличением дыхательного объема
- E. Резким уменьшением вентиляции нижних отделов легких

73. Что есть наиболее вероятной причиной токсичности гипербарической оксигенации ?

- A. *Образование активных соединений кислорода
- B. Торможение хеморецепторов рефлексогенных зон
- C. Механическое повреждение сосудов
- D. Чрезмерная активация окислительных реакций
- E. Механическое повреждение легких

74. Увеличение каких показателей дыхания возникает в организме у больных на эмфизему легких ?

- A. *Выдоха
- B. Жизненной емкости легких
- C. Пробы Тиффно
- D. Резервного объема выдоха
- E. Дыхательного объема

75. В несвежих продуктах (мясо, рыба, консервы) может находиться микробный токсин ботулин. Его действие на мионевральные синапсы подобно устранению из них ионов кальция. Почему отравление может оказаться смертельным?

- A. Вследствие остановки дыхания через расслабление дыхательных мышц
- B. За счет сокращения дыхательных мышц в режиме тетануса в результате увеличения выброса медиатора
- C. За счет снижения возбудимости дыхательного центра и торможения его работы
- D. За счет уменьшения скорости проведения возбуждения по миелинизированным волокнам

Е. Через остановку сердца

76. Положительный результат первого этапа внешнего дыхания - это поддержание постоянства

- А. *Газового состава альвеолярного воздуха
- В. ЖЕЛ
- С. Коэффициента альвеолярной вентиляции
- Д. Общей емкости легких
- Е. Функциональной остаточной емкости

77. Углекислый газ транспортируется в организме в основном в виде:

- А. *Солей угольной кислоты
- В. Метгемоглобина
- С. Оксигемоглобина
- Д. Карбоксигемоглобина
- Е. Восстановленного гемоглобина

78. В каких структурах головного мозга локализованы центральные хеморецепторы, которые принимают участие в регуляции дыхания?

- А. *В продолговатом мозге
- В. В спинном мозге
- С. В среднем мозге
- Д. В таламусе
- Е. В гипоталамусе

79. При гипервентиляции легких увеличивается дыхательный коэффициент (ДК). Какая причина увеличения ДК в данном случае?

- А. *Увеличение выделения углекислого газа
- В. Увеличение поглощения кислорода
- С. Увеличение выделения водяного пара
- Д. Уменьшение поглощения кислорода
- Е. Уменьшение выделения углекислого газа

80. К врачу обратился пациент с жалобами на духоту в состоянии покоя и при нагрузке. Лабораторное исследование крови установило изменение формы эритроцитов в виде серпа. Как изменяется содержание оксигемоглобина в крови и кислородная емкость крови при этом?

- А. *Уменьшается содержание гемоглобина и кислородная емкость крови
- В. Наблюдается увеличение содержания гемоглобина и кислородной емкости крови
- С. Не изменяется содержание гемоглобина и кислородной емкости крови
- Д. Содержание гемоглобина не изменяется, а кислородная емкость крови возрастает
- Е. Все неверно.

81. При отравлении угарным газом больной ощутил слабость, быструю утомляемость. Как при этом изменится кислородная емкость крови?

- А. *Уменьшение кислородной емкости крови

- В. Увеличение кислородной емкости крови
- С. Сначала увеличение кислородной емкости крови, а потом ее уменьшение
- Д. Не изменится
- Е. Все неверно

82. В результате травмы у больного состоялось повреждение спинного мозга (с полным разрывом) на уровне первого шейного позвонка. Что произойдет с дыханием?

- А. *Дыхание прекращается
- В. Дыхание становится чаще
- С. Частота дыхания уменьшается
- Д. Дыхание не изменяется
- Е. Все неверно

83. У пациента, который часто болеет, установили низкий уровень сурфактантов легких. Это вызвано:

- А. *Курением
- В. Гормонами коры надпочечников
- С. Возбуждением блуждающего нерва
- Д. Употреблением продуктов, богатых на арахидоновую кислоту
- Е. Периодическими глубокими вдохами

84. Во время диспансерного осмотра пациент признан клинически здоровым. Какие значения напряжения кислорода для него характерные (мм рт. ст.)?

- А. *Венозная кровь – 40, артериальная кровь – 100, ткани – 30
- В. Венозная кровь – 40, артериальная кровь – 100, ткани – 130
- С. Венозная кровь – 100, артериальная кровь – 60, ткани – 30.
- Д. Все ответы верные
- Е. Все ответы неправильные

85. Выполнен анализ воздуха в конце выдоха человека в состоянии покоя.

Парциальное давление кислорода и углекислого газа составляет (мм. рт. ст.):

- А. *Кислорода – 100, углекислого газа - 40
- В. Кислороду – 760, углекислого газа - 0
- С. Кислороду – 150, углекислого газа - 4
- Д. Все ответы верные
- Е. Все ответы неправильные

86. Компьютерная спирография среди результатов обследования оценила инспираторную емкость легких. Это:

- А. *Дыхательный объем + резервный объем вдоха (3,5л)
- В. Воздух в дыхательных путях (0,15л)
- С. Резервный объем выдоха (1-1,5л)
- Д. Резервный объем вдоха (2,5л)
- Е. Синоним жизненной емкости легких (4-5л)

87. При пульмонологическом обследовании возникла необходимость определить часть воздуха, который обменивается в легких за один дыхательный цикл. Этот показатель называется:

- A. *Коэффициент легочной вентиляции
- B. Функциональная остаточная емкость
- C. Минутная легочная вентиляция
- D. Дыхательный коэффициент
- E. Объем мертвого пространства

88. В эксперименте выявлено, что тонус сосудов регулируется метаболическими и нервными факторами. Какой фактор или влияние есть ведущим в расширении сосудов легких и увеличении кровотока ?

- A. *Снижение напряжения CO_2 и увеличение напряжения O_2 в крови
- B. Повышение напряжения CO_2 и уменьшение напряжения O_2 в крови
- C. Повышение тонуса парасимпатического отдела ВНС
- D. Повышение тонуса симпатического отдела ВНС
- E. Уменьшение тонуса парасимпатического отдела ВНС

89. В эксперименте выявлено, что тонус сосудов сердца регулируется метаболическими факторами. Какой метаболический фактор в наибольшей мере предопределяет снижение тонуса сосудов ?

- A. *Уменьшение напряжения O_2 в крови
- B. Повышение напряжения O_2 в крови
- C. Повышение концентрации молочной кислоты
- D. Увеличение количества простагландина E в крови
- E. Уменьшение концентрации аденозина в крови

90. После быстрого поднятия водолаза из глубины 70 м возникла кессонная болезнь со смертельным исходом. Какой процесс вызвал несовместимые с жизнью нарушения ?

- A. *Воздушная эмболия сосудов жизненно важных органов
- B. Повреждение легких
- C. Остановка сердца
- D. Разрыв сосудов перепадом давления
- E. Нарушение кровотока в венах

91. У группы туристов, которая поднялась на высоту 4000 м, возникла горная болезнь, которая сопровождалась одышкой, потерей сознания. Какие, наиболее достоверно, процессы могли привести к такому состоянию?

- A. *Спазм сосудов головного мозга в результате гипоксии
- B. Повышение артериального давления
- C. Уменьшение венозного притока крови к сердцу
- D. Гиперкапния
- E. Гиповентиляция легких

92. При вдыхании смеси воздуха с низким содержанием O_2 у испытуемого возникло увеличение глубины и частоты дыхания. Какие рецепторы в наибольшей степени реагируют повышением активности на гипоксемию?

- A. *Хеморецепторы каротидных телец
- B. Хеморецепторы дуги аорты
- C. Хеморецепторы продолговатого мозга
- D. Рецепторы легочной ткани
- E. Рецепторы воздухоносных путей легких

93. Вследствие несчастного случая человек отравился CO, что вызвало головную боль, одышку, головокружение. Снижение какого соединения в крови привело к этому?

- A. *Оксигемоглобина
- B. Карбоксигемоглобина
- C. Карбгемоглобина
- D. Метгемоглобина
- E. Дезоксигемоглобина

94. Альпинист при подъеме в горах на высоте 3 км стал плохо себя чувствовать, появилась интенсивная головная боль, резкая слабость, головокружение, снизилась частота сердечных сокращений. Что привело к появлению такого состояния?

- A. *Гипоксемия
- B. Алкалоз
- C. Ацидоз
- D. Гиперкапния
- E. Гипокапния

95. У больного во время затяжного приступа бронхиальной астмы резко затруднена легочная вентиляция. Какая основная причина этого состояния?

- A. *затрудненный выдох (повышенное сопротивление дыхательных путей)
- B. облегченный вдох
- C. облегченный выдох
- D. увеличение остаточного объема
- E. уменьшение остаточного объема

96. У пациента с хроническим воспалением легких снизились показатели легочной вентиляции. Какой показатель внешнего дыхания подтверждает данный процесс?

- A. *жизненная емкость легких
- B. функциональная остаточная емкость легких
- C. дыхательный объем
- D. резервный объем вдоха
- E. резервный объем выдоха

97. Какой исследовательский прием следует использовать для подтверждения у пациента нарушения легочной вентиляции по обструктивному типу?

- A. *тест Тиффно
- B. спирометрию
- C. рентгенографию
- D. спирографию
- E. бронхоскопию

98. Исследования установили, что жизненная емкость легких человека составляет 3000 мл. Из них объем дыхательного воздуха составляет 400 мл. Какой у этого человека (приблизительно) объем альвеолярного воздуха?

- A. *2300 – 2600 мл
- B. 1500-1800 мл
- C. 1900 – 2200 мл
- D. 2700 – 3000 мл
- E. 3100 – 3400 мл

99. Исследование установило, что жизненная емкость легких человека составляет 3000 мл. Из них дыхательный объем воздуха составляет 400 мл. Какой у этого человека коэффициент легочной вентиляции?

- A. *1/9
- B. 1/3
- C. 1/5
- D. 1/7
- E. 1/8

100. Какой состав альвеолярного воздуха?

- A. *O₂-14,5 %; CO₂-5,5 %; N₂ - 80 %
- B. O₂ - 16,4 %; CO₂-4,1 %; N₂ -79,5 %
- C. O₂ -16,4 %; CO₂-4,6 %; N₂ -79,0 %
- D. O₂ -20,96 %; CO₂-0,04 %; N₂ -79 %
- E. O₂ -20,96%; CO₂-0,04 %; N₂ -79,5 %

101. При какой разнице парциальных напряжений O₂ и CO₂ – происходит (в обычных условиях) их обмен между альвеолярным воздухом и венозной кровью?

- A. *O₂ -70 мм рт.ст; CO₂ - 6 мм рт.ст.
- B. O₂ – 110 мм.рт.ст; CO₂ - 40 мм рт.ст.
- C. O₂ -70 мм рт.ст; CO₂ -40 мм рт.ст.
- D. O₂ – 110 мм рт.ст;CO₂ - 6 мм рт.ст.
- E. O₂ – 110 мм рт.ст;CO₂-40 мм рт.ст.

102. Если содержание газа в газовой смеси при общем давлении 760 мм рт.ст. составляет 14,5 %, то сколько при этом его парциальное давление?

- A. *110 мм рт.ст.
- B. 107 мм рт.ст.
- C. 100 мм рт.ст.
- D. 95 мм рт.ст.
- E. 80 мм рт.ст.

- 103. Сколько равняется парциальное давление O_2 и CO_2 в венозной крови?**
- A. O_2 -40 мм рт.ст; CO_2 -46 мм рт.ст.
 - B. O_2 -40 мм рт.ст; CO_2 -31 мм рт.ст.
 - C. O_2 – 110 мм рт.ст; CO_2 -40 мм рт.ст.
 - D. O_2 – 159 мм рт.ст; CO_2 - 40 мм рт.ст.
 - E. O_2 – 124 мм рт.ст; CO_2 -31 мм рт.ст.
- 104. Если дыхательный объем ДО = 350 мл, а частота дыхания ЧД = 18 за 1 мин. то альвеолярная вентиляция АВ равняется:**
- A. *3600 мл
 - B. 3100 мл
 - C. 4000 мл
 - D. 4500 мл
 - E. 5000 мл
- 105. Функция экспираторных нейронов состоит**
- A. *в торможении инспираторных нейронов дорсального и вентрального ядра
 - B. в возбуждении дыхательных мышц
 - C. в возбуждении пневмотаксического центра
 - D. уменьшении вентиляции легких
 - E. ни один ответ не верный
- 106. Напряжение дыхательных газов в венозной крови, которая притекает к легким, составляет:**
- A. *Ни один ответ не верный
 - B. кислорода 100 мм рт.ст., углекислого газа - 46 мм рт.ст.
 - C. кислорода 100 мм рт.ст., углекислого газа - 40 мм рт.ст.
 - D. кислороду 46 мм рт.ст., углекислого газа - 40 мм рт.ст.
 - E. кислорода 40 мм рт.ст., углекислого газа - 100 мм рт.ст.
- 107. Если кривая диссоциации оксигемоглобина смещена вправо, то ее P_{50} может быть:**
- A. *30 мм рт.ст.
 - B. 26 мм рт.ст.
 - C. 22 мм рт.ст.
 - D. 17 мм рт.ст.
 - E. 12 мм рт.ст.
- 108. Сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо наблюдается под влиянием:**
- A. *ни один ответ не верный
 - B. Уменьшение концентрации 2,3-дифосфоглицерата в эритроцитах
 - C. Алкалоза
 - D. Гипокапнии
 - E. Гипотермии
- 109. Как называется гемоглобин, связанный с CO ?**
- A. *Карбоксигемоглобин

- В. Оксигемоглобин
- С. Карбгемоглобин
- Д. Метгемоглобин
- Е. ни один ответ не верный

110. Рефлекс Геринга-Бреера реализуется за счет раздражения

- А. *рецепторов дыхательного аппарата (bronхи, легкие, плевра)
- В. хеморецепторов дуги аорты
- С. хеморецепторов каротидного синуса
- Д. ни один ответ не верный
- Е. рецепторов суставов, сухожилий, связок

111. Перерезка ствола мозга между мостом и продолговатым мозгом вызовет удлинение фазы вдоха. Причиной этого есть нарушение связи дыхательного центра продолговатого мозга с:

- А. *Пневмотаксическим центром
- В. Ретикулярной формацией
- С. Мозжечком
- Д. Корой
- Е. Красными ядрами

112. При повреждении продолговатого мозга нарушение функционирования какого центра прежде всего приводит к смерти?

- А. Дыхательного, сердечно-сосудистого.
- В. Пищеварительного, мышечного тонуса.
- С. Защитных рефлексов, пищеварительного.
- Д. Двигательных рефлексов, пищеварительного.
- Е. Мышечного тонуса, защитных рефлексов.

113. После интенсивного бега возникли хрипы с выделением небольшого количества мокроты. Это явление вызвано:

- А. *Увеличением гидростатического давления в легочных капиллярах
- В. Увеличением онкотического давления в легочных капиллярах
- С. Застоем крови перед правым желудочком
- Д. Увеличением количества функционирующих альвеол
- Е. Уменьшением гидростатического давления в легочных капиллярах

114. У пациента, в положении лежа, определили жизненную емкость легких. Она оказалась на 400 мл меньше, чем в положении стоя. Это связано с:

- А. *Депонированием крови легкими
- В. Уменьшением физической нагрузки
- С. Уменьшением выделения сурфактанта
- Д. Увеличением физиологического мертвого пространства
- Е. Увеличением остаточного объема

115. Верхние участки легких чаще поражаются туберкулезом вследствие:

- А. *Преобладания там вентиляции над перфузией
- В. Преобладания там перфузии над вентиляцией

- C. Высоким давлением крови в капиллярах
- D. Высоким онкотическим давлением
- E. Вираженностью артериовенозных шунтов

116. У водолаза, дышащего под водой атмосферным воздухом, при быстром подъеме возникает декомпрессионная (кессонная) болезнь. Это обусловлено:

- A. *Образованием пузырьков азота в тканях
- B. Образованием пузырьков углекислого газа в тканях
- C. Наркотическим эффектом азота
- D. Резким падением парциального давления кислорода
- E. Гипоксией

117. Во время обследования мужчины 40 лет установили дыхательный коэффициент (ДК) больший за единицу. Какой из указанных факторов не смог бы повлиять на величину ДК?

- A. *Повышение уровня метаболизма
- B. Гипервентиляция
- C. Физическая нагрузка
- D. Голодание
- E. Чрезмерное употребление углеводов

118. У женщины 36 лет с недостаточным кровоснабжением почек в кровь поступило повышенное количество ренина, что приводило к образованию в плазме ангиотензина I. При прохождении через сосуды какого внутреннего органа ангиотензин I превращается в ангиотензин II?

- A. *Легких
- B. Сердца
- C. Нырок
- D. Мышц
- E. Печени

119. В эксперименте на собаке изучали влияние газового состава крови на процесс дыхания. Наиболее сильное влияние на хеморецепторы каротидных зон с усилением дыхания проявляет:

- A. *Недостаточность O_2
- B. Избыток O_2
- C. Снижение CO_2
- D. Повышение лактата
- E. Изменение pH

120. Почему у людей, которые долго находятся в закрытом помещении, где горит камин, возникает одышка?

- A. *Снижение количества кислорода в воздухе
- B. Повышение влажности воздуха
- C. Повышение количества углекислого газа в воздухе
- D. Снижение количества углекислого газа в воздухе
- E. Снижение влажности воздуха

121. Какие факторы внешней среды улучшают показатели легочной вентиляции в условиях высокогорья ?

- A. *снижение парциального давления кислорода
- B. снижение нервного напряжения.

- С. увеличение физической нагрузки.
- Д. температура воздуха.
- Е. Чистота воздуха.

122. Как изменится альвеолярная вентиляция при параличе диафрагмы?

- А. *снизится альвеолярная вентиляция, разовьется гипоксия.
- В. увеличится частота дыхания.
- С. уменьшится частота дыхания.
- Д. увеличится соотношение ритма выдох-вдох-выдох.
- Е. альвеолярная вентиляция не изменится.

123. Как может измениться легочная вентиляция при чрезмерных афферентных сигналах к дыхательному центру?

- А. *частое и поверхностное дыхание (тахипное) с умеренной гипоксемией.
- В. гипервентиляция.
- С. увеличится дыхательный объем.
- Д. увеличится объем выдоха.
- Е. вентиляция не изменится.

124. Механизм изменения интенсивности дыхания у спортсмена при максимальной физической нагрузке состоит в:

- А. *Влиянии на дыхательный центр избытка CO_2 и недостатка O_2 в крови
- В. Повышении давления крови в участке дыхательного центра
- С. Влияние только недостаточного количества O_2
- Д. Изменения давления в плевральной полости
- Е. Непосредственное влияние на дыхательные мышцы избытка лишка CO_2

СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРОВЕРКИ КОНЕЧНОГО УРОВНЯ ЗНАНИЙ по теме «Физиология дыхания»

№1. Почему при операциях на открытом сердце необходима искусственная вентиляция легких?

№2. В результате разрушения ткани легкого у больного туберкулезом образовалось постоянное сообщение бронхов с плевральной полостью (спонтанный пневмоторакс). Как это отразится на дыхательных экскурсиях легких? Как изменятся контуры пораженного легкого на рентгенограмме?

№3. При проникающем ранении грудной клетки у пострадавшего появились признаки удушья. Чем это вызвано, если его дыхательные пути не повреждены?

№4. Пациенту производится искусственная вентиляция легких с минутным объемом дыхания - 5 л/мин. В каком случае альвеолярная вентиляция легких будет больше: при дыхании с частотой 20/мин или 10/мин? Обоснуйте свой ответ расчетом.

№5. При исследовании функции дыхания у человека применяют пробу с задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге). Почему время задержки дыхания существенно увеличивается после предварительной произвольной гипервентиляции?

№6. Содержание гемоглобина в крови больного 80 г/л. Патологических изменений в легких не выявлено. Какова кислородная емкость крови у этого больного? Изменено ли напряжение кислорода в артериальной крови? Каковы Ваши предположения о механизме возникновения у данного больного одышки (чувства «нехватки воздуха») даже при незначительной физической нагрузке?

№7. При восхождении в горах у альпинистов может развиваться «горная болезнь»: одышка, головная боль, головокружение, галлюцинации. Местные жители высокогорья не страдают ею. Объясните механизм развития симптомов «горной болезни» и компенсаторные механизмы, развившиеся у жителей высокогорья.

№8. Почему при анестезии слизистой ротовой полости увеличивается опасность аспирации (попадания в дыхательные пути) слюны и пищи?

№9. Акушерка утверждает, что ребенок родился мертвым. Как можно подтвердить или опровергнуть это утверждение?

№10. В клинику поступил пациент И. 35 лет с проникающим ранением грудной клетки. У пострадавшего появились признаки удушья. Чем это вызвано, если его дыхательные пути не повреждены?

№11. На уроке физиологии произошел спор двух студентов. Один студент утверждал, что легкие расширяются и поэтому в них поступает воздух, второй – что воздух поступает в легкие и поэтому они расширяются. Кто из двух спорящих прав?

№12. Для оказания реанимационной помощи больному дали подышать газовой смесью, обогащенной кислородом с добавлением 4% углекислого газа (карбоген). Для чего к кислороду добавили углекислый газ?

№13. Два спортсмена с одинаковыми антропометрическими данными и параметрами внешнего дыхания решили устроить соревнования на длительность пребывания под водой. Один из них нырнул под воду после предварительной произвольной гипервентиляции, второй нырнул под воду, сделав глубокий вдох. Кто из них более продолжительное время пробудет под водой? Почему?

№14. Пациенту Б., 38 лет диагностировали эмфизему легких, при которой эластичность легочной ткани существенно уменьшается. Какая клиническая картина будет наблюдаться у данного пациента?

№15. В клинику доставлен пациент И. 32 лет с травмой спинного мозга на уровне С₆. Как и почему изменится дыхание у данного пациента?

№16. Количество гемоглобина в крови больного Д. 52 лет – 80 г/л. Мужчина предъявляет жалобы на появление чувства «нехватки воздуха» даже при незначительной физической нагрузке. Патологических изменений в легких не выявлено. В чем причина возникновения подобных жалоб?

№17. Если новорожденному при перевязке пуповины затягивать лигатуру очень медленно, то первый вдох может не наступить, и ребенок погибнет. Почему?

№18. В больницу поступил больной А. 24 лет, спасенный во время пожара. У пострадавшего наблюдались слабость, головокружение, сердцебиение. Каков механизм подобных явлений? Как избавить пострадавшего от этих симптомов без лекарственных препаратов?

№19. При подготовке к серьезным соревнованиям спортсмены тренируются в условиях высокогорья (примерно 2-3 км над уровнем моря) в течение месяца и больше. Во время разминок, даже в теплое время года, спортсмены одевают утепленные костюмы (греют мышцы). Крайне редко бывают «нарушители», которые дополнительно используют фармакологический препарат, содержащий гормон для усиления физиологического эффекта тренировок в горах. Вопросы:

1. Что дают тренировки в условиях высокогорья?
2. Зачем надо разогревать мышцы?
3. О каком гормоне идет речь, и в чем его физиологическое значение?

№20. Проведены исследования по изучению влияния на организм человека дыхания в замкнутом пространстве (мешок Дугласа). Проанализированы два варианта:

а) испытуемый совершает вдох и выдох через очень короткую трубку, соединенную со специальным мешком Дугласа, который заполнен атмосферным воздухом; одновременно регистрируется пневмограмма, содержание оксигемоглобина в крови и частота сердечных сокращений (исследование прекращается при возникновении одышки);

б) испытуемый также дышит через короткую трубку, соединенную с мешком Дугласа, но при этом выдыхаемый воздух проходит через поглотитель углекислого газа; также регистрируется пневмограмма, содержание оксигемоглобина и частота сердечных сокращений (исследование прекращается при возникновении одышки).

Вопросы:

1. Какое исследование продолжалось дольше – первое (а) или второе (б)?
2. Какие изменения регистрируемых показателей наблюдаются в первом и втором варианте исследования и почему, и у какого испытуемого они раньше начнутся?
3. Изменения каких гомеостатических параметров в организме приводят к одышке?

№21. У двух студентов одинакового возраста и телосложения после забега на 5000 м зарегистрированы показатели внешнего дыхания. У первого студента частота дыхания (ЧД) составила 40/мин, дыхательный объем (ДО) – 500 мл. У второго студента ЧД составила 27/мин, а ДО – 1200 мл. Объем мертвого пространства у обоих студентов равен 150 мл, остаточный объем – 1000 мл, а резервный объем выдоха – 1500 мл. Вопросы:

1. Почему при беге изменяются параметры внешнего дыхания?
2. Чему равны коэффициенты легочной вентиляции у студентов?
3. У кого более эффективное дыхание?

№22. В результате разрушения ткани легкого у больного туберкулезом образовалось постоянное сообщение бронхов с плевральной полостью (спонтанный пневмоторакс). Как это отразится на дыхательных экскурсиях легких? Как изменятся контуры пораженного легкого на рентгенограмме?

№23. Больная принявшая большую дозу снотворных (барбитуратов), поступила в клинику в состоянии резко угнетенного дыхания. Известно, что барбитураты снижают чувствительность нейронов дыхательного центра к углекислому газу. Врач решил назначить больной дыхание чистым кислородом. Вопросы: 1. Объясните, правильное ли решение принял врач в данном случае? 2. Что следует предпринять, чтобы избежать нежелательных последствий?

№24. Среди клинических проблем, возникающих у новорожденных, особо выделяют респираторный дистресс-синдром недоношенных, связанный с недостатком выработки сурфактанта, покрывающего внутреннюю поверхность легочных альвеол.

Вопросы:

1. Что собой представляет сурфактант?
2. Какова его основная роль в физиологии дыхания?

№25. У плода существуют дыхательные движения. Вопросы:

1. На каком сроке внутриутробной жизни они появляются и какова их частота?
2. Почему околоплодная жидкость не попадает в дыхательные пути плода?

№26. При первом вдохе объем выдыхаемого воздуха в 2-3 раза меньше, чем объем вдыхаемого. Объясните почему?

№27. Известно, что во внутриутробном периоде дыхательные пути плода заполнены жидкостью, которая секретируется путем активного транспорта. Жидкость, заполняющая альвеолы плода, удаляется в течение 2-4 ч после рождения. Какими путями?

№28. Новорожденные могут выживать в гипоксических условиях, смертельных для взрослых, и долго находиться под водой. Объясните почему?

№29. Если у человека без патологии грудной клетки и дыхательных мышц произойдет сужение бронхов (например, при приступе бронхиальной астмы), то как и почему у него изменятся резервный объём выдоха, остаточный объём легких и функциональная остаточная ёмкость (увеличится, уменьшится или не изменится)? Обоснуйте свой ответ.

№30. В результате локальной травмы позвоночника у человека, нырявшего в реку, произошло выключение грудного дыхания при сохранении диафрагмального дыхания и функций мышц рук. Какие сегменты спинного мозга при этом поражены?

№31. Время задержки дыхания после максимального вдоха (проба Штанге) почти в 2 раза больше, чем после максимального выдоха (проба Генча). Объясните разницу результатов этих проб. Как изменится разница времени этих проб у человека с увеличенным остаточным объемом легких (например, при эмфиземе).

№32. У человека с кислородным голоданием (гипоксией), вызванным острой кровопотерей, в результате накопления молочной кислоты произошло снижение рН крови (развился метаболический лактат-ацидоз). Используя свои знания по регуляции КОС, напишите, как изменятся в крови по сравнению с нормой SB , P_{CO_2} , BE и в суточной моче – титрационная кислотность и содержание аммония. Обоснуйте свой ответ.

№33. У пациента с острой гипоксией и повышенной концентрацией молочной кислоты в крови развился декомпенсированный метаболический ацидоз: в крови $pH = 7,18$; $P_{CO_2} = 35$ мм рт. ст.; $SB = 20$ ммоль/л; $BE = -10,5$ ммоль/л. Масса пациента 71 кг. Для коррекции ацидоза ему нужно внутривенно перелить раствор $NaHCO_3$. Какой показатель КОС Вы используете для расчета и какое приблизительно количество гидрокарбоната натрия пациенту можно перелить для нормализации показателей КОС.

№34. Рассчитайте эффективность легочной вентиляции при дыхательных объемах (ДО), равных 500 мл, 1000 мл, 1500 мл, при условии, что функциональная остаточная емкость (ФОЕ) равна 2500 мл.

№35. Рассчитайте, чему равны дыхательный объем (ДО), резервные объемы вдоха и выдоха ($PO_{вд}$ и $PO_{выд}$), функциональная остаточная емкость (ФОЕ) и емкость вдоха ($E_{вд}$), если жизненная емкость легких (ЖЕЛ) равна 4000 мл, а соотношение составляющих ее объемов находится в пределах нормы?

№36. Рассчитайте, чему равна должная ЖЕЛ у женщины ростом 165 см в 30 летнем возрасте?

№37. Рассчитайте должную ЖЕЛ у мужчины в возрасте 45 лет, если его рост 181 см.

№38. Исследование дыхательных объемов у человека 65 лет, ростом 170 см показало, что ЖЕЛ равна 4800 мл, ОЕЛ (общая емкость легких) 6800 мл. Определите, имеются ли нарушения легочной вентиляции у этого человека, если соотношения дыхательных объемов, составляющих ЖЕЛ, остались в пределах нормы.

№39. Рассчитайте, на какую величину изменится минутный объем дыхания (МОД), если в покое число дыхательных движений (ЧД) было равно 20 в мин, ДО 600 мл, а при физической работе ЧД увеличилась вдвое, ДО на 300 мл.

№40. Рассчитайте, чему должна быть равна ЖЕЛ у мужчины, основной обмен (ОО) которого равен 1800 ккал в сутки?

№41. Рассчитайте должную ЖЕЛ у женщины, если известно, что ее ОО равен 1500 ккал в сут.

№42. Рассчитайте, чему примерно равен объем альвеолярного воздуха в конце обычного выдоха и в конце обычного вдоха.

№43. Рассчитайте, как меняется состав альвеолярного воздуха при спокойном дыхании.

№44. Спирометрия показала, что ЖЕЛ испытуемого равна 3800 мл. Из них РОвд составляет 1700 мл, РОвыд 1500 мл. Рассчитайте, сколько воздуха поступает у этого человека в альвеолы за 1 мин, если за это время он делает 18 дыхательных движений?

№45. Три человека одинакового возраста и телосложения участвуют в беге на 1000 м. В конце дистанции МОД у первого и второго составлял по 120 000 мл, у третьего 60 000 мл. Частота дыхания равна соответственно 40, 80 и 40 в минуту. Рассчитайте, какой, по вашему мнению, бегун наиболее тренирован, и почему?

№46. Определение показало, что ЖЕЛ испытуемого равна 3000 мл. Из них 400 мл приходится на ДО. Рассчитайте, каковы у этого человека объем альвеолярного воздуха и коэффициент легочной вентиляции, если известно, что соотношение дыхательных объемов ЖЕЛ нормальное? Объем мертвого пространства принять за 150 мл.

№47. Объясните, соответствуют ли приведенные данные действительности? Отношение МОД к массе тела (кг) в период новорожденности ребенка составляет 190 мл/кг, в 1 год -100 мл/кг, в 6 лет -300 мл/кг, у взрослого человека 170 мл/кг.

№48. Рассчитайте величину минутного объема дыхания у новорожденного ребенка в покое, если дыхательный объем равен 20 мл.

№49. Рассчитайте, во сколько раз минутный объем дыхания взрослого человека в состоянии покоя больше минутного объема дыхания новорожденного ребенка, если ДО взрослого равен 500 мл.

№50. У некоторых больных бронхиальной астмой в ранней ее стадии происходит увеличение ЖЕЛ. При излечении величина ЖЕЛ возвращается к исходной. Объясните это явление?

Ответы на ситуационные задачи

для подготовки к теме «Физиология дыхания»

№1. Операции на сердце требуют *вскрытия грудной полости*. При этом *нарушается герметичность* грудной полости, и самостоятельное дыхание становится невозможным (легкие не будут следовать за движениями грудной клетки и диафрагмы).

№2. Нарушение *герметичности* плевральной полости (открытый пневмоторакс) приводит к тому, что плевральное давление становится равным атмосферному. Пораженное легкое *спадается*, не участвует в дыхании. Контуры пораженного легкого на рентгенограмме уменьшаются.

№3. Нарушение *герметичности* плевральной полости – открытый пневмоторакс.

№4. *Минутный объем дыхания*, $МОД = ДО \times ЧД$, где ДО - дыхательный объем. ЧД — частота дыхания.

Альвеолярная вентиляция легких, $АВЛ = МОД - (МП \times ЧД)$, где МП - объем анатомического мертвого пространства (около 0.15 л).

Случай 1: $АВЛ = 5 - (0.15 \times 20) = 5 - 3 = 2$ л/мин.

Случай 2: $АВЛ = 5 - (0.15 \times 10) = 5 - 1.5 = 3.5$ л/мин.

Таким образом, во втором случае за 1 минуту через альвеолы пройдет на 1,5 л воздуха больше, чем в первом.

№5. Основным стимулом к осуществлению вдоха и возникновению ощущения «нехватки воздуха» является возбуждение дыхательного центра при *повышении напряжения CO_2 в крови*. Гипервентиляция ведет к гипокапнии и, следовательно, к возможности более длительной задержки вдоха. (При гипервентиляции не происходит существенного увеличения содержания O_2 в крови, так как исходно кровь практически полностью им насыщена.)

№6. *Кислородная емкость крови* (КЕК) - максимальное количество O_2 , которое может быть связано гемоглобином в 1 л крови (1 г гемоглобина связывает около 1.36 мл кислорода). В норме $КЕК = 200$ мл O_2 /л.

В задаче $КЕК = 1.36 \times 80$ равно около 110 мл O_2 /л. Из-за снижения КЕК даже при небольших нагрузках возникают гипоксия тканей, нарушение процессов тканевого дыхания и метаболизма, *ацидоз*. Ацидоз приводит к возбуждению дыхательного центра и гипервентиляции.

№7. Некоторые механизмы развития горной болезни. Снижение атмосферного давления на высоте приводит к снижению парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе и, следовательно, *напряжения O_2 в крови (гипоксемия)*. Гипоксемия:

- 1) сопровождается *гипоксией тканей*, в том числе головного мозга;
- 2) через периферические хеморецепторы стимулирует:
 - прессорный отдел сосудодвигательного центра, что приводит к *повышению АД* (возможная причина головной боли, головокружения);
 - дыхательный центр, что приводит к возникновению *одышки* (ощущение «нехватки воздуха») и к *гипервентиляции*.

Из-за гипервентиляции снижается напряжение CO_2 в крови (*гипокапния*), что может вызывать спазм мозговых сосудов (CO_2 - вазодилататор) и усиление гипоксии мозга.

Компенсаторные механизмы:

- абсолютный эритроцитоз за счет усиления эритропоэза;
- увеличение содержания гемоглобина в эритроците;
- сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо;
- увеличение густоты капиллярной сети в тканях;
- увеличение активности окислительных ферментов;
- адаптация сенсорных систем к гипоксии («гипоксическая глухота»).

№8. «Центр глотания» находится в реципрокных взаимоотношениях с центрами жевания и дыхания. Возбуждение нейронов центра глотания приводит к торможению жевания, задержке дыхания и к закрытию надгортанником входа в гортань. Нарушение этой координации, в частности, при анестезии рецепторов ротовой полости и глотки, может приводить к аспирации - попаданию пищи в дыхательные пути.

№9. У ребенка, родившегося живым, в легкие поступает воздух, поэтому кусочек легких взятый при патологоанатомическом исследовании и помещенный в воду, всплывает на поверхность воды, тогда как безвоздушные легкие мертворожденного ребенка тонут в воде.

№10. При проникающем ранении грудной клетки нарушается герметичность плевральной полости и поступление в нее воздуха, т.е. возникает открытый

пневмоторакс, что приводит к спадению легкого на стороне поражения. Выключение легкого приводит к появлению признаков удушья.

№11. Первый студент прав, если речь идет об естественном дыхании, основанном на всасывающем механизме, однако второй студент тоже прав, если речь идет об искусственном дыхании, где используется нагнетательный механизм.

№12. Это делают для увеличения парциального давления углекислого газа в артериальной крови, т.к. главный стимулятор деятельности дыхательного центра – углекислый газ.

№13. Спортсмен после произвольной гипервентиляции, т.к. в его крови снизится парциальное давление углекислого газа – главного стимулятора дыхательного центра.

№14. Больной страдает одышкой, характеризующейся удлинением выдоха; дыхание в начале выдоха шумное, свистящее. При физических усилиях в акт дыхания вовлекается вспомогательная мускулатура, для облегчения дыхательных экскурсий больной использует положение ортопноэ с наклоненным вперед туловищем, опершись руками о колени, край кровати, спинку стула. Диффузионная способность легких и эластическая тяга существенно снижены. Возрастает минутный объем вентиляции, обеспечивая близкий к нормальному уровень напряжения CO_2 и достаточную оксигенацию крови, таких больных нередко называют «розовыми пыхельщиками».

№15. Сохранится диафрагмальное дыхание. Так как ядро диафрагмального нерва расположено в C_3 - C_5 сегментах спинного мозга, то связь их с бульбарным дыхательным центром будет сохранена. Реберное дыхание будет отсутствовать в результате прерывания связи мотонейронов грудных сегментов с дыхательным центром.

№16. У больного снижен показатель кислородной емкости крови (КЕК). В норме $\text{КЕК} = 160\text{-}220$ мл $\text{O}_2/\text{л}$ (1г гемоглобина связывает около 1,36 мл кислорода). По условиям задачи $\text{КЕК} = 1,36 \times 80 = 108,8$ мл $\text{O}_2/\text{л}$. Из-за снижения КЕК даже при небольших нагрузках возникают гипоксия тканей, нарушение процессов тканевого дыхания и метаболизма, ацидоз. Ацидоз приводит к возбуждению дыхательного центра и гипервентиляции.

№17. При медленном пережатии пуповины появление самых мощных стимулов дыхания гиперкапнического, гипоксического и ацидотического происходит медленно, и они не оказывают достаточного возбуждающего влияния на дыхательный центр.

№18. Симптомы, появившиеся у пострадавшего при легком отравлении угарным газом, вызваны нарастающей гипоксией, так как гемоглобин стал соединяться с угарным газом и перестал транспортировать кислород. Сродство гемоглобина к угарному газу в 200 раз больше, чем к кислороду. При легком отравлении достаточно вынести пострадавшего на свежий воздух, но гораздо эффективнее дыхание чистым кислородом.

№19. 1. Тренировки в горах повышают кислородную емкость крови за счет усиления эритропоэза, который стимулируется эритропоэтином. Продукция эритропоэтина усиливается при гипоксии почечной ткани. Гипоксия всех тканей, и почечной в том числе, развивается в результате изменения газообмена между альвеолярным воздухом и кровью (снижение парциального давления O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе при дыхании в условиях пониженного атмосферного давления).

2. Тепло, продуцируемое при сокращении скелетных мышц, усиливает диссоциацию оксигемоглобина для лучшего обеспечения мышц кислородом. Спортсмены стараются лучше и дольше сохранить тепло с помощью теплой одежды, чтобы улучшить оксигенацию мышц.

3. Речь идет об эритропоэтине, который усиливает эритропоэз в красном костном мозге для увеличения кислородной емкости крови.

№20 1. Второе исследование (б) продолжалось дольше, так как испытуемый вдыхал из мешка воздух с нормальным содержанием углекислого газа, в то время как в первом исследовании (а) содержание CO_2 быстро увеличивалось за счет поступающего выдыхаемого воздуха.

2. У первого испытуемого быстрее увеличивается частота и глубина дыхания, нарастает содержание оксигемоглобина (в начале исследования) и растет ЧСС. У второго испытуемого эти изменения будут выражены гораздо слабее и начнутся позже. Для поддержания газового состава крови на оптимальном для метаболизма уровне включаются механизмы саморегуляции, которые работают в нескольких направлениях:

- изменение внешнего дыхания (увеличение частоты и глубины) за счет увеличения содержания CO_2 в организме, который гуморально стимулирует дыхание. В первом исследовании это происходит гораздо быстрее, так как испытуемый вдыхает воздух со все нарастающим содержанием CO_2 , а во втором этого не происходит.
- увеличение кислородной емкости крови за счет выброса крови из депо, что приводит, в частности, к повышению содержания оксигемоглобина.

- увеличение частоты и силы сокращения сердца для повышения скорости кровотока с целью более быстрого газообмена.
3. К одышке приводит гипоксия организма (тканей), которая вызвана увеличением содержания углекислого газа (развитие ацидоза) и снижением уровня кислорода.
- №21. 1. Увеличение физической нагрузки (бег) сопровождается стимуляцией интенсивности метаболизма, это требует повышенного кислородного обеспечения и выведения из организма избытка углекислого газа. Вот почему у обоих студентов наблюдается гипервентиляция.
2. Коэффициент легочной вентиляции (КЛВ) равен отношению разности ДО и объема мертвого пространства к сумме остаточного объема и резервного объема выдоха. Таким образом, у первого студента $KЛВ = (500-150):(1000+1500) = 0,14$; у второго студента $KЛВ = (1200-150):(1000+1500) = 0,42$.
3. Более эффективно дыхание у второго студента.
- №22. Нарушение герметичности плевральной полости (открытый пневмоторакс) приводит к тому, что плевральное давление становится равным атмосферному. Пораженное легкое спадается, не участвует в дыхании.
- №23. 1. Неправильное – врач ухудшил ситуацию. Факторами, возбуждающими дыхательный центр, являются избыток CO_2 и недостаток кислорода. Дыхание чистым кислородом в этих условиях может привести к прекращению возбуждения дыхательного центра и остановке дыхания.
2. Для увеличения парциального давления CO_2 в артериальной крови необходимо к O_2 добавить CO_2 – главный стимулятор деятельности дыхательного центра.
- №24. 1. Это смесь фосфолипидов и гликопротеидов, снижающих поверхностное натяжение пленки жидкости, выстилающей альвеолы.
2. Сурфактант уменьшает эластическую тягу легких, способствуя увеличению растяжимости альвеол при вдохе и препятствуя их спадению при выдохе.
- №25. 1. Примерно на 11-й неделе, их частота 40-70 в минуту.
2. Потому что они осуществляются при закрытой голосовой щели.
- №26. Не весь воздух выдыхается, потому что формируется функциональная остаточная емкость легких.
- №27. С выдыхаемым воздухом, а также путем всасывания в кровь и лимфу.
- №28. Дыхательный центр новорожденного в продолговатом мозгу, как и все ткани, отличается высокой устойчивостью к недостатку O_2 и слабой чувствительностью к гиперкапнии.
- №29. Сужение бронхов резко увеличивает сопротивление дыханию при выдохе, поэтому первично будет уменьшаться резервный объем выдоха, что увеличит

остаточный объём легких. Функциональная ёмкость легких, включающая в себя оба предыдущих показателя существенно не изменится.

№30. При данной травме сохранение моторных центров диафрагмы (сегменты С₂₋₅) и мышц рук (С₄₋₇) и выключение моторных центров межреберных мышц свидетельствует о поражении серого вещества и проводящих путей на уровне сегмента С₈.

№31. Разница во времени пробы Штанге и пробы Генча объясняется значительной разницей объемов альвеолярного воздуха (и возможности газообмена с ним крови по кислороду и СО₂) при этих пробах: при пробе Штанге он равен остаточному объему легких + объему ЖЕЛ (~ 5,5 л), при пробе Генча – остаточному объему легких (~ 1,2 л). При увеличении ООЛ время пробы Генча будет увеличиваться, а разница времени в этих пробах будет уменьшаться.

№32. Накапливающийся лактат в крови вступит в реакцию с гидрокарбонатом и основаниями других буферов, что приведет к снижению стандартного бикарбоната (SB) и буферных оснований крови (BB), последнее приведет дефициту буферных оснований (BE со знаком минус). Возбуждение Н⁺-ионами дыхательного центра приведет к гипервентиляции легких с компенсаторным снижением Рс_{о2} в крови (с целью сохранения нормального соотношения гидрокарбоната и угольной кислоты – 20 : 1, препятствующего снижению рН крови). Почки ответят компенсаторной реакцией увеличения секреции Н⁺ в мочу, поэтому титрационная кислотность и содержание аммония в моче будут увеличены.

№33. Лучшим показателем дефицита или избытка оснований при нарушениях КОС является BE. У данного пациента имеется дефицит BE, равный 10 ммоль/л, или с учетом нижней границы его нормы (– 2,5 ммоль/л) – 8 ммоль/л. Количество циркулирующей крови у него 5 л (71 кг • 70 мл/кг), поэтому примерное количество гидрокарбоната натрия, необходимое для введения $5 \cdot 8 = 40$ ммоль. (Поскольку расчетная величина носит приблизительный характер, введение гидрокарбоната должно осуществляться под контролем динамики показателей КОС и общего состояния пациента.)

№34. Эффективность легочной вентиляции определяется отношением объема воздуха, вошедшего в альвеолы, к тому, который там находится. В альвеолы входит дыхательный объем (ДО), минус объем мертвого пространства (ОМП), который составляет 150 мл. В легких перед вдохом содержится функциональная остаточная емкость (ФОЕ), равная сумме остаточного объема и резервного объема выдоха. Отсюда легко рассчитать, что эффективность легочной вентиляции при заданных дыхательных объемах будет равна соответственно 14 %, 34 %, 54 %.

№35. В норме ДО составляет 20 %, РОвд и РОвыд - по 40 % от ЖЕЛ, ФОЕ = РОвыд + ОО, емкость вдоха (Евд) = ДО + РОвд, ОО равна 30 % ЖЕЛ. Значит, в данном случае ДО = 800 мл, РОвд и РОвыд по 1600 мл, ФОЕ = 2800 мл, Евд = 2400 мл.

№36. Должная ЖЕЛ женщины = $H(21,78 - 0,101 A)$, где H - рост в см, A - возраст в годах (формула Болдуина). В данном случае должная ЖЕЛ равна 3620 мл.

№37. По формуле Болдуина должная ЖЕЛ мужчины = $H(27,63 - 0,112 A)$, где H - рост в см, A - возраст в годах. В данном случае должная ЖЕЛ = 4940 мл.

№38. Известно, что нормальное соотношение дыхательных объемов: ДО 20 % ЖЕЛ, РОвд = РОвыд = 40 % ЖЕЛ. Легочная вентиляция (ЛВ) равна $(ДО - ОМП)/ФОЕ$. ФОЕ = ОО + РОвыд. ОО = ОЕЛ — ЖЕЛ. Должная ЖЕЛ по формуле Болдуина для мужчин = $H(27,63 - 0,112 A)$, где H - рост в см, A — возраст в годах. В данном случае должная ЖЕЛ = $170(27,63 - 0,112 \times 65) = 3459,5$ мл. Необходимо сравнить степень фактической ЛВ с должной. При определении должной ЛВ вместо ЖЕЛ в расчеты принимается должная ЖЕЛ. После проведения расчетов, получим, что фактическая ЛВ = $(960-150)/(2000+1920)=810/3920=0,207$ или 20,7%, тогда как должна быть ЛВ = $(691,9 - 150)/ (3340,5+1383,8)= 541,9 /4724,3=0,1147$ или 11,47%. Это выходит за пределы допустимых колебаний, что может наблюдаться как компенсаторное состояние при затруднении выдоха.

№39. МОД в покое = ДО x ЧД = 20 x 600 мл = 12000 мл. При работе ЧД 40, ДО 900 мл, МОД = 40 x 900 мл = 35000 мл. Значит МОД возрос на 200 % (в 3 раза) по сравнению с покоем.

№40. По формуле Антони должная ЖЕЛ мужчины равна $2,6 \times ОО = 2,6 \times 1800 = 4680$ мл.

№41. По формуле Антони у женщин должная ЖЕЛ равна $2,2 \times ОО = 2,2 \times 1500 = 3300$ мл.

№42. В конце обычного выдоха в легких находится функциональная остаточная емкость (ФОЕ), минус воздух мертвого пространства (ОМП), что в норме составляет около 2350 - 2500 мл. В конце обычного вдоха в этому объему добавляется дыхательный объем (ДО).

№43. В легких в покое в альвеолах находится ФОЕ - ОМП, т. е. 2500 мл. В нем 14,4 % кислорода, т. е. 360 мл. При спокойном вдохе в альвеолы входит ДО - ОМП, т. е. добавляется 72 мл O_2 . Общее количество последнего в альвеолярном воздухе становится 432 мл. Объем альвеолярного воздуха при вдохе равен 2850 мл, значит, в нем содержится теперь 15 % O_2 .

№44. За один вдох 600 мл. За минуту 1080 мл. ДО = ЖЕЛ – РОвыд – РОвд.

№45. У тренированного человека наибольший минутный объем дыхания достигается при наименьшей частоте за счет углубления дыхания. Лучше тренирован первый человек, хуже всего - третий.

№46. Объем альвеолярного воздуха равен $\text{ФОЕ} - \text{ОМП}$. Если ОО принять за 1500 мл, и принять Ровд равным Ровыд , то эти объемы в таком случае равны по 1300 мл. Объем альвеолярного воздуха отсюда равен $1300 + 1500 - 150 = 2650$ мл. Легочная вентиляция равна $(\text{ДО} - \text{ОМП}) : \text{ФОЕ} = (400 - 150) : 2800 = 9 \%$.

№47. Данные неверны. В норме отношение МОД к массе тела (кг) в первый день жизни ребенка составляет 190 мл/кг, в 1 год - 300 мл/кг, в 6 лет - 17 мл/кг, у взрослого человека 170 мл/кг.

№48. Так как в покое у новорожденного ребенка частота дыхания достигает 60-70 в мин, то МОД в данном случае равен 120 - 140 мл/мин.

№49. Поскольку частота дыхания у взрослого человека в покое составляет 16 - 18 в мин, МОД взрослого равна 8-9 л. МОД новорожденного 0,12 - 0,14 л. Значит, МОД взрослого больше МОД новорожденного в 57- 75 раз.

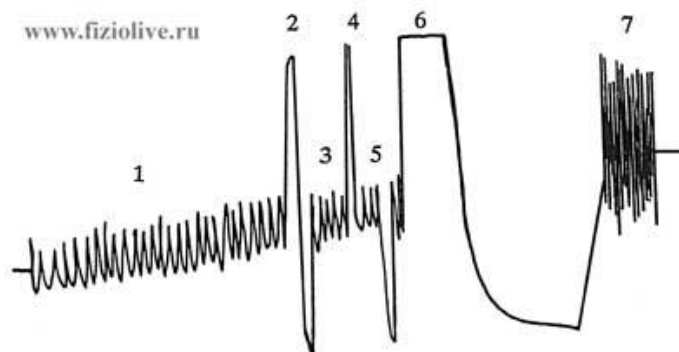
№50. При бронхиальной астме происходит спазм мелких бронхиол, что значительно затрудняет дыхание, особенно выдох. В этих условиях увеличение ЖЕЛ является компенсаторной приспособительной реакцией организма, которая обеспечивает более значительное растяжение легких при вдохе, что за счет возрастания эластического напряжения ткани альвеол способствует более энергичному выдоху. При выздоровлении происходят обратные явления и ЖЕЛ уменьшается, поскольку снижается необходимость в более энергичном выдохе.

Ситуационные задачи для подготовки к модулю 2

«Физиология висцеральных систем».

1. Рассчитайте эффективность легочной вентиляции при дыхательных объемах (ДО), равных 500 мл, 1000 мл, 1500 мл, при условии, что функциональная остаточная емкость (ФОЕ) равна 2500 мл.
2. Чему равны дыхательный объем (ДО), резервные объемы вдоха и выдоха (РОИ и РОЭ), функциональная остаточная емкость (ФОЕ) и емкость вдоха (ЕИ), если жизненная емкость легких (ЖЕЛ) равна 4000 мл, а соотношение составляющих ее объемов находится в пределах нормы?
3. Чему равна ДЖЕЛ (должная жизненная емкость легких) у женщины ростом 165 см в 30-летнем возрасте?
4. Определите ДЖЕЛ у мужчины в возрасте 45 лет, если его рост 181 см.

5. Исследование дыхательных объемов у человека 65 лет, ростом 170 см показало, что ЖЕЛ равна 4800 мл, ОЕЛ (общая емкость легких) - 6800 мл. Определите, имеются ли нарушения легочной вентиляции у этого человека, если соотношения дыхательных объемов, составляющих ЖЕЛ, остались в пределах нормы.
6. На какую величину изменится минутный объем дыхания (МОД), если в покое число дыхательных движений (ЧД) было равно 20 в мин, ДО - 600 мл., а при физической работе ЧД увеличилась вдвое, ДО - на 300 мл.
7. Чему должна быть равна ЖЕЛ у мужчины, основной обмен (ОО) которого равен 1800 ккал в сутки?
8. Рассчитайте ДЖЕЛ у женщины, если известно, что ее ОО равен 1500 ккал в сут.
9. Чему равна КЕК (кислородная емкость крови), если количество Нв в крови равно 150 г/л?
10. Какой состав газовой смеси нужно подавать водолазу на глубину 30 м для того, чтобы парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе осталось нормальным? Водолаз работает без жесткого скафандра.
11. Рассчитайте артериовенозную разницу по кислороду, если коэффициент утилизации кислорода тканями при работе возрастает на 20%. В покое артериовенозная разница находилась в пределах нормы.
12. На сколько должен возрасти минутный объем дыхания (МОД), если потребление организмом кислорода увеличилось на 8 л в час?
13. Существует ли пауза между вдохом и выдохом и почему?
14. Как измерить дыхательный объем, резервный объем вдоха и резервный объем выдоха с помощью спирометра? Какие инструкции необходимо дать испытуемому?
15. Как называется представленная ниже кривая? Нанесите на нее обозначения дыхательных объемов.



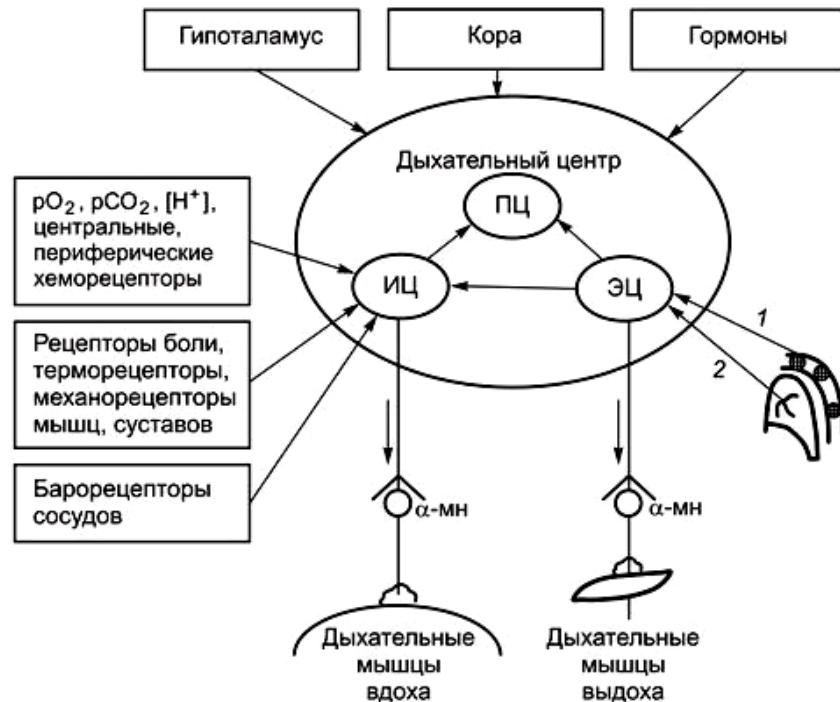
16. В грудной полости уменьшилось давление. Как это влияет на кровообращение и почему? В какую фазу дыхательного цикла это происходит?
17. Подсчитайте, чему примерно равен объем альвеолярного воздуха в конце обычного выдоха и в конце обычного вдоха.

18. Подсчитайте, как меняется состав альвеолярного воздуха при спокойном дыхании.

19. При измерении диаметра эритроцитов артериальной и венозной крови оказалось, что он неодинаков. Нормальное ли это явление, и можете ли Вы указать, какие эритроциты взяты из артерии, какие - из вены?

20. Напишите реакции гидратации CO_2 в крови и превращения его в бикарбонаты.

21. На рисунке представлена схема распространения импульсов от дыхательного центра. Проверьте, правильно ли она составлена, и если нет, внесите необходимые коррективы.



22. Спинной мозг перерезан между первым вторым шейными сегментами. Что произойдет с дыханием? Нарисуйте пневмограмму этого опыта.

23. Спинной мозг перерезан между шейным и грудным отделами. Изменится ли дыхание и почему?

24. У животного разрушен продолговатый мозг. Что в этом случае произойдет с дыханием?

25. Произведена перерезка мозга между продолговатым мозгом и варолиевым мостом. Нарисуйте, какие изменения дыхания при этом будут наблюдаться.

26. Что произойдет с дыханием, если перерезка произошла выше варолиева моста?

27. Известно, что усиление обмена веществ приводит к увеличению минутного объема дыхания. Каков, в самых общих чертах, механизм этой реакции?

28. Человек произвел несколько глубоких вдохов и выдохов (гипервентиляцию). Что происходит после этого с дыханием и почему?

29. Отметьте, из каких перечисленных ниже рефлексогенных зон идут импульсы в дыхательный центр.
Гортань, бронхи, слизистая полости носа, легкие, каротидный синус, аорта, полая вена, проприорецепторы скелетных мышц, рецепторы перикарда, пищевод, костный мозг.
30. Испытуемому поднесли к носу ватку, смоченную нашатырем. Он задержал дыхание, затем закашлялся. Назовите рефлексогенные зоны, с которых возникают данные защитные рефлексы.
31. Какова величина внутриплеврального давления у взрослого человека в момент сильного вдоха и выдоха, если атмосферное давление равно 760 мм рт.ст.?
32. Спирометрия показала, что ЖЕЛ испытуемого равна 3800 мл. Из них РОИ составляет 1700 мл., РОЭ - 1500 мл. Сколько воздуха поступает у этого человека в альвеолы за 1 минуту, если за это время он делает 18 дыхательных движений?
33. Какой объем кислорода поглощает и какой объем углекислоты выделяет взрослый человек в состоянии покоя в процессе одного дыхательного движения, если ДО равен 500 мл.?
34. Три человека одинакового возраста и телосложения участвуют в беге на 1000 м. В конце дистанции МОРД у первого составлял 120 000 мл, у второго 120 000 мл, у третьего 60 000 мл. Частота дыхания равна соответственно 40, 80 и 40 в минуту. Какой, по Вашему мнению, бегун наиболее тренирован, и почему?
35. Определение показало, что ЖЕЛ испытуемого равна 3000 мл. Из них 400 мл. приходится на ДО. Каковы у этого человека объем альвеолярного воздуха и коэффициент легочной вентиляции, если известно, что соотношение дыхательных объемов ЖЕЛ нормальное? Объем вредного пространства принять за 150 мл.
36. Если содержание газа в газовой смеси при общем давлении 760 мм рт.ст. составляет 14%, то каково при этом его парциальное давление?
37. В кровь животному введен препарат, блокирующий действие карбоангидразы. Какие нарушения в процессе газообмена при этом произойдут?
38. В плазме крови повысилась концентрация углекислоты. Повлияет ли на это на процесс выделения кислорода из крови или нет и почему?
39. Какие изменения на пневмограмме произойдут при двусторонней перерезке блуждающих нервов и последующая стимуляция центрального и периферических концов перерезанного вагуса. Нарисуйте пневмограммы.
40. Как повлияет на процесс выделения углекислого газа из крови дыхание чистым кислородом?

41. Человек произвел максимально возможную задержку дыхания. Нарисуйте пневмограмму, которая при этом регистрируется. Как объяснить эти изменения?
42. Парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе составляет 170 мм рт.ст. Какое количество кислорода при этом успевает раствориться в 100 мл крови?
43. Если на середине акта вдоха внезапно под большим давлением ввести воздух в альвеолы, вдох прекратится и наступит выдох. С чем связано прекращение вдоха?
44. Один студент утверждает, что «легкие расширяются, и поэтому в них входит воздух». Другой утверждает, что «воздух входит в легкие, и поэтому они расширяются». Кто из них прав?
45. При некоторых заболеваниях растяжимость легочной ткани уменьшается в 5-10 раз. Какой клинический симптом типичен для таких заболеваний?
46. Как изменится разница в процентном составе выдыхаемого и альвеолярного воздуха, если человек будет дышать в противогазе?
47. Почему растет коэффициент утилизации кислорода в работающей мышце?
48. Вследствие отравления барбитуратами у больного резко понизилась чувствительность нейронов дыхательного центра к углекислому газу. В этих условиях врач решил назначить дыхание чистым кислородом. Согласны ли Вы с таким решением?
49. Человеку необходимо пройти по дну достаточно длинного водоема. Акваланга у него нет, поэтому принято решение дышать через трубку. В распоряжении человека имеются три трубки длиной 1 метр и диаметром 68 мм, 30 мм и 5 мм. Какую трубку нужно использовать? Обоснуйте Ваш ответ соответствующим расчетом.
50. Чемпионы по нырянию погружаются на глубину 100 м без акваланга и возвращаются на поверхность за 4-5 минут. Почему у них не возникает кессонная болезнь?
- (Задачи №№ 51–55 из CD–приложения к Учебнику «Физиология с основами морфологии» под ред. В.К. Судакова и В.Ф. Волкова)
51. На двух теплокровных животных сделали операции: а) у первого животного перевязали правый бронх и левую легочную артерию; б) у второго животного перевязали левый бронх и левую легочную артерию. После операции первое животное быстро погибло, во втором варианте животное осталось живым. Почему погибло первое животное? Нарушение каких (или какого) этапов дыхания явилось причиной гибели?
52. При легком отравлении угарным газом человек почувствовал слабость, головокружение, сердцебиение. Каков механизм развития указанных симптомов? Как при отравлении угарным газом изменяется кислородная емкость крови? Какова первая помощь человеку в такой ситуации?

53. При заболевании гриппом у человека происходят изменения многих параметров гомеостаза. Одной из первых меняется температура тела. Как изменится содержание оксигемоглобина в крови при повышении температуры тела? Как при этом изменятся параметры внешнего дыхания? Изменится ли кривая диссоциации оксигемоглобина?

54. В каком случае у одного и того же человека эффективность вентиляции легких будет выше?

1. Частота дыхания (ЧД) = 16/мин, дыхательный объем (ДО) = 600 мл

2. Частота дыхания (ЧД) = 22/мин, дыхательный объем (ДО) = 460 мл

Как рассчитывается минутный объем дыхания (МОД)? Почему при одинаковой величине МОД эффективность вентиляции легких может быть различной?

55. У кролика после двусторонней перерезки блуждающих нервов изменился характер дыхания – оно стало более редким и глубоким. Какой механизм регуляции дыхания нарушается при перерезке вагуса? Для описанных изменений дыхания ведущим является нарушение проведения афферентных или эфферентных нервных импульсов по блуждающему нерву?

(Задачи №№ 56-69 из «Сборника задач и упражнений по физиологии» под ред. Г.И. Косицкого)

56. Как изменяется уровень жидкости в манометре в момент соединения его с плевральной щелью? Дайте цифровые обозначения давления в плевральной щели во время спокойного вдоха; форсированного вдоха; спокойного выдоха. Укажите, при каком вмешательстве давление в плевральной щели станет равным атмосферному

57. При вентиляции легких в условиях относительного покоя из 1л воздуха ушло в кровь 30 мл O_2 . Артерио-венозная разница по O_2 равна 9 об. %. Сколько мл крови прошло за это время через капилляры легких?

58. 1) Вычислите величину минутной вентиляции альвеол при условии, что минутный объем дыхания равен 8 л, объем вредного пространства — 150 мл. 1 случай: дыхательный объем равен 500 мл, частота дыхания — 16 в минуту. 2 случай: дыхательный объем равен 250 мл, частота дыхания — 32 в минуту. Сравните объем вентиляции альвеол для обоих случаев и определите, какой режим дыхания выгоднее.

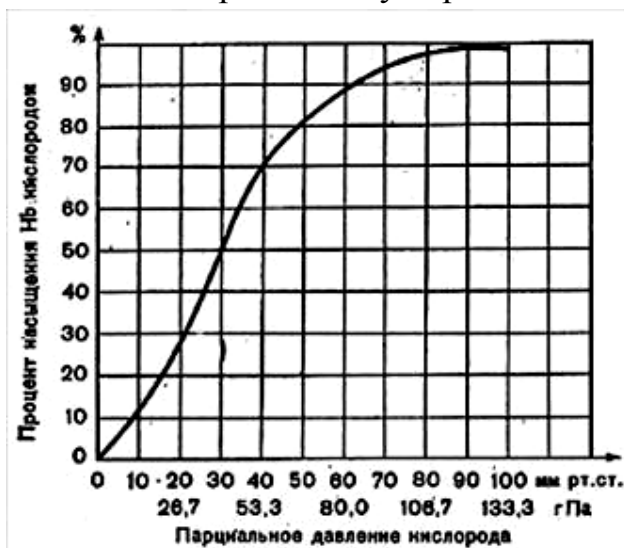
59. Обозначьте величины парциального давления (Р) кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе, в артериальной и венозной крови. Что является движущей силой, которая обуславливает перемещение O_2 и CO_2 .

60. Ознакомьтесь с таблицей, укажите:

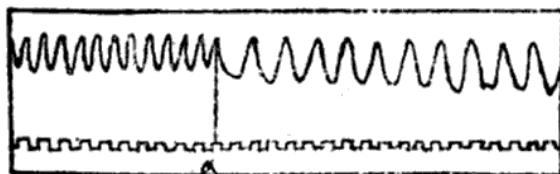
	O_2 об.% в состоянии физического растворения	O_2 об.% Общее содержание	CO_2 об.% в состоянии физического растворения	CO_2 об.% Общее со- держание

Артериальная кровь	0,3	20	2,5	50
Венозная кровь	0,3	12	2,7	58

- 1) Вычислите в объемных процентах артерио-венозную разницу по O_2 и по CO_2 .
 - 2) Как меняется артерио-венозная разница по O_2 при мышечной работе?
 - 3) Вычислите и сравните коэффициенты утилизации O_2 в условиях покоя и при интенсивной мышечной работе, используя формулу: $A-B$ разница по $O_2 \times 100 /$ Содержание O_2 в артериальной крови.
 - 4) Объясните причину повышения коэффициента утилизации O_2 в работающей ткани.
61. Определите по кривой, чему равен % насыщения гемоглобина O_2 при $P_{O_2} = 100$ мм рт. ст., 90 мм рт. ст., 40 мм рт. ст. Рассчитайте по кривой, насколько уменьшается % насыщения гемоглобина кислородом при снижении напряжения O_2 на 60 мм рт. ст. в зоне высоких (100—70) и средних его напряжений (60—30). Каков % насыщения гемоглобина кислородом на высоте 4000 м над уровнем моря, где парциальное давление O_2 в альвеолярном воздухе равно 65—70 мм рт. ст.?

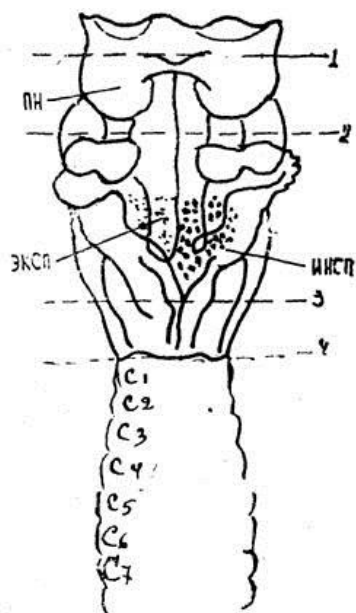


62. Какое значение имеет смещение кривой диссоциации HbO_2 при изменениях P_{CO_2} в крови? В каком направлении смещается кривая диссоциации оксигемоглобина при интенсивной мышечной работе и почему?
63. Рассмотрите пневмограмму и опишите изменения, происшедшие в характере дыхания после холодового выключения блуждающих нервов. Объясните причину наступивших изменений. Сделайте заключение о роли блуждающих нервов в регуляции дыхания.



Пневмограмма кролика до и после холодого выключения блуждающих нервов.

64. Укажите, изменится ли характер дыхания после перерезок ствола мозга выше линии 1, на уровне 2, 3, 4 и ниже. Если произойдут изменения, то какие. 2) Как изменятся дыхательные движения грудной клетки после половинной перерезки между продолговатым и спинным мозгом?



Нижняя часть ствола мозга (вид сзади). ПН — центр пневмотаксиса в варолиевом мосту. Пунктирные линии 1, 2, 3, 4 — уровни перерезок.

65. Почему по мере развития вдоха частота ПД в афферентных волокнах блуждающего нерва возрастает? Как меняется функциональное состояние инспираторных нейронов бульбарного дыхательного центра при возбуждении афферентных волокон блуждающего нерва? Как в этой связи меняется состояние наружных межреберных мышц и диафрагмы? Как это отражается на пневмограмме? Потенциалы действия (ПД) блуждающего нерва: а - отметка времени; б — ПД; в — пневмограмма; вдох — подъем вверх, выдох — спуск вниз

66. Как изменится характер дыхания у собаки А и у собаки Б при зажатии трахеи у собаки А? Какие заключения можно сделать на основании результатов этого опыта?

Схема классического опыта Фредерика с перекрестным кровообращением

67. На рисунке изображены пневмограммы сросшихся близнецов. Одна из девочек спит, а другая бодрствует. Укажите, какая пневмограмма записана у спящей, а какая у бодрствующей. Охарактеризуйте отличие пневмограмм. О чем свидетельствует различие в ритме дыхания у обоих детей?

68. При аппаратном искусственном дыхании кислородом, например, в полетах на больших высотах, в баллон с кислородом добавляют 5% CO₂ (такая смесь носит название карбогена). При хирургических операциях на сердце, проводимых в условиях гипотермии, в перфузирующий раствор, насыщенный O₂, добавляют CO₂ в объеме 3—4%. С какой целью это делают?

69. При спуске в глубокую плохо вентилируемую шахту возможны такие случаи: А) На большой глубине ее имеется достаточное для жизни количество кислорода и избыточное содержание (парциальное напряжение 40 мм рт. ст.) углекислого газа; Б) Допустимое содержание углекислого газа и недостаточное для жизни организма количество кислорода. Что надо предпринять для безопасности пребывания человека в шахте в том и в другом случае?

Профильные вопросы для студентов педиатрического факультета

70. У новорожденного котенка перерезали оба диафрагмальных нерва. Как изменится при этом дыхание?

71. Чему равно межплевральное давление у новорожденного ребенка на высоте вдоха и выдоха.

72. Новорожденный ребенок дышит 30 раз в минуту. Ваш вывод?

73. Отражается ли на дыхании ребенка тугое пеленание живота и почему?

74. За счет чего увеличивается легочная вентиляция и МОД при физической нагрузке у детей раннего возраста?

75. Какой особенностью отличается состав альвеолярного воздуха у детей раннего возраста?

76. Чем отличается от взрослых состав выдыхаемого воздуха у детей раннего возраста?

77. Почему у детей в альвеолярном и выдыхаемом воздухе больше кислорода и меньше углекислоты, чем у взрослых?

78. В каком возрасте в эритроцитах у детей появляется фермент карбоангидраза?

79. Ребенку исполнилось 11 мц, он начал ходить. Как меняется у него в это время тип дыхания?

80. У ребенка грудное дыхание начинает доминировать над диафрагмальным. Каков возраст у этого ребенка?

81. Новорожденный ребенок сделал максимально глубокий вдох. Чему в этот момент равно у него давление в межплевральной щели, если атмосферное давление 760 мм рт.ст.?

82. Расставьте в таблице цифры так, чтобы частота дыхания соответствовала возрасту ребенка.

Возраст	1 день	1 год	5-6 лет	14-15 лет
Частота дыхания	40-60	18-20	25-30	30-35

83. Соответствуют ли данные этой таблицы действительности? Если нет, то какими они должны быть?

Возраст	1 день	1 год	6 лет	взрослый
Отношение МОД/масса тела в кг	190	100	300	170

84. Ребенок во время игры много бегал. Как и за счет чего изменялась у него легочная вентиляция?

85. При анализе выдыхаемого воздуха в первом случае обнаружено 4% CO₂ и 16,4% O₂; во втором случае 2% CO₂ и 18,4% O₂. Какой из этих анализов сделан у ребенка?

86. Вычислите парциальное давление O₂ в альвеолярном воздухе ребенка в возрасте 1 мц., если его процентное содержание соответствует норме, а атмосферное давление равно 760 мм рт.ст.

87. Вычислите парциальное давление O₂ в альвеолярном воздухе ребенка 1 года, если его процентное содержание соответствует возрастной норме, а атмосферное давление равно 760 мм рт.ст.

88. Анализ газов в артериальной крови показал, что в первом случае O₂ содержится 15%, CO₂ 40%; во втором случае эти цифры составляют соответственно 20% и 60%. В каком случае кровь принадлежит взрослому, в каком - ребенку?

89. С увеличением возраста ребенка содержание O₂ в крови (возрастает, падает), количество CO₂ (уменьшается, увеличивается, не изменяется). Вычеркните в скобках слова, которые не соответствуют истине. О какой крови идет речь - артериальной или венозной?

90. В плохо проветриваемой комнате с содержанием CO₂ больше нормы и недостаточным количеством O₂ находятся взрослые и дети. Кто из них раньше почувствует духоту в помещении?

91. Представленные справа пневмо-граммы записаны в покое у взрослого и у ребенка. Какая из них принадлежит ребенку и почему?

92. Вычислите величину минутного объема дыхания у новорожденного ребенка в покое, если дыхательный объем равен 20 мл.

93. Определите, во сколько раз минутный объем дыхания взрослого человека в состоянии покоя больше минутного объема дыхания новорожденного ребенка, если ДО взрослого равен 500 мл.

94. Если у новорожденного при перевязке пуповины затягивать лигатуру очень медленно, то первый вдох может не наступить и возникает асфиксия. Почему?

95. Рассчитайте минутный объем дыхания у новорожденного, ребенка 5 лет и взрослого, пользуясь данными таблицы.

Возраст	Частота дыхания в 1 минуту	Дыхательный объем
Новорожденный	40—60	15—20 мл
Ребенок 5 лет	25—30	80—100 мл
Взрослый	16—20	400-600 мл

96. Рассчитайте коэффициент вентиляции у новорожденного ребенка, пользуясь представленными данными.

Дыхательный объем - 20 мл

Объем вредного пространства - 10 мл

Остаточная емкость (объем остаточного воздуха) - 20 мл

Резервная емкость (объем резервного воздуха) - 80 мл

(Задачи №№ 97–113 из Сборника задач по физиологии под ред. В.М. за Смирнова)

97. Что является органом внешнего дыхания у плода? Имеются ли у плода дыхательные движения?

98. С какой недели внутриутробного развития у плода появляются периодические дыхательные движения? Каково их значение? Какие факторы их усиливают?

99. Какова частота периодических дыхательных движений плода, расправляются ли легкие при этом, попадает ли амниотическая жидкость в дыхательные пути и легкие?

100. Чем объясняется небольшая глубина дыхания у грудного ребенка?

101. Какова величина жизненной емкости легких (ЖЕЛ) у детей 5-, 10- и 15-летнего возраста?

102. За счет роста частоты или глубины дыхания увеличивается минутный объем воздуха (МОВ) у детей грудного возраста? Почему?

103. У детей или у взрослых работа, затрачиваемая на вентиляцию легких (относительно) больше? Почему?

104. Как изменяется процентное содержание углекислого газа и кислорода в альвеолярной смеси газов с возрастом? Чему равны эти показатели у новорожденного ребенка и взрослого человека?

105. Укажите содержание O₂ в артериальной крови плода (пупочная вена) и в артериальной крови взрослого, объясните причину различий.

106. Почему в крови плода напряжения кислорода меньше, чем в крови матери?

107. Почему, несмотря на сниженное содержание кислорода в крови плода, его ткани получают достаточное количество кислорода для нормального развития?

108. Что является стимулом, обеспечивающим возникновение дыхательных движений плода? Почему?

109. Перечислите факторы, стимулирующие первый вдох новорожденного.

110. Какие факторы обеспечивают более быструю диффузию газов в легком у детей?

111. Какова степень возбудимости дыхательного центра у новорожденного и от чего она зависит?

112. Дети первых лет жизни или взрослые легче переносят кислородное голодание? Почему?

113. В каком возрасте появляется произвольная регуляция дыхания, с чем это связано? В каком возрасте она достаточно хорошо развита?

Ответы к ситуационным задачам для подготовки к модулю 2 «Физиология висцеральных систем».

1. Эффективность легочной вентиляции определяется отношением объема воздуха, вошедшего в альвеолы, к тому, который там находится. В альвеолы входит дыхательный объем (ДО), минус объем вредного пространства (ОВП), который составляет 150 мл. В легких перед вдохом содержится функциональная остаточная емкость (ФОЕ), равная сумме остаточного объема и резервного объема выдоха. Отсюда легко рассчитать, что эффективность легочной вентиляции при заданных дыхательных объемах будет равна соответственно 14%, 34%, 54%.

2. В норме ДО составляет 20%, РОЭ и РОИ - по 40% от ЖЕЛ, $ФОЭ = РОЭ + ОО$, емкость вдоха (ЕВ) = ДО + РОИ, ОО равна 30% ЖЕЛ. Значит, в данном случае ДО = 800 мл, РОЭ и РОИ по 1600 мл, ФОЕ = 2800 мл, ЕВ = 2400 мл.

3. ДЖЕЛ женщины = $H(21,78 - 0,101 A)$, где H - рост в см, A - возраст в годах (формула Болдуина). В данном случае ДЖЕЛ равна 3620 мл.

4. По формуле Болдуина ДЖЕЛ мужчины = $H(27,63 - 0,112 A)$, где H - рост в см, A - возраст в годах. В данном случае ДЖЕЛ = 4940 мл.

5. Нормальное соотношение дыхательных объемов: ДО 20% ЖЕЛ, РОЭ = РОИ = 40% ЖЕЛ. Легочная вентиляция (ЛВ) равна $(ДО - ОВП)/ФОЕ$. ФОЕ = ОО + РОЭ. ОО = ОЕЛ - ЖЕЛ. ДЖЕЛ по формуле Болдуина для мужчин вычисляется так, как указано в 7-4. Необходимо сравнить степень истинной ЛВ с должной. При определении должной ЛВ вместо ЖЕЛ в расчеты принимается ДЖЕЛ. После проведения расчетов получим, что у больного ЛВ равна 20,6%, тогда как должна быть равной 27%. Это выходит за пределы допустимых колебаний.

6. МОД в покое = ДО x ЧД = 20 x 600 мл = 12000 мл. При работе ЧД 40, ДО - 900 мл., МОД = 40 x 900 мл = 35000 мл. Значит, МОД возрос на 200% (в три раза) по сравнению с покоем.

7. По формуле Антони ДЖЕЛ мужчины равен 2,6 x ОО. ДЖЕЛ = 2,6 x 1800 = 4680 мл.

8. По формуле Антони у женщин ДЖЕЛ равен $2.2 \times \text{ОО}$. В нашем случае: $2,2 \times 1500 = 3300$ мл.
9. Так, как 1 г Нв связывает 1,34 мл кислорода, то кислородная емкость крови (КЕК) в данном случае равна 201 мл.
10. Нормальное парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе 102 мм Нг. Если общее давление равно 4 атм. (1 атм. в воздухе и 3 атм. в воде, по 2 атм. на каждые 10 м), или 3040 мм Нг, то для того, чтобы парциальное давление кислорода сохранить на уровне 102 мм, его должно находиться в альвеолярном воздухе 3,36%. Поскольку содержание кислорода в альвеолярном воздухе примерно на 1/4 меньше, чем во вдыхаемом, в газовой смеси должно быть 4,2% кислорода.
11. В норме в артериальной крови содержится 20 объемных процентов кислорода (20 мл в 100 мл крови), в венозной - 12 об%. Артериовенозная кислородная разница равна 8 мл (8 об%). При физической работе она на 1/5 больше, т.е. равна 9,6 об%.
12. Вычислено, что при повышении потребления кислорода на 100 мл в 1 минуту МОК возрастает на 1 л. В нашем случае увеличение потребления кислорода составило $800 : 60 = 134$ мл, значит МОК должен увеличиться на 1340 мл (1,34 л).
13. В норме между вдохом и выдохом паузы нет, так как после окончания вдоха грудная клетка под влиянием своей тяжести опускается.
14. Для измерения ДО необходимо сделать нормальный спокойный выдох в спирометр после спокойного вдоха. Лучше сделать при поднятом колпаке спирометра несколько спокойных вдохов и выдохов, не вынимая трубки из рта, и взять среднее значение. Для определения РОИ необходимо попросить испытуемого сделать после нормального вдоха из атмосферы дополнительный максимально возможный из под поднятого колпака спирометра. Для определения РОЭ надо сделать после спокойного выдоха в атмосферу максимально возможный выдох в спирометр.
15. Представлена спирограмма: 1 — МОД; 2 — ЖЕЛ, 3 — дыхательный объем (ДО); 4 — резервный объем вдоха; 5 — резервный объем выдоха; 6 — проба Тиффно-Вотчала; 7 — МВЛ
16. При вдохе за счет снижения давления в грудной полости расширяются кровеносные сосуды средостения. При этом венозный приток к легким и к предсердиям возрастает. Это приводит к рефлекторному учащению сердцебиений (дыхательная аритмия) и изменению артериального давления (дыхательные волны на кривой АД).
17. В конце обычного выдоха в легких находится функциональная остаточная емкость (ФОЭ), минус воздух вредного пространства (ОВП), что в норме составляет

около 2350-2500 мл. В конце обычного вдоха в этом объеме добавляется дыхательный объем (ДО).

18. В легких в покое в альвеолах находится ФОЕ - ОВП, т.е. 2500 мл. В нем 14,4% кислорода, т.е. 360 мл. При спокойном вдохе в альвеолы входит ДО - ОВП, т.е. добавляется 72 мл кислорода. Общее количество последнего в альвеолярном воздухе становится 432 мл. Объем альвеолярного воздуха при вдохе равен 2850 мл, значит в нем содержится теперь 15% кислорода.

19. Эритроциты венозной крови крупнее, так как в процессе газообмена внутри них оказывается относительно больше солей, вслед за которыми в силу законов осмоса поступает в клетку вода.

20. 1. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$;

2. $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ (карбоангидраза)

3. $\text{K}^+ + \text{HCO}_3^- = \text{KHCO}_3$;

4. $\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- = \text{NaHCO}_3$.

21. Схема составлена правильно. Импульсы от нейронов ДЦ поступают к альфа-мотонейронам дыхательных мышц.

22. Дыхание прекратится, так как в этом случае дыхательные центры изолируются от дыхательной мускулатуры.

23. Дыхание сохранится за счет работы диафрагмы, так как центр диафрагмального нерва сохранит связь с дыхательным центром.

24. Дыхание прекратится, так как разрушается дыхательный центр.

25. Нарушится нормальная смена дыхательных движений, так как в этом случае повреждается связь дыхательного центра с центром пневмотаксиса. Дыхание будет редким и глубоким.

26. Дыхание не изменится.

27. При активизации обмена веществ в крови увеличивается содержание углекислого газа и падает содержание кислорода, что является причиной рефлекторного возбуждения дыхательного центра через хеморецепторы сосудов или хемочувствительные зоны мозга.

28. Дыхание ослабевает, так как после гипервентиляции развивается гипокания и раздражение хеморецепторов рефлексогенных зон углекислым газом уменьшается.

29. Импульсы в дыхательный центр идут из всех перечисленных рефлексогенных зон, кроме перикарда, пищевода и костного мозга.

30. Слизистая воздухоносных путей.

31. На вдохе - 750 мм Hg, на выдохе - 756 мм Hg.

32. За один вдох 600 мл. За минуту - 1080 мл. ДО = ЖЕЛ - РОЭ - РОИ.

33. В покое из ДО поглощается 4% кислорода и примерно столько же выделяется углекислого газа. При ДО, равном 500 мл - по 20 мл.
34. У тренированного человека наибольший минутный объем дыхания достигается при наименьшей частоте за счет углубления дыхания. Лучше тренирован первый человек, хуже всего - третий.
35. Объем альвеолярного воздуха равен ФОЕ - ОВП. Если ОО принять за 1500 мл, и принять РОИ равным РОЭ, то эти объемы, в таком случае, равны по 1300 мл. Объем альвеолярного воздуха отсюда равен $1300 + 1500 - 150 = 2650$ мл. Легочная вентиляция равна $(ДО-ОВП):ФОЕ = (400-150):2800 = 9\%$.
36. Парциальное давление газа равно 106 мм Нг.
37. Нарушается процесс связывания углекислого газа, поступающего в кровь из тканей с водой и последующее превращение его в бикарбонаты. Связывание углекислого газа с водой с помощью карбоангидразы происходит в эритроцитах.
38. Повышение парциального напряжения углекислого газа в крови сдвигает кривую диссоциации оксигемоглобина вправо и ускоряет процесс его распада.
39. При перерезке блуждающих нервов дыхание будет более глубоким и редким. При стимуляции центрального конца вагуса произойдет задержка дыхания на выдохе, так как в составе этого нерва идут чувствительные волокна от рецепторов растяжения легких. При стимуляции периферического конца вагуса дыхание не изменится.
40. Этот процесс ускоряется, так как кислород способствует распаду бикарбонатов.
41. В результате задержки дыхания в крови накапливается углекислый газ, который раздражает хеморецепторы рефлексогенных зон и вызывает учащение и углубление дыхания.
42. Количество растворенного в жидкости газа определяется по формуле: $O_2 = (p \times 0,021 \times V) : 760$, где p - парциальное давление газа, 0,021 - коэффициент растворения, V - объем растворителя. Следовательно, в 100 мл крови при парциальном давлении кислорода над кровью 170 мм растворится 0,57 мл газа.
43. При быстром ведении под большим давлением воздуха в альвеолы наступает сильное раздражение рецепторов растяжения легких, что приводит к стимуляции экспираторной части дыхательного центра и вдох сменяется выдохом.
44. Если речь идет об естественном дыхании, то прав первый, а если об искусственном - прав второй.
45. При значительном ухудшении растяжимости альвеол невозможен достаточно глубокий вдох. Нехватку воздуха организм пытается компенсировать учащением дыхания, которое остается поверхностным (одышка).

46. Главная особенность дыхания в противогазе - увеличение мертвого пространства. Воздух в нем по составу равен атмосферному, поэтому разница процентных соотношений газов вдыхаемого и выдыхаемого воздуха уменьшится.

47. Утилизация кислорода в ткани зависит как от интенсивности протекающих в ней процессов, так и от количества поступающего в клетки кислорода. Последнее, в свою очередь, зависит от объемной скорости кровотока и от степени диссоциации оксигемоглобина. Объемная скорость кровотока растет при работе за счет усиления работы сердца, а диссоциация гемоглобина возрастает в связи с накоплением в работающих мышцах CO_2 .

48. При дыхании чистым кислородом в крови будет поддерживаться высокая его концентрация, которая еще более снизит возбудимость дыхательного центра. Решение врача ошибочно и опасно для жизни больного.

49. Каждая трубка в соответствии с их объемом по разному увеличивает объем мертвого пространства. Объем первой трубки около 3,6 л. Такое мертвое пространство нельзя преодолеть даже при самом глубоком вдохе, значит, выбор этой трубки обрекает человека на удушье. Объем второй трубки около 0,6 л. Такое дополнительное вредное пространство можно преодолеть, если дышать глубоко и редко, используя резервный объем вдоха. Объем третьей трубки совсем невелик, но из-за малого ее диаметра резко возрастет сопротивление дыханию. Потому оптимальный диаметр у второй трубки.

50. Нырятьщик во время погружения не дышит, поэтому отсутствует растворение азота в крови на большой глубине. Раз нет азота - нет и кессонной болезни.

51. Воздух не поступает в правое легкое через перевязанный бронх, а в левом легком не было кровотока, поэтому оно тоже не участвовало в газообмене. Нарушено внешнее дыхание справа и газообмен слева, кислород не поступает в кровь, развивается острая гипоксия. Во втором случае из газообмена исключено только левое легкое, правое же осуществляет обмен газов.

52. Сродство гемоглобина к угарному газу в 200 раз больше, чем кислороду, поэтому кислородная емкость крови падает и транспорт кислорода гемоглобином ухудшается. Человека необходимо вынести на свежий воздух и дать кислородную подушку.

53. При повышении температуры тела сродство гемоглобина к кислороду уменьшается. Кривая диссоциации оксигемоглобина смещается вправо. Дыхание учащается.

54. Ситуация 1: $\text{МОД} = \text{ДО} \times \text{ЧД} = 16 \times 600 = 9,6$ литра.

ситуация 2: $\text{МОД} = \text{ДО} \times \text{ЧД} = 22 \times 460 = 10,12$ литра.

Эффективность легочной вентиляции (ЭВВ) в минуту вычисляется по формуле: $ЭВВ = (ДО-ОВП)/ФОЕ \times ЧД$, где ОВП – объем вредного пространства (150 мл), ФОЕ – функциональная статочная емкость (емкость легких после нормального выдоха). В первом случае в газообмене за минуту участвует $(600 - 150 \times 16 = 7,2$ л, во втором - до альвеол в минуту доходит $(460 - 150) \times 22 = 6,82$ л. Величина ФОЭ пациента не известна, однако, поскольку параметры дыхания измеряются у одного и того же человека, мы можем считать величину ФОЕ одинаковой в обеих ситуациях. В этих условиях в ситуации 1 эффективность вентиляции будет больше, так как до альвеол доходит больше атмосферного воздуха.

55. Нарушается афферентная импульсация от рецепторов растяжения легких, остается гуморальный механизм регуляции дыхания.

56. В момент прокалывания иглой париетального листка плевры уровень жидкости в манометре изменится и покажет наличие отрицательного давления в плевральной полости. Во время вдоха эта величина составляет -4 мм. Hg, на выдохе -2 мм Hg. Внутрплевральное давление станет равным атмосферному при открытом пневмотораксе, т.е. в случае свободного доступа воздуха в плевральную полость.

58. Минутная вентиляция альвеол (МВА) равна объему воздуха, поступившего в альвеолы за минуту. $МВА = (ДО-ОВП) \times ЧД$. В первом случае $МВА = (500 \text{ мл} - 150 \text{ мл}) \times 16 = 5600$ мл; во втором случае $МВА = (250 - 150) \times 32 = 3200$ мл. В первом случае режим дыхания выгодней, так как при более редком дыхании в легкие поступает больше кислорода.

59. Движущей силой газообмена является разность парциального давления и напряжения газов между альвеолами и кровью. В норме в альвеолах $PO_2 = 100$ мм Hg, $PCO_2 = 40$ мм Hg, в венозной крови $PO_2 = 40$ мм Hg, $PCO_2 = 46$ мм Hg, а артериальной крови $PO_2 = 100$ мм Hg, $PCO_2 = 40$ мм Hg.

60. 1) Артериовенозная разница по O_2 составляет 8%, по CO_2 – 8%. 2) При мышечной работе артериовенозная разница по кислороду может достигать 10%. 3) Коэффициент утилизации O_2 в покое равен $8 \times 100 / 20 = 20$, при работе $10 \times 100 / 20 = 50$. Причина повышения коэффициента утилизации связана в большей интенсивностью окислительных процессов в работающих мышцах

61. При pO_2 100 и 90 мм Hg насыщение гемоглобина кислородом 100%, при 40 мм Hg - 65- 70%. При снижении pO_2 со 100 до 70 мм % насыщения гемоглобина кислородом уменьшится на 10%, а в зоне 60-30 – на 40%. На высоте 4000 м над уровнем моря % насыщения гемоглобина кислородом около 90 %

62. Чем больше образуется углекислоты в тканях во время работы, тем больше разрушается оксигемоглобин и больше кислорода поступает в ткани. При

интенсивной мышечной работе кривая диссоциации оксигемоглобина смещается вправо, т.е. при том же напряжении кислорода в тканях распадается больше оксигемоглобина.

63. После холодового выключения блуждающих нервов наблюдается урежение дыхания, так как в составе вагуса идут афферентные импульсы от рецепторов растяжения и спадения легких, а они необходимы для активации дыхательного центра. При блокаде такой импульсации смену вдоха выдохом осуществляет пневмотаксический центр варолиевого моста, и частота дыхания при этом падает.

64. Перерезка по линии 1 и 2 не изменит дыхания. Перерезка по линиям 3 вызовет остановку дыхания. При половинной перерезке мозга между спинным и продолговатым будет односторонний паралич дыхательной мускулатуры и дыхание будет чрезвычайно затруднено, так как будут работать мышцы только не пораженной стороны. (уточнить!)

65. По мере развития вдоха усиливается раздражение рецепторов растяжения легких, повышается возбуждение экспираторного центра и снижается возбудимость инспираторных нейронов. Наружные межреберные мышцы расслабляются и наступает выдох.

66. При зажатии трахеи у собаки А в ее крови повысится содержание CO_2 , что вызовет возбуждение дыхательного центра не только собаки А, но и собаки Б.

67. Спит ребенок, чья пневмограмма записана ниже. Дыхание спящего ребенка реже и меньшей амплитуды. Различие в ритме дыхания у обоих детей свидетельствует о том, что дети имеют независимые друг от друга механизмы регуляции дыхательной функции.

68. Добавление в дыхательную смесь карбогена необходимо для лучшей стимуляции дыхательного центра при полетах на больших высотах и при гипотермии.

69. В первом случае нужен противогаз, во втором – кислородная маска.

70. Дыхание остановится, так как у новорожденного тип дыхания только диафрагмальным, а реберный еще не сформировался.

71. На вдохе 736 мм Hg, на выдохе 740 мм Hg.

72. У ребенка имеется патология дыхания. В норме частота дыхательных движений у новорожденного 60-70 в мин.

73. При тугом пеленании дыхание затрудняется, так как у ребенка преобладает диафрагмальный тип дыхания.

74. Легочная вентиляция и МОД у детей возрастает преимущественно за счет изменения частоты дыхания.

75. Альвеолярный воздух детей содержит меньше углекислого газа и больше кислорода, чем у взрослых.
76. Выдыхаемый воздух у детей содержит меньше углекислого газа и больше кислорода, чем у взрослых.
77. Вследствие поверхностного дыхания вентиляция легких менее эффективна, кроме того, относительный объем вредного пространства у детей больше, чем у взрослых.
78. Карбоангидраза в эритроцитах определяется с 5-7 дня после рождения.
79. С переходом ребенка из горизонтального положения в вертикальное грудная клетка опускается, и создаются условия для перехода от брюшного типа дыхания к грудному. Тип дыхания становится смешанным.
80. Это явление наблюдается у ребенка от 3 до 7 лет.
81. Внутрилевральное давление при выдохе у новорожденного равно атмосферному, так как объем легких у них соответствуют объему грудной клетки.
82. С возрастом частота дыхания постепенно убывает с 40-60 у новорожденных до 18-20 у взрослых и подростков.
83. Данные в таблице расставлены неверно. Надо: 1 день - 190, 1 год - 300, 6 лет - 17, взрослые - 100 мл/кг.
84. Легочная вентиляция увеличивается преимущественно за счет учащения дыхательных движений, а не за счет глубины дыхания.
85. Первый анализ сделан у взрослого, второй - у ребенка раннего возраста. У ребенка дыхание частое и поверхностное, поэтому коэффициент легочной вентиляции ниже.
86. Так как у ребенка в этом возрасте содержание кислорода в альвеолярном воздухе 17,3%, парциальное давление кислорода равно 123 мм Hg.
87. Содержание углекислого газа в альвеолярном воздухе 3%, значит парциальное давление его равно 21 мм Hg.
88. В первом случае ребенку дошкольного возраста, во втором - взрослому.
89. С увеличением возраста детей содержание кислорода и углекислого газа, как в артериальной, так и в венозной крови возрастает.
90. В первую очередь ощущение духоты появится у взрослых, так как у детей понижена чувствительность дыхательного центра к недостатку кислорода и избытку углекислоты.
91. Первая пневмограмма записана у взрослого, вторая - у ребенка. Частота дыхания у детей больше, кроме того, оно может быть аритмичным и разным по глубине.

92. Так как в покое у новорожденного ребенка частота дыхания достигает 60 минуту, то МОД в данном случае равен 1200 мл.
93. Поскольку частота дыхания у взрослого человека в покое составляет 17- 18 в минуту, МОД взрослого равна 8-9 л. МОД новорожденного - 0,12-0,14 л. Значит, МОД взрослого больше МОД новорожденного в 57-75 раз.
94. При очень медленной перевязке связь с организмом матери прекращается медленно и накопление CO₂ в крови ребенка замедляется. Вспомним закон крутизны нарастания раздражителя и получим ответ.
95. Минутный объем дыхания равен произведению частоты дыхания на дыхательный объем. Следовательно, у новорожденного он будет равен 40-80 x 15-20 = 600 – 1600 мл, у ребенка 5 лет 25-30 x 80-100 = 2000-3000 мл, а у взрослого 16-20 x 400-600 = 6400-12000 мл.
96. Коэффициент вентиляции легких равен соотношению объема воздуха, вошедшего в альвеолы, к тому объему, который там было до вдоха. КВД = (ДО – ОВП) / (ОО+РОЭ) = (20-10)/(20+80) = 10/100 = 0,1 (10%).
97. Плацента. Имеются.
98. Периодические дыхательные движения у плода появляются с 11 недели. Способствуют развитию легких и кровообращению плода за счет возникновения отрицательного давления в грудной полости (присасывающее действие) . Стимулируют дыхательные движения плода гипоксия, гиперкапния, ацидоз.
99. Частота периодических дыхательных движений плода 40 – 70 в минуту, легкие частично расправляются, жидкость в дыхательные пути и легкие попадает.
100. Относительно большая печень ребенка затрудняет движения диафрагмы вниз, а горизонтальное положение ребер – их поднятие.
101. 800 – 1500 – 2500 мл соответственно.
102. За счет роста частоты дыханий, т. к. увеличение глубины дыхания у детей грудного возраста практически невозможно из-за горизонтального положения ребер, ограничивающего их поднятие, и большой печени, препятствующей смещению диафрагмы вниз при вдохе.
103. Больше у детей из-за высокой частоты дыхания (большое неэластическое сопротивление) и меньшей растяжимости легкого (т. к. в ткани легких коллагеновых волокон значительно больше, а эластиновых волокон меньше, чем у взрослого).
104. Содержание углекислого газа постепенно повышается от 2, 8% до 5, 5% (норма взрослого). Содержание кислорода постепенно снижается от 17, 8% до 14, 0% (норма взрослого).

105. У плода – 9 – 14 об% (90 – 140 мл/л), у взрослого 19 – 20 об% (190 – 200 мл/л). Объясняется низким напряжением P_{O_2} в крови плода (20 – 50 мм рт. ст.)
106. Потому что диффузия газов через достаточно толстую плацентарную мембрану (она в 5 – 10 раз толще легочной) существенно затруднена и ограничены запасы кислорода в крови матери.
107. Потому, что окислительные процессы в тканях плода снижены, а гликолиз (анаэробный процесс) протекает интенсивно; затраты энергии у плода малы; кровоток через ткани плода на единицу массы тела в два раза больше, чем у взрослого человека.
108. Недостаток кислорода, потому что у плода, в отличие от взрослого, недостаток кислорода возбуждает дыхательный центр, а к избытку CO_2 он мало чувствителен.
109. Факторы, стимулирующие первый вдох новорожденного: накопление в крови углекислого газа и уменьшение содержания кислорода вследствие пережатия пуповины, что ведет к возбуждению дыхательного центра, а также поток афферентных импульсов в ЦНС от экстеро-, проприо- и вестибулорецепторов.
110. Относительно большая, чем у взрослых, поверхность легких, большая объемная скорость кровотока в легком, более широкая сеть капилляров в легких.
111. Низкая, что обусловлено незрелостью клеток дыхательного центра и хеморецепторов.
112. Дети, потому что у них больший удельный вес анаэробных процессов (гликолиз), более низкая возбудимость дыхательного центра, поэтому он менее чувствителен к афферентной импульсации от сосудистых рефлексогенных зон.
113. Произвольная регуляция дыхания появляется к 2-3 годам, это связано с появлением речи. В возрасте 4-6 лет. она достаточно хорошо развита.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ УРОВНЯ знаний (исходный контроль)

«Исследование внешнего дыхания. Исследование механизма вдоха и выдоха»:

- 1. В конце спокойного вдоха давление в плевральной щели составляет около...**
- A. –8-10 мм рт.ст.
 - B. -6-8 мм рт.ст.
 - C. –3-4 мм.рт.ст
 - D. 0 мм рт.ст.
 - E. +3-4 мм рт.ст.
- 2. Действие сурфактанта легких заключается в**
- A. обеспечении эластических свойств в легких
 - B. препятствии спадения альвеол
 - C. обеспечении нормального циркулирования трахеобронхиального секрета

- D. нормального кровообращения в легких
- E. препятствию разрастания соединительной ткани

3. Мышцы выдоха

- A. наружные межреберные и внутренние межхрящевые
- B. внутренние межреберные
- C. наружные межреберные, внутренние межхрящевые, грудные, лестничные и грудино-ключично-сосцевидные и диафрагма
- D. внутренние межреберные и мышцы живота
- E. грудино-ключично-сосцевидные, грудные и диафрагма

4. Мышцы вдоха:

- A. наружные межреберные и внутренние межхрящевые, внутренние межреберные
- B. диафрагма, наружные межреберные, внутренние межхрящевые, грудные,
- C. лестничные и грудино-ключично-сосцевидные
- D. внутренние межреберные и мышцы живота
- E. грудино-ключично-сосцевидные, грудные и диафрагма

5. Показатели пневмотахометрии характеризуют

- A. эффективность вентиляции
- B. альвеолярную вентиляцию
- C. общую емкость легких
- D. бронхиальную проходимость
- E. остаточный объем

6. Что такое эластическая тяга легких?

- A. Сила, направленная на увеличение объема легких
- B. Пассивное напряжение эластических волокон легочной ткани
- C. Тонус бронхиальных мышц
- D. Активное напряжение дыхательных мышц
- E. Сила, направленная на уменьшение объема легких

7. В конце спокойного выдоха давление в плевральной щели составляет около...

- A. +3-4 мм рт.ст.
- B. +1-2 мм.рт.ст.
- C. -3-4 мм рт.ст.
- D. -6-8 мм рт.ст.
- E. -8-10 мм рт.ст.

8. Какая сила определяет поступление воздуха в альвеолы при вдохе?

- A. Разность между атмосферным давлением и силой эластической тяги легких
- B. Эластическая тяга легких
- C. Разность между атмосферным и внутриплевральным давлением
- D. Внутрибрюшное давление
- E. Разность между парциальным давлением O₂ и CO₂ в альвеолярном воздухе

9. Сурфактант в альвеолах:

- A. Предотвращает альвеолярный коллапс

- В. Уменьшается при болезнях гиалиновых мембран
- С. Уменьшается у курильщиков
- Д. Комплекс белков и липидов
- Е. Все вышеперечисленное

10. Аэродинамическое сопротивление:

- А. Увеличивается при астме
- В. Увеличивается при параплегии
- С. Составляет 80% всех противодействующих вдоху сил
- Д. Не изменяется при дыхании
- Е. Уменьшается до 0 при входе

Ответы: 1-В. 2-В. 3-Д. 4-В. 5-Д. 6-Е. 7-С. 8-С. 9-Е. 10-А.

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ УРОВНЯ знаний
(исходный контроль)**

«Исследование газообмена в легких»:

- 1. Каково содержание растворенного кислорода в нормальной артериальной крови?**
 - А. 0.9-1,4 об%
 - В. 1.5-1,6 об%
 - С. 18-22 об%
 - Д. 0.25-0.3 об%
 - Е. 8-14 об%
- 2. В нормальных условиях насыщение венозной крови кислородом составляет примерно...**
 - А. 92-97%
 - В. 95-100%
 - С. 60- 70%
 - Д. 25-30%
 - Е. 15-25%
- 3. В норме содержание кислорода в одном литре артериальной крови составляет примерно...**
 - А. 180-220 мл
 - В. 300-320 мл
 - С. 90-120 мл
 - Д. 120-130 мл
 - Е. 70-80 мл
- 4. Коэффициент утилизации кислорода в организме человека при умеренной физической нагрузке возрастает до...**
 - А. 20-40%
 - В. 50-60%
 - С. 90-100%

- D. 75-85%
E. 40-60%
5. **Как называется состояние при котором напряжение двуокиси углерода в артериальной крови составляет 60 и более мм рт. ст.?**
A. нормакапния
B. гипокапния
C. гипоксемия
D. асфиксия
E. гиперкапния
6. **Как называется состояние, при котором напряжение кислорода в артериальной крови составляет 60 и менее мм рт. ст.?**
A. гиперкапния
B. асфиксия
C. гипоксемия
D. гипероксия
E. нормакапния
7. **В каком из приведенных ниже ответов напряжение кислорода и углекислого газа в артериальной крови соответствует нормальным величинам (в мм рт. ст.)?**
A. $pO_2 = 120$, $pCO_2 = 60$
B. $pO_2 = 90$, $pCO_2 = 25$
C. $pO_2 = 98$, $pCO_2 = 40$
D. $pO_2 = 55$, $pCO_2 = 30$
E. ни один ответов направильный
8. **Газообмен в альвеолах происходит...**
A. непрерывно при вдохе и выдохе
B. только на высоте вдоха
C. только во время выдоха
D. только в начале фазы выдоха
E. во время фазы выдоха
9. **Какой состав характерен для выдыхаемого воздуха?**
A. $O_2 18,3\%$, $CO_2 0,03\%$, $N_2 79,0\%$, пары $H_2O 2,67\%$
B. $O_2 10,0\%$, $CO_2 5,5\%$, $N_2 78,0\%$, пары $H_2O 6,5\%$
C. $O_2 13,5\%$, $CO_2 5,3\%$, $N_2 74,9\%$, пары $H_2O 6,3\%$
D. $O_2 16,1\%$, $CO_2 3,9\%$, $N_2 75,1\%$, пары $H_2O 6,0\%$
E. $O_2 20,85\%$, $CO_2 0,03\%$, $N_2 78,62\%$, пары $H_2O 0,5\%$
10. **Состояние, при котором гиперкапния и гипоксия возникают в организме одновременно, называется...**
A. гипероксией
B. асфиксией
C. гипокапнией
D. гипоксемия

Е. нет правильного ответа

Ответы: 1-D. 2-С. 3-А. 4-В. 5-Е. 6-С. 7-С. 8-А. 9-D. 10-В.

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ УРОВНЯ знаний
(исходный контроль)**

«Исследование транспорта газов в легких».

1. **Как изменится сродство гемоглобина к кислороду при повышении в эритроцитах концентрации 2,3- дифосфоглицерата?**
 - А. повысится
 - В. Снизится
 - С. Не изменится
 - Д. Могут быть разнонаправленные изменения
 - Е. Все ответы неправильные
2. **Как изменится сродство гемоглобина к кислороду при увеличении в крови концентрации водородных ионов и CO_2 ?**
 - А. Незначительно повысится
 - В. Снизится
 - С. Не изменится
 - Д. Могут быть разнонаправленные изменения
 - Е. Значительно повысится
3. **Как изменится сродство гемоглобина к кислороду, если у пациента температура тела повысилась до 39 градусов цельсия?**
 - А. Повысится
 - В. Не изменится
 - С. Снизится
 - Д. Существенно повысится
 - Е. Могут быть разнонаправленные изменения
4. **Дайте сравнительную оценку сродства гемоглобина и миоглобина к кислороду.**
 - А. Сродство у гемоглобина выше, чем у миоглобина
 - В. Обладают одинаковым сродством к кислороду
 - С. Сродство у миоглобина выше, чем у гемоглобина
 - Д. Миоглобин не способен связывать кислород в отличие от гемоглобина
 - Е. Все ответы неправильные
5. **Как отличается сродство гемоглобина к кислороду плода (HbF) и взрослого человека (HbA)?**
 - А. Сродство у HbA незначительно выше, чем у HbF
 - В. Оба вида Hb обладают одинаковым сродством
 - С. Сродство у HbA существенно выше, чем у HbF
 - Д. Сродство у HbF выше, чем у HbA

- Е. Сродство у HbA намного выше чем у HbF
6. **Максимальное количество кислорода, которое может связать определенный объем крови при полном насыщении гемоглобина кислородом, называется...**
- А. Кислородной емкостью крови
 - В. Цветовым показателем
 - С. Показателем насыщения
 - Д. Гематокритным показателем
 - Е. Дыхательным коэффициентом
7. **Может ли в обычных условиях физически растворенный в крови кислород обеспечить потребность организма в кислороде?**
- А. Да
 - В. Может, в условиях покоя
 - С. Нет
 - Д. Может, в условиях основного обмена
 - Е. Может при физической нагрузке
8. **Каково содержание растворенного кислорода в нормальной артериальной крови?**
- А. 0.9-1,4 об%
 - В. 1.5-1,6 об%
 - С. 18-22 об%
 - Д. 0.25-0.3 об%
 - Е. 0.5-0.9 об%
9. **Сколько миллилитров кислорода может связать один грамм гемоглобина (по разным источникам литературы)?**
- А. От 0.8 до 0.9
 - В. От 2.5 до 3,0
 - С. От 1.34 до 1.39
 - Д. От 1.8 до 2,5
 - Е. От 1 до 1.33
10. **Как изменится кислородная емкость крови при снижении концентрации гемоглобина?**
- А. Увеличится
 - В. Не изменится
 - С. Уменьшится
 - Д. Могут быть разнонаправленные изменения
 - Е. Значительно увеличиться

Ответы: 1-В. 2-В. 3-С. 4-С. 5-Д. 6-А. 7-С. 8-Д. 9-С. 10-С.

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ УРОВНЯ знаний
(исходный контроль)**

«Исследование нервной регуляции дыхания:

- 1. *Какая роль блуждающих нервов в дыхании?***
 - A. Несут афферентные импульсы от легких и иннервируют диафрагму
 - B. Возбуждают гладкую мускулатуру бронхов и диафрагму
 - C. Несут афферентные импульсы от рецепторов растягивания легких
 - D. Иннервируют легкие и гладкую мускулатуру бронхов
 - E. Несут афферентные импульсы от легких и иннервируют гладкую мускулатуру бронхов и диафрагму
- 2. *Автоматией обладают структуры дыхательного центра, расположенные в***
 - A. коре головного мозга
 - B. спинном мозге
 - C. мосту
 - D. средний мозг
 - E. продолговатом мозге
- 3. *Переключение с вдоха на выдох обеспечивается...***
 - A. двигательными центрами спинного мозга
 - B. пневмотаксическим центром моста
 - C. центрами продолговатого мозга
 - D. звездчатым ганглием
 - E. корой больших полушарий
- 4. *От каких рецепторов начинаются рефлекс Геринга-Брейера?***
 - A. рецепторов растяжения
 - B. рецепторов к углекислому газу
 - C. барорецепторов
 - D. J-рецепторов
 - E. Терморецепторы
- 5. *Стимуляция рефлекса Геринга-Брейера приводит к***
 - A. увеличению объема вдоха и выдоха
 - B. переключению выдоха на выдох
 - C. увеличению альвеолярной вентиляции
 - D. переключению выдоха на вдох и вдоха на выдох
 - E. переключению выдоха на вдох
- 6. *Центр вдоха продолговатого мозга получает импульсы на прекращение вдоха от***
 - A. пневмотаксического центра, центра выдоха, механорецепторов легких и дыхательных мышц
 - B. центра выдоха продолговатого мозга и пневмотаксического центра
 - C. механорецепторов легких, межреберных мышц и диафрагмы
 - D. хеморецепторов дуги аорты и каротидного синуса

- Е. дыхательного центра продолговатого мозга и варолиева моста
7. ***В эксперименте при повреждении пневмотаксического центра и двусторонней ваготомии наблюдается:***
- А. глубокое и редкое дыхание
 - В. частое и поверхностное дыхание
 - С. задержка дыхания на вдохе (апнейзис)
 - Д. задержка дыхания на выдохе
 - Е. дыхание не изменится
8. ***В эксперименте при двусторонней ваготомии наблюдается:***
- А. дыхание не изменится
 - В. частое и поверхностное дыхание
 - С. задержка дыхания на вдохе (апнейзис)
 - Д. задержка дыхания на выдохе
 - Е. глубокое и редкое дыхание
9. ***При тотальном повреждении спинного мозга на уровне C_1 наблюдается:***
- А. частое и глубокое дыхание
 - В. остановка дыхания
 - С. дыхание за счет сокращения диафрагмы
 - Д. дыхание за счет сокращения внутренних грудных мышц
 - Е. дыхание не изменится
10. ***При тотальном повреждении спинного мозга на уровне Th_1 наблюдается:***
- А. частое и глубокое дыхание
 - В. остановка дыхания
 - С. дыхание за счет сокращения диафрагмы
 - Д. дыхание за счет сокращения внутренних грудных мышц
 - Е. дыхание не изменится

Ответы: 1-Е. 2-Е. 3-В. 4-А. 5-Д. 6-А. 7-С. 8-Е. 9-В. 10-С.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ УРОВНЯ знаний (исходный контроль)

«Исследования гуморальной регуляции дыхания»:

1. ***Какая из перечисленных структур имеет полный набор рецепторов к кислороду, углекислому газу и рН?***
- А. бронхи
 - В. легкое
 - С. продолговатый мозг
 - Д. каротидное тельце
 - Е. мост
2. ***Чем преимущественно можно объяснить относительное постоянство газового состава артериальной крови при сравнительно широкой изменчивости поглощения O_2 в организме и выделении из него CO_2 ?***

- A. постоянством объемной скорости кровотока
 - B. постоянством состава альвеолярного воздуха
 - C. постоянством артериального давления
 - D. постоянством рН плазмы крови
 - E. постоянством состава вдыхаемого воздуха
3. *Деятельность дыхательного центра, определяющего частоту и глубину дыхания, зависит прежде всего от...*
- A. $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$ и рН артериальной крови
 - B. $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$ и рН венозной крови
 - C. количества форменных элементов крови
 - D. гематокритного показателя
 - E. коры больших полушарий
4. *Ведущее значение в регуляции величины вентиляции легких имеет...*
- A. $p\text{CO}_2$ венозной крови
 - B. $p\text{CO}_2$ выдыхаемого воздуха
 - C. $p\text{CO}_2$ артериальной крови
 - D. $p\text{O}_2$ артериальной крови
 - E. $p\text{O}_2$ венозной крови
5. *В опыте Фридерика с перекрестным кровоснабжением у одной собаки пережимают трахею, в результате чего у другой возникает...*
- A. гипопноэ
 - B. периодическое дыхание
 - C. эйпноэ
 - D. гиперпноэ
 - E. Апноэ
6. *Периферические хеморецепторы, участвующие в регуляции дыхания, реагируют преимущественно на изменение...*
- A. $p\text{O}_2$ альвеолярного воздуха
 - B. $p\text{O}_2$ венозной крови
 - C. $p\text{CO}_2$ венозной крови
 - D. $p\text{O}_2$ артериальной крови
 - E. $p\text{CO}_2$ артериальной крови
7. *Какие рецепторы легких реагируют на действие табачного дыма, пыли, слизи, паров едких веществ?*
- A. растяжения
 - B. J-рецепторы
 - C. ирритантные
 - D. барорецепторы
 - E. все указанные рецепторы
8. *Больному с редким и поверхностным дыханием дают дышать смесью O_2 (96-97%) и CO_2 (3-4%). Обязательно ли наличие CO_2 в данном случае и целесообразно ли дальнейшее увеличение его в смеси?*

- А. обязательно, но дальнейшее увеличение нецелесообразно
 - В. наличие CO₂ в смеси не обязательно
 - С. обязательно и дальнейшее увеличение целесообразно
 - Д. наличие CO₂ в смеси обязательно
 - Е. Не обязательно и дальнейшее увеличение его в смеси нецелесообразно
9. *После выполнения работы на глубине моря 80 метров, подъем водолаза был ускорен. Какие явления могут развиться при этом?*
- А. снижение напряжения O₂ в артериальной крови
 - В. повышение содержания в крови O₂
 - С. повышение содержания в крови азота
 - Д. выход из крови газов – десатурация
 - Е. снижение парциального давления газов альвеолярного воздуха
10. *Группа туристов по канатной дороге поднялась на гору высотой 3000 метров. Как изменится у них дыхание?*
- А. увеличится глубина дыхания
 - В. увеличится частота дыхания
 - С. увеличится частота и глубина дыхания
 - Д. дыхание не изменится
 - Е. уменьшится глубина и частота дыхания

Ответы: 1-D. 2-B. 3-A. 4-C. 5-D. 6-D. 7-C. 8-A. 9-D. 10-C.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Физиология человека: учебник для студ. мед. вузов /под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. – М.: Медицина, 2011. – 664 с. Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785225100087.html>.
2. Нормальная физиология: учебник, рек. ГОУ ВПО "Первый Московский гос. мед. ун-т им. И. М. Сеченова" для студ. учреждений высш. проф. образования, обучающихся по спец. "Лечебное дело" / под ред. Б. И. Ткаченко. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Гэотар Медиа, 2014. – 687, [1] с.: рис. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
3. Физиология человека [Текст]: учебник / под ред. В. М. Покровского, Т. Ф. Коротько. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 2011. – 664 с.
4. Камкин, А. Г. Атлас по физиологии [Электронный ресурс]: в 2-х т.: учебное пособие / А. Г. Камкин, И. С. Киселева. – М.: ГЭОТАР-МЕДИА, 2010. – Т. 1. – 404 с. Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970412909.html>
5. Камкин, А. Г. Атлас по физиологии [Электронный ресурс]: в 2-х т.: учебное пособие / А. Г. Камкин, И. С. Киселева. - Электрон. текстовые дан. - М.: ГЭОТАР-МЕДИА, 2012. – Т. 2. – 448 с. Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970415948.html>.

6. Судаков, К. В. Нормальная физиология: учебник для студ. мед. вузов / К. В. Судаков. – М.: МИА, 2006. – 919 с.
7. Нормальная физиология [Электронный ресурс] : учебник / К. В. Судаков [и др.]; под ред. К. В. Судакова. – Электрон. текстовые дан. – М.: Гэотар Медиа, 2011. – 880 с. Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970419656.html>
8. Алипов Н.Н. Основы медицинской физиологии. Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – М., Практика, 2013. – 496 с., 200 ил.
9. Нормальная физиология: учебник / под ред. К.В. Судакова. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2012. – 880 с.: ил.
10. Физиология в рисунках и таблицах: вопросы и ответы / Под ред. В.М. Смирнова. – 4-е изд. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2009. – 456 с.
11. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 505-550.
12. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница:Новая книга, 2009.- С. 187-227.

Дополнительная:

1. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснакова С.А. Физиология человека. – М.: Медицинская книга, Н. Новгород: Издательство НГМА, 2001. – 526 с.: илл.
2. Нормальная физиология. Ситуационные задачи и тесты / Под ред. К.В. Судакова. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2006. – 248 с.
3. Нормальная физиология. Учебное пособие. Москва, 2002. – 302 с.
4. Физиология человека: Учебник / Под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2007. – 656 с.: ил.: [2] л. ил. – (Учеб. лит. для студ. мед. вузов).
5. Физиология человека: в 3-х томах. Пер. с англ./Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – 3-изд. – М.: Мир, 2007. – 314 с., ил.
6. Физиология и основы анатомии: Учебник/Под ред. А.В. Котова, Т.Н. Лосевой. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2011. – 1056 с.
7. Фундаментальная и клиническая физиология: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. А.Г. Камкина и А.А. Каменского – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 1072 с.
8. Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии: учебное пособие / Н.Н. Алипов, Д.А. Ахтямова, В.Г. Афанасьев и др.; под ред. С.М. Будылиной, В.М. Смирнова. – М.: Академия, 2005. – 331 с.
9. Физиология плода и детей: учебник / под ред. В.Д. Глебовского. – М.: Медицина, 1988. – 224 с. 60

Список использованной литературы:

1. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека.- М.:Медицинская книга, Н. Новгород: Издательство НГМУ, 2005.- С.271-231.
2. Мищенко В.П., Соколенко В.Н., Жукова М.Ю./ Физиология висцеральных систем. Система дыхания. Учебное пособие для студентов иностранного

- факультета.- Полтава.- 2006.- 50 с.
3. Фізіологія: практикум для студентів стоматологічних факультетів медичних ВНЗ України/І.В.Міщенко, В.М.Соколенко, Т.М.Запорожець...; за ред. проф. І.В.Міщенка.-Полтава:ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», 2014.- 240 с.
 4. Физиология человека: учебник/ В.И. Филимонов – К.: Медицина, 2008.- С. 505-550.
 5. Филимонов В.И. Руководство по общей и клинической физиологии.-М.: Медицинское информационное агентство,2002.- С.597-672.
 6. Физиология человека: Учебник / Под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2007. – 656 с.
 7. Физиология человека: в 3-х томах. Пер. с англ./Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – 3-изд. – М.: Мир, 2007. – Т.2.- 314 с.
 8. Дыхание. Дыхательная система [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meduniver.com/Medical/Physiology/416.html>.
 9. Физиология и функции дыхательной системы человека [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://biofile.ru/chel/14421.html>.
 10. Физиология дыхания [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://studfiles.net/preview/4335234/>.
 11. Сурфактант. Поверхностное натяжение и спадение альвеол [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://meduniver.com/Medical/Physiology/847.html>.
 12. Типы вентиляции и виды нарушений вентиляции альвеол [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://медпортал.com/terapiya-anesteziologiya-intensivnaya/tipyi-ventilyatsii-vidyi-narusheniy-60342.html>.
 13. Первый вдох ребенка, причины его возникновения. Характеристика первого вдоха. Особенности дыхания у новорожденных и детей раннего возраста [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://studopedia.ru/11_113058_perviy-vdoh-rebenka-prichini-ego-vozniknoveniya-harakteristika-pervogo-vdoha-osobennosti-dihaniya-u-novorozhdennih-i-detey-rannego-vozrasta.html
 14. Кривая диссоциации оксигемоглобина [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://teb-consulting.ru/post-2486>.
 15. Регуляция дыхания [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kineziolog.su/content/regulyaciya-dyhaniya>.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Внешнее дыхание.....	5
Легочная вентиляция.....	23
Виды нарушений вентиляции.....	31
Газообмен в легких и транспорт газов.....	32
Регуляция дыхания.....	44
Практическое занятие № 1. Определение показателей внешнего дыхания	67
Практическое занятие № 2. Легочная вентиляция. Газообмен. Транспорт газов кровью.....	72
Практическое занятие № 3. Регуляции дыхания	74
Практическое занятие № 4. Решение ситуационных задач и практические навыки по физиологии системы дыхания.....	76
Тесты для подготовки к «Крок-1».....	79
Ситуационные задачи для проверки конечного уровня знаний по теме «Физиология дыхания».....	101
Ответы на ситуационные задачи для подготовки к теме «Физиология дыхания».....	107
Ситуационные задачи для подготовки к модулю 2 «Физиология висцеральных систем».....	114
Ответы к ситуационным задачам для подготовки к модулю 2 «Физиология висцеральных систем».....	125
Тестовые задания для самоконтроля уровня знаний (исходный контроль).....	134
Рекомендуемая литература.....	143

