

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**А.Г. Зарифьян, Т.Н. Наумова,
А.К. Нартаева, И.Е. Кононец**

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Учебное пособие

Допущено Министерством образования и науки
Кыргызской Республики в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений

*Посвящается
20-летию КРСУ*

Бишкек 2013

УДК 616. 2
ББК 28. 91
Ф 50

Рецензенты:

Р.Р. Тухватшин – д-р мед. наук, профессор,

Р.Д. Алымкулов – д-р мед. наук, профессор,

Дж.З. Закиров – д-р мед. наук, профессор

Рекомендовано к изданию Ученым советом ГОУВПО КРСУ

Ф 50 ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ: учебное пособие / А.Г. Зарифьян,
Т.Н. Наумова, А.К. Нартаева, И.Е. Кононец. Бишкек: Изд-во
КРСУ, 2013. 146 с.

ISBN 978-9967-05-975-7

В учебном пособии представлена современная информация об особенностях функционирования дыхательной системы человека для зрелого, развивающегося и стареющего организма. Содержание пособия полностью соответствует учебной программе по нормальной физиологии для медицинских вузов с учетом профилизации специальностей «Лечебное дело», «Педиатрия», «Стоматология». Приведены иллюстрации, схемы, таблицы, многопрофильные вопросы для самоконтроля и тестовые задания, ситуационные задачи, что способствует усвоению сложного материала.

Ф 1910000000-13

ISBN 978-9967-05-975-7

УДК 616. 2

ББК 28. 91

© ГОУВПО КРСУ, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Тема 1. Внешнее дыхание. Газообмен в легких	6
Основополагающий материал.....	8
Тестовые задания к теме.....	40
Вопросы для самоконтроля.....	44
Тема 2. Транспорт газов кровью. Регуляция дыхания.	
Дыхание в измененных условиях окружающей среды	47
Основополагающий материал.....	49
Особенности системы дыхания стареющего организма.....	71
Особенности системы дыхания в детском возрасте.....	73
Практическая часть.....	87
Тестовые задания.....	95
Ситуационные задачи.....	111
Вопросы для самоконтроля.....	121
Ответы к тестовым заданиям	128
Ответы к ситуационным задачам	132
Рекомендуемая литература	145

ВВЕДЕНИЕ

Каждая клетка живого организма получает жизненную энергию в результате окисления питательных веществ и потому нуждается в постоянном притоке кислорода. Наряду с этим нормальная жизнедеятельность клеток возможна лишь при условии удаления конечных продуктов метаболизма. Важнейшим из таких продуктов является углекислый газ. Дыхание обеспечивает обмен кислорода и углекислого газа между клеткой и окружающей средой. У позвоночных животных и человека система дыхания это комплекс сложных процессов, включающих внешнее дыхание, транспорт газов кровью и тканевое внутреннее дыхание.

Внешнее дыхание создает активную вентиляцию легких, поддерживает постоянную концентрацию кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе, обеспечивает газообмен между альвеолярным воздухом и кровью и постоянное напряжение газов в артериальной крови. Кровь является основной газотранспортной средой организма, которая при активном участии сердечнососудистой системы переносит кислород от легких к тканям, а углекислый газ – в обратном направлении. Газообмен между кровью и тканями завершается высвобождением энергии на этапе тканевого дыхания при окислении органических соединений. Энергия используется для деятельности клеток, органов тканей и организма в целом, а также для образования тепла и поддержания постоянной температуры тела у теплокровных животных и человека.

При отсутствии кислорода организм погибает вследствие нехватки энергии, а при избытке углекислого газа – от отравления. В ходе выведения углекислого газа из организма удаляется большое количество ионов водорода. Таким образом, система дыхания принимает непосредственное участие в регуляции pH внутренней среды организма. Дыхательный ацидоз со сдвигом pH в кислую сторону может развиваться при длительном вдыхании воздуха с повышенным содержанием CO_2 – например, в замкнутом помещении небольшого объема. Дыхательный алкалоз со сдвигом pH в сторону защелачивания может развиваться в результате продолжительной гипервентиляции легких, когда из организма вымывается большое количество угольной кислоты. Таким образом, кратковременный

ацидоз и алкалоз у здорового человека может иметь дыхательную природу.

Сложные механизмы регуляции дыхательной системы направлены на изменение частоты и глубины дыхания в соответствии с секундными потребностями организма (такими, как покой, физическая нагрузка, кашель, чихание, глотание, речь и пение у человека). В свою очередь, согласование дыхания с другими системами, обеспечивающими обмен веществ в организме, является результатом сложного взаимодействия регуляторных механизмов, включающих периферические и центральные образования, деятельность которых направлена на поддержание газового гомеостаза в крови.

В норме режим дыхания устанавливается непроизвольно при различных состояниях организма как неощутимая функция. Вместе с тем человек – единственное существо в мире, которое может самостоятельно управлять своим дыханием и таким образом оказывать положительное влияние на собственное здоровье.

ТЕМА 1

ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ. ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ

Цель занятия:

1. Усвоить структуру и функции системы внешнего дыхания.
2. Изучить механизмы вдоха и выдоха.
3. Овладеть основными методами исследования функций внешнего дыхания.

Повторить:

1. Особенности строения, иннервации, кровоснабжения воздухоносных путей, легких, дыхательных мышц.
2. Расчет парциального давления газов. Формула Фика.

Вопросы для самоподготовки

1. Дыхание, эволюция, основные системы, участвующие в дыхании, этапы дыхания (принципы газовых каскадов).
2. Структура и функции дыхательного аппарата: грудная клетка; дыхательная мускулатура; плевральная полость, ее строение, функции; эластическая тяга, механизм ее образования, величина.
3. Структура, функции, особенности кровоснабжения легких.
4. Акт вдоха (определение, механизм).
5. Акт выдоха (определение, механизм).
6. Механизм глубокого выдоха, его активный характер.
4. Легочные объемы, виды, их функциональное значение, количественная характеристика.
5. Легочные емкости, их классификация, физиологическая роль, составные части.
6. Спирометрия, спирография.
7. Минутный объем дыхания, величина, значение.
8. Атмосферный воздух, его состав; парциальное давление газов, расчет, физиологическая роль; постоянство состава и его значение для газообмена между кровью и легкими.
9. Выдыхаемый воздух как смесь атмосферного (воздух мертвого пространства) и альвеолярного.
10. Диффузный механизм газообмена между легкими и кровью; факторы, определяющие его (уравнение Фика).
11. Особенности диффузии кислорода и углекислого газа.

Профильные вопросы

1. Для специальности «Лечебное дело»: особенности системы дыхания стареющего организма.
2. Для специальности «Педиатрия»:
 - особенности строения аппарата внешнего дыхания у детей;
 - особенности вентиляции легких в детском возрасте (механизм первого вдоха новорожденного, легочные объемы, емкости, МОД, газообмен в легких).
3. Для специальности «Стоматология»: дыхательные функции челюстно-лицевой области.

Домашнее задание:

1. Выписать основные этапы дыхания.
2. Выписать все объемы и емкости легких с указанием их величин.
3. Выписать состав газов (атмосферного, альвеолярного, выдыхаемого).

Практическая часть

1. Запись дыхательных движений человека: в покое, при глотании, во время разговора.
2. Измерение объема грудной клетки у человека при дыхании. Функциональные пробы: опыт Мюллера, опыт Вальсальвы.
3. Определение величины эластической тяги легких.
4. Измерение отрицательного давления в плевральной полости у кролика.
5. Модель грудной полости (схема Дондерса).
6. Определение величины жизненной емкости легких и ее компонентов методами спирометрии, спирографии.
7. Влияние положения тела на функциональную остаточную емкость.
8. Сравнительное определение углекислого газа в воздухе: вдыхаемом, выдыхаемом и альвеолярном.
9. Определение минутного объема дыхания (МОД).
10. Расчет коэффициента вентиляции.
11. Нормальные параметры респираторной функции, формулы и номограммы.

12. Определение объема форсированного выдоха (Тест Тиффно).
13. Пикофлоуметрия.

ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЙ МАТЕРИАЛ

Физиология дыхания. Внешнее дыхание

Дыхание – это совокупность физиологических процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода (O_2), использование его в биологических реакциях окисления органических соединений и удаление из организма углекислого газа (CO_2). Организм человека в состоянии покоя за одну минуту в среднем поглощает 250 мл кислорода и выделяет 230 мл углекислого газа. В результате биологического окисления в клетках высвобождается энергия, необходимая для процессов жизнедеятельности. В процессе дыхания вместе с углекислым газом организм выводит большую часть ионов водорода [H^+], поддерживая, таким образом, постоянство кислотно-основного равновесия внутренней среды.

Эволюция дыхания

1. Диффузное дыхание – газообмен происходит через мембрану клетки путем диффузии. Сохранилось у одноклеточных аэробов (например, у амёбы).
2. Кожное дыхание – газообмен происходит через поверхность тела. Встречается у червей, насекомых. У человека кожное дыхание составляет около 1 %.
3. Жаберное дыхание – позволяет извлекать O_2 из водной среды; встречается у рыб, амфибий.
4. Легочное дыхание, т.е. газообмен с атмосферным воздухом, происходит в специальных органах – легких; имеет место у птиц, млекопитающих и человека.

Системы, участвующие в дыхании:

1. Аппарат внешнего дыхания (легкие с воздухоносными путями и плевральной полостью, грудная клетка с мышцами, приводящими её в движение).
2. Сердечнососудистая система.
3. Система крови.
4. Метаболизм (органеллы клетки, обеспечивающие тканевое дыхание).
5. Нервно-гуморальная регуляция.

Основные этапы дыхания

1. Вентиляция легких – газообмен между атмосферным и альвеолярным воздухом.
2. Диффузия газов в легких – газообмен между альвеолярным воздухом и кровью.
3. Транспорт газов кровью.
4. Диффузия газов в тканях – газообмен между кровью и тканями.
5. Внутреннее тканевое дыхание – окислительные метаболические реакции в тканях (изучается биохимией).

Внешнее дыхание, то есть газообмен между кровью и окружающей средой, включает первые два этапа. Остальные три этапа образуют внутреннее звено системы дыхания.

Структура аппарата внешнего дыхания. К аппарату внешнего дыхания относятся: грудная клетка, плевральная полость, воздухоносные пути, легкие с их иннервацией и кровоснабжением.

Грудная клетка включает костно-суставной аппарат (грудину, грудную часть позвоночного столба, 12 пар ребер, эластичные хрящи, с помощью которых ребра прикрепляются к грудины или к вышележащему ребру) и дыхательные мышцы (главные мышцы: наружные косые межреберные, межхрящевые мышцы, диафрагма; а также вспомогательные: мышцы плечевого пояса; шеи; спины; мышцы, разгибающие позвоночник; внутренние косые межреберные мышцы; мышцы брюшного пресса; мышцы, сгибающие позвоночник).

Грудная клетка является рабочей частью системы, обеспечивающей акт дыхания, а также выполняет защитную функцию по отношению к внутренним органам грудной полости (защищает их от механических, атмосферных воздействий, высыхания), обеспечивает возврат крови к сердцу по венам.

Плевральная полость – это капиллярная щель микронных размеров между висцеральным и париетальным листками плевры. Висцеральный листок сращен с паренхимой легкого. Париетальный – выстилает изнутри стенку грудной клетки. У корня легких висцеральный листок переходит в париетальный. Внизу имеются пазухи – синусы.

Функции плевральной полости:

1. Смягчает трение при движениях легких за счет свободного скольжения её листков, покрытых серозной жидкостью.
2. Участвует в биомеханике дыхания – связывает легкие с груд-

ной клеткой за счет «вакуумной» связки висцерального листка с париетальным (атмосферный воздух действует на плевральную полость только со стороны легких) и незначительно – за счет силы сцепления листков плевры.

3. Способствует возврату крови по венам к сердцу (за счет отрицательного давления).
4. Выполняет опорную, защитную, ограничительную функции, как и все оболочки.

Свойства плевральной полости:

1. Герметичность – плевральная полость не сообщается с другими полостями и внешней средой, т. е. анатомически замкнута.
2. Содержит небольшое количество серозной жидкости в виде смазки за счет секреции серозных клеток плевральных листков. Фильтрующаяся в плевральную щель жидкость всасывается обратно висцеральным и париетальным листками плевры в лимфатическую систему.
3. В ней отсутствует воздух – благодаря всасывательной способности плевры.
4. Имеет отрицательное давление (давление ниже атмосферного). Например, если 760 мм рт. ст. (атмосферное давление) принять за 0, то давление, ниже атмосферного –754 мм рт. ст. составит –6 мм рт. ст., а выше (допустим 880 мм рт. ст.)+120 мм рт. ст. (как, например, систолическое артериальное давление).

Механизм образования отрицательного давления в плевральной полости

Атмосферное давление полностью не передается из легких на плевральную полость, потому что ему противодействует другая сила – эластическая тяга легких (ЭТЛ) (рисунок 1.1).

ЭТЛ – это сила, сжимающая растянутое легкое. ЭТЛ обусловлена двумя факторами:

эластичностью легких;

- растяжением легких.

Легкие эластичны за счет:

- эластиновых волокон альвеол легких;
- упругости гладкомышечных элементов бронхиол и сосудов;
- альвеолярной жидкости с высоким поверхностным натяжением (70 % эластичности).

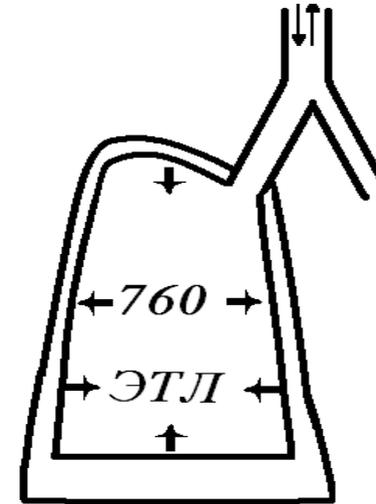


Рисунок 1.1 – Механизм образования отрицательного давления в плевральной полости эластической тяги легких

Легкие взрослого человека постоянно растянуты вследствие:

- опережающего роста грудной клетки (в процессе развития организма легкие отстают в росте от грудной клетки, а благодаря «вакуумной» связке висцерального листка с париетальным, они всегда следуют за грудной клеткой и поэтому растягиваются).
- степень растяжения легких увеличивается во время вдоха, особенно глубокого, так как при этом дополнительно увеличивается объем грудной клетки.

Давление в плевральной полости рассчитывается по формуле: $P_{пл.} = P_{лег.} - P_{ЭТЛ}$, где $P_{пл.}$ – внутриплевральное давление, $P_{лег.}$ – легочное давление, которое приблизительно равняется атмосферному, так как легкие сообщаются с атмосферным воздухом через воздухоносные пути; $P_{ЭТЛ}$ – сила эластической тяги легких. $P_{пл.}$ при обычном вдохе = –6 – –9 мм рт. ст.; при глубоком вдохе способно упасть до –15 – –20 мм рт. ст.; при обычном выдохе $P_{пл.}$ = –3 – –4 мм рт. ст.; при глубоком выдохе может повышаться до –1 мм рт. ст. или даже приближаться к 0 (атмосферному давлению). Таким образом, самая высокая ЭТЛ и самое низкое давление в плевральной полости наблюдаются во время глубокого вдоха.

Отрицательное давление в плевральной полости способствует поддержанию бронхов и бронхиол в растянутом состоянии, что уменьшает их сопротивление воздушным потокам. Оно также обеспечивает куполообразное расположение диафрагмы, что создает возможность для её уплощения при сокращении во время вдоха.

При ранениях грудной клетки или повреждениях легких возможно попадание воздуха в плевральную полость. Это явление носит название пневмоторакс. Двухсторонний открытый пневмоторакс приводит к спадению легких (ателектазу) и к смерти из-за остановки дыхания. Спасти пострадавшего может лишь его экстренное подключение к аппарату искусственного дыхания.

Воздухоносные пути, их строение, функции

Воздухоносные (дыхательные) пути – это дыхательные трубки, по которым воздух движется от ротового и носового отверстий до легочных альвеол, их подразделяют на верхние и нижние (рисунок 1.2).

К верхним дыхательным путям относятся: полость носа или рта при ротовом дыхании, носоглотка, придаточные пазухи носа (фронтальная, гайморова, решетчатая), к нижним – гортань, трахея и все бронхи. Узким местом в гортани является голосовая щель, которая при вдохе расширяется, а при выдохе – сужается.

На уровне 5-го грудного позвонка трахея разветвляется на правый и левый главные бронхи, которые в дальнейшем последовательно делятся по типу дихотомии (до 23 порядка). Первые 16 генераций (дихотомических делений) образуют кондуктивную зону, которая проводит воздух в газообменную область легких, 17–19 генерации – переходная зона для частичного газообмена с кровью в отдельных альвеолах, 20–23 генерации – респираторная (дыхательная) зона, где происходит основной газообмен между воздухом и кровью в многочисленных альвеолах.

Трахея и крупные бронхи всегда открыты, так как их стенка имеет хрящевую ткань с пучками гладких мышц, стенки мелких бронхов образованы гладкомышечными волокнами и поэтому всегда находятся в состоянии тонуса.

Функции воздухоносных путей

1. Кондуктивная функция – проведение воздуха в легкие и из легких.
2. Очищение воздуха от пылевых частиц, микроорганизмов.

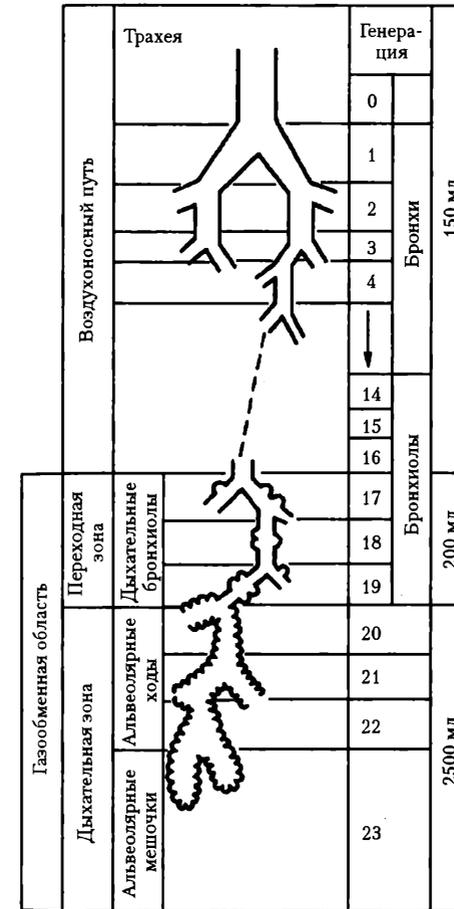


Рисунок 1.2 – Дыхательные пути

Движение слизи за счет деятельности мерцательного эпителия полости носа, трахеи и бронхов делает очищение воздуха более эффективным, особенно при носовом дыхании. Этому способствуют наличие волосяного фильтра в преддверии носа, вихревые движения воздуха в носовых ходах, а также защитные рефлексы: чихание и кашель. В слизи дыхательных путей содержится бактерицидное вещество – лизоцим и бактериостатическое вещество – муцин.

3. Согревание воздуха за счет хорошего кровоснабжения стенок дыхательных путей. При дыхании носом температура воздуха уже

в носоглотке доходит до 35–36 °С. На уровне 10-й генерации воздух нагревается до 37 °С. Если температура воздуха выше 37 °С, то он охлаждается до этой температуры.

4. Увлажнение воздуха за счет влаги секрета слизистой оболочки носа, слезных желез и бронхиальных желез. Оптимальная влажность воздуха (достигающая 100 %) обеспечивает хорошую работу мерцательного эпителия бронхов.

5. Участие в процессах терморегуляции организма за счет теплопродукции, теплоиспарения и конвекции.

6. Гортань с голосовыми связками участвует в генерации звуков. Голосовая передняя часть щели, в отличие от дыхательной задней, ограничена голосовыми связками, которые состоят из исчерченных мышц. Выдыхаемый воздух вызывает колебания голосовых связок, из-за чего и возникают звуки различной силы и тональности (смотри также раздел «Участие ЧЛЮ в дыхательной функции»).

7. Участие в обонятельной функции (см. физиологию анализаторов).

8. Воздухоносные пути в состоянии изменять количество воздуха, поступающего в легкие, за счет изменения тонуса гладкомышечных волокон своих стенок и секреции бронхиальных желез. При повышении тонуса гладких мышц просвет бронхов уменьшается, при понижении – увеличивается. Проподимость воздухоносных путей регулируется вегетативной нервной системой. При возбуждении симпатических нервных волокон бронхи расширяются, уменьшается секреция их слизистой, аэродинамическое сопротивление снижается. Симпатическая нервная система опосредует свое влияние в легких через β_2 -адренорецепторы. Возбуждение парасимпатических веточек блуждающего нерва, наоборот, уменьшает просвет бронхов и повышает секрецию слизистых клеток, оказывая влияние на М-холинорецепторы легких.

Легкие – парный орган конусовидной формы, в правом легком различают три доли, а в левом – две. Верхушки легких выступают над ключицами, а основания прилежат к диафрагме. На вогнутой поверхности через ворота в легкие заходят главные бронхи артерии и нервы, а выходят легочные вены и лимфатические сосуды.

Функции легких:

1. Участие в газообмене (основная функция).

2. Участие в регуляции рН за счет выделения избытка углекислого газа.
3. Выделительная функция – выделение CO_2 , воды (0,5 л в сутки), летучих веществ (алкоголя, эфира, хлороформа, эфирных масел, аммиака, закиси азота, ацетона, этилмеркаптана, газов автотранспорта и промышленных предприятий).
4. Участие в водно-солевом обмене.
5. Участие в процессах терморегуляции – в легких вырабатывается большое количество тепла; кроме того, они участвуют в процессах теплоотдачи.
6. Депо крови.
7. Синтез биоактивных веществ (гистамина, простагландинов, кининов, тромбопластина, факторов свертывания крови, серотонина, ангиотензиназы).
8. Инактивация БАВ (брадикинина – 80 %, простагландинов Е, F – 90–95 %).
9. Защитная функция – легкие образуют защитный барьер от окружающей среды, вырабатывают лизоцим, интерферон, иммуноглобулины, имеют макро- и микрофаги.
10. Резервуар воздуха для голосообразования.

Особо следует отметить, что легкие являются единственным органом, куда поступает весь минутный объем крови. Это обеспечивает не только газотранспортную функцию, но и роль своеобразного фильтра, который регулирует состав биологически активных веществ в крови, и их метаболизм. Структурно-функциональной единицей легких является ацинус, который вентилируется терминальной бронхиолой. Ацинус включает респираторные бронхиолы, альвеолярные ходы и альвеолярные мешочки с альвеолами (рисунок 1.3).

Каждая альвеола покрыта водной пленкой альвеолярной жидкости с очень высоким поверхностным натяжением. Однако альвеолы при сжатии не склеиваются даже во время самого глубокого выдоха, потому что на поверхности альвеолярной жидкости имеется вещество «сурфактант». Выстилка сурфактанта, состоящая из фосфолипидов, липидов, холестерина и белков, обладает очень низким поверхностным натяжением. Сурфактант образуется специальными клетками альвеол – пневмоцитами II типа. Поскольку активность сурфактанта быстро снижается, то его выработка – постоянный про-

цесс, который увеличивается при возбуждении парасимпатической нервной системы. Благодаря сурфактанту уменьшение размера альвеол сопровождается снижением поверхностного натяжения, что стабилизирует состояние легких.

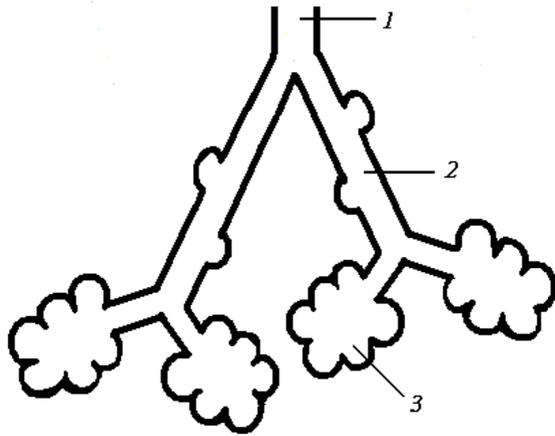


Рисунок 1.3 – Строение ацинуса: 1 – терминальная бронхиола, 2 – респираторная бронхиола, 3 – альвеолярные ходы с альвеолярными мешочками

Значение сурфактанта:

1. Уменьшает поверхностное натяжение альвеолярной жидкости, предотвращает слипание альвеол при выдохе, уменьшает ЭПД при выдохе, улучшает растяжимость легких, облегчает вдох.
2. Облегчает диффузию кислорода из альвеол в кровь вследствие хорошей растворимости в нем кислорода.
3. Выполняет защитную функцию: защищает альвеолы от действия окислителей и перекисей, обладает бактериостатической активностью, обеспечивает обратный транспорт пыли и микробов по воздухоносным путям.
4. Уменьшает проницаемость легочной мембраны (барьера между альвеолами и кровью, образованного стенкой альвеол и капиллярами малого круга), предупреждает развитие отека легких за счет выпотевания жидкости из крови в альвеолы.

Легкие получают неоксигенированную кровь по легочным артериям малого круга и оксигенированную кровь по бронхиальным артериям большого круга кровообращения (см. раздел «Гемодинамика»).

Биомеханика внешнего дыхания (вентиляция легких)

Дыхательный цикл включает фазы вдоха и выдоха (рисунок 1.4).

Вдох (инспирация) – это активный процесс, который начинается с сокращения дыхательных мышц и заканчивается поступлением воздуха в легкие. Различают: обычный и глубокий (форсированный) вдох. В обычном вдохе принимают участие главные дыхательные мышцы: диафрагма и наружные косые межреберные, межхрящевые мышцы. При сокращении диафрагмальных волокон купол диафрагмы уплощается (так как мышечные волокна идут радиально), объем грудной клетки увеличивается в вертикальном направлении. При сокращении наружных косых межреберных и межхрящевых мышц ребра поднимаются и немного поворачиваются. Это увеличивает объем грудной клетки в горизонтальном, фронтальном и сагитальном направлениях. Легкие следуют за грудной клеткой (благодаря «вакуумной» связке висцерального листка плевры с париетальным листком) и растягиваются. Воздух в легких разрежается, давление становится немного ниже атмосферного, в результате чего атмосферный воздух заходит в легкие по градиенту давлений.

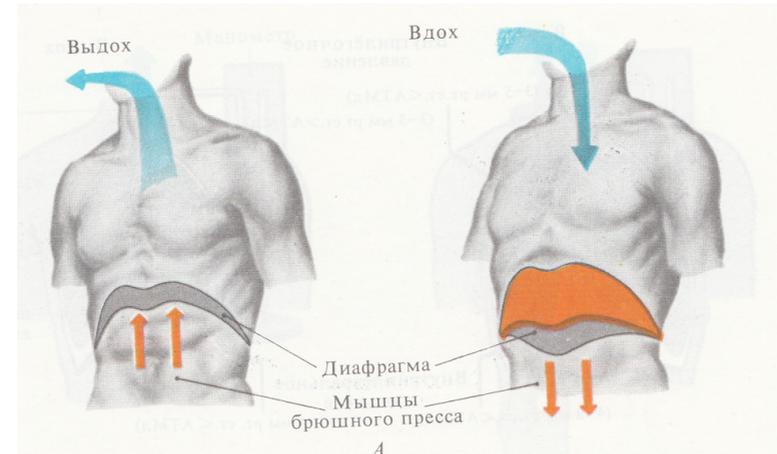


Рисунок 1.4 – Биомеханика дыхания

Диафрагма обеспечивает вентиляцию легких на 2/3. Кроме того, она участвует в кашлевой реакции, при рвоте, натуживании, икоте и родовых схватках.

В форсированном вдохе дополнительно принимают участие вспомогательные инспираторные мышцы. К ним относятся большая и малая грудные мышцы, зубчатые и лестничные мышцы, дельтовидная и трапецевидная мышцы; мышцы, поднимающие лопатку, грудино-ключично-сосцевидные мышцы; мышцы, раздувающие ноздри. Таким образом, в глубоком вдохе принимают участие мышцы плечевого пояса, шеи, мышцы спины, разгибающие позвоночник, и даже мимические мышцы лица. При этом ребра поднимаются еще выше, объем грудной клетки увеличивается еще больше, давление воздуха в легких становится снова ниже атмосферного, и резервный объем воздуха входит в легкие.

Расширению грудной клетки при вдохе также способствует сила её упругости, которая возникает во время выдоха за счет сжатия грудной клетки.

Выдох (экспирация) – это выход воздуха из легких. Различают пассивный и активный (глубокий) выдох. Пассивный выдох можно сделать после обычного и глубокого вдоха (вздых). При пассивном выдохе не участвуют дыхательные мышцы, а тратится энергия, накопленная во время вдоха. В результате расслабления дыхательных инспираторных мышц объем грудной клетки уменьшается. В этом участвуют следующие пассивные силы:

1. Силы земного притяжения (опускает ребра).
2. Эластичность реберных хрящей и грудной клетки (опускают ребра).
3. Повышенное внутрибрюшное давление и упругость деформированных органов брюшной полости, а также и брюшной стенки (поднимают купол диафрагмы).
4. Эластическая тяга легких – ЭТЛ, сжимая легкие, тянет за собой грудную клетку благодаря «вакуумной» связке висцерального листка с париетальным (главная сила, способствующая уменьшению объема грудной клетки во всех направлениях).

Легкие сжимаются, давление в них становится выше атмосферного, и воздух выходит из легких по градиенту давлений.

Форсированный (активный) выдох имеет место при смехе, тяжелой физической работе, при кашле, чихании, рвоте, натуживании, пении, декламации, надувании чего-либо (у стеклодувов, музыкантов духовых инструментов), а также во время усиленного дыхания по команде. В активном выдохе участвуют вспомогательные экспираторные мышцы: внутренние косые межреберные (опускают и сближают ребра), мышцы брюшного пресса – это мышцы передней стенки живота и тазового дна (повышают внутрибрюшное давление и поднимают купол диафрагмы), мышцы спины, сгибающие позвоночник, также повышают внутрибрюшное давление, что оттесняет диафрагму вверх. В результате деятельности этих мышц объем грудной клетки резко уменьшается, легкие сжимаются, давление в них становится выше атмосферного и резервный воздух выходит из легких по градиенту давлений.

Биоэнергетика вдоха и выдоха. При спокойном дыхании на работу дыхательных мышц затрачивается всего лишь около 1 % потребляемого организмом кислорода. Энергия при этом расходуется в основном на преодоление ЭТЛ и эластической тяги брюшной стенки. Неэластическое сопротивление вдоху и выдоху сравнительно мало. Его составляют следующие компоненты: 1) аэродинамическое сопротивление воздухоносных путей; 2) вязкое сопротивление тканей; 3) инерционное сопротивление. Расход энергии на вентиляцию легких невелик еще и потому, что внешнее звено системы дыхания работает подобно качелям. Значительная часть энергии сокращения мышц, обеспечивающей расширение грудной клетки при вдохе, переходит в потенциальную энергию эластической тяги легких и брюшной стенки, обеспечивающей выдох: сжатие грудной клетки как пружины после расслабления мышц вдоха. А возросшие при этом силы упругости сжатой грудной клетки способствуют её расширению при очередном вдохе.

Дыхание обычно происходит на подсознательном уровне, как и деятельность внутренних органов. И только при специальной фиксации внимания дыхательные движения осознаются.

При тяжелой физической работе и форсированном дыхании расход энергии на вентиляцию легких возрастает до 20 %, поскольку сильно увеличивается неэластическое сопротивление и растет мышечная работа на преодоление возрастающей ЭТЛ при глубоком

вдохе. Как и в покое, во время физической работы режим дыхания устанавливается произвольно. Организм спонтанно контролирует частоту и глубину дыхания, согласно своим физическим возможностям и потребностям в данный момент. При этом у тренированных лиц увеличение вентиляции легких в условиях физической нагрузки осуществляется преимущественно за счет углубления дыхания, а у нетренированных – в основном за счет учащения дыхания. Глубокое дыхание более эффективно для газообмена в легких, так как при этом лучше вентилируются непосредственно альвеолы.

Типы дыханий. Различают: грудное, брюшное (диафрагмальное) и смешанное дыхание. Грудной тип дыхания встречается у много рожавших женщин, у которых движение диафрагмы и брюшной стенки часто было ограничено увеличенной маткой. Брюшной тип дыхания превалирует у мужчин-грузчиков, у которых движение ребер часто было ограничено из-за регулярных переносов груза на спине. В обоих случаях типы дыхания закрепляются по механизму условного рефлекса. Обычно у людей имеет место смешанный тип дыхания.

Легочные объемы и емкости

Показатели внешнего дыхания – это легочные объемы и емкости. Легочные объемы также отражают энергетический резерв дыхательных мышц. К легочным объемам относятся:

1. **ДО – дыхательный объем** – объем воздуха, вдыхаемый и выдыхаемый при спокойном дыхании; он равняется в среднем 400–500 мл. ДО обеспечивает вентиляцию легких, поддерживает постоянство альвеолярного воздуха, участвует в газообмене.
2. **РО вд. – резервный объем вдоха** – объем воздуха, который можно вдохнуть при максимальном вдохе после обычного вдоха; равняется 1500–3000 мл. Определяет способность легких к добавочному расширению.
3. **РО выд. – резервный объем выдоха** – объем воздуха, который можно выдохнуть при максимальном выдохе после обычного вдоха и выдоха; равняется 1500–2000 мл. Он определяет степень постоянного растяжения легких.
4. **ОО – остаточный объем** – объем воздуха, который остается в легких после максимального выдоха; равняется 1000–1500 мл.

Из легочных объемов складываются легочные емкости. К ним относятся:

1. **ОЕЛ – общая емкость легких** – количество воздуха в легких после глубокого вдоха; равняется 5000–6000 мл. Включает ДО, РО вд., РО выд. и ОО. ОЕК отражает вместимость легких.
2. **ЖЕЛ – жизненная емкость легких** – количество воздуха, максимально выдыхаемого после глубокого вдоха. У мужчин равняется 4500–5000 мл, у женщин – 3500–4000 мл. Включает ДО, РО вд. и РО выд. ЖЕЛ наиболее адекватно и интегративно отражает развитие костно-мышечного аппарата, подвижность грудной клетки, эластичность и растяжимость легких, т. е. потенциальные возможности вентиляции легких. Она зависит от пола, роста, возраста и степени тренированности организма. У тренированных людей показатели ЖЕЛ намного выше.
3. **ФОЕЛ – функционально-остаточная емкость легких** – количество воздуха в легких после обычного выдоха; равняется 2500–3000 мл. Включает РО выд. и ОО. ФОЕ – это альвеолярный воздух.

Для измерения ЖЕЛ и её компонентов существуют методы:

- *Спирометрия* – с помощью водяного или сухого спирометра (см. ниже практическую работу №6).
- *Спирография* – с помощью спирографа на основе анализа кривой дыхательных движений – спирограммы (рисунок 1.5).

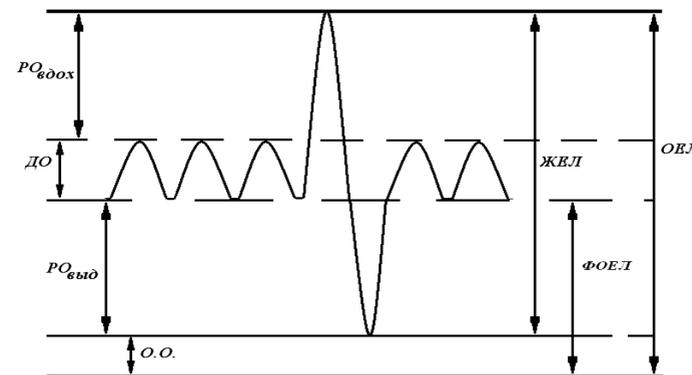


Рисунок 1.5 – Спирограмма

Мертвое пространство: анатомическое и физиологическое

Анатомическое мертвое пространство – это объем воздуха дыхательных путей (140–150 мл), который не участвует в газообмене. Анатомическое мертвое пространство искусственно увеличивается, если дышать через трубку, фильтры, противогаз. Оно выполняет полезные функции: воздух очищается, увлажняется и согревается. Однако при частом и поверхностном дыхании анатомическое мертвое пространство становится «вредным», так как при этом воздух крутится в мертвом пространстве и его мало попадает в газообменную область, говоря иными словами, страдает альвеолярная вентиляция.

Функциональное мертвое пространство – это объем альвеол, которые либо хорошо вентилируются, но недостаточно перфузируются кровью из-за спазма артериол, либо хорошо перфузируются, но недостаточно вентилируются воздухом из-за спазма бронхиол. Такие альвеолы на какое-то время частично или полностью выключаются из газообмена в результате несоответствия между их вентиляцией и кровоснабжением. Небольшое функциональное и анатомическое мертвое пространство, объединяясь вместе, образуют физиологическое мертвое пространство. При патологии легких (например, бронхоэктатическая болезнь, кавернозный туберкулез, приступ бронхиальной астмы) может появиться патологическое мертвое пространство сравнительно большого объема.

Минутный объем дыхания (МОД), значение. МОД – это объем воздуха, проходящий через легкие за одну минуту. Рассчитывается по формуле: $МОД = ДО \times ЧД$ (дыхательный объем, умноженный на частоту дыхания). Частота дыхания в минуту в покое составляет 12–18 раз. Отсюда $МОД = 500 \times 18 = 8000$ мл/мин, или 8 л в минуту. МОД в норме в покое равен 6–9 л в минуту.

При спокойном дыхании 140 мл из 400 мл вдыхаемого воздуха (ДО) остается в воздухоносных путях, 200 мл – в переходной зоне, где газообмен между кровью и воздухом практически отсутствует; лишь небольшая часть дыхательного объема (около 100 мл) поступает в альвеолярные ходы и альвеолярные мешочки. Вентиляция альвеол осуществляется диффузионным способом непрерывно – во время вдоха и выдоха. Это обеспечивает постоянный газовый состав альвеолярного воздуха, независимо от фазы дыхательного цикла.

При данной величине МОД эффективность вентиляции альвеол будет выше при более глубоком дыхании, тогда часть воздуха может поступать конвективным способом непосредственно в альвеолы. Спортсмены-бегуны, например, вдыхают 2250 мл воздуха, вследствие чего альвеолярные ходы и альвеолярные мешочки наполовину обновляются свежим воздухом. При физической нагрузке МОД увеличивается за счет глубины и частоты дыхания и может у тренированных людей достигать до 100 литров в минуту. МОД зависит от веса, возраста, пола и тренированности.

Следует различать термины «гипервентиляция» и «гиперпноэ». Гипервентиляция – произвольное усиление дыхания, превосходящее метаболические потребности организма. Гиперпноэ – произвольное усиление дыхания в связи с реальными потребностями организма.

Максимальная вентиляция легких (МВЛ) – объем воздуха, проходящий через легкие за одну минуту при максимально возможной частоте и глубине дыхания. Однако дышать испытуемый должен не более 10 с, поскольку за счет вымывания CO_2 могут развиваться респираторный алкалоз, головокружение. Полученный результат умножают на 6. При прочих равных условиях МВЛ характеризует проходимость дыхательных путей, а также упругость грудной клетки и растяжимость легких. МВЛ – один из вариантов форсированного дыхания. У молодого человека МВЛ может достигать 120–150 л/мин, а у спортсменов – до 180 л/мин; она зависит от возраста, роста, пола человека.

Атмосферный воздух в основном имеет постоянный процентный газовый состав в различных точках земного шара и только в центре очень крупных промышленных городов может быть несколько увеличено содержание CO_2 . На высоте происходит разрежение атмосферного воздуха, при этом его процентный состав не меняется (таблица 1.1).

Альвеолярный воздух – это воздух, который практически постоянно находится в альвеолах (ФОВ). Альвеолярный воздух – это внутренняя воздушная среда организма. От постоянства состава альвеолярного воздуха зависит постоянство газового состава артериальной крови.

Выдыхаемый воздух – это смесь атмосферного воздуха мертвого пространства с альвеолярным воздухом, поэтому он более обо-

гащен O_2 и содержит несколько меньше CO_2 , чем альвеолярный воздух.

Таблица 1.1 – Состав атмосферного, альвеолярного и выдыхаемого воздуха

Газовый состав	Атмосферный воздух, %	Альвеолярный воздух, %	Выдыхаемый воздух, %
O_2	20,94	14–15	16–17
CO_2	0,04	5,5–6	2–4
N_2	78,5	74,9	74,5
Пары воды	0,5	5,6	5,5

Парциальное давление газа – это давление одного газа в смеси газов. При расчете парциальных давлений кислорода (pO_2) или углекислого газа (pCO_2) в альвеолярном воздухе учитывают водяные пары, на долю которых приходится давление 47 мм рт. ст., а на остальные газы приходится: 760 мм рт. ст. – 47 мм рт. ст. = 713 мм рт. ст. Например, pO_2 в альвеолярном воздухе рассчитывается из пропорции:

$$713 \text{ мм рт. ст.} \text{ ----- } 100 \%,$$

$$X \text{ мм рт. ст.} \text{ ----- } 14 \%,$$

$$X = \frac{713 \times 14}{100} = 102 \text{ мм рт. ст. (} pO_2 \text{)}.$$

Диффузия газов в легких

В легких происходит газообмен между альвеолярным воздухом и кровью. Диффузия газов идет по градиенту парциальных давлений и напряжений. Кислород (O_2) движется из легких в кровь, а углекислый газ (CO_2) – из крови в легкие (рисунок 1.6).

pO_2 (парциальное давление кислорода) в альвеолярном воздухе 100 мм рт. ст., а в притекающей неоксигенированной крови парциальное напряжение O_2 , равное 40 мм рт. ст. Поэтому O_2 диффундирует из альвеолярного воздуха в кровь, пока концентрация или парциальное напряжение O_2 в крови не станут такими же, как в альвеолах. После чего устанавливается динамическое равновесие.

pCO_2 (парциальное давление углекислого газа) в альвеолярном воздухе в среднем равно 40 мм рт. ст., а в притекающей неоксигени-

рованной крови парциальное напряжение CO_2 составляет 46 мм рт. ст. Поэтому CO_2 будет диффундировать из крови в альвеолы легких до выравнивания концентраций.

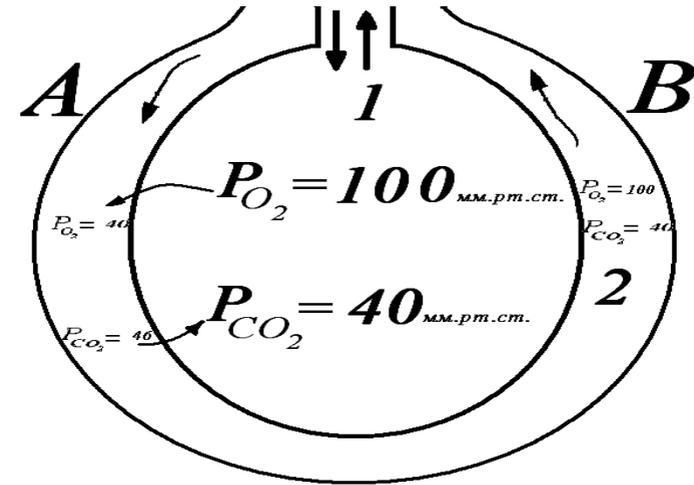


Рисунок 1.6 – Схема диффузии газов в легких: 1 – альвеола, 2 – капилляр

Факторы, влияющие на диффузию газов, отражены в формуле Фика:

$$dm/dt = -D S dP/dX,$$

где dm/dt – скорость диффузии; D – коэффициент растворимости газов (для O_2 – 0,022, для CO_2 – 0,511, т. е. в 23 раза больше). Коэффициент растворимости показывает, что при прочих равных условиях CO_2 растворяется в воде в 23 раза лучше, чем O_2 . S – альвеолярно-капиллярная поверхность – площадь диффузии всех открытых альвеол (80–120 м² на вдохе, 60–30 м² на выдохе). dP – разность парциальных давлений и напряжений (для O_2 60 мм рт. ст., для CO_2 – 6 мм рт. ст.). dX – диффузионное расстояние, или путь диффузии газов (включает: выстилку сурфактанта, слой альвеолярной жидкости, эпителий альвеол, базальные мембраны с интерстициальным пространством между ними, эндотелий капилляров, плазму крови и мембрану эритроцитов) (рисунок 1.7).

Таким образом, скорость диффузии прямо пропорциональна градиенту парциальных давлений, растворимости газов, площади диффузионного контакта и обратно пропорциональна диффузионно-

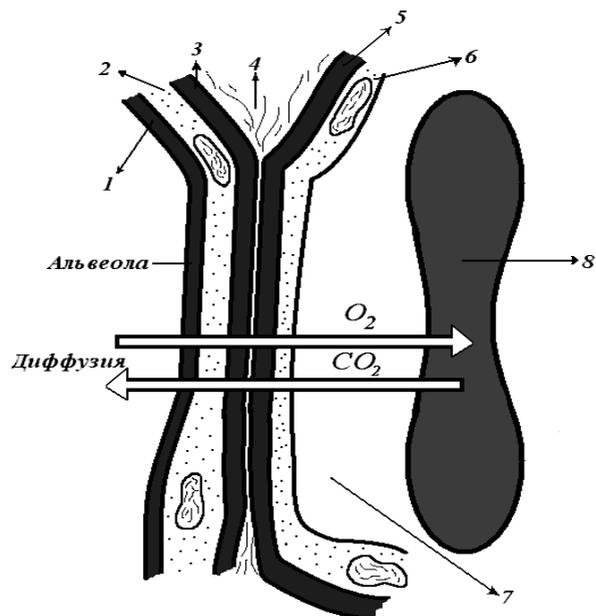


Рисунок 1.7 – Строение диффузионной мембраны: 1 – слой сурфактанта на альвеолярной жидкости; 2 – альвеолярный эпителий; 3 – эпителиальная базальная мембрана; 4 – интерстициальное пространство; 5 – базальная мембрана капилляра; 6 – эндотелий капилляра; 7 – плазма крови; 8 – эритроцит

му расстоянию. Из-за значительно большего коэффициента растворимости скорость диффузии CO_2 заметно выше, чем O_2 , несмотря на меньший градиент концентраций. На диффузию газов оказывают влияние факторы: скорость кровотока в капиллярах легких (время прохождения крови через капилляры легких в норме в три раза больше, чем необходимо), время контакта крови с альвеолярным воздухом (в норме также больше, чем необходимо), температура окружающей среды и крови (чем выше температура, тем диффузия идет быстрее), вязкость и pH крови.

На скорость диффузии газов также влияет соотношение между кровотоком в данном участке легких и его вентиляцией. При недостатке кислорода в альвеолах сосуды последних суживаются, обеспечивая уменьшение кровотока через плохо вентилируемый участок легкого. В хорошо вентилируемых альвеолах сосуды расширены

и кровотоков полноценный. Биологическое значение этого явления направлено на максимальное улучшение газообмена при условии экономичной работы физиологической системы.

Интенсивность вентиляции и кровообращения различных отделов легких зависит от положения тела. В вертикальном положении лучше вентилируются нижние отделы легких, в горизонтальном – отделы легких, тоже находящиеся внизу. В положении стоя верхушки легких хуже снабжаются кровью на 25 %, сидя – на 15 %. Это необходимо учитывать при сердечно-легочной недостаточности.

Практическая часть

1. Запись дыхательных движений человека: в покое, при глотании, во время разговора.
2. Измерение объема грудной клетки у человека при дыхании. Функциональные пробы: опыт Мюллера, опыт Вальсальвы.
3. Определение величины эластической тяги легких.
4. Измерение отрицательного давления в плевральной полости у кролика.
5. Модель грудной полости (схема Дондерса).
6. Определение величины жизненной емкости легких и ее компонентов методами спирометрии, спирографии.
7. Влияние положения тела на функциональную остаточную емкость.
8. Сравнительное определение углекислого газа в воздухе вдыхаемом, выдыхаемом и альвеолярном.
9. Определение минутного объема дыхания (МОД).
10. Расчет коэффициента вентиляции.
11. Нормальные параметры респираторной функции, формулы и номограммы.
12. Определение объема форсированного выдоха (Тест Тиффно).
13. Пикофлоуметрия.

Работа 1. Запись дыхательных движений человека

Цель работы: освоить регистрацию дыхательных движений у человека. Уметь анализировать частоту, ритм и амплитуду дыхания.

Необходимы для работы: резиновая манжетка, соединенная через тройник с резиновым баллоном и капсулой Маррея, зажим Бора

(либо пневмограф); штатив, кимограф. Объект исследования – человек.

Ход работы. Резиновую манжетку одевают на нижнюю часть грудной клетки, закрывают зажимом шланг, идущий к капсуле Маррея. Накачивают манжетку воздухом, открывают зажим и устанавливают писчик капсулы Маррея к кимографу. Испытуемого усаживают так, чтобы он не мог видеть запись своих дыхательных движений. Проверяют, происходит ли движение писчика при дыхании. В течение 30 секунд записывают фоновую пневмограмму.

Работа 1.1. Запись дыхательных движений в покое

На пневмограмме проследить частоту дыхания, продолжительность вдоха и выдоха, ритм.

Работа 1.2. Запись дыхательных движений при акте глотания

После записи дыхательных движений в покое регистрируют пневмограмму в условиях, когда испытуемый набирает в рот воды и удерживает ее, не глотая и дыша через нос. По команде «глотаите» испытуемый проглатывает воду. Эффект более значителен, когда испытуемый залпом выпивает стакан воды.

Работа 1.3. Запись дыхательных движений во время разговора

Пневмограмма записывается во время чтения испытуемым отрывка из книги.

Рекомендации: зарисовать и объяснить полученные пневмограммы.

Выводы:

Работа 2. Измерение объема грудной клетки у человека при дыхании

Цель работы: определить величину максимального размаха колебаний размеров грудной клетки на вдохе и выдохе.

Необходимо для работы: сантиметровая лента. Объект исследования – человек.

Ход работы. Работу выполняют два человека. Один из них обнажается до пояса и садится. Другой при помощи сантиметровой ленты на уровне подмышечных впадин и мечевидного отростка производит измерение окружности грудной клетки в конце глубокого вдоха и в конце максимального выдоха.

Выводы:

Функциональные пробы

Цель работы: с помощью функциональных проб убедиться в том, что давление в плевральной области ниже атмосферного и его изменения обуславливают изменения кровотока в крупных венах.

- а) опыт Мюллера;
- б) опыт Вальсальвы.

а) Опыт Мюллера. Объект исследования – человек.

Исследуемому предлагают плотно зажать пальцами ноздри и закрыть рот. Затем сделать попытку осуществить вдох, производя сильное сокращение дыхательных мышц (основных и вспомогательных). В легких давление воздуха падает на 50–60 мм рт. ст. и не нормализуется, т. е. наружный воздух в легкие не поступает. Легкие в этом случае растягиваются незначительно и эластическая тяга легких приблизительно равна 3 мм рт. ст. Давление в плевральной полости стало намного ниже атмосферного (53–63 мм рт. ст.), т. е. вдох при закрытом рте и носе ведет к резкому падению давления в плевральной полости, что усиливает приток крови по полым венам, особенно верхней. У испытуемого при этом наблюдается легкое головокружение, иногда тошнота, т.к. отток крови от головы начинает превышать приток.

Выводы:

б) Опыт Вальсальвы. Объект исследования – человек.

Испытуемому предлагают сделать быстрый сильный выдох, предварительно плотно закрыв рот и зажав ноздри пальцами рук. В этом случае резко повышается давление в легких (на 40–100 мм рт. ст.), т. к. воздух при выдохе не выходит; объем легких уменьшается, а давление в плевральной полости значительно возрастает (на 38–98 мм рт. ст. выше атмосферного). Приток крови к сердцу затрудняется – сжимаются вены. У испытуемого на шее и лице вздуваются вены и возникают неприятные ощущения.

Выводы:

Работа 3. Определение величины эластической тяги легких

Цель работы: продемонстрировать зависимость величины эластической тяги от величины растяжения легких.

Необходимо для работы: резиновый баллон (или резиновая перчатка), водяной манометр, резиновая груша, зажимы Мора.

Ход работы. При помощи резиновых шлангов через тройник соединяют водяной манометр, грушу и резиновый баллон (можно резиновую перчатку). Резиновый шланг, идущий к манометру, перекрывают зажимом Мора. Надувают воздухом резиновый баллон и осторожно приоткрывают зажим, ведущий к манометру. Регистрируют уровень воды в манометре при изменении объема баллона (эластическая тяга).

Описать зависимость величины эластической тяги от растяжения резинового баллона.

В норме у взрослых людей растяжимость легких около 200 мл вод. столба, у новорожденных детей – лишь 3–4 мл вод. ст.

Выводы:

Работа 4. Измерение отрицательного давления в плевральной полости у кролика

Цель работы: убедиться в наличии отрицательного давления в плевральной полости.

Необходимы для работы: кролик, станок для фиксации кролика, U-образный манометр, заполненный водой, резиновый шланг, толстая игла для инъекции с мандреном.

Ход работы. Фиксируют кролика на столе. Иглу с мандреном вводят в межреберье между 8–9 или 9–10 ребрами с боковой поверхности грудной клетки. После прокола из иглы вынимают мандрен. Иглу присоединяют к манометру. При попадании иглы в плевральную полость манометр регистрирует отрицательное давление.

Рекомендации: отметить зависимость величины отрицательного давления от фазы дыхания.

Выводы:

Работа 5. Модель грудной полости (схема Дондерса)

Цель работы. На модели Дондерса наблюдать взаимоотношения между давлением в легких и плевральной полости, объемами грудной клетки и легких.

Работа 5.1. Приготовление модели Дондерса из легких лягушки

Необходимы для работы: лягушка, препаровальный набор (ножницы, пинцеты, игла для разрушения нервной системы, препаровальный столик, нитки), стеклянная канюля. Моделью грудной

полости служит небольшой стеклянный колокол (можно использовать флаконы емкостью 10–20 мл), дно которого удалено и заменено резиной (палец от резиновой перчатки плотно зафиксировать). Резиновая мембрана имитирует диафрагму. В горлышко флакона вставляется резиновая пробка с отверстием для стеклянной канюли, на которой фиксируются легкие лягушки.

Ход работы. Препаровальной иглой прокалывают позвоночник в области угла между головой и туловищем (субокципитальное отверстие) и поворотом иглы разрушают головной и спинной мозг. Укрепляют лягушку на препаровальном столике брюшком вверх. Захватив пинцетом нижнюю челюсть, находят голосовую щель, расположенную на гортанном возвышении. Обшивают края голосовой щели непрерывным (кисетным) швом. Вынимают пробку из флакона, вставляют канюлю в голосовую щель и, стянув нитку вокруг шейки канюли, завязывают ее двойным узлом. После чего удаляют нижнюю челюсть. Вскрывают грудную полость, находят легкие и осторожно, не повреждая, отделяют их и гортань от окружающих тканей. Извлекают легкие вместе с гортанью и канюлей, проверяют их на герметичность – раздувают легкие через канюлю. Вставляют канюлю вместе с легкими в стеклянный колокольчик, плотно закрывают отверстие пробкой. Попеременно оттягивая и прижимая резиновое дно флакона, следить за объемом легких.

Выводы:

Работа 5.2. Приготовление схемы Дондерса из легких, изъятых у лабораторных животных (кролик, кошка или небольшая собака)

Необходимы для работы: животное, бутылка емкостью 2 литра со срезанным дном, препаровальный набор (ножницы, пинцет, нитки), 2 тройника, 2 стеклянные трубочки, штатив, 2 манометра, эфир, препаровальный столик, резиновый лист, пробка к бутылке с двумя отверстиями, 2 короткие резиновые трубочки.

Ход работы. К препаровальному столику фиксируют животное, дают эфирный наркоз, готовят операционное поле. Обнажают трахею и надрезают ее. В трахею вводят стеклянную трубку, перевязывают ее ниткой и перерезают выше места введения трубки. Затем вскрывают грудную полость, удалив грудину, реберные хрящи и часть ребер, осторожно изолируют из тела трахею с легкими

и сердцем. Обмывают их в воде и осторожно отделяют сердце. Легкие помещают в стеклянный колпак или бутылку с отрезанным дном и пропускают трубку, связанную в трахею, сквозь отверстия в пробке, закрывающей горло колпака или бутылки. Снизу колпак (или бутылку) затягивают упругим резиновым листом и плотно обвязывают его вокруг колпака. Полезно края колпака предварительно смазать резиновым клеем. Сквозь второе отверстие в пробке колпака пропускают другую трубку, соединенную через тройник с манометром. Выступающий над пробкой конец стеклянной трубки, идущий от легкого, при помощи короткого отрезка резиновой трубки и тройника соединяют со вторым манометром.

С помощью этой модели проводятся следующие наблюдения: отрицательное давление в грудной полости и эластическая тяга легких, колебания внутриплеврального давления во время вдоха и выдоха.

Выводы:

Работа 6. Определение величины жизненной емкости легких и ее компонентов методами спирометрии, спирографии

Цель работы: освоить методику определения жизненной емкости легких и ее компонентов в состоянии относительного покоя.

Необходимы для работы: спирометр (сухой или водяной), спирт, вата, зажим для носа. Объект исследования – человек.

Ход работы. 1. Определение жизненной емкости легких: после максимального вдоха сделать максимальный выдох в трубку спирометра.

2. Определение дыхательного объема: после спокойного вдоха сделать спокойный выдох в спирометр.

3. Определение резервного объема (емкости) вдоха и выдоха: после глубокого вдоха сделать обычный выдох в спирометр. Полученная величина является емкостью вдоха. Если из нее вычесть дыхательный объем, то мы получим резервный объем вдоха.

4. Определение резервного объема выдоха и его емкости: после спокойного вдоха сделать глубокий выдох – это будет емкость выдоха. Из данной величины вычесть глубину вдоха – получаем резервный объем выдоха.

В норме ЖЕЛ для взрослого человека среднего роста равняется 3–5 л. На каждые 5 см роста, начиная со 155 см, ЖЕЛ увеличивается в

среднем на 300 мл. У новорожденных ЖЕЛ составляет около 150 мл (определение при крике). Величина дыхательного объема у взрослых – 400–500 мл, у новорожденных – 20–30 мл. Резервный объем вдоха в среднем равен 1500–3000 мл. Резервный объем выдоха – 1500–2000 мл. Остаточный объем в норме составляет 20–25 % общей емкости легких (ОЕЛ), у пожилых – 28–35 % (см. рисунок 1.5).

Рекомендации: сравнить величину ЖЕЛ, полученную однократно и отдельно по объемам. Составить схему емкостей и объемов легких.

Выводы:

Работа 7. Влияние положения тела на функциональную остаточную емкость

Цель работы: проследить изменение функциональной остаточной емкости легких при изменении положения тела.

Необходимы для работы: воздушный спирометр, кимограф, манжета от аппарата Рива-Роччи, воздушная передача, капсула Маррея, писчик, чернила, бумага. Объект исследования – человек.

Ход работы. Испытуемого с манжетой на груди укладывают на спину. Регистрируют дыхание и определяют величину ЖЕЛ. Через 3–4 мин испытуемый осторожно (не выпуская мундштука изо рта) поднимается. На записи проследить подъем, обусловленный увеличением функциональной остаточной емкости, что происходит в результате опускания органов брюшной полости и диафрагмы под действием силы тяжести. Определить ЖЕЛ.

Выводы:

Работа 8. Сравнительное определение углекислого газа в воздухе вдыхаемом, выдыхаемом и альвеолярном

Цель работы: визуально, по степени помутнения бариевой воды (реакция с CO_2), оценить содержание углекислоты в воздухе вдыхаемом, выдыхаемом и альвеолярном.

Необходимы для работы: штатив, закрытые пробками три пробирки с профильтрованной бариевой водой; три стеклянные пипетки, спирт, вата, система для забора альвеолярного и выдыхаемого воздуха, состоящая из резинового шланга (1,0–1,5 м длиной) с мундштуком, на расстоянии 40–50 см от которого вставляется тройник с резиновым баллоном, закрываемым зажимом.

Ход работы. 1. Одну пробирку открыть и встряхнуть – образуется немного осадка за счет CO_2 атмосферного воздуха.

2. Для получения выдыхаемого воздуха испытуемый равномерно дышит через описанную выше систему трубок. После нескольких вдохов и выдохов в системе устанавливается атмосфера мертвого пространства. На обычном выдохе насасывают воздух в резиновый баллон (предварительно сжатый баллон раскрывают). Воздух из закрытого резинового баллона через пипетку выпускают во вторую пробирку с бариевой водой.

3. В третью пробирку выдувают альвеолярный воздух, который получают при помощи системы для его забора. Схема получения альвеолярного воздуха отличается от описанной выше тем, что воздух насасывается в резиновый баллон в конце глубокого выдоха.

Выводы:

Работа 9. Определение минутного объема дыхания (МОД)

Цель работы: научиться измерять минутный объем дыхания.

Необходимы для работы: газовый счетчик или спирометр, вентильная трубка с загубником, зажим для носа, дезинфицирующий раствор; объект исследования – человек.

Ход работы. В рот испытуемого вводят загубник так, чтобы широкая его часть располагалась перед деснами, а выступающие отростки находились между зубами. Устанавливают у испытуемого равномерное дыхание и после этого начинают определять МОД. Зажимают рот зажимом. Опыт проводят 3 минуты, одновременно записывая показания газового счетчика и считая число дыханий. По величине МОД и частоте дыхания рассчитывают объем дыхательного воздуха:

$$\text{ДО} = \frac{\text{МОД}}{\text{ЧД}}.$$

В норме у взрослых людей величина дыхательного объема 400–500 мл, у новорожденного – 20–30 мл.

Выводы:

Работа 10. Расчет коэффициента вентиляции

Цель работы: научиться производить расчет эффективности дыхания.

Ход работы. Коэффициент вентиляции (КВ) показывает, какая часть альвеолярного воздуха (сумма резервного объема выдоха и остаточного объема) заменяется при одном дыхании. КВ зависит от глубины дыхания. Расчет КВ производят по следующей формуле:

$$\text{КВ} = \frac{\text{дыхательный объем} - \text{объем мертвого пространства}}{\text{остаточный объем} + \text{резервный объем вдоха}}$$

Величину мертвого пространства принимаем равной 150 мл, а величину остаточного объема – 1200 мл. Остальные величины должны быть определены в двух предыдущих работах.

Выводы:

Работа 11. Нормальные параметры респираторной функции, формулы и номограммы

Цель работы: для того чтобы выяснить, находятся ли величины легочной вентиляции, полученные для данного человека, в пределах нормы, необходимо сравнить их с нормой (должными величинами).

Ход работы. Рассчитать должные для себя, величины, используя разработанные специальные формулы, учитывающие коррекцию между отдельными характеристиками функции внешнего дыхания и такими факторами, как пол, рост, вес, размеры грудной клетки.

Мужчины: ЖЕЛ = $\text{рост (см)} \times 0,052 - \text{возраст} \times 0,022 - 3,60$ (л).

Объем форсированного выдоха (л) = $\text{рост (см)} \times 0,037 - \text{возраст} \times 0,028 - 1,59$.

Макс. произвольн. вентиляция (л/мин) = $\text{рост (см)} \times 1,34 - \text{возраст} \times 1,26 - 21,4$.

Макс. скорость потока воздуха при выдохе (л/мин) = $(3,95 - \text{возраст} \times 0,015) \times \text{рост (см)}$.

Женщины: ЖЕЛ = $\text{рост (см)} \times 0,041 - \text{возраст} \times 0,018 - 2,68$ (л).

Объем форсированного выдоха (л) = $\text{рост (см)} \times 0,028 - \text{возраст} \times 0,021 - 0,86$.

Макс. произвольн. вентиляция (л/мин) = $(71,3 - \text{возраст} \times 0,47) \times \text{площадь поверхности тела (м}^2)$. Макс. скорость потока воздуха при выдохе (л/мин) = $(2,93 - \text{возраст} \times 0,007) \times \text{рост (см)}$.

Рекомендации: измерьте свой рост без обуви и вес без одежды (если вес измерен в одежде, то его следует уменьшить на 5 кг для мужчин и на 3 кг для женщин).

Соотношение между поверхностью тела, ростом и весом дает номограмма

Возраст	Пол	Рост	Вес	Площадь поверхности тела
Величина, найденная по формуле	ЖЕЛ	ФЖЕЛ	Максимальная произвольная вентиляция	Макс. скорость потока воздуха при выдохе

Выводы:

Работа 12. Определение объема форсированного выдоха. (Тест Тиффно)

Цель работы: Измерить относительный и абсолютный объем форсированного выдоха в качестве показателя аэродинамического сопротивления воздухоносных путей.

Необходимы для работы: спирометр или спирограф, вата, спирт, зажим для носа.

Объект исследования – человек.

Ход работы. Испытуемый, дыхательные пути которого соединены со спирометром или спирографом (через мундштук или посредством широкой трубки с загубником), делает максимальный вдох, затем на короткое время задерживает дыхание и после этого совершает как можно быстрее глубокий и быстрый выдох. При этом записывают спирограмму, по которой можно определить объем воздуха, выдохнутый за 1 секунду (**ОФВ1**). Обычно используют относительное значение этого объема, выраженное в процентах (%) от жизненной емкости легких.

У лиц в возрасте до 50 лет со здоровыми легкими ОФВ1 равен 70–80 %, с возрастом он снижается до 65–70 %. При обструктивных нарушениях выдох вследствие повышения аэродинамического сопротивления удлиняется и относительный ОФВ1 снижается.

Выводы:

Работа 13. Пикофлоуметрия

Цель работы: оценить аэродинамическое сопротивление воздухоносных путей.

Необходимы для работы: пикофлоуметр, вата, спирт.

Объект исследования – человек.

Ход работы. Испытуемый делает максимально глубокий вдох, а затем, как можно сильнее и быстрее выдох через мундштук (рисунок 1.8). Проведите таким образом три измерения. Сравните полученные показатели с индивидуальным росто-возрастным стандартом при учете половой принадлежности (таблица 1.2). Внесите в протокол наилучший результат.

Пиковая скорость выдоха может быть снижена вследствие накопления в дыхательных путях слизи, набухания их слизистой оболочки или спазме бронхиальных мышц. Все это приводит к сужению воздухоносных путей, и повышению их аэродинамического сопротивления, то есть к обструктивному типу нарушений вентиляции легких.

Выводы:



Рисунок 1.8 – Пикофлоуметр

Таблица 1.2 – Значения должных величин пик-флоу

ДОЛЖНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПИК-ФЛОУ ДЛЯ ЖЕНЩИН													
Возраст в годах	Рост в метрах												
	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
15	314	331	347	364	380	397	413	430	446	463	479	496	512
20	305	322	338	355	371	388	404	421	437	454	470	487	503
25	296	313	329	346	362	379	395	412	428	445	461	478	494
30	287	304	320	337	353	370	386	403	419	436	452	469	485
35	278	295	311	328	344	361	377	394	410	427	443	460	476
40	269	286	302	319	335	352	368	385	401	418	434	451	467
45	260	277	293	310	326	343	359	376	392	409	425	442	458
50	251	268	284	301	317	334	350	367	383	400	416	433	449
55	242	259	275	292	308	325	341	358	374	391	407	424	440
60	233	250	266	283	299	316	332	349	365	382	398	415	431
65	224	241	257	274	290	307	323	340	356	373	389	406	422
70	215	232	248	265	281	298	314	331	347	364	380	397	413
75	206	223	239	256	272	289	305	322	338	355	371	388	404
80	197	214	230	247	263	280	296	313	329	346	362	379	395

ДОЛЖНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПИК-ФЛОУ ДЛЯ ДЕТЕЙ																	
Рост в см		105	110	115	120	125	130	135	Пик-флоу л/мин		132	159	185	212	238	265	291
15	413	432	450	469	487	506	524	542	561	579	598	616	634				
20	401	419	437	455	474	493	511	530	548	566	585	603	622				
25	388	406	425	443	461	480	498	517	535	553	572	590	609				
30	375	393	412	430	448	467	485	504	522	541	560	577	596				
35	362	380	399	417	436	454	472	491	509	528	546	564	583				
40	349	367	386	404	423	441	459	478	496	515	533	552	570				
45	336	354	373	391	410	428	447	465	483	502	520	539	557				
50	323	342	360	378	397	415	434	452	471	489	507	526	544				
55	310	329	347	366	384	402	421	439	458	476	494	513	531				
60	297	316	334	353	371	389	408	426	445	463	482	500	518				
65	284	303	321	340	358	377	395	413	432	450	469	487	505				
70	272	290	308	327	345	364	382	401	419	437	456	474	492				
75	259	277	296	314	332	351	369	388	406	424	443	461	480				
80	246	264	283	301	319	338	356	374	393	412	430	448	466				

Тестовые задания

1. Частота дыхания у взрослого человека в состоянии покоя равна:
 - а) 5–10 /мин,
 - б) 15–18 / мин,
 - в) 25–30 /мин,
 - г) 30–40 /мин,
 - д) 40–50 /мин.
2. Эластическая тяга легких обусловлена:
 - а) эластическими волокнами, альвеолярной жидкостью, растяжением легких и тонусом бронхиальных мышц,
 - б) действием атмосферного давления на легкие,
 - в) наличием сурфактанта и отсутствием воздуха в плевральной полости,
 - г) отрицательным давлением в плевральной полости,
 - д) отрицательным давлением в легких.
3. Пассивный выдох происходит за счет:
 - а) сокращения наружных межреберных мышц и диафрагмы,
 - б) расслабления наружных межреберных мышц и диафрагмы,
 - в) сокращения мышц брюшного пресса,
 - г) сокращения внутренних межреберных мышц,
 - д) расслабления внутренних межреберных мышц.
4. При спазме бронхов нарушается следующий этап вдоха:
 - а) сокращение дыхательных мышц,
 - б) увеличение объема грудной клетки,
 - в) уменьшение давления в плевральной полости,
 - г) увеличение объема легких,
 - д) движение воздуха из внешней среды в альвеолы.
5. Легочная емкость – это:
 - а) сумма двух и более легочных объемов воздуха,
 - б) количество воздуха, проходящее через легкие за 1 дыхательный цикл,
 - в) количество воздуха в физиологическом мертвом пространстве,
 - г) количество воздуха, попадающее в плевральную полость при пневмотораксе,
 - д) количество воздуха, проходящее через легкие за минуту.
6. К анатомическому мертвому пространству не относятся:
 - а) носовая полость,

- б) бронхи,
 - в) гортань,
 - г) альвеолы,
 - д) трахея.
7. Плевральное давление при обычном выдохе равно:
 - а) –6, –9 мм рт. ст.,
 - б) +6, +9 мм рт. ст.,
 - в) –15, –20 мм рт. ст.,
 - г) –1, 0 мм рт. ст.,
 - д) –3, –4 мм рт. ст.
 8. Вдох – это:
 - а) активный процесс поступления воздуха в легкие,
 - б) активный процесс поступления углекислого газа в легкие,
 - в) пассивный процесс поступления воздуха в легкие,
 - г) активный процесс удаления углекислого газа из легких,
 - д) процесс поступления газов в кровь.
 9. Причиной диффузии газов из альвеолярного воздуха в кровь и обратно является:
 - а) разность парциального давления и напряжения газов между альвеолярным воздухом и кровью,
 - б) тесный контакт альвеол и капилляров малого круга кровообращения,
 - в) активный транспорт O_2 и CO_2 через легочную мембрану,
 - г) градиент атмосферного и внутрилегочного давления,
 - д) отрицательное внутриплевральное давление.
 10. Дыхательный объём – это:
 - а) объём воздуха, вдыхаемый и выдыхаемый при спокойном дыхании,
 - б) объём воздуха, который можно выдохнуть при максимальном выдохе после обычного вдоха и выдоха,
 - в) объём воздуха, который остается в легких после максимального выдоха,
 - г) объём воздуха, который можно вдохнуть при максимальном вдохе после обычного вдоха,
 - д) количество воздуха в легких после обычного выдоха.
 11. Обычный вдох начинается с сокращения:
 - а) внутренних косых межреберных мышц и мышц плечевого пояса,

- б) мышц груди и спины, разгибающих позвоночник,
- в) наружных косых межреберных мышц и диафрагмы,
- г) мышц передней стенки живота и тазового дна,
- д) мышц брюшного пресса.

12. Минутный объем дыхания (МОД) – это количество воздуха, которое

- а) вентилируется через легкие за 1 минуту,
- б) поступает в легкие за 1 дыхательный цикл,
- в) максимально можно выдохнуть после глубокого вдоха,
- г) максимально можно выдохнуть после обычного вдоха,
- д) пассивно выдыхается после глубокого вдоха.

13. Грудная клетка уменьшается в размерах при пассивном выдохе, т. к.

- а) действует эластичность хрящей и связок, сила земного притяжения,
- б) падает давление в плевральной полости,
- в) падает давление в легких,
- г) сокращаются мышцы, обеспечивающие выдох,
- д) воздух выходит из легких.

14. Сурфактант вырабатывают:

- а) альвеолярные макрофаги,
- б) мерцательный эпителий,
- в) пневмоциты I типа,
- г) пневмоциты II типа,
- д) все вышеперечисленные клетки.

15. У взрослых общая ёмкость легких равна:

- а) 5000–6000 мл,
- б) 1500–2000 мл,
- в) 500 мл,
- г) 2500–3000 мл,
- д) 1000 мл.

16. К функциональному мертвому пространству относятся:

- а) альвеолы, которые вентилируются, но не перфузируются (нет кровотока),
- б) альвеолы, которые вентилируются и перфузируются,
- в) трахея, гортань и все бронхи,
- г) носовая полость и придаточные пазухи носа.

17. Укажите свойство, не характерное для плевральной полости:

- а) герметичность,
- б) наличие серозной жидкости,
- в) отсутствие воздуха,
- г) наличие воздуха,
- д) отрицательное давление.

18. В механизме форсированного выдоха принимают участие следующие мышцы:

- а) внутренние косые межреберные и брюшного пресса,
- б) диафрагма,
- в) шеи и плечевого пояса,
- г) разгибающие позвоночник и мимические,
- д) наружные косые межреберные и межхрящевые.

19. Давление в плевральной полости при глубоком вдохе равно:

- а) –6, –9 мм рт. ст.,
- б) +6, +9 мм рт. ст.,
- в) –15, –20 мм рт. ст.,
- г) –1, 0 мм рт. ст.,
- д) –3, –4 мм рт. ст.

20. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – это количество воздуха,

которое

- а) вентилируется через легкие за 1 минуту,
- б) поступает в легкие за 1 дыхательный цикл,
- в) максимально можно выдохнуть после обычного вдоха,
- г) максимально можно выдохнуть после глубокого вдоха,
- д) пассивно выдыхается после глубокого вдоха.

21. К функциям верхних воздухоносных путей не относится:

- а) согревание воздуха,
- б) увлажнение воздуха,
- в) участие в газообмене,
- г) участие в голосообразовании,
- д) очищение воздуха.

22. В механизме пассивного выдоха участвуют все факторы,

кроме

- а) силы земного притяжения (тяжесть ребер),
- б) эластичности реберных хрящей,
- в) эластической тяги легких,

- г) сокращения инспираторных мышц,
- д) эластичности грудной клетки.

23. Газообмен между альвеолами и кровью осуществляется в

- а) артериях малого круга кровообращения,
- б) венах малого круга кровообращения,
- в) капиллярах большого круга кровообращения,
- г) капиллярах малого круга кровообращения,
- д) артериолах малого круга кровообращения.

24. Парциальное давление газов в альвеолярном воздухе составляет:

- а) $pO_2 - 100$ мм рт. ст.; $pCO_2 - 40$ мм рт. ст.,
- б) $pO_2 - 40$ мм рт. ст.; $pCO_2 - 46$ мм рт. ст.,
- в) $pO_2 - 46$ мм рт. ст.; $pCO_2 - 60$ мм рт. ст.,
- г) $pO_2 - 0$ мм рт. ст.; $pCO_2 - 60$ мм рт. ст.,
- д) $pO_2 - 40$ мм рт. ст.; $pCO_2 - 100$ мм рт. ст.

25. Резервный объем вдоха – это

- а) объем воздуха, вдыхаемый и выдыхаемый при спокойном дыхании,
- б) объем воздуха, который можно выдохнуть при максимальном выдохе после обычного вдоха и выдоха,
- в) объем воздуха, который остается в легких после максимального выдоха,
- г) объем воздуха, который можно вдохнуть при максимальном вдохе после обычного вдоха,
- д) количество воздуха в легких после обычного выдоха.

Вопросы для самоконтроля

1. Имеются ли в организме запасы кислорода? Чем это объясняется?
2. Что в процессе эволюции живого стало стимулом для появления органов дыхания?
3. На каком принципе основано передвижение газов в организме?
4. Какие особенности строения грудной клетки обеспечивают возможность увеличения ее объема?

5. Чем объясняется способность транзиторных воздухоносных путей к газообмену?
6. Какие факторы, и в какой степени обеспечивают эластичность легких?
7. Какое дыхание более эффективно: глубокое или частое, почему?
8. При каком дыхании тратится больше энергии: спокойном или глубоком, почему?
9. При каком выдохе из легких удаляется резервный объем выдоха?
10. При каком вдохе в легкие заходит резервный объем вдоха?
11. Какими свойствами характеризуется альвеолярный воздух?
12. В каком случае легкое лучше вентилируется:
 - ✓ относительное увеличение жизненной емкости легких при неизменной общей;
 - ✓ увеличение общей емкости легких при неизменной жизненной.
13. Какой по составу воздух занимает функциональную остаточную емкость?
14. Как отражается на составе выдыхаемого воздуха глубина дыхания?
15. Какое значение имеет вентиляция легких для альвеолярного воздуха?
16. Какую часть от общей емкости легких в норме составляет жизненная емкость легких (ЖЕЛ)?
17. Какую часть от ЖЕЛ составляет в норме остаточный объем?
18. Основная функция дыхательного объема (глубины)?
19. При каком положении тела дыхательный объем больше?
20. Что такое пневмоторакс?
21. Сколько воздуха попадает в легкие при спокойном вдохе?
22. Какая часть альвеолярного воздуха обновляется при спокойном вдохе и выдохе?
23. Как влияет работа на частоту и глубину дыхания?
24. Каков процентный состав атмосферного воздуха?
25. Каков процентный состав выдыхаемого воздуха?
26. Каков процентный состав альвеолярного воздуха?
27. Почему состав выдыхаемого воздуха отличается от состава альвеолярного?

28. Чем объяснить относительно постоянный состав альвеолярного воздуха?
29. Какая сила обуславливает переход газов через альвеолярную стенку и стенку капилляров?
30. Что называют парциальным давлением газов?
31. Чему равно напряжение кислорода и углекислого газа в артериальном и венозном концах легочного капилляра?
32. Назовите физический процесс, обуславливающий перемещение кислорода и углекислого газа, силу, его обеспечивающую, и факторы, способствующие его осуществлению.

УИРС по теме 1
Темы для реферативных докладов

1. Значение дыхания для организма.
2. Участие плевральной полости в биомеханике дыхания.
3. Биомеханика акта вдоха и выдоха.
4. Сурфактант и его значение в акте дыхания.
5. Анатомо-функциональные особенности аппарата дыхания у детей.
6. Особенности легочной вентиляции в покое и при физической нагрузке.
7. Газообмен в легких и факторы его определяющие.
8. Особенности легочной вентиляции в детском возрасте.
9. Альвеолярный воздух, его физиологическая роль и условия вентиляции.

ТЕМА 2
ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ. РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ.
ДЫХАНИЕ В ИЗМЕНЕННЫХ УСЛОВИЯХ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Цель занятия:

1. Знать закономерности и условия, обеспечивающие транспорт кислорода и углекислого газа в организме, основные особенности газообмена в тканях.
2. Изучить основные закономерности регуляторных механизмов системы дыхания.
3. Уметь объяснить зависимость характера внешнего дыхания от функционального состояния организма.
4. Ознакомиться с основными закономерностями действия повышенного и пониженного атмосферного давления и гипоксии на организм.
5. Ознакомиться с экспериментальными методами изучения действия атмосферного давления на организм.

Домашнее задание:

1. Выписать величины напряжения и количества газов в артериальной и венозной крови.
2. Нарисовать рефлекторные дуги собственных дыхательных рефлексов.
3. Выписать виды гипоксии и указать причину их возникновения.

Вопросы для самоподготовки:

1. Кровь как дыхательная транспортная система.
2. Транспорт кислорода кровью, роль гемоглобина.
3. Факторы, определяющие количество кислорода в крови (кислородная емкость крови, кривая диссоциация оксигемоглобина).
4. Транспорт углекислого газа кровью.
5. Напряжение и количество кислорода и углекислого газа в артериальной и венозной крови.
6. Функциональное значение регуляции дыхания.
7. Основные принципы регуляции дыхания.
8. Дыхательный центр, история открытия, определение, роль его различных отделов в регуляции дыхания.

9. Рефлекторная регуляция дыхания (рецепторы, центры, эфферентные нервы, эффлекторы).
10. Собственные дыхательные рефлексы (рефлекс Геринга–Брейера, рефлексы с хеморецепторов и проприорецепторов дыхательных мышц, парадоксальный эффект Хеда).
11. Рефлексы с верхних дыхательных путей.
12. Природа ритмической активности дыхательного центра.
13. Механизм первого вдоха ребенка.
14. Влияние повышенного атмосферного давления (гипербария). Декомпрессия (кессонная болезнь).
15. Влияние пониженного атмосферного давления (гипобария).
16. Гипоксии, виды.
17. Высокогорная гипоксия (адаптация, горная болезнь).

Профильные вопросы

1. Для специальности «Лечебное дело»: особенности регуляции системы дыхания стареющего организма.
2. Для специальности «Педиатрия»:
 - ✓ особенности газового состава крови у плода;
 - ✓ кислородная емкость крови и количество газов крови у детей различных возрастных периодов;
 - ✓ особенности возбудимости дыхательного центра у плода и ребенка первых лет жизни.
3. Для специальности «Стоматология»: влияние формирования речи на регуляцию дыхания.

Практическая часть по теме 2

1. Оксигеметрия и оксигемография.
2. Зависимость внешнего дыхания от газового состава крови (опыт Холдена).
3. Проба на максимальную способность задержки дыхания.
4. Рефлекторное торможение дыхания у человека:
 - 4.1. Рефлекторное торможение дыхания при раздражении верхних дыхательных путей.
 - 4.2. Рефлекторное торможение дыхания при глотании.
5. Рефлекторное торможение дыхания при раздражении области ноздрей у лягушки.
6. Дыхание при перекрестном кровообращении (значение газового состава крови в регуляции дыхания – опыт Фредерика).

7. Ознакомление с устройством барокамеры.
8. Демонстрация влияния пониженного атмосферного давления на организм крысы (барокамерная гипоксия).

Основополагающий материал

Кровь является основной газотранспортной системой, которая переносит кислород от легких ко всем органам и тканям, а углекислый газ – от тканей к легким при участии сердечнососудистой системы. В крови газы находятся в состоянии физического растворения и в виде химических соединений.

Диффузия газов в тканях (газообмен в тканях), как и газообмен в легких, происходит, согласно законам диффузии, по градиенту парциальных напряжений. O_2 движется из артериальной крови в ткани, а CO_2 – из ткани в кровь.

PO_2 в артериальной крови достигает 100 мм рт. ст., в тканевой жидкости **на высоте обмена веществ** доходит до 40 мм рт. ст., в клетках приближается к 0 (1–10 мм рт. ст.), так как O_2 в митохондриях быстро вступает в окислительные реакции и переходит в химически связанное состояние. O_2 диффундирует из артериальной крови капилляров большого круга в тканевую жидкость, а потом в клетки.

PCO_2 в артериальной крови достигает 40 мм рт. ст., в тканевой жидкости может быть 46 мм рт. ст., а в клетках **на высоте обмена веществ** достигает 60 мм рт. ст. CO_2 диффундирует из клеток в тканевую жидкость, а потом – в кровь до выравнивания концентраций. Венозная кровь обогащается CO_2 .

На скорость диффузии газов в тканях влияют те же факторы, что и в легких (см. формулу Фика). Вместе с тем скорость диффузии O_2 и CO_2 в тканях существенно зависит от интенсивности обмена веществ. Градиент их парциальных напряжений, площадь диффузии (количество открытых капилляров) увеличиваются вместе с концентрацией капилляров (укорачивая диффузионное расстояние) при повышении обмена веществ в тканях, и уменьшаются при снижении в них интенсивности обменных процессов. При этом от неработающего органа может оттекать по венам более оксигенированная кровь с меньшим содержанием CO_2 , чем от работающего органа, а газовый состав венозной крови носит непостоянный характер в различных венах большого круга. Поступая в систему верхней и нижней полых вен,

неоднозначная венозная кровь перемешивается в правом предсердии и особенно в правом желудочке, а по легочным артериям к легким уже поступает смешанная неоксигенированная кровь с усредненными показателями газового состава (в среднем PO_2 40 мм рт. ст. и PCO_2 46 мм рт. ст.). Как и в легких, в тканях скорость диффузии углекислого газа всегда больше из-за его лучшей растворимости, чем кислорода (рисунок 2.1).

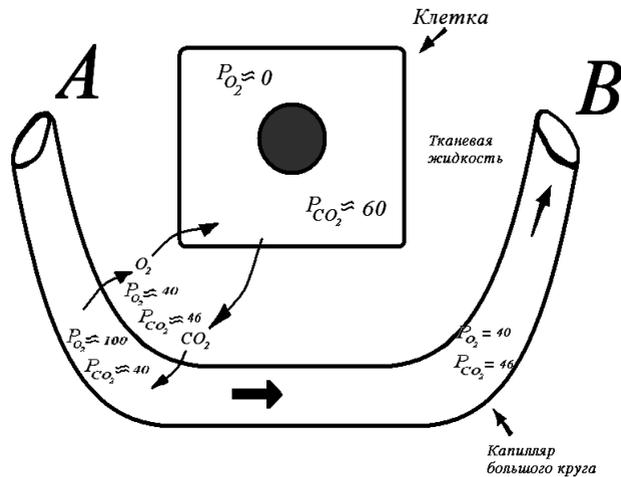


Рисунок 2.1 – Схема диффузии газов в тканях (на высоте обмена веществ)

Транспорт кислорода кровью

Кислород транспортируется кровью в следующих формах:

1. Физически растворенный в плазме – 3 мл O_2 на 1 литр крови. Количество растворенного O_2 прямо зависит от парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе. 3 мл/л растворяются при $pO_2 = 100$ мм рт. ст. Чем выше парциальное давление, тем больше растворяется O_2 . Физически растворенный O_2 создает напряжение кислорода в артериальной крови до 100 мм рт. ст. (это называется нормоксемия). Однако только физически растворенный O_2 не в состоянии удовлетворить потребности тканей в O_2 , поэтому большая часть его транспортируется в виде химического соединения.

2. Химически связанный в виде оксигемоглобина ($KHbO_2$) – 180–200 мл/л. Количество химически связанного O_2 прямо зависит

от кислородной емкости крови – КЕК. КЕК, в свою очередь, определяется концентрацией Нв и рассчитывается по формуле:

$$КЕК = [Hb] \times 1,34,$$

где [Hb] – концентрация гемоглобина; 1,34 – константа Гюфнера, она показывает, сколько мл O_2 может присоединить 1 г Нв, если он превратится полностью в оксигемоглобин. КЕК = 19–20 об% (на 100 мл), или 190–210 мл/литр.

Количество химически связанного O_2 также зависит от pO_2 . Эту зависимость показывает кривая диссоциации оксигемоглобина (рисунок 2.2).

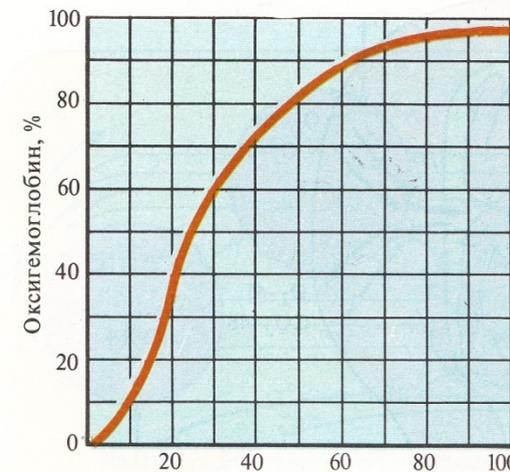


Рисунок 2.2 – Схема кривой диссоциации оксигемоглобина

Кривая имеет S-образную форму. В кривой различают отлогую часть – артериально-легочную и крутую – венозно-тканевую. При pO_2 100 мм рт. ст. количество оксигемоглобина, или насыщение гемоглобина O_2 , составляет 96–98 %. При искусственном увеличении pO_2 в альвеолярном воздухе (например, при вдыхании чистого кислорода) количество оксигемоглобина никогда не достигает 100 %, так как в организме всегда имеется карбогемоглобин и в небольшом количестве окисленный метгемоглобин, а также восстановленный гемоглобин. При падении напряжения кислорода до 60 мм рт. ст. на-

сыщение гемоглобина кислородом составляет 90 %, то есть организм все еще будет в достаточной степени обеспечен кислородом, например, проживая в горах или при полетах на низких высотах (до 1 км).

Сдвиги кривой диссоциации оксигемоглобина. Различают сдвиг кривой вправо и влево. Сдвиг вправо указывает на уменьшение сродства гемоглобина к O_2 . Сдвиг влево – на его увеличение (рисунк 2.3).

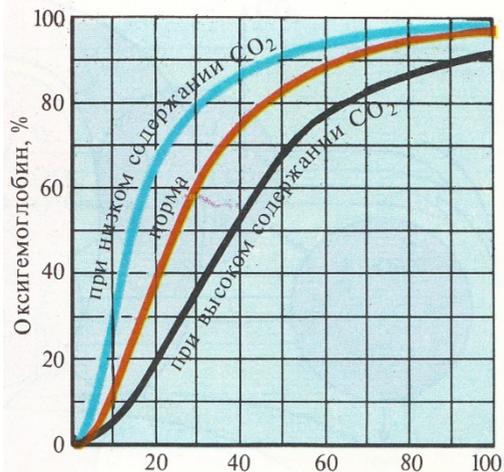


Рисунок 2.3 – Схема сдвигов кривой диссоциации оксигемоглобина

Уменьшение сродства Нв к кислороду имеет место в тканях при повышении температуры, закислении среды, в присутствии CO_2 (эффект Вериги–Бора), АТФ, а также за счет увеличения 2,3-дифосфоглицерата в эритроцитах (промежуточного продукта расщепления глюкозы, количество которого увеличивается при снижении напряжения кислорода в крови). Падение напряжения кислорода в крови при быстром потреблении его тканями является главным фактором, обеспечивающим диссоциацию оксигемоглобина и переход кислорода из капилляров в ткани.

Увеличение сродства гемоглобина к кислороду наблюдается в легких при понижении температуры, защелачивании среды, при уменьшении в крови напряжения CO_2 . Сдвиг кривой влево также характерен для фетального гемоглобина, у которого изначально более высокое сродство к O_2 .

Транспорт углекислого газа

Углекислый газ образуется в клетках в результате обмена веществ. По градиенту парциальных напряжений CO_2 поступает в тканевую жидкость, далее – в плазму капилляров большого круга и затем в эритроциты. В эритроцитах имеется фермент карбоангидраза, он катализирует реакцию образования из CO_2 и H_2O угольной кислоты (H_2CO_3) и её диссоциацию на ионы H^+ и анионы HCO_3^- . Так как CO_2 в эритроцитах из физически растворенного быстро переходит в химически связанное состояние, напряжение его в эритроцитах остается низким. Поэтому все новые и новые порции CO_2 могут заходить в эритроцит. Концентрация анионов HCO_3^- в эритроците увеличивается, и они по химическому градиенту переходят в плазму (мембрана эритроцитов хорошо проницаема для анионов), в плазме они соединяются с катионами Na^+ и образуют бикарбонат натрия ($NaHCO_3$). Анионы хлора, накапливаясь в плазме, переходят в эритроцит по электрическому градиенту, там они соединяются с катионами K^+ , образуя KCl . Вследствие накопления ионов в эритроцит поступает вода по осмотическому градиенту, несколько увеличивая его объем. Свободные ионы H^+ связываются с восстановленным гемоглобином (ННв), который образуется в результате диссоциации оксигемоглобина в тканях. Частично CO_2 соединяется с восстановленным гемоглобином, образуя карбогемоглобин ($ННвCO_2$). В эритроците также образуется немного бикарбонатов калия ($KHCO_3$), а в плазме – угольной кислоты (H_2CO_3). Все эти реакции протекают при высоких напряжениях CO_2 в тканях. В легких, где pCO_2 низкое, а pO_2 высокое, все реакции идут в обратном направлении, а карбоангидраза катализирует в эритроцитах распад H_2CO_3 на H_2O и CO_2 . В физиологии дыхания эти реакции получили название «сопряженное передвижение ионов между плазмой и эритроцитами в тканях и легких» (рисунок 2.4).

Угольная кислота образуется также в лейкоцитах и тромбоцитах (за счет карбоангидразы), но роль этих клеток в транспорте CO_2 невелика, так как они не содержат гемоглобина и их намного меньше. Незначительное количество CO_2 (1–2 %) переносится и белками плазмы.

Таким образом, CO_2 переносится в следующих формах:

1. Физически растворенный в плазме – 40–45 мл/литр.
2. В виде карбогемоглобина в эритроцитах – 55 мл/л.

3. Больше всего в виде бикарбоната натрия в плазме (340 мл/л), немного в виде бикарбоната калия (140 мл/л) в эритроцитах и угольной кислоты (15 мл/л) в плазме. Всего венозная кровь переносит в среднем 580 мл/л CO_2 .

В лёгких

В тканях

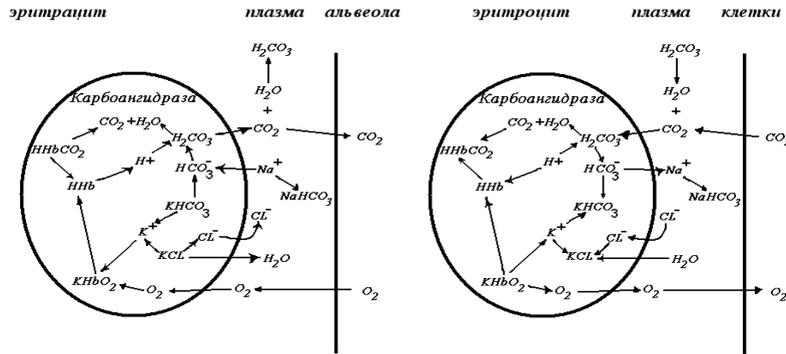


Рисунок 2.4 – Сопряженное передвижение ионов между плазмой и эритроцитами в тканях и легких

Наиболее мобильным при газообмене в легких и в тканях является CO_2 , физически растворенный в плазме и связанный с гемоглобином в эритроцитах.

Важно отметить, что небольшое увеличение напряжения углекислого газа в артериальной крови оказывает благоприятное влияние на организм: увеличивает кровоснабжение мозга, миокарда, стимулирует процессы биосинтеза и регенерации поврежденных тканей. CO_2 выводится из организма в основном легкими – 98 %; 0,5 % – почками, около 2 % CO_2 выделяется кожей в виде бикарбонатов (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Показатели содержания газов в крови

Показатели	Транспорт O_2		Транспорт CO_2	
	арт. кровь	вен. кровь	арт. кровь	вен. кровь
Кол. газов (мл/л)	180–200	120–150	500–520	550–580
Напряжение газов (мм рт. ст.)	100	40	40	46
KNbO_2 (%)	96–98	60	-	-

Регуляция дыхания

Функциональное назначение регуляции дыхания и основные принципы регуляции

Регуляция дыхания в широком смысле включает процессы регуляции на всех этапах дыхания:

1. Регуляция внешнего дыхания.
2. Регуляция системы кровообращения.
3. Регуляция системы крови.
4. Регуляция внутреннего тканевого дыхания или обмена веществ.

В настоящем пособии будут рассматриваться вопросы преимущественно регуляции внешнего дыхания (остальные системы получили специальное освещение в соответствующих разделах: физиология крови, физиология сердечнососудистой системы, физиология обмена веществ). Следует подчеркнуть, что для всех механизмов регуляции дыхания системно объединяющим фактором является поддержание постоянства газового состава артериальной крови.

Функциональное назначение регуляции внешнего дыхания заключается в следующих принципах:

1. Создание ритмичности дыхания – правильного чередования вдоха и выдоха. В этом состоит принцип автономности дыхания.

2. Согласование ритмики внешнего дыхания с функциональным состоянием организма, а также с содержанием O_2 и CO_2 в окружающем воздухе. В покое дыхание более редкое и поверхностное. При физической нагрузке и эмоциональном напряжении дыхание становится более частым и глубоким. В душном помещении даже в покое частота и глубина дыхания увеличиваются. В этом заключается принцип саморегуляции дыхания.

3. Согласование дыхания с речью и произвольное управление дыхательными движениями. Человек произносит слова на выдохе, может сделать глубокий вдох, выдох или задержать дыхание на какое-то время, способен обучиться дыхательной гимнастике. В этом состоит принцип произвольности дыхания.

Регуляция внешнего дыхания – нейрогуморальная. Нервные механизмы доминируют. В основе нервной регуляции лежит рефлекс – ответная реакция организма на раздражение чувствительных рецепторов при участии ЦНС. Морфологической основой рефлекса

является рефлекторная дуга с её пятью компонентами. Эфферентным звеном в рефлекторных дугах являются дыхательные мышцы, которые иннервируются двигательными нервами, образованными аксонами мотонейронов.

Дыхательный центр, его уровни и их характеристика

Дыхательный центр – это совокупность нейронов, расположенных на различных уровнях ЦНС и принимающих участие в регуляции дыхания (рисунок 2.5).

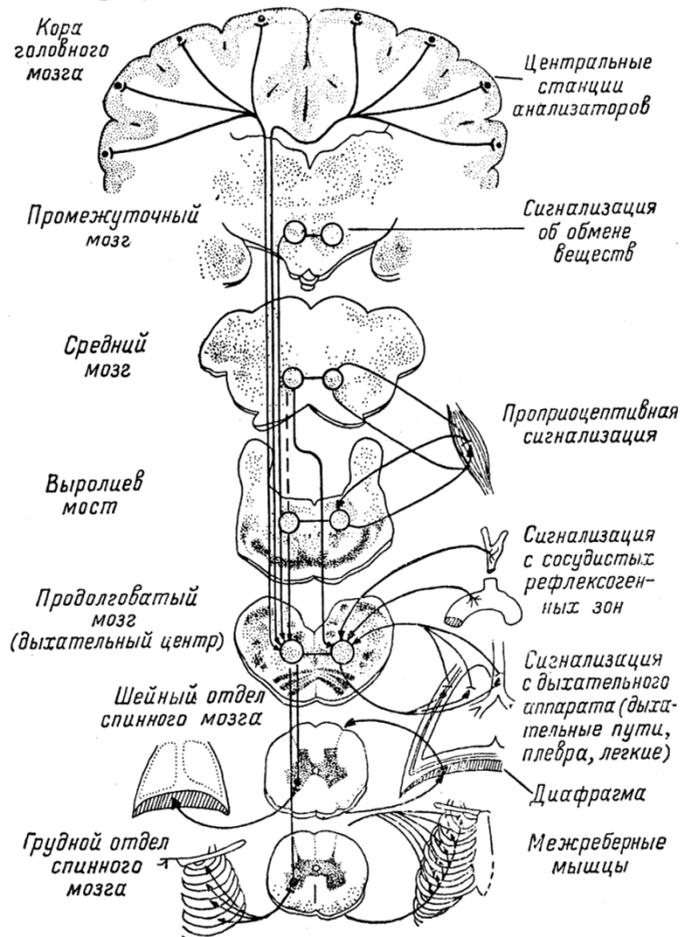


Рисунок 2.5 – Уровни дыхательного центра

Первый уровень, спинальный – это спинномозговой дыхательный центр. Он образован мотонейронами дыхательных мышц. Это мотонейроны передних рогов спинного мозга – центры диафрагмальных, межреберных нервов и нервов других вспомогательных дыхательных мышц. Разрушение спинного мозга, отделение его от головного вызывает остановку дыхания из-за паралича дыхательных мышц. При разрыве спинного мозга ниже 3–5 шейных сегментов (центров диафрагмальных нервов) диафрагмальное дыхание сохраняется, а грудное дыхание выключается, так как центры межреберных мышц находятся в грудных сегментах спинного мозга, которые вовлекаются в явление спинального шока.

Мотонейроны, иннервирующие межреберные мышцы, расположены в грудных сегментах (Th2 –Th6 – мотонейроны инспираторных мышц, Th8 – Th10 – экспираторных).

Второй уровень – это продолговатый мозг. Здесь находится главный бульбарный дыхательный центр. Нейроны последнего располагаются на дне IV-го желудочка в медиальной части ретикулярной формации, образуя вентральную и дорзальную дыхательные группы. В этом центре выделяют инспираторные и экспираторные нейроны. Они связаны между собой реципрокно: если инспираторные нейроны возбуждаются, то экспираторные – тормозятся, и наоборот. Инспираторные и экспираторные нейроны, в свою очередь, делятся на «ранние» и «поздние». Каждый дыхательный цикл начинается с активации «ранних» инспираторных нейронов, затем возбуждаются «поздние» инспираторные нейроны. Так же последовательно возбуждаются ранние и поздние экспираторные нейроны, которые тормозят инспираторные клетки и прекращают вдох.

Современные исследования показали, что в продолговатом мозге отсутствует четкое деление на инспираторный и экспираторный отделы, а имеются скопления дыхательных нейронов с определенной функцией.

Нейроны, обеспечивающие вдох, как клетки ретикулярной формации обладают автоматизмом (способностью к ритмическому самовозбуждению), чувствительны к химическим влияниям (повышению концентрации угольной кислоты в спинномозговой жидкости), притягивают к себе импульсы, идущие от хемо-, вестибуло-, проприоцепторов, тактильных, температурных, болевых, висцераль-

ных рецепторов в составе восходящих путей, и сигналы, идущие по нисходящим путям продолговатого мозга; прямо связаны с альфа-мотонейронами дыхательных мышц вдоха.

Большинство экспираторных нейронов являются антиинспираторными и только часть их посылают свои импульсы к мышцам выдоха. Они возбуждаются под влиянием нейронов варолиевого моста и афферентной импульсации блуждающих нервов.

На уровне продолговатого мозга замыкаются безусловные рефлексы саморегуляции дыхания. Разрушение продолговатого мозга или отделение его от спинного мозга вызывают остановку дыхания. С другой стороны, отделение продолговатого мозга от вышележащего центра варолиевого моста нарушает ритмику дыхания, затягивая и углубляя вдохи.

Третий уровень – пневмотаксический центр варолиева моста. Этот центр обеспечивает правильное чередование вдоха и выдоха, так как усиливает реципрокные взаимоотношения между инспираторными и экспираторными нейронами продолговатого мозга. Дыхательные нейроны продолговатого мозга и варолиева моста связаны между собой восходящими и нисходящими нервными путями и функционируют согласованно. Получив импульсы от инспираторных нейронов продолговатого мозга, пневмотаксический центр посылает сигналы к экспираторным нейронам продолговатого мозга, возбуждая их. Инспираторные нейроны тормозятся. При разрушении пневмотаксического центра нарушается плавность дыхания – наблюдаются глубокие, затянутые вдохи на фоне более коротких и резких выдохов.

Предполагается, что варолиев мост включает также апнестический центр, который стимулирует инспираторные нейроны, обеспечивая судорожное дыхание. Однако точная роль этого центра в регуляции дыхания все ещё не установлена.

Таким образом, первые три уровня дыхательного центра абсолютно необходимы для нормальной ритмики дыхания. Вышележащие уровни дыхательного центра осуществляют тонкую регуляцию дыхания и включаются по мере необходимости. Эти отделы образуют подвижные ассоциации (объединения) дыхательного центра. К ним относятся следующие отделы ЦНС (рисунок 2.6):

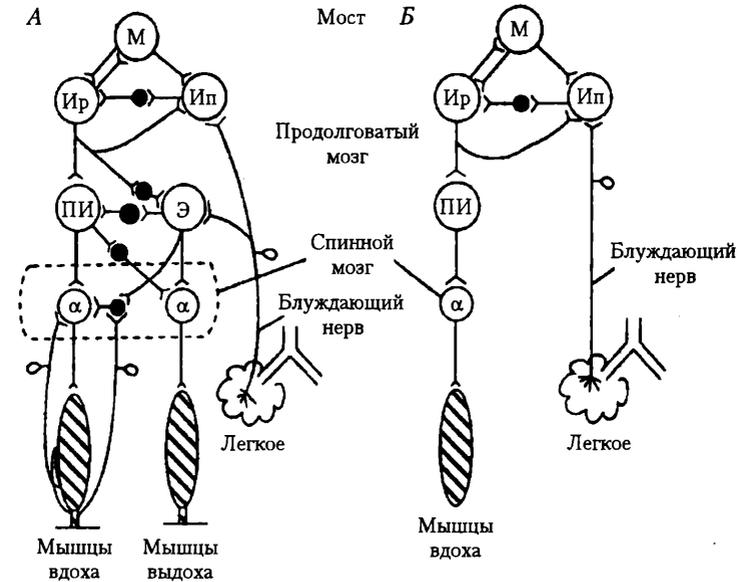


Рисунок 2.6 – Механизмы регуляции ритмики дыхания

- *Средний мозг и мозжечок*, регулируя тонус всей мускулатуры организма, в том числе и дыхательной, участвуют в согласовании ритмики дыхания с позой и движениями тела.

- *Гипоталамус* – принимает участие в межсистемном согласовании внешнего дыхания с другими вегетативными функциями (кровообращением, пищеварением, выделением, кроветворением и обменом веществ), простыми поведенческими реакциями и эмоциями, а также выполняет интегративную роль в регуляции частоты и глубины дыхания при физической нагрузке.

- *Кора головного мозга* согласовывает дыхание с речью, сложными поведенческими реакциями по типу условных рефлексов (например, усиление дыхания у спортсмена перед стартом), отвечает за произвольный характер дыхания. При физической нагрузке, благодаря коре, интенсивность дыхания становится адекватной потребностям организма в кислороде. В коре расположен высший отдел дыхательного центра, который координирует деятельность всех нижележащих отделов. С помощью пирамидного тракта кора прямо контролирует активность альфа-мотонейронов дыхательных

мышц – может произвольно возбуждать и тормозить альфа-мотонейроны. Однако она не в состоянии вызвать торможение дыхательных мотонейронов в течение длительного времени. Нарушение газового состава артериальной крови (гипоксемия, гиперкапния и ацидоз) через хеморецепторы активирует инспираторные нейроны, после чего начинается вдох и дыхательная активность возобновляется. Своеобразие функции внешнего дыхания состоит в том, что она одновременно и автоматическая и произвольно управляемая.

Основные рефлексогенные зоны и дыхательные рефлексы

Рефлексы с хеморецепторов. Различают периферические и центральные хеморецепторы. Периферические хеморецепторы расположены в артериальных сосудах. Наиболее важные рефлексогенные зоны для периферических хеморецепторов это дуга аорты и каротидный синус. Хеморецепторы возбуждаются при снижении напряжения O_2 (PO_2) в артериальной крови (гипоксемия); при повышении напряжения CO_2 (PCO_2) в артериальной крови (гиперкапния); при увеличении концентрации H^+ ионов в крови (ацидоз). Все три сдвига одновременно имеют место при асфиксии (удушении). При гипоксии же наблюдается только гипоксемия без гиперкапнии. Сигналы от хеморецепторов поступают по афферентным нервам (аортальному и каротидному) в продолговатый мозг и возбуждают дыхательные нейроны, дыхание становится частым и глубоким.

Стимуляция дыхания при снижении напряжения кислорода опосредована исключительно периферическими хеморецепторами (рисунок 2.7). Влияние CO_2 с этих хеморецепторов выражено меньше, нежели O_2 . Тем не менее, гипоксемия стимулирует дыхание значительно больше, если она сопровождается гиперкапнией. Гиперкапния углубляет дыхание, а гипоксемия учащает его. Аортальные хеморецепторы влияют на дыхание слабее, чем каротидные, и имеют большее значение в регуляции кровообращения.

Центральные хеморецепторы расположены в продолговатом мозге латеральнее пирамид вблизи от дыхательных нейронов. Они возбуждаются при увеличении концентрации угольной кислоты в спинномозговой жидкости. Гиперкапния и ацидоз стимулируют, а гипокапния и алкалоз – тормозят центральные хеморецепторы. Центральные хеморецепторы реагируют на изменения напряжения

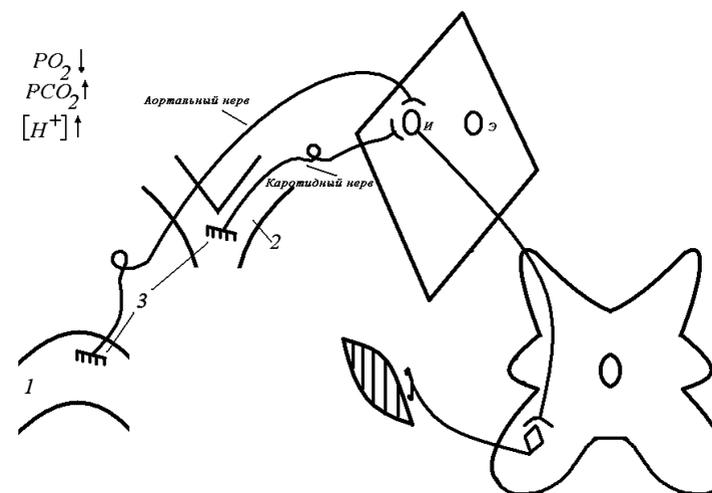


Рисунок 2.7 – Схема рефлекса с хеморецепторов: 1 – дуга аорты; 2 – каротидный синус; 3 – хеморецепторы

CO_2 в артериальной крови позже, чем периферические хеморецепторы, так как для диффузии CO_2 из крови в спинномозговую жидкость и далее в ткань мозга необходимо больше времени. Центральные хеморецепторы так же, как и периферические, стимулируют инспираторные нейроны дыхательного центра и вызывают гиперпноэ.

Роль избытка углекислого газа в крови в качестве гуморального стимулятора дыхательного центра наглядно демонстрируют опыт Фредерика и опыт Холдена (см. практические работы 2 и 8).

Гипокапния – снижение напряжения CO_2 в артериальной крови – может вызвать временную остановку дыхания – апноэ. У человека апноэ наблюдается после искусственной гипервентиляции.

Рефлексы с механорецепторов. Рефлекс Геринга–Брейера начинается с механорецепторов растяжения легких (это медленно адаптирующиеся рецепторы). Они расположены в стенке трахеи и бронхов, возбуждаются во время вдоха, когда легкие с воздухоносными путями растягиваются. Импульсы от механорецепторов по афферентным веточкам блуждающего нерва поступают в дыхательный центр продолговатого мозга и через тормозные клетки тормозят инспираторные нейроны (рисунок 2.8). Это вызывает торможение альфа-мотонейронов инспираторных мышц, мышцы расслабляются

и вдох сменяется выдохом. Рефлекс Геринга–Брейера тормозит вдох и способствует наступлению выдоха. Во время выдоха легкие сжимаются, механорецепторы растяжения перестают возбуждаться и тормозить инспираторные нейроны. Последние снова начинают возбуждаться, так как обладают автоматизмом, чувствительны к химическим раздражителям и активирующим восходящим и нисходящим влияниям. Выдох сменяется вдохом. Таким образом, рефлекс Геринга–Брейера поддерживает ритмику дыхания – чередование вдоха и выдоха. У взрослого человека рефлекс Геринга–Брейера в чистом виде проявляется во время глубокого сна, под наркозом и в бессознательном состоянии, когда отключены подвижные ассоциации дыхательного центра. Рефлекс Геринга–Брейера всегда проявляется у новорожденных младенцев.

Рефлекс Геринга-Брейера

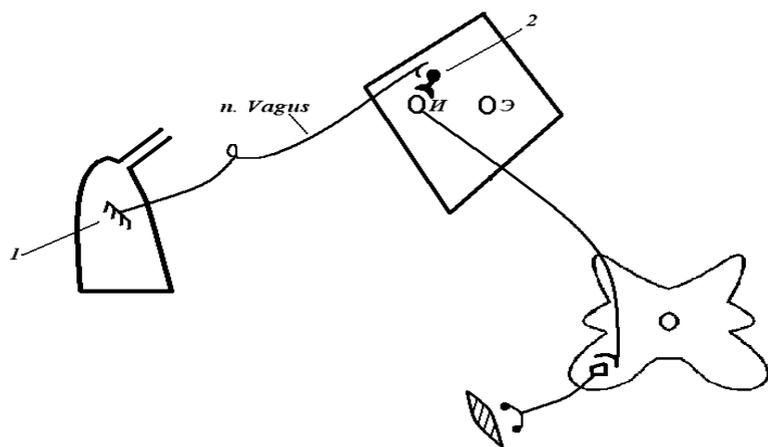


Рисунок 2.8 – Схема рефлекса с механорецепторов: 1 – механорецепторы растяжения; 2 – тормозной нейрон

При глубоком выдохе возбуждаются механорецепторы легких на сжатие, это приводит к возбуждению инспираторных нейронов дыхательного центра и происходит вдох, что также поддерживает ритмику дыхания.

Парадоксальный эффект Хеда. При неравномерной вентиляции легких увеличение объема части альвеол возбуждает быстро-

адаптирующиеся ирритантные рецепторы растяжения легких, что вызывает быстрый и глубокий вдох, способствуя перемешиванию воздуха в легких.

Рефлексы с верхних дыхательных путей. Эти рефлексы делятся на регуляторные и защитные.

Регуляторные рефлексы поддерживают нормальную ритмику дыхания. Во время вдоха, когда воздух поступает по воздухоносным путям в легкие, возбуждаются механорецепторы, сигналы от которых тормозят вдох и облегчают выдох; во время выдоха, наоборот, включаются рецепторы, тормозящие выдох и облегчающие вдох.

Защитные рефлексы – кашель, чихание. Эти рефлексы начинаются с механо- и хеморецепторов воздухоносных путей (ирритантные, быстро адаптирующиеся рецепторы). Они реагируют на пылевые твердые частицы и едкие химические вещества. Импульсы от рецепторов в составе афферентных веточек блуждающего и тройничного нервов поступают соответственно в центры кашля и чихания продолговатого мозга. Человек делает глубокий вдох, затем резкий активный выдох при закрытой вначале голосовой щели. Струя воздуха под давлением направляется через рот – кашель, через нос – чихание. Воздухоносные пути очищаются. Результатом раздражения ирритантных рецепторов также является частое, поверхностное дыхание или рефлекс бронхострикции (сужения бронхов). В целом защитные рефлексы препятствуют попаданию инородных частиц в нижние дыхательные пути, что особенно важно в связи с ухудшением экологических условий и загрязнением атмосферы.

Рефлексы с propriоцепторов дыхательных мышц. Это мышечные веретена и сухожильные рецепторы Гольджи, расположенные в межреберных мышцах и мышцах брюшной стенки. При сокращении дыхательных мышц во время вдоха возбуждаются propriоцепторы сухожилий – тельца Гольджи. Они тормозят альфа-мотонейроны что облегчает выдох. Во время выдоха при расслаблении дыхательных мышц возбуждаются мышечные веретена, которые возбуждают альфа-мотонейроны дыхательных мышц и облегчают вдох. Однако рефлексы с propriоцепторов на уровне спинного мозга не в состоянии самостоятельно поддержать ритмику дыхания без регуляторных влияний вышележащих отделов дыхательного центра. Посылая сигналы в головной мозг по восходящим путям,

рефлексы с проприорецепторов регулируют силу сокращения дыхательных мышц в зависимости от их исходной длины и оказываемого им сопротивления самой дыхательной системой, а также позволяют человеку чувствовать и оценивать затруднения в работе аппарата внешнего дыхания.

Таким образом, *природа ритмической активности дыхательного центра*, или правильное чередование вдоха и выдоха обеспечивается целым комплексом регуляторных механизмов. В основе его лежат реципрокные отношения инспираторных и экспираторных нейронов продолговатого мозга, а также влияние пневмотаксического центра, который усиливает эти реципрокные отношения. Рефлекс Геринга–Брейера обрывает вдох и способствует наступлению выдоха, рефлексы с проприорецепторов и рецепторов воздухоносных путей помогают чередованию вдоха и выдоха; рефлексы с хеморецепторов, особенно в ответ на повышенное напряжение CO_2 в артериальной крови, способствуют наступлению вдоха после выдоха; такое же стимулирующее влияние на инспираторные нейроны оказывает возбуждение экстерорецепторов и других активирующих влияний ретикулярной формации. Действие других стимулов изменяет ритм дыхания.

Рефлексы с J-рецепторов – «юкстакапиллярных» рецепторов легких

Эти рецепторы находятся в интерстициальном пространстве альвеол и дыхательных бронхов, вблизи от капилляров. Импульсы от J-рецепторов при повышении давления в малом круге кровообращения, или увеличении объема интерстициальной жидкости в легких (отек), или эмболии мелких легочных сосудов, а также при действии биологически активных веществ (никотина, простогландинов, брадикинина, гистамина) по афферентным волокнам блуждающего нерва поступают в дыхательный центр – дыхание становится частым и поверхностным (одышка).

Возбуждение холодных рецепторов в верхних дыхательных путях оказывает слабое тормозное влияние на дыхание. Раздражение обонятельных рецепторов пахучими веществами вызывает короткие вдохи – принюхивание. Сильное раздражение слизистых оболочек воздухоносных путей (едкие пары аммиака, инородные тела), возбуждая окончания тройничного нерва, может вызвать апное (оста-

новку дыхания). При действии воды на область нижних носовых ходов возникает рефлекс ныряльщика – рефлекторное апноэ (это защитный рефлекс).

Сильное возбуждение тепловых или холодных рецепторов кожи сопровождается возбуждением дыхательного центра и усилением дыхания. Однако погружение человека в холодную воду тормозит выдох – и возникает затяжной вдох. Повышение температуры тела при заболеваниях также приводит к увеличению вентиляции легких. Незначительное понижение температуры тела стимулирует дыхание, а глубокая гипотермия угнетает дыхательный центр.

Повышение АД увеличивает афферентную импульсацию в синокаротидном и аортальном нервах, что приводит к некоторому угнетению дыхательного центра и ослаблению вентиляции легких. Напротив, при снижении АД дыхание несколько усиливается.

Некоторые гормоны (адреналин, прогестерон при беременности) усиливают дыхание.

К физиологическому нарушению ритма дыхания можно отнести **зевание**. **Зевание** – это рефлекторный дыхательный акт, для которого характерно: глубокий затянутый вдох и относительно быстрый выдох, широко открытые рот, зев, голосовая щель; оно зачастую сопровождается своеобразным звуком.

Условия возникновения зевания:

- Сонливое состояние.
- Пребывание в душном помещении.
- Гиподинамия (ослабление мышечной активности).
- Утомление.
- Сердечнососудистая недостаточность.
- Легко возникает в виде зеркально нейронной реакции как раздражительный рефлекс.

Зевание помогает снять физическую усталость и ослабить психическую нагрузку, способствует обновлению воздуха в легких, поддерживает баланс кислорода и углекислого газа в организме; при заложенности ушей расправляет каналы, ведущие в гайморовы пазухи и евстахиевы трубы, а также помогает адаптации организма к смене часовых поясов. Зевание присуще не только уже родившемуся человеку, зевает даже плод в утробе матери. Зевание – характерная черта для многих позвоночных животных.

Влияние изменений атмосферного давления на организм.

Высокогорная гипоксия

Гипербария – повышенное атмосферное давление.

В естественных условиях гипербария действует на организм при погружении на глубину (шахты, водолазные работы). Под водой при погружении на каждые 10 метров необходимо повышать давление вдыхаемого воздуха на 1 атмосферу. Основные водолазные работы чаще проводят на глубине до 10–30 метров. Отдельные водолазы-рекордсмены пробовали погружаться на глубину 100 м и более. Для обеспечения вдоха водолазу надо подавать воздушную смесь под давлением, равном давлению на данной глубине, иначе вдох невозможен, так как вода сдавливает грудную клетку. Искусственная гипербария также имеет место в гипербарических барокамерах. Человек не может бесконечно глубоко погружаться на глубину или переносить очень высокое барометрическое давление, так как это сопряжено со значительным повышением парциальных давлений всех газов. Резкое повышение парциального давления азота приводит к тому, что он, растворяясь в больших количествах в крови, начинает оказывать наркотическое влияние на организм. Поэтому при водолазных работах в искусственных дыхательных газовых смесях стали заменять азот гелием, растворимость которого намного меньше. Даже кислород, поступая в организм под очень высоким парциальным давлением (более 3 атм), начинает оказывать токсическое действие. Парциальное давление кислорода в искусственных газовых смесях должно соответствовать обычной его величине в альвеолах – 100 мм рт. ст.

Гипероксию (повышенное поступление O_2 в организм) используют в медицине с лечебными целями (кислородные подушки, гипербарические барокамеры) в умеренных количествах. Выраженная гипероксия действует на организм отрицательно: во-первых, кислород под высоким давлением может вызвать ожог воздухоносных путей и альвеол легких; во-вторых, растворяясь под очень высоким давлением в артериальной крови, O_2 диффундирует в ткани, создавая высокое напряжение в клетках. Это может вызвать паралич дыхательного центра, остановку дыхания и смерть, а также блокировать тканевые окислительные ферменты по типу вторичной гипоксической гипоксии, что тоже губительно для организма.

Декомпрессия – это действие на организм перепадов давления – от высокого к низкому. Данное явление можно наблюдать при подъеме водолаза с большой глубины, а также при разгерметизации самолета на очень большой высоте и, в резко выраженной форме, при разгерметизации космического корабля. В таких ситуациях газы в крови из растворенного состояния переходят в свободное, образуя пузырьки (как в бутылке шампанского после её открытия). Это может вызвать газовую эмболию одновременно во многих органах, включая жизненно важные, и погубить организм. При этом у человека в первую очередь страдает ЦНС вследствие нарушения ее кровоснабжения. Субъективно возникают боли в разных участках тела и во внутренних органах, могут нарушаться слух, зрение, появляются головокружение, рвота, одышка, потеря сознания, в тяжелых случаях возникают параличи. Весь симптомокомплекс получил название кессонная болезнь. В такой ситуации водолаза следует быстро снова погрузить на глубину и затем подъем проводить очень медленно, или после подъема водолаза сразу надо поместить в гипербарическую камеру, а потом медленно снижать давление, чтобы газы успевали выводиться из организма.

Гипобария – пониженное барометрическое давление.

В естественных условиях гипобария оказывает влияние на организм при подъеме на высоту (на вертолетах, небольших самолетах без искусственной вентиляции и высоко в горах). Искусственная гипобария действует на организм в гипобарических барокамерах. При действии пониженного атмосферного давления на организм имеют значение скорость и величина перепадов давления. Основными факторами в механизме действия гипобарии являются сниженные парциальные давления O_2 и CO_2 . При этом влияние гипоксии преобладает.

Гипоксия – недостаточное снабжение тканей O_2 . По классификации Баркрофта выделяют 4 типа гипоксии:

1. **Гипоксемическая гипоксия**, которая вызывается уменьшением диффузии O_2 из альвеолярного воздуха в кровь и уменьшением напряжения O_2 в артериальной крови (гипоксемия). Гипоксемическая гипоксия в свою очередь делится на:

- гипоксическую гипоксию, вызванную снижением содержания O_2 во вдыхаемом воздухе. Это может быть следствием сни-

жения pO_2 на высоте, в гипобарических камерах, снижением концентрации O_2 в замкнутых помещениях, бомбоубежищах, космических кораблях при нарушении их нормальной вентиляции, при вдыхании искусственных гипоксических газовых смесей;

- патологическую гипоксию из-за затруднения вентиляции легких (вследствие нарушения проходимости воздухоносных путей, при поражениях грудной клетки, дыхательной мускулатуры, нарушении их нормальной иннервации, одностороннем и частичном плевнотораксе), также из-за нарушения диффузии O_2 из альвеолярного воздуха в кровь (пневмония, пневмосклероз, отек легких).

2. *Анемическая гипоксия* – вызывается уменьшением кислородной емкости крови, что может быть вызвано снижением количества эритроцитов и гемоглобина в крови или появлением патологических соединений Нв (карбоксигемоглобин, метгемоглобин).

3. *Циркуляторная гипоксия* – возникает вследствие уменьшения скорости доставки O_2 к тканям за счет сердечнососудистой недостаточности при застойных явлениях в кругах кровообращения.

4. *Гистотоксическая гипоксия* – ткани не в состоянии использовать поступающий кислород, так как блокированы тканевые окислительные ферменты. Такая гипоксия может быть вызвана отравлением цианистым калием.

Наша республика – горная, поэтому большое место в научно-практических исследованиях медицины занимает высокогорная гипоксия.

Классификация высот

1. *Низкогорье* – высота до 1000 м над уровнем моря. В условиях низкогорья имеет место очень небольшая гипоксия, которую большинство здоровых людей не ощущает, и где человек чувствует себя так же, как на уровне моря.

2. *Среднегорье* – высота от 1000 до 2500 м над уровнем моря. На такой высоте большинство здоровых людей в покое гипоксию не замечают, но при дополнительной нагрузке в первые дни после попадания в условия среднегорья начинают ощущать недостаток O_2 в атмосферном воздухе в виде головокружения, сердцебиения, одышки, повышенной утомляемости. Лица, страдающие заболеваниями си-

стем дыхания, кровообращения, крови, еще более подвержены влияниям среднегорной гипоксии в первые дни пребывания на высоте, так как у них гипоксическая гипоксия отягощается патологическими формами гипоксии, пока не включатся стойкие приспособительные механизмы. Во многих работах показано, что умеренная гипоксия среднегорья оказывает саногенный (оздоравливающий) эффект на организм – «тренирующее» влияние среднегорья.

3. *Высокогорье* – высота выше 2500 м над уровнем моря. Выделяют:

- обжитое высокогорье – до 3500–4000 м над уровнем моря, где еще встречаются населенные пункты с постоянными жителями высокогорья, или аборигенами больших высот;
- снежное высокогорье – выше 4000 м над уровнем моря, куда периодически поднимаются овцеводы в летний период для выпаса скота, горнодобытчики и альпинисты.

В условиях высокогорья на организм животных и человека действует высокогорная гипоксическая гипоксия, к которой, в зависимости от индивидуальной чувствительности и высоты местности, может возникнуть приспособление – адаптация, либо имеет место невозможность адаптации и развивается горная болезнь.

На большой высоте на организм человека и животных оказывает влияние заметная гипобария и особенно – уменьшение парциального давления O_2 и CO_2 (процентный состав атмосферного воздуха не изменяется). К комплексу воздействующих факторов высокогорья также относятся: снижение внешней температуры по мере повышения высоты, резкие колебания суточной и сезонной температуры, ветра, сухость воздуха, повышенная ультрафиолетовая (солнечная) и ионизирующая радиация. Различные горные регионы отличаются спецификой геоклиматических и биологических особенностей: химическим составом почвы, воды, пищи, ландшафта, характера растительности, количеством и характером микробной флоры, животного мира и др.

Приспособление к комплексу климатических факторов высокогорья получило название акклиматизации. Выделяют:

- кратковременную индивидуальную акклиматизацию;
- хроническую генетическую акклиматизацию.

В качестве критерия индивидуальной адаптации и акклиматизации служат стабилизация основных физиологических параметров

и нормальная работоспособность. К критериям генетической адаптации, кроме этого, относят возможность воспроизведения нормального жизнеспособного потомства. Основные механизмы приспособления к высотной гипоксии включают поведенческие реакции, физиолого-биохимические процессы и морфологические изменения.

В раннюю фазу адаптации к высокогорью включаются системы, направленные на борьбу за O_2 : учащение сердцебиений, увеличение МОС (минутного объема сердца), МОД (минутного объема дыхания), ОЦК (объема циркулирующей крови), относительный эритроцитоз и увеличение КЕК (кислородной емкости крови) за счет выброса крови из депо, перераспределение крови в пользу жизненно важных органов (мозга, сердца, легких). Тем не менее, наблюдаемая в горах первоначальная гипоксическая стимуляция дыхания приводит к вымыванию углекислоты из крови и развитию дыхательного алкалоза. Гипоксия сочетается с гипокапнией, что способствует увеличению рН внеклеточной жидкости мозга. На что центральные хеморецепторы реагируют резким снижением своей активности. Это вызывает настолько существенное торможение нейронов дыхательного центра, что он становится нечувствительным к стимулам, исходящим от периферических хеморецепторов. Несмотря на сохраняющуюся гипоксию, гиперпнозное постепенно сменяется непроизвольной гиповентиляцией, что в определенной степени способствует сохранению необходимого количества углекислоты в организме.

В раннюю стадию адаптации к высокогорью работоспособность человека снижена, при перегрузках может возникнуть дизадаптация (расстройство адаптации). По классификации М.М. Миррахимова, эта фаза адаптации получила название **аварийная**. В среднем она продолжается две недели. Вторая фаза адаптации – **переходная**: при этом основные показатели ЧСС и дыхания нормализуются в состоянии покоя, однако при нагрузках происходит их дестабилизация и возвращение аварийной ситуации. В этой фазе адаптации уже заметно усилен эритроцитоз, имеет место абсолютный эритроцитоз и повышение КЕК. Гипертензия малого круга приводит к гипертрофии правого желудочка. К концу месяца пребывания на высоте наступает фаза **стабилизации**: показатели стабилизируются на более экономном уровне – умеренно снижены ЧСС, МОС, АД, МОД, хотя остается увеличенной КЕК за счет абсолютного эритроцитоза и увеличения концентрации гемогло-

бина, сохраняются гипертензия малого круга и гипертрофия правого желудочка, но без прогрессивного её увеличения.

Основным фактором долговременной акклиматизации к условиям высокогорья являются повышение содержания углекислоты и понижение содержания кислорода в крови на фоне уменьшения чувствительности периферических хеморецепторов к гипоксии. В эту фазу на первый план выступают тканевые приспособительные механизмы: возросшее количество капилляров, увеличение концентрации миоглобина, числа митохондрий, изменение активности ферментов. Ткани приобретают способность лучше утилизировать O_2 , несмотря на сниженное его напряжение. Одним из механизмов, позволяющим горцам в условиях гипоксии повысить отдачу кислорода тканям и сохранить углекислоту, является повышенная способность образования у них метаболита глюкозы – 2,3-дифосфоглицерата, который снижает сродство гемоглобина к кислороду.

Акклиматизация к высокогорью и адаптация к высотной гипоксии зависят от высоты местности и индивидуальной чувствительности организма. Если не срабатывают адаптивные механизмы, то может развиваться горная болезнь. На очень больших высотах горной болезни могут быть подвержены все лица. На более умеренных высотах горная болезнь может возникнуть у лиц с повышенной чувствительностью к гипоксии или у лиц, отягощенных другими формами гипоксии. Начальным признаком острой горной болезни является легкая эйфория (из-за гипоксии коры головного мозга), которая очень быстро может смениться головокружением, головной болью с тошнотой и рвотой, носовыми кровотечениями, утратой координации. Смерть наступает либо от паралича дыхательного центра, либо от отека легких вследствие развития резкой гипертензии малого круга. Неотложная помощь при острой горной болезни: дыхание с помощью кислородной подушки, быстрый спуск с высоты вниз.

Особенности системы дыхания стареющего организма

Снижение эластичности реберных хрящей и атрофия дыхательных мышц приводят к ограничению подвижности грудной клетки; уменьшаются масса, эластичность и растяжимость легких – все это способствует снижению жизненной емкости легких в среднем на $17,5 \text{ см}^3/\text{м}^2$ площади поверхности тела в год. Уменьшение жизненной

емкости легких в меньшей степени связано со снижением дыхательного объема и в большей – с уменьшением резервных объемов вдоха и особенно выдоха. Так, к 90 годам резервный объем вдоха снижается в 2, а резервный объем выдоха – в 3 раза. В результате этого увеличивается доля остаточного объема от общей емкости легких. У людей в возрасте 20–29 лет остаточный объем составляет 25 %, в 59–60 лет – 44 %, а в 90 лет – более 50 % общей емкости легких. В покое парциальное давление кислорода в альвеолах остается неизменным, чему способствует учащение дыхания. Вместе с тем показатель максимальной вентиляции легких уменьшается более чем в 2 раза, соответственно снижаются и резервные возможности дыхания. Увеличение сопротивления дыхания вследствие снижения бронхиальной проходимости ведет при форсированном дыхании к ограничению вентиляции легких. В этих условиях объемная скорость выдоха и вдоха после 80 лет уменьшается соответственно в 2,2–2,7 и 1,5–2 раза.

Развиваются существенные изменения альвеоло-капиллярного газообмена. В то время как парциальное давление кислорода в легких к старческому возрасту почти не изменяется, его напряжение, и содержание в артериальной крови заметно снижаются: насыщение артериальной крови кислородом после 60 лет на 5–7 % меньше, чем в зрелом возрасте. Напряжение кислорода в артериальной крови 60-летнего человека соответствует такого же рода параметру молодого человека, находящегося на высоте 1,2–2,0 км над уровнем моря. Это связано в основном с ухудшением условий диффузии кислорода из легких в кровь, что может быть обусловлено несколькими факторами: 1) уменьшением количества альвеол (к 70 годам – примерно на 40 %); 2) увеличением неравномерности вентиляции легких; 3) ухудшением кровоснабжения альвеол и соотношения между вентиляцией и кровотоком; 4) снижением площади диффузии и увеличением расстояния диффузии, т. е. пути, проходимого молекулами кислорода от альвеол до стенок кровеносных капилляров. В результате диффузионная способность легких к 60 годам снижается примерно на 30 %.

Таким образом, для поглощения кровью определенного количества кислорода из легких необходимо увеличение их вентиляции по сравнению с уровнем зрелого возраста. Содержание в эритроцитах крови 2,3-дифосфоглицерата у пожилых и старых людей увеличи-

вается, что облегчает отдачу кислорода в крови, т.е. кривая диссоциации оксигемоглобина сдвигается вправо. Перестраивается и регуляция дыхания: увеличивается чувствительность хеморецепторов каротидных телец к CO_2 и снижается чувствительность рецепторов растяжения легких, что в целом способствует поддержанию адекватной вентиляции легких. Так, возрастная активация хеморецепторов, учащение дыхания и улучшение диссоциации оксигемоглобина в определенной степени компенсируют структурные и функциональные изменения системы дыхания. Эти механизмы включаются в состоянии покоя. При предъявлении же к организму повышенных требований (например, при мышечной работе или при снижении содержания кислорода во вдыхаемом воздухе) ограничение функционального резерва дыхания существенно снижает адаптационные возможности организма. Известно, в частности, что в возрасте 20–40 лет максимальная физическая нагрузка может вызвать девятикратное повышение потребления кислорода. Однако с 26 до 63 лет максимальное потребление кислорода снижается почти в 2 раза.

Особенности системы дыхания в детском возрасте

Вентиляция легких. Органом внешнего дыхания у плода является плацента. К ней по пупочным артериям поступает смешанная кровь из брюшной аорты. В плаценте осуществляется газообмен между кровью плода и кровью матери, но выравнивания напряжений O_2 и CO_2 , как при легочном дыхании, не происходит. Это объясняется большой толщиной плацентарной мембраны, в 5–10 раз превышающей толщину легочной мембраны, равной около 1 мкм. Однако легкие плода не бывают спавшимися и находятся в расправленном состоянии. Этому способствует наличие в них жидкости. Альвеолы и бронхи заполнены амниотической жидкостью и жидкостью, которая секретруется альвеолами. После 6-го месяца внутриутробного развития внутренняя поверхность альвеол начинает покрываться сурфактантом. Дыхательные движения плода появляются с 11-й недели внутриутробного развития, являются периодическими и к моменту рождения занимают 40–60 % всего времени. Частота дыхания очень высокая – 40–70 в 1 мин. Дыхательные движения плода не обеспечивают газообмен, но способствуют развитию легких, дыхательной мускулатуры и кровообращению плода, увеличивая приток

крови к сердцу из-за периодического возникновения отрицательного давления в грудной полости.

Механизм первого вдоха. Внутриутробно плод по-настоящему не дышит, так как он получает O_2 из организма матери и туда же выделяет CO_2 через пуповину и плаценту. С 11-й недели беременности у плода появляются периодические сокращения диафрагмы и межреберных мышц, которые усиливаются к концу внутриутробного периода. Эти движения необходимы для нормального развития легких, они подготавливают аппарат внешнего дыхания к самостоятельному дыханию после рождения. После рождения ребенка пуповина пережимается и перерезается, что приводит к повышению в артериальной крови напряжения CO_2 и понижению напряжения O_2 . Углекислота возбуждает центральные хеморецепторы, что стимулирует инспираторный отдел дыхательного центра. Активность инспираторных нейронов также стимулирует поток импульсов с экстерорецепторов: тактильных, температурных, болевых, зрительных, слуховых, вестибулярных. Первому вдоху способствуют устранение рефлекса ныряльщика и резкое расширение сжатой во время родов грудной клетки. При отсутствии самостоятельного дыхания можно пробудить ритмику дыхания с помощью прямого искусственного дыхания «рот в рот» или используя резиновую грушу, запуская регуляторные рефлексы с воздухоносных путей. В результате новорожденный делает первый вдох, обычно глубокий, так как возбуждение иррадирует на вышележащие центры. Первый вдох, растягивая легкие по рефлексу Геринга–Брейера и с участием пневмотаксического центра, стимулирует первый выдох, который тоже всегда глубокий и активный, так как включаются подвижные ассоциации дыхательного центра. Он обычно сопровождается первым криком ребенка.

Имеются особенности первого выдоха новорожденного. Он может быть затруднен из-за функционально суженной голосовой щели и напряжения голосовых связок. Выдыхается воздуха в 2–3 раза меньше, чем вдыхается, так как происходит формирование функциональной остаточной емкости. В процессе дыхания у новорожденного жидкость из альвеол удаляется в течение нескольких часов. Часть жидкости уходит с выдыхаемым воздухом, частично она всасывается в кровяное русло согласно градиенту онкотического давления (онкотическое давление крови выше, нежели легочной жидкости),

частично удаляется всасыванием в лимфу. Во время родов небольшое количество жидкости заглатывается ребенком и выходит наружу через рот.

Минутный объем воздуха новорожденного составляет 1300 мл, жизненная емкость легкого равна 120–140 мл, она определяется при крике ребенка – так называемая ЖЕЛ крика; частота дыхания – около 40 в 1 мин (таблица 2.3).

Дыхание, обеспечивающее достаточную вентиляцию легких и газообмен в них, возможно даже у недоношенных детей. Формирование всех механизмов, обеспечивающих эти процессы, начинается с 6–7 месяца внутриутробного развития. Давление в плевральной щели новорожденного является отрицательным только при вдохе. Гортань у детей относительно уже, чем у взрослых. Бронхи узкие и длинные, имеют относительно мало разветвлений. От рождения ребенка до 5 лет происходит усиленный рост легких и их отдельных элементов (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Показатели вентиляции легких у мальчиков (у девочек они на 10 % ниже)

Возраст	Частота дыханий в 1 мин	Дыхательный объем, мл	Минутный объем воздуха		ЖЕЛ	
			мл	мл/кг	возраст	мл
1 мес	40	30	1300	190	1 мес	130
6 мес	30	60	1800	210	4 года	1100
1 год	25	110	2700	220	6 лет	1200
3 года	22	140	3100	200	8 лет	1600
6 лет	20	175	3500	170	10 лет	1800
10 лет	18	240	4300	150	12 лет	2200
14 лет	17	295	5000	130	14 лет	2700
Взрослые	16	500	8000	100	16 лет	3800
					Взрослые	4000

Грудная клетка новорожденного имеет форму усеченного конуса, ребра приподняты, не опускаются так низко, как у взрослых. Число капилляров малого круга кровообращения увеличивается параллельно с увеличением альвеолярной поверхности. До 7 лет альвеолярная поверхность увеличивается за счет роста числа альвеол, которое к 8 годам становится таким же, как у взрослого. Но объем альвеол продолжает расти до 16–18 лет. Особенно усиленный рост и совершенствование органов дыхания отмечаются в пубертатном периоде. Частота дыхания (ЧД) зависит от возраста ребенка: чем он меньше, тем частота дыхания больше. В течение первого года жизни ребенок находится как бы в состоянии физиологической одышки. Во время кормления частота дыхания обычно соответствует частоте сосательных движений. С годами частота дыхания постепенно уменьшается и в возрасте 5–7 лет составляет около 20 в 1 мин, у подростков 13–15 лет – около 17 в 1 мин, т. е. приближается к ЧД взрослого человека (14–18 в 1 мин). У детей энергия, затрачиваемая на вентиляцию 1 л воздуха, значительно больше, чем у взрослого (например, в возрасте 8 лет – приблизительно в 2,5 раза). Это обусловлено более высокой частотой дыхания и меньшей растяжимостью легких (в легочной ткани коллагеновых волокон значительно больше, а эластиновых меньше, чем у взрослого). С возрастом расширяются воздухоносные пути; увеличивается растяжимость легких вследствие увеличения количества альвеол, их размеров, а также увеличения числа эластиновых волокон по отношению к малорастяжимым коллагеновым. В результате возрастания продукции сурфактанта уменьшается сила поверхностного натяжения альвеолярной жидкости.

Тип дыхания ребенка первых лет жизни преимущественно брюшной (диафрагмальный). Ребра занимают почти горизонтальное положение из-за слабой эластической тяги, поэтому грудной тип дыхания затруднен. У новорожденного эластическая тяга легких на выдохе отсутствует, так как они не растянуты, поэтому отрицательного давления в плевральной щели не наблюдается. С 3–7 лет в связи с развитием мышц плечевого пояса и увеличением эластической тяги легких ребра опускаются вниз, грудной тип дыхания начинает преобладать над брюшным. С 7–8-летнего возраста начинают выявляться половые различия типа дыхания, которые полностью фор-

мируются к 14–17 годам: у девушек преимущественно формируется грудной, а у юношей – брюшной тип дыхания.

Газообмен в легких. У детей в альвеолярном воздухе парциальное давление O_2 выше, а CO_2 ниже, чем у взрослых. Это объясняется более интенсивной вентиляцией легких и лучшими условиями газообмена в легких детей, нежели у взрослых: диффузионная поверхность легких у детей относительно массы и поверхности тела больше, чем у взрослых. Объемная скорость кровотока по сосудам легких больше, чем у взрослых, а более широкая сеть капилляров легких ребенка обеспечивает большую поверхность контакта крови с альвеолярным воздухом. Процентное содержание кислорода в выдыхаемом воздухе тем выше, чем младше ребенок, однако процент извлечения O_2 из альвеолярного воздуха кровью ребенка значительно меньше, чем у взрослого (таблица 2.4). Но дети от недостатка кислорода не страдают, что объясняется особенностями транспорта газов у них.

Таблица 2.4 – Состав выдыхаемой и альвеолярной смеси газов и процент извлечения кислорода кровью из альвеолярной смеси газов

Возраст	O_2			CO_2	
	альвеолярная смесь газов	выдыхаемая смесь газов	процент извлечения O_2 кровью	альвеолярная смесь газов	выдыхаемая смесь газов
1 мес	17,8	18,2	3,1	2,8	2,0
6 мес	17,3	17,9	3,6	3,0	2,2
1 год	17,2	17,8	3,7	3,0	2,4
3 года	16,8	17,7	4,1	3,6	2,8
6 лет	16,5	17,4	4,4	3,9	2,9
10 лет	16,1	17,2	4,8	4,2	3,1
14 лет	15,5	16,9	5,4	4,9	3,5
Взрослые	14,0	16,0	6,9	5,5	4,0

Транспорт газов кровью

Транспорт кислорода. У плода напряжение кислорода в оксигенированной крови пупочной вены составляет около 30 мм рт. ст. Несмотря на такое низкое напряжение O_2 , насыщение гемоглобина кислородом достаточно высоко и достигает в среднем 60 % (у матери – 96 %). Это объясняется большим сродством гемоглобина плода HbF (англ. foetus – плод) к кислороду по сравнению с гемоглобином взрослого HbA (англ. adult – взрослый). Содержание кислорода в артериальной крови (пупочная вена плода) значительно ниже (90–140 мл/л), чем в артериальной крови взрослого (190 мл/л). С меньшим содержанием кислорода поступает кровь к сердцу и мозгу. Остальные органы и ткани получают кровь с еще меньшим содержанием O_2 . Несмотря на это все органы и ткани плода получают достаточное для их развития количество кислорода, что обусловлено следующими факторами:

1. В тканях плода, в отличие от организма взрослых, анаэробные процессы (гликолиз) преобладают над аэробными (окисление), поэтому обменные процессы достаточно хорошо осуществляются при более низких напряжениях кислорода.

2. Движение крови в тканях плода почти в 2 раза быстрее, чем в тканях взрослого организма, что, естественно, увеличивает доставку тканям кислорода даже при сниженном его содержании в крови.

3. Более полное извлечение кислорода тканями из артериальной крови – артериовенозная разница по кислороду – у плода в 1,5–2 раза больше, чем у взрослых.

4. Затраты энергии в организме плода значительно снижены, так как она почти не расходуется на процессы терморегуляции, пищеварения, мочеотделения. Кроме того, двигательная активность плода ограничена.

5. Диссоциация оксигемоглобина в тканях плода происходит быстрее, несмотря на большое сродство гемоглобина плода (HbF) к кислороду.

6. Увеличена кислородная емкость крови плода до 240–260 мл/л за счет большего содержания эритроцитов и гемоглобина. Однако насыщение гемоглобина крови кислородом к концу внутриутробного периода уменьшается и составляет 40–50 % своей кислородной емкости.

7. Мозг плода получает кровь с большим насыщением гемоглобина кислородом, чем другие органы; чисто артериальную кровь получает только печень.

С началом легочного дыхания насыщение гемоглобина кислородом в артериальной крови возрастает и в первые сутки после рождения достигает 98 %. Этому процессу способствует большое сродство гемоглобина (HbF) к кислороду. HbF в это время еще составляет 70 %. В результате разрушения эритроцитов и уменьшения содержания гемоглобина в крови (происходит замена HbF на HbA) во второй половине первого месяца жизни ребенка кислородная емкость крови уменьшается до 140–150 мл/л. Вследствие этого развивается анемическая гипоксия. Но организм новорожденных от этого не страдает, так как устойчивость тканей, в том числе и нервной, к гипоксии у новорожденных выше, чем у взрослых, поскольку ускорено кровообращение и анаэробные процессы еще преобладают над аэробными. Потребление кислорода организмом новорожденного на 1 кг массы в 2 раза больше, чем у взрослого, благодаря более интенсивной вентиляции легких, а также интенсивного кровообращения в легких и во всем организме ребенка. В случае возникновения необходимости дыхания новорожденного чистым кислородом следует помнить: если ребенок недоношенный, то длительное воздействие избытка кислорода может привести к слепоте вследствие образования за хрусталиком фиброзной ткани. В грудном возрасте по мере замены HbF на HbA (в первые 4–5 месяцев) его содержание в крови начинает увеличиваться, к концу 1-го года жизни оно равно 120 г/л; затем в течение первых лет жизни достигает нормы взрослого (140–150 г/л). Постепенно возрастает содержание и кислорода в крови: в возрасте 5 лет оно равно уже 160 мл/л крови (у взрослых – до 200 мл/л крови). Но ткани ребенка, как и прежде, получают кислород в достаточном количестве. Этому способствуют большая скорость кровотока, анаэробные процессы в тканях. Однако в период полового созревания организм подростка менее устойчив к кислородному голоданию, чем организм взрослого человека, что, по-видимому, объясняется гормональной перестройкой. Вследствие большей скорости кровотока у детей первых лет жизни меньше артерио-венозная разница по кислороду, так как O_2 при быстром движении крови не успевает диффундировать из капилляров в таких количествах, как у взрослых.

Транспорт углекислого газа. Диффузия углекислого газа через плацентарную мембрану идет из венозной крови плода в артериальную кровь матери и осуществляется вследствие разности напряжений CO_2 , в результате чего напряжение CO_2 в артериальной крови плода становится равным 35–45 мм рт. ст., а в артериальной крови матери 25–35 мм рт. ст. Причинами невыравнивания напряжений CO_2 являются:

1. Большая толщина плацентарной мембраны.
2. Невысокое напряжение CO_2 в крови матери (а значит, и в крови плода), которое объясняется гипервентиляцией беременных женщин, обусловленной, в частности, действием прогестерона на дыхательный центр.
3. Диффузия, происходящая в основном за счет физически растворенного CO_2 (40 мл/л) и отщепления углекислого газа от карбгемоглобина (50 мл/л).

Угольная кислота образуется из бикарбонатов и распадается на CO_2 и H_2O очень медленно из-за отсутствия карбоангидразы в крови плода. Лишь к концу антенатального периода развития активность карбоангидразы плода достигает 10 % таковой взрослых лиц. К концу беременности вследствие ухудшения условий газообмена между кровью плода и матери содержание CO_2 в венозной крови плода достигает 60 мл/л. Транспорт углекислого газа у новорожденного осуществляется в основном в виде физически растворенного и связанного с гемоглобином CO_2 , так как активность карбоангидразы еще низкая и составляет примерно 10–30 % активности карбоангидразы взрослых. Поэтому участие бикарбонатов в выделении CO_2 незначительно. Уровень активности карбоангидразы, характерной для взрослых, у детей устанавливается к концу первого года жизни.

Регуляция дыхания

Все основные механизмы центральной регуляции дыхания достаточно хорошо сформированы на 6-м месяце внутриутробного развития. С 6,5–7 месяцев плод жизнеспособен – может дышать, как новорожденный. С середины 1-го месяца постнатального онтогенеза начинают функционировать хеморецепторы аортальной и синокаротидной рефлексогенных зон, в результате чего интенсивность дыхания регулируется не только непосредственным влиянием изменения газового состава крови на дыхательный центр, но и рефлекторным

путем. Рефлекс Геринга–Брейера у детей выражен хорошо с момента рождения и обеспечивает саморегуляцию вдоха и выдоха. Бульбарные центры регуляции дыхания новорожденных отличаются высокой устойчивостью к недостатку кислорода и малочувствительны к гиперкапнии. Благодаря этому новорожденные могут выживать в гипоксических условиях, смертельных для взрослых. По этой же причине дети могут задерживать дыхание (например, в ванночке под водой) на более длительный срок, чем взрослые. Устойчивость новорожденных к гипоксии связана с преобладанием у них анаэробных процессов над аэробными, с низким метаболизмом мозга, с достаточными запасами гликогена для получения энергии анаэробным путем. Дыхательный центр плода и новорожденного в отличие от взрослых возбуждается при недостатке кислорода. Однако при углублении гипоксии функция дыхательного центра угнетается. Нерегулярное (аритмичное) дыхание, 1–2 раза в минуту с глубокими вдохами и задержкой дыхания на выдохе (до 3 секунд и более), возникает из-за незрелости дыхательного центра новорожденных и низкой чувствительности его к угольной кислоте. Рефлексы с хеморецепторов аортальной и синокаротидной рефлексогенных зон достаточно хорошо формируются к концу 1-го месяца жизни. Однако степень выраженности рефлекторной реакции на гипоксию у детей дошкольного возраста в 1,5 раза ниже, чем у взрослых. Возбудимость дыхательного центра постепенно повышается и к школьному возрасту достигает уровня взрослых. На 2-м году жизни с развитием речи начинает формироваться произвольная регуляция частоты и глубины дыхания, а к 4–6 годам дети могут по собственному желанию или по инструкции старших произвольно изменять частоту и глубину дыхания и задерживать дыхание. Дыхательная система детей заканчивает свое созревание и достигает по всем показателям уровня взрослого человека к 18–20 годам.

Участие челюстно-лицевой области в функции дыхания

В норме у человека имеет место носовое и ротовое дыхание. При нарушении носового дыхания вдох и выдох происходят через рот.

1. Носовое дыхание более эффективно, поскольку:

- на долю полости носа за счет турбулентных потоков воздуха приходится 50 % общего сопротивления дыхательных путей;
- оно обеспечивает более медленное и глубокое внешнее дыхание.

Все это способствует хорошему смешиванию газов внутри легких и создает оптимальные условия для газообмена в альвеолах.

2. При носовом дыхании происходит увлажнение вдыхаемого воздуха за счет насыщения его влагой, покрывающей слизистую оболочку. У здорового человека в среднем со слизистой оболочки носа испаряется 500 мл воды в сутки. Оптимальная относительная влажность необходима для нормального функционирования мерцательного эпителия бронхов.

3. Процесс согревания воздуха в носовой полости регулируется рефлекторно. Холодный воздух раздражает чувствительные окончания тройничного нерва, сигналы поступают в продолговатый мозг и – по парасимпатическим нервным волокнам – к сосудам слизистой оболочки, вызывая их расширение и увеличение притока крови. Повышенное кровенаполнение кавернозной ткани носовых раковин приводит к сужению просвета носовых ходов. Воздух проходит более тонкой струей и лучше согревается теплой слизью. Такой «физиологический кондиционер» обеспечивает нормальное функционирование нижних дыхательных путей.

4. Процесс очищения воздуха в полости носа обеспечивают несколько механизмов:

- крупные частицы задерживаются волосатым покровом преддверия носа;
- взвешенные частицы, благодаря турбулентному движению, оседают на слизистой оболочке носа, мерцательный эпителий с током слизи переносит их к глотке, где они удаляются путем проглатывания или откашливания; большинство крупных частиц и некоторое количество мелких удаляются через носовые ходы;
- слизь носа содержит муцин и лизоцим, обладающие соответственно, бактериостатическим и бактериоцидным свойствами;
- с рецепторов слизистой носа (тактильных, температурных, болевых) начинаются защитные рефлексы:
 - а) пылевые частицы раздражают механорецепторы, при возбуждении которых включается защитный рефлекс чихания;
 - б) вредные газообразные раздражающие агенты (пары аммиака, очень холодный воздух) вызывают рефлекторно сжатие крыльев носа и задержку дыхания;

в) попадание воды на область нижних носовых ходов вызывает рефлекторное апноэ – защитный рефлекс «ныряльщика».

5. Носовое дыхание обеспечивает формирование обонятельных ощущений.

6. Носовая полость и околоносовые придаточные пазухи (фронтальная, гайморова, решетчатая) выполняют резонаторную функцию и определяют тембр голоса, который регулируется положением мягкого неба (при свисании неба звуки приобретают носовой оттенок).

7. В носовых ходах, пазухах вместе с другими отделами воздухоносных путей происходит ионизация молекул кислорода, т. е. его подготовка к активному участию в окислительно-восстановительных реакциях.

Ротовое дыхание

1. При ротовом дыхании масса воздуха поступает в рот и быстро проходит в нижние дыхательные пути, воздух не успевает согреваться в холодное время, что часто приводит к простудным заболеваниям дыхательных путей.

2. При быстром форсированном дыхании через рот происходит интенсивное испарение влаги со слизистой оболочки, что вызывает сухость во рту, потерю воды и способствует увеличению теплоотдачи.

3. Ротовое дыхание играет большую роль в речевой деятельности и связано с пищеварительной функцией.

Взаимодействие дыхательной и пищеварительной функций

1. Во время жевания ротовое дыхание невозможно. Выдохи через рот охлаждают горячую пищу; наоборот, задержка ротового дыхания и переключение на дыхание через нос обеспечивают согревание пищи.

2. При глотании воздух в легкие не поступает. Центры дыхания и глотания в продолговатом мозге связаны реципрокно. Высшую координацию этих центров обеспечивает кора. При разговоре, волнении, во время еды, при экстремальных внешних воздействиях координация глотания и дыхания нарушается и становится возможным попадание пищевых частиц в дыхательные пути.

Взаимодействие дыхательной и речеобразовательной функций

Взаимосвязь и взаимодействие дыхательной и речеобразовательной функций осуществляется в процессе деятельности, которая направлена на создание звуков (во время формирования звуковой составляющей экспрессивной речи).

Периферическим аппаратом генерации звуков является гортань с ее голосовыми связками. Голосовые связки образованы скелетными мышцами и покрыты многослойным плоским эпителием. В голосовой щели различают голосовую переднюю часть, ограниченную голосовыми связками, и дыхательную короткую заднюю, которая имеет вид выемки и обычно открыта.

Колебания голосовых связок возникают под давлением выдыхаемого воздуха. При произношении звуков края голосовых связок напрягаются и сближаются так, что между ними остается только узкая щель. Вибрация свободных краев связок формирует звук. Совокупность различных звуков, создаваемых голосовыми связками, образует голос.

Голос обладает свойствами:

- высотой, которая зависит от частоты колебаний (чем больше частота, тем выше звук), поэтому женские голоса обычно выше мужских;
- силой; она определяется амплитудой колебаний связок и зависит от степени их напряжения и мощности выдоха (ЖЕЛ);
- тембром – его индивидуальной окраской, которая является функцией резонаторов (верхних – глотки, полости рта, носа, пазух – и нижних – трахеи, бронхов и легких).

Таким образом, в образовании звуков участвуют:

- 1) органы дыхания (бронхи, легкие) – опосредованно и
- 2) непосредственно: активные (подвижные) и пассивные (неподвижные) органы ЧЛО.

Активные – способны изменять объем и форму речевого тракта, создавать препятствия для выдыхаемого воздуха. Это гортань, глотка, мягкое небо, язык, губы. Пассивные – зубы, твердое небо, полость носа и придаточные пазухи.

Все эти органы образуют три взаимосвязанных компонента периферических механизмов речи:

- генераторный, формирующий звук;
- резонаторный, усиливающий звук;
- энергетический, обеспечивающий энергией звукопроизводство.

Различают два генератора звуков – тональный, представленный гортанью, и шумовой – за счет создания щелей в полости рта.

Усиливают звук два модулирующих резонатора – полость рта и глотки – и один немодулирующий – носоглотка с придаточными полостями.

Энергетический компонент – это работа межреберных мышц, диафрагмы, мышц живота и гладких мышц трахеи и бронхов.

Поскольку звуковая речь формируется обычно на выдохе через рот, то в создании речи большую роль играют зубы, губы и др. органы ЧЛО (речевое дыхание).

В логопедии нарушения речеобразовательной деятельности обозначают термином **дислалии** (могут возникать в результате повреждение полости рта, отсутствия зубов или при наличии протезов).

В зависимости от локализации процесса различают следующие дислалии:

- 1) палатологии – при патологии твердого и мягкого неба (новообразования, расщелины);
- 2) глоссолалии – аномалии строения и нарушения функций языка;
- 3) дентологии – нарушения формы зубов и их расположения в альвеолярных дугах, частичная адентия (отсутствие зубов);
- 4) лабиальные – при патологии верхней и нижней губы.

Название «сигматизм» получили дислалии, развивающиеся при поражении органов полости рта, участвующих в формировании переднеязычных согласных (С, З, Ц, Ш, Щ, Ч).

Зубные звуки (Д, Т, С, Ц) страдают при нарушении целостности зубных рядов, особенно резцовой группы. При этом наблюдаются шепелявость, присвистывание.

Патологические изменения языка приводят к затруднению воспроизведения фрикативных звуков (З, Ч, Ж, Ш, Щ). Нарушения в области губ осложняют производство взрывных (Б, П) и фрикативных (В, Ф) звуков.

На результат фонации большое влияние оказывает измененный прикус. Дефекты речи могут быть также обусловлены нарушением функции слюнных желез (сухость во рту), жевательной мускулатуры (контрактуры, параличи), височно-нижнечелюстного сустава (контрактура нижней челюсти).

Дефектному произношению гласных звуков могут способствовать следующие аномалии и патологические состояния речевого аппарата:

- 1) *для звуков А, Е* – контрактуры височно-челюстных суставов и жевательных мышц, препятствующие достаточному раскрытию рта; нарушение свободы движений средней части языка;
- 2) *для звуков О, У* – ограничения движения губ, средней и задней частей языка;
- 3) *для звуков И, Ы* – ограничения движений средней и задней частей языка вверх и назад.

Дефектному произношению согласных звуков способствуют следующие аномалии и патологические состояния:

- 1) *для звуков П, Б, М* – глубокий прикус, прогнатия, толстые губы, укороченная верхняя губа, нарушение подвижности губ, щек, углов рта, искривление носовой перегородки;
- 2) *для звуков Ф, В* – сужение челюстей в сочетании с глубоким прикусом и прогнатией, открытый прикус, редкие верхние зубы и неправильное их положение, нарушение подвижности губ и сокращения подбородочной мышцы;
- 3) *для звуков Т, Д, Н* – открытый прикус, нарушения подвижности языка вверх, особенно его кончика, длинный и узкий язык, искривление носовой перегородки;
- 4) *для звуков С, З, Ц* – открытый прикус, диастемы, прогнатия, прогения, боковой прикус, аномалии количества и формы зубов, плоский небный свод, затрудненная подвижность губ, затрудненное движение кончика языка вперед и вверх, макроглоссия;
- 5) *для звуков Ш, Ж, Ч* – открытый прикус, прогнатия, язычный наклон зубов, прогения, глубокий прикус, ограничения подвижности языка, губ, подбородочной мышцы, макроглоссия;
- 6) *для звуков Л* – глубокий прикус при широком плоском небе, открытый прикус – при крутом высоком узком небе, массивном языке и короткой уздечке звук Л звучит как звук В;
- 7) *для звука Р* – сужение челюстей, прогнатия, глубокий прикус, узкое высокое небо, низкое плоское небо, высокое широкое небо при относительно узком языке, высокое узкое небо при массивном языке, нарушения подвижности кончика и края языка, малый язык;
- 8) *для звуков Г, К, Х, Й* – прогнатия с глубоким прикусом, открытый прикус, резко приподнятый участок твердого неба на

границе с мягким небом, нарушения подвижности средней части языка при его экскурсиях вверх и к небу, нарушения подвижности корня языка.

Практическая часть

1. Оксигеметрия и оксигемография.
2. Зависимость внешнего дыхания от газового состава крови (опыт Холдена).
3. Проба на максимальную способность задержки дыхания.
4. Рефлекторное торможение дыхания у человека:
 - 4.1. Рефлекторное торможение дыхания при раздражении верхних дыхательных путей.
 - 4.2. Рефлекторное торможение дыхания при глотании.
5. Рефлекторное торможение дыхания при раздражении области ноздрей у лягушки.
6. Дыхание при перекрестном кровообращении (значение газового состава крови в регуляции дыхания – опыт Фредерика).
7. Ознакомление с устройством барокамеры.
8. Демонстрация влияния пониженного атмосферного давления на организм крысы (барокамерная гипоксия).

Работа 1. Оксигеметрия и оксигемография

Цель работы: определить процент оксигемоглобина в крови в данный отрезок времени.

Необходимы для работы: оксигеметр или оксигемограф, объект исследования – человек или кровь, взятая под вазелиновое масло.

Ход работы. Оксигеметр (или оксигемограф) – прибор, позволяющий определить процент оксигемоглобина в крови в данный момент времени. Принцип действия прибора – фотоэлектрический. Степень насыщенности гемоглобина кислородом определяет интенсивность светового потока, падающего на фотоэлемент датчика. Показания оксигеметра отмечаются на стрелочном индикаторе, шкала которого градуирована в процентах содержания оксигемоглобина в крови. Показания оксигемографа регистрируют на движущейся бумажной ленте.

Определение процента содержания оксигемоглобина можно производить двумя способами. Прямой способ оксигеметрии

(кюветный) состоит в анализе пробы крови, взятой под вазелиновым маслом (для предотвращения обмена газами между кровью и воздухом) в специальную кювету оксигеометра. При бескровном методе определения процента оксигемоглобина артериализованной крови используются специальные датчики (ушные, лобные, пальцевые). В одной части датчика находится электрическая лампочка, в другой – расположены светофильтр и фотоэлемент. Мочку уха испытуемого помещают между обеими частями датчика. Электрическая лампочка, нагревая ушную раковину, вызывает расширение кровеносных сосудов, в результате чего происходит ускорение кровотока, уменьшается обмен кислорода и кровь артериализуется. Данный метод дает возможность определить процент окисления гемоглобина кислородом. Свет от лампочки, проходя через ушную раковину, попадает на фотоэлемент, где возникает фототок. О его величине можно судить по отклонению стрелки, а на оксигемографе – перерегистрации данных на ленте. После включения прибора и калибровки его по инструкции помещают датчик на ухо и прогревают 15–20 мин. Ставят переключатель под измерительным прибором в положение «О». Испытуемому предлагают произвести гипервентиляцию (глубокое дыхание) до появления легкого головокружения. Отмечают при этом показания оксигемографа. Далее испытуемый задерживает дыхание до тех пор, пока задержка станет невозможной (на 1,5–2 мин). Вновь отмечают показания оксигеометра. После возобновления дыхания содержание оксигемоглобина увеличивается до исходных величин.

Рекомендации: полученные данные записать и объяснить причины увеличения или уменьшения процента содержания оксигемоглобина в крови.

Работа 2. Зависимость внешнего дыхания от газового состава крови (опыт Холдена)

Цель работы: изучить влияние содержания углекислого газа на деятельность дыхательного центра.

Необходимы для работы: мешок Дугласа с дыхательной маской, пневмограф (или манжетка от аппарата Рива-Роччи, соединенная резиновыми трубками с капсулой Маррея), штатив, кимограф, оксигемограф (или оксигеометр).

Объект исследования – человек.

Ход работы. В течение трех минут испытуемый дышит атмосферным воздухом, выдыхая его в мешок Дугласа. Затем дыхание переключают на воздух из мешка Дугласа до тех пор, пока испытуемый не откажется дышать из мешка. У испытуемого регистрируют следующие параметры:

- 1) частоту пульса (в течение всего опыта через каждую минуту);
- 2) частоту и глубину дыхания (запись пневмограммы на кимографе с дальнейшим расчетом на каждую минуту);
- 3) показания оксигеометра или оксигемографа – содержание оксигемоглобина в крови за каждую минуту.

Рекомендации: 1. Результаты эксперимента вписать в таблицу:
Фамилия испытуемого _____

Время	Показания оксигемографа	Частота пульса в 1 минуту	Частота дыхания	Цвет кожных покровов

2. Вклеить кимограмму или ее копию в тетрадь.
3. Сделать по полученным данным выводы, в которых указать динамику изменений всех показателей.

Работа 3. Проба на максимальную способность задержки дыхания

Цель работы: убедиться в том, что регуляция дыхания осуществляется нервно-гуморальным путем.

Необходимы для работы: пневмограф, кимограф, секундомер; объект исследования – человек.

Ход работы. 1. В положении сидя произвести глубокий вдох, затем глубокий выдох и задержать дыхание. Определить в секундах длительность задержки дыхания.

2. Повторить то же после физической нагрузки (20–30 приседаний).
3. В течение 1-й минуты производить форсированное дыхание и тотчас после этого определить продолжительность задержки дыхания.

Рекомендации к работе: 1) объяснить механизмы изменения продолжительности задержки дыхания при разных условиях опыта; 2) дать заключение о состоянии дыхательного центра у испытуемых.

Работа 4. Рефлекторное торможение дыхания у человека

Цель работы: исследовать изменения дыхания при раздражении различных рефлексогенных полей.

Необходимы для работы: пневмограф, штатив, кимограф, раствор аммиака, стакан, вата; объект исследования – человек.

Работа 4.1. Рефлекторное торможение дыхания при раздражении верхних дыхательных путей

Регистрируют дыхательные движения с помощью пневмографа в состоянии покоя. Испытуемый не должен видеть собственной пневмограммы, в противном случае могут быть произвольные нарушения дыхания, что мешает нормальному ходу опыта. Подносят к носу испытуемого вату, смоченную раствором аммиака. Наблюдают и записывают изменения дыхания. Убирают вату. Продолжают запись до восстановления исходного ритма дыхания.

Рекомендации: охарактеризовать путь эфферентных импульсов к дыхательному центру и состояние последнего при изменении дыхания.

Выводы:

Работа 4.2. Рефлекторное торможение дыхания при глотании

Регистрируют исходную фоновую пневмограмму. Предлагают испытуемому взять в рот воды и проглотить ее в момент вдоха. Наблюдают и записывают изменения дыхания. Прodelьывают аналогичный опыт с проглатыванием воды во время выдоха.

Рекомендации: зарисовать кривые и объяснить рефлекторные изменения дыхания.

Выводы:

Работа 5. Рефлекторное торможение дыхания при раздражении области ноздрей лягушки

Цель работы: убедиться в наличии рефлексогенных дыхательных зон в верхних дыхательных путях.

Необходимы для работы: препаровальный столик, булавки для фиксации лягушки, крючок или серфин, соединенный с кимографом, кимограф, ватный тампон.

Ход работы. Интактную (неповрежденную) лягушку укрепляют булавками на препаровальном столике спинкой вниз. Захватив крючком или серфином, соединенным с миографом, кожу под нижней челюстью, записывают на кимографе дыхательные движения дна ротовой полости. Прикладывают к носовым отверстиям лягушки небольшой ватный тампон, обильно смоченный водой. Записывают изменения дыхательных движений. Дыхание лягушки рефлекторно прекращается при нырянии в воду. Снимают тампон и наблюдают восстановление дыхательных движений. Моменты начала и окончания раздражения отмечают на пневмограмме. Повторяют опыт, подвергая слабым механическим раздражениям кожу живота и лапок лягушки.

Рекомендации: зарисовать полученные пневмограммы.

Выводы:

Работа 6. Дыхание при перекрестном кровообращении (значение газового состава крови в регуляции дыхания – опыт Фредерика)

Цель работы: убедиться в том, что деятельность дыхательного центра изменяется при изменении напряжения кислорода и углекислого газа в крови.

Объект исследования – два крупных кролика или две небольшие собаки.

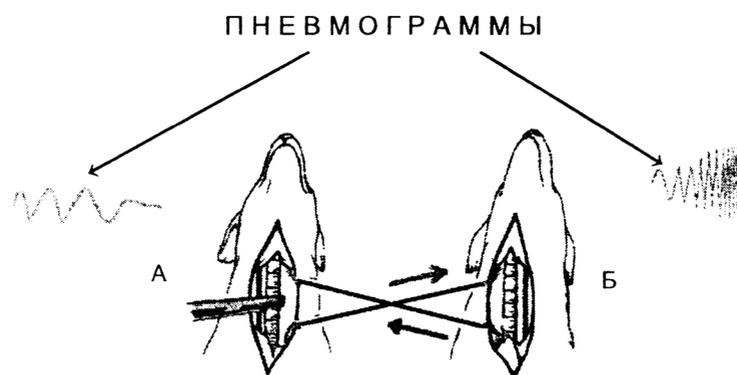
Необходимы для работы: аппаратура – два станка для фиксации животных, кимограф, 2 капсулы Маррея с двумя манжетами от аппарата Рива-Роччи (или 2 пневмографа), секундомер.

Инструментарий и перевязочный материал: набор препаровальных инструментов, две трахеотомические трубки, 4 канюли, 2 резиновые трубочки, инъекционные иглы, шприц, тампоны, салфетки, нитки, наркотическое вещество (тиопентал, нембутал).

Ход работы. Два крупных кролика (или две небольшие собаки) наркотизируются внутрибрюшинным введением раствора тиопентала и фиксируются спиной вниз к станку. Выстригают шерсть в области шеи и бедренной артерии.

По средней линии шеи делают разрез кожи, раздвигают мышцы шеи и производят трахеотомию у каждого животного. В просвет трахеи вставляют трахеотомическую трубку, на свободный конец

которой одевается резиновая трубка. Отпрепаровывают у обеих животных обе сонные артерии. Выделяют бедренные артерии с одной стороны. У одного животного на правую сонную артерию накладывают два зажима и перерезают ее между зажимами. У второго животного после наложения зажимов перерезают левую сонную артерию. В оба отрезка перерезанных сонных артерий (центральный и периферический) вводят канюли. В центральный отрезок бедренной артерии вставляется канюля, соединенная с ртутным манометром. Станки с животными ставят рядом, поближе друг к другу. Центральный конец сонной артерии одного животного при помощи резиновых трубок соединяют с периферическим концом артерии второго животного и снимают зажимы. Налаживают регистрацию дыхания и артериального давления у каждого животного. У одного животного зажимают свободный конец трахеотомической трубки. Регистрируют пневмограмму и артериальное давление. Для усиления эффекта можно пережать неперерезанную сонную артерию (рисунк 2.9).



Пережатие трахеи у собаки А вызывает одышку у собаки Б: одышка собаки Б вызывает замедление и остановку дыхания у собаки А.

Рисунок 2.9. – Схема опыта Фредерика

Рекомендации: зарисовать пневмограммы в тетрадь и объяснить механизм одышки, развивающийся у второго животного при

закрытии трахейной трубки у первого животного, а также состояние апноэ у первого животного (с закрытой трахеей); обратить внимание на синхронность изменений характера дыхания и величины артериального давления.

Выводы:

Работа 7. Ознакомление с устройством барокамеры

Барокамера представляет собой герметически закрывающуюся емкость, позволяющую создавать в ней повышенное или пониженное давление воздуха. Барокамеры делятся на декомпрессионные (вакуумные, гипобарические) и компрессионные. Их применяют для исследования влияний на организм измененного барометрического давления, для определения индивидуальных особенностей реакций организма на изменение давления, для тренировок перед длительным пребыванием в условиях измененного давления (высотные полеты), при осложнениях рекомпрессии после водолазных или кессонных работ, а также для лечения некоторых заболеваний.

Простейшие барокамеры представляют собой небольшие металлические емкости, достаточно прочные для того, чтобы выдержать разность между внутренним и внешним атмосферным давлением. Барокамеры оснащаются барометром или манометром и насосом, нагнетающим или отсасывающим воздух. Существуют барокамеры, оборудованные установками для комплексного изучения влияния вакуума, солнечной радиации, высоких и низких температур и других факторов космического пространства.

Для проведения кислородной баротерапии (гипербарической терапии) используются барокамеры больших размеров: барокамеры – палаты, операционные, предоперационные. В барокамерах, рассчитанных на пребывание людей, имеются иллюминаторы для наружного наблюдения, шлюзы для передачи предметов и устройства для забора проб воздуха, подачи кислорода и других газов; герметические вводы для проводов электрического освещения, средств связи, сигнализации, регистрации физиологических показателей.

Различают четыре типа барокамер:

1. Барокамеры для исследования влияния на организм пониженного или повышенного барометрического давления при сохранении нормального состава воздуха.

2. Барокамеры для исследования влияния повышенного или пониженного давления отдельных газов (кислорода, азота, гелия) при различном барометрическом давлении. В такой барокамере поддерживается необходимое давление и состав вдыхаемого воздуха.
3. Барокамеры для создания быстрых изменений барометрического давления. Повышение или понижение барометрического давления в них может осуществляться с разной скоростью по заранее намеченному графику.
4. Барокамеры для исследования влияния различных факторов в условиях воздействия повышенного или пониженного давления. Для исследования слуха используются звукоизолированные камеры – сурдокамеры, влияния температуры – термобарокамеры, для изучения влияний подводных работ – бассейн-барокамеры и т. д.

Барокамеры должны обладать достаточной прочностью, выдерживать разность давлений, возникающую при их использовании. Перед проведением опытов барокамеры подвергаются предварительным испытаниям на прочность и герметичность.

Широкое применение барокамеры получили в авиационной и космической медицине. При проведении испытаний имеется возможность глубокого изучения функциональных особенностей организма, получения дополнительных данных по медицинскому обеспечению полетов, укреплению здоровья и работоспособности человека, пребывающего на больших высотах.

Работа 8. Влияние пониженного атмосферного давления на организм животного

Цель работы: ознакомиться с основными принципами устройства барокамеры и наблюдать в эксперименте влияние пониженного атмосферного давления на поведенческие реакции организма, сердечнососудистые рефлексы и на дыхание животных.

Необходимы для работы: барокамера для мелких лабораторных животных, крыса.

Ход работы. Крыса помещается в барокамеру. После достижения полной герметизации барокамеры в ней понижается давление. Визуально наблюдают за изменением поведенческих реакций

крысы, изменением цвета ее лапок, хвоста и изменением частоты дыхания.

Выводы:

Тестовые задания по теме 2

1. Основная часть кислорода транспортируется:
 - а) плазмой крови,
 - б) оболочкой эритроцитов,
 - в) лейкоцитами,
 - г) тромбоцитами,
 - д) гемоглобином.
2. Вентиляция легких происходит наилучшим образом, если:
 - а) увеличена жизненная емкость легких при большой общей емкости легких,
 - б) увеличена общая емкость легких при небольшой жизненной емкости,
 - в) уменьшена жизненная и общая емкость легких,
 - г) снижен минутный объем дыхания,
 - д) увеличена частота дыхания при неизменной глубине дыхания.
3. Вентиляция легких необходима для:
 - а) приближения альвеолярного воздуха по составу к атмосферному,
 - б) поддержания постоянства альвеолярного воздуха,
 - в) уменьшения количества O_2 , увеличения количества CO_2 в альвеолярном воздухе,
 - г) увеличения количества O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе,
 - д) синтеза сурфактанта.
4. Укажите на фактор, повышающий сродство гемоглобина к кислороду:
 - а) ацидоз,
 - б) алкалоз,
 - в) гипертермия,
 - г) гиперкапния,
 - д) гипоксемия.
5. Укажите на фактор, понижающий сродство гемоглобина к кислороду:
 - а) алкалоз,

- а) альвеолоцит,
- б) базальная мембрана капилляров,
- в) слой сурфактанта,
- г) мембрана эритроцитов,
- д) гладкая мышца бронхов.

17. Количество кислорода в крови определяется методом:

- а) спирографии,
- б) спирометрии,
- в) пневмографии,
- г) оксигеметрии,
- д) торакометрии.

18. Фактором, обуславливающим газообмен между кровью и альвеолами, является градиент:

- а) атмосферного и внутрилегочного давления,
- б) парциальных давлений газов,
- в) гидростатического давления крови в капилляре,
- г) онкотического давления в капилляре,
- д) осмотического давления плазмы крови,

19. В эритроцитах оксигемоглобин связан с ионами:

- а) натрия,
- б) водорода,
- в) HCO_3^- ,
- г) хлора,
- д) калия.

20. Количество азота:

- а) одинаково в артериальной и венозной крови,
- б) в артериальной крови больше, чем в венозной,
- в) в венозной крови больше, чем в артериальной,
- г) азот не содержится ни в артериальной, ни в венозной крови,
- д) наибольшее в тканях.

21. Кессонная болезнь возникает при:

- а) погружении на большую глубину,
- б) быстрой декомпрессии,
- в) подъеме на высоту,
- г) понижении парциального давления кислорода в окружающей среде,
- д) недостатке кислорода в крови.

22. Укажите функции нейронов спинного мозга, входящих в состав дыхательного центра:

- а) обеспечение согласования дыхания с речью,
- б) интеграция дыхания с вегетативными функциями организма,
- в) обеспечение плавности и ритмичности дыхания,
- г) обеспечение автоматизма дыхательных движений,
- д) иннервация дыхательных мышц.

23. При вдыхании пыли или резкого запаха возникают рефлекс:

- а) защитные (кашель, чихание),
- б) Геринга–Брейера,
- в) от хеморецепторов сосудистых зон,
- г) от барорецепторов сосудистых рефлексогенных зон,
- д) от проприорецепторов дыхательных мышц.

24. Недостаточное снабжение тканей кислородом называется:

- а) гипоксией,
- б) гипоксемией,
- в) гипербарией,
- г) кессонной болезнью,
- д) пневмотораксом.

25. При помещении животного в замкнутое пространство происходит учащение и усиление дыхания, т. к.

- а) увеличивается $p\text{O}_2$ в крови,
- б) снижается $p\text{O}_2$ и увеличивается $p\text{CO}_2$ в крови,
- в) снижается $p\text{CO}_2$ в крови,
- г) увеличивается $p\text{O}_2$ и $p\text{CO}_2$ в крови,
- д) снижается $p\text{CO}_2$ и $p\text{O}_2$ в крови.

26. Экспираторный и инспираторный отделы дыхательного центра находятся в:

- а) продолговатом мозге,
- б) среднем мозге,
- в) гипоталамусе,
- г) мозжечке,
- д) спинном мозге.

27. Укажите функции варолиева моста в регуляции дыхания:

- а) обеспечение плавности и ритмичности дыхания за счет рефлексности центров вдоха и выдоха,

- б) обеспечение согласования дыхания с речью,
- в) появление условных дыхательных рефлексов,
- г) интеграция дыхания с вегетативными функциями организма,
- д) иннервация дыхательных мышц.

28. При физической нагрузке у человека возникает гиперпноэ, так как:

- а) раздражаются механорецепторы легких,
- б) раздражаются проприорецепторы дыхательных мышц,
- в) возбуждаются хеморецепторы сосудов,
- г) понижается pCO_2 в крови,
- д) увеличивается pO_2 в крови.

29. Участие гипоталамуса в регуляции дыхания заключается в:

- а) иннервации дыхательных мышц,
- б) интеграции дыхания с вегетативными функциями организма,
- в) согласовании дыхания с речью и пением,
- г) обеспечении ритмичности и автоматизма дыхания,
- д) проявлении условных дыхательных рефлексов.

30. В горах величина атмосферного давления и газовый состав воздуха меняются следующим образом:

- а) не происходит никаких изменений,
- б) уменьшаются атмосферное давление и %-е содержание газов в атмосфере,
- в) увеличивается атмосферное давление и не меняется %-й состав газов,
- г) уменьшается атмосферное давление и не меняется %-й состав газов,
- д) увеличиваются атмосферное давление и %-й состав газов.

31. При разрыве спинного мозга между грудным и шейным сегментами сохраняется следующий тип дыхания:

- а) диафрагмальный,
- б) кожный,
- в) грудной,
- г) смешанный,
- д) брюшной.

32. Участие коры больших полушарий в регуляции дыхания заключается в:

- а) обеспечении ритмичности и автоматизма дыхания,

б) проявлении условных дыхательных рефлексов и согласовании дыхания с речью и пением,

- в) иннервации дыхательных мышц,
- г) интеграции дыхания с вегетативными функциями организма,
- д) обеспечении плавности дыхательных движений.

33. Остановка дыхания называется:

- а) эйпное,
- б) гиперпное,
- в) апное,
- г) диспное,
- д) тахипное.

34. При нарушении связей между продолговатым мозгом и варолиевым мостом:

- а) дыхание полностью прекращается,
- б) сохраняется брюшной тип дыхания,
- в) дыхание не изменяется,
- г) нарушается плавность и ритмичность дыхания,
- д) исчезают условные дыхательные рефлекссы.

35. Циркуляторная гипоксия возникает при:

- а) уменьшении кислородной емкости крови,
- б) нарушении гемодинамики,
- в) уменьшении парциального давления O_2 в атмосферном воздухе,
- г) изменении функции дыхательных ферментов ткани,
- д) уменьшении количества эритроцитов в крови.

36. Укажите факторы, не участвующие в поддержании ритмичности дыхания:

- а) реципрокные отношения центра вдоха и выдоха,
- б) рефлекс с барорецепторов сосудов,
- в) рефлекс Геринга–Брейера,
- г) рефлекс с проприорецепторов дыхательных мышц,
- д) автоматизм клеток инспираторного центра.

37. Остановка дыхания происходит при:

- а) повреждении продолговатого мозга,
- б) перерезке мозгового ствола в области промежуточного мозга,
- в) перерезке мозгового ствола выше варолиевого моста,
- г) перерезке мозгового ствола ниже варолиевого моста,

д) удалении мозжечка.

38. Хеморецепторы, регулирующие дыхание, чувствительны к:

- а) гипоксии, алкалозу,
- б) гиперкапнии, ацидозу, гипоксемии,
- в) гипероксии, алкалозу,
- г) адреналину, норадреналину,
- д) ацетилхолину, серотонину.

39. В механизме появления первого вдоха ребенка не принимают участия:

- а) изменение газового состава крови ребенка при пережатии пуповины,
- б) условные дыхательные рефлексы,
- в) раздражение рецепторов верхних дыхательных путей,
- г) возбуждение кожных рецепторов при родах,
- д) возбуждение центров ретикулярной формации во время родов.

40. Укажите свойства нейронов дыхательного центра:

- а) автоматизм,
- б) реципрокность,
- в) независимость от $p\text{CO}_2$,
- г) независимость от PO_2 ,
- д) нисходящие влияния на мотонейроны.

41. Гиперкапния, гипоксемия и ацидоз вызывают:

- а) повышение МОД,
- б) понижение МОД,
- в) остановку дыхания,
- г) не изменяют МОД,
- д) уменьшение глубины дыхания.

42. Укажите основную рефлексогенную зону хеморецепторов, регулирующих дыхание:

- а) дыхательные мышцы,
- б) плевральные листки,
- в) мелкие сосуды альвеол,
- г) кора головного мозга,
- д) каротидный синус и бульбарный дыхательный центр.

43. При перерезке обоих блуждающих нервов дыхание:

- а) становится редким, глубоким,
- б) не изменяется,

в) становится частым,

г) становится поверхностным и частым,

д) прекращается.

44. Раздражение механорецепторов легких вызывается:

- а) изменением парциального давления кислорода,
- б) увеличением объема воздуха в альвеолах,
- в) изменением парциального давления кислорода и углекислого газа,
- г) действием химических веществ,
- д) открытым пневмотораксом.

45. Эфферентными нервами дыхательных рефлексов являются:

- а) блуждающие нервы,
- б) межреберные и диафрагмальные нервы,
- в) симпатические нервы,
- г) депрессорные нервы,
- д) каротидные нервы.

46. Гистотоксическая гипоксия возникает при:

- а) уменьшении кислородной емкости крови,
- б) нарушениях гемодинамики,
- в) уменьшении $p\text{O}_2$ в атмосферном воздухе,
- г) изменении функции дыхательных ферментов ткани,
- д) уменьшении количества эритроцитов в крови.

47. При нарушении корковых отделов, участвующих в регуляции дыхания:

- а) дыхание полностью прекращается,
- б) сохраняется брюшной тип дыхания,
- в) дыхание не изменяется,
- г) нарушаются плавность и ритмичность дыхания,
- д) исчезают условные дыхательные рефлексы, но дыхание сохраняется.

Тесты к разделу «Особенности системы дыхания стареющего организма»

1. Эластичность реберных хрящей в пожилом возрасте:
 - А) не изменяется у всех ребер,
 - Б) снижается у всех ребер,
 - В) увеличивается у всех ребер,
 - Г) изменяется у верхних ребер.
2. Жизненная емкость легких с возрастом уменьшается в основном за счет:
 - А) резервных объемов вдоха и выдоха,
 - Б) снижения дыхательного объема,
 - В) остаточного объема,
 - Г) всех дыхательных объемов в равной степени.
3. Ограничению вентиляции легких в пожилом возрасте не способствует:
 - А) уменьшение жизненной емкости легких,
 - Б) уменьшение бронхиальной проходимости,
 - В) увеличение эластичности реберных хрящей ,
 - Г) уменьшение функциональной остаточной емкости легких.
4. Небольшое снижение парциального напряжения O_2 в артериальной крови 60-летнего человека может быть связано с:
 - А) улучшением кровоснабжения альвеол,
 - Б) уменьшением неравномерности вентиляции легких,
 - В) уменьшением диффузионного расстояния для газов,
 - Г) уменьшением количества альвеол и площади диффузии.
5. В пожилом возрасте кривая диссоциации окси гемоглобина:
 - А) сдвигается влево,
 - Б) сдвигается вправо,
 - В) остается такой же, как в зрелом возрасте,
 - Г) зависит от концентрации гемоглобина в крови.
6. В состоянии покоя поддержанию адекватной вентиляции легких не способствует:
 - А) снижение чувствительности рецепторов растяжения легких,
 - Б) увеличение чувствительности хеморецепторов к CO_2 ,
 - В) урежение дыхания,
 - Г) улучшение диссоциации оксигемоглобина.

Тесты к разделу «Особенности системы дыхания в детском возрасте»

1. У грудного ребенка встречается тип дыхания:
 - А) грудной,
 - Б) смешанный,
 - В) брюшной,
 - Г) все типы дыхания.
2. Частота дыхания у новорожденного равна:
 - А) 3–6 в мин,
 - Б) 12–16 в мин,
 - В) 18–25 в мин,
 - Г) 50–60 в мин.
3. Дыхательный объем ребенка в 1 год равен:
 - А) 60 мл,
 - Б) 110 мл,
 - В) 240 мл,
 - Г) 500 мл.
4. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) у подростка 15 лет составляет:
 - А) 2500 мл,
 - Б) 1500 мл,
 - В) 800 мл,
 - Г) 350 мл.
5. Минутный объем дыхания у детей грудного возраста увеличивается за счет:
 - А) глубины дыхания,
 - Б) частоты дыхания,
 - В) частоты и глубины дыхания,
 - Г) мертвого пространства.
6. Стимулом для возникновения дыхательных движений плода является:
 - А) избыток CO_2 в крови,
 - Б) Избыток O_2 в крови,
 - В) недостаток O_2 в крови,
 - Г) недостаток CO_2 в крови.
7. Минутный объем дыхания ребенка в возрасте 5 лет равен:
 - А) 5,0 л,

- Б) 2,7 л,
В) 3,3 л,
Г) 1,5 л.
8. Укажите на фактор, не стимулирующий первый вдох:
А) накопление в крови CO_2 и снижение O_2 ,
Б) поток афферентных импульсов в ЦНС от экстеро-проприо-вестибулорецепторов,
В) разрыв плодного пузыря,
Г) устранение рефлекса «ныряльщика»,
Д) резкое расширение сжатой во время родов грудной клетки.
9. Более быстрой диффузии газов в легких у детей способствует все, кроме:
А) большей, чем у взрослых поверхности легких,
Б) широкой сети капилляров малого круга кровообращения,
В) большой объемной скорости кровотока,
Г) более толстой диффузионной мембраны.
10. Произвольная регуляция дыхания у детей проявляется в возрасте
А) 2–3 лет,
Б) 1 года,
В) 4–6 месяцев,
Г) 7 лет.
11. У плода периодические дыхательные движения появляются:
А) с 7-ой недели,
Б) с 11-ой недели,
В) с 30-ой недели,
Г) с 16-ой недели.

Тесты к разделу «Участие ЧЛО в дыхательной функции»

1. Физической основой возникновения звуков при речеобразовании являются:
А) движение языка,
Б) колебания голосовых связок,
В) сокращение мышц глотки,
Г) перемещение нижней челюсти,
Д) перемещение верхней челюсти.
2. На долю носа приходится следующая доля общего сопротивления воздушному потоку верхних дыхательных путей:
А) 70 %,
Б) 20 %,
В) 50 %,
Г) 100 %,
Д) 10 %.
3. Для слизистой оболочки носа не характерен вид рецепторов:
А) тактильных,
Б) температурных,
В) ноцицептивных,
Г) обонятельных,
Д) вкусовых.
4. У здорового человека для увлажнения вдыхаемого воздуха со слизистой оболочки носа испаряется воды за сутки в количестве:
А) 700 мл,
Б) 100 мл,
В) 500 мл,
Г) 300 мл,
Д) 1000 мл.
5. С рецепторов полости носа возникают защитные рефлексы:
А) чихания,
Б) кашля,
В) гиперпноэ,
Г) приносивания,
Д) «ныряльщика».
6. Функцией ротового дыхания является:
А) согревание воздуха,
Б) охлаждение воздуха,

- В) увлажнение воздуха,
 Г) создание сопротивления потокам воздуха.
7. Ротовое дыхание невозможно во время:
 А) пения,
 Б) жевания,
 В) разговора,
 Г) физической нагрузки,
 Д) эмоционального напряжения.
8. Центр дыхания и центр глотания взаимодействуют между собой посредством связи:
 А) прямой,
 Б) последовательной,
 В) реципрокной,
 Г) переменной,
 Д) обратной.
9. Пища может попасть в дыхательные пути во время еды:
 А) при спокойном дыхании,
 Б) при смехе или разговоре,
 В) под действием экстремальных факторов внешней среды,
 Г) при чтении про себя,
 Д) при физической нагрузке.
10. Совокупность звуков, производимых человеком при помощи голосового аппарата, называется:
 А) тембром,
 Б) голосом,
 В) фонемой,
 Г) экспрессией,
 Д) речью.
11. Гортань, глотка, мягкое небо, губы являются органами речеобразования:
 А) пассивными,
 Б) модулирующими,
 В) активными,
 Г) усиливающими,
 Д) ослабляющими.
12. Тембр голоса определяется:
 А) функцией резонаторов,

- Б) частотой колебания связок,
 В) амплитудой колебания связок,
 Г) длиной голосовых связок,
 Д) мощностью выдоха.
13. Высота голоса зависит от:
 А) верхних резонаторов,
 Б) нижних резонаторов,
 В) частоты колебания связок,
 Г) амплитуды колебания связок,
 Д) глубины дыхания.
14. Сила голоса определяется:
 А) амплитудой голосовых связок,
 Б) функцией резонаторов,
 В) частотой колебания связок,
 Г) длиной голосовых связок,
 Д) жизненной емкостью легких.
15. К органам, участвующим в звукообразовании относятся:
 А) активным
 Б) пассивным
- | |
|------------------------|
| 1) гортань, |
| 2) зубы, |
| 3) глотка, |
| 4) твердое небо, |
| 5) мягкое небо, |
| 6) полость носа, |
| 7) губы, |
| 8) придаточные пазухи. |
16. Дислалии: **Развиваются при нарушениях**
 А) палатолалии 1) разрушении и аномалии развития зубов,
 Б) глоссолалии 2) деятельности и деформациях языка,
 В) дентолалии 3) деформациях и травмах мягкого и твердого неба,
 Г) лабиальные 4) верхней и нижней губы.
17. В процессе речеобразования полость рта, глотка, гортань и верхние дыхательные пути являются:
 А) верхними резонаторами,
 Б) нижними резонаторами,
 В) модуляторами,
 Г) генераторами,

Д) усилителями.

18. Укажите, какой ритм дыхания обеспечивает высокое сопротивление току воздуха при носовом дыхании:

- А) ускоренный,
- Б) замедленный,
- В) нерегулярный,
- Г) медленный и глубокий,
- Д) глубокий.

19. Придаточные пазухи носа необходимы для:

- А) диссоциации молекул воды,
- Б) образования структур рибосом,
- В) ионизации молекул кислорода,
- Г) ионизации молекул воды,
- Д) диссоциации оксигемоглобина.

20. Установите соответствие:

При носовом дыхании происходит: **за счет:**

- | | |
|---------------------------------------|--|
| А. Повышение эффективности дыхания | 1. Теплообмена вдыхаемого воздуха. |
| Б. Согревание воздуха | 2. Влаги, покрывающей слизистую носа. |
| В. Увлажнение воздуха | 3. Снижение скорости движения воздуха |
| Г. Очищение и обеззараживание воздуха | 4. Лизоцима и муцина слизистой оболочки. |

21. Установите соответствие:

Свойства голоса:

Зависят от:

- | | |
|-----------|--|
| А. Высота | 1. Амплитуды колебания голосовых связок. |
| Б. Сила | 2. Частоты колебания и длины голосовых связок. |
| В. Тембр | 3. Степени напряжения голосовых связок. |
| | 4. Функции верхних и нижних резонаторов. |
| | 5. Жизненной емкости легких. |

Ситуационные задачи

Задача № 1

Какой этап дыхания будет нарушен в первую очередь у больного пневмонией (воспалением легких)?

Задача № 2

Что произойдет с легкими, если ввести несколько кубиков воздуха в плевральную полость справа? Опасна ли эта процедура для жизни человека?

Задача № 3

Ребёнок появился на свет без сурфактанта, сможет ли он сделать первый вдох?

Задача № 4

Что является основной движущей силой для диффузии газов в легких и тканях? Какой газ диффундирует с большей скоростью и почему?

Задача № 5

Какие показатели внешнего дыхания позволяют оценить проходимость (аэродинамическое сопротивление) воздухоносных путей?

Задача № 6

Почему жизненная емкость легких у здорового мужчины среднего возраста и роста заметно выше, чем у женщины с такими же характеристиками?

Задача № 7

Какие силы опускают и сближают ребра при пассивном выдохе на земле? В космосе?

Задача № 8

Как можно увеличить количество растворенного кислорода в артериальной крови без вреда здоровью, и в какой ситуации такой прием используют в медицине?

Задача № 9

Почему при такой серьезной травме грудной клетки, как множественные переломы ребер, или при отеке легких врачи эмоционально называют анатомическое мертвое пространство «вредным»?

Задача № 10

В каком положении человека – горизонтальном или вертикальном – легкие вентилируются более равномерно?

Задача № 11

Какой тип дыхания преобладает у женщины в поздние сроки беременности и почему?

Задача № 12

Можно ли считать дыхание говорящего человека строго ритмичным?

Задача № 13

Почему для определения газового состава артериальной крови её можно брать из любой артерии, а для определения газового состава венозной крови необходима катетеризация правого желудочка или легочных артерий?

Задача № 14

Почему труднее дышать в противогазе, чем без него, в спокойном состоянии, и особенно при физической нагрузке?

Задача № 15

Почему для купирования приступа бронхиальной астмы, вызванного спазмом мелких бронхов, используются препараты, блокирующие холинорецепторы гладких мышц бронхов или активирующие их адренорецепторы?

Задача № 16

Человек по команде врача 10 секунд дышал с максимальной скоростью и глубиной. Как можно назвать такой тип дыхания и что

может произойти, если увеличить его продолжительность?

Задача № 17

В какой ситуации может возникнуть пневмоторакс? О чем свидетельствует спадение легких при пневмотораксе?

Задача № 18

Почему в норме легкие не спадаются, несмотря на наличие эластической тяги, стремящейся их сжать?

Задача № 19

С помощью каких механизмов организм может регулировать аэродинамическое сопротивление (проходимость) бронхов?

Задача № 20

При спокойном дыхании состав альвеолярной смеси относительно постоянен, несмотря на газообмен между альвеолярным воздухом и кровью. Объясните, с чем это связано.

Задача № 21

Какие факторы способствуют газообмену между альвеолярным воздухом и кровью?

Задача № 22

Сравните, сколько кислорода потребляет человек за 1 мин в покое, при быстрой ходьбе и при тяжелой мышечной работе.

Задача № 23

Чему равна ДЖЕЛ (должная жизненная емкость легких) у женщины ростом 165 см в 30-летнем возрасте?

Задача № 24

Определите ДЖЕЛ у мужчины в возрасте 45 лет, если его рост 181 см.

Задача № 25

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.

Задача № 26

Почему во время еды пища обычно не попадает в дыхательные пути?

Задача № 27

Чему равна КЕК (кислородная емкость крови), если количество Нв в крови равно 150 г/л?

Задача № 28

Как измерить дыхательный объем, резервный объем вдоха и резервный объем выдоха с помощью спирометра? Какие инструкции необходимо дать испытуемому?

Задача № 29

В грудной полости уменьшилось давление. Как это влияет на кровообращение и почему? В какую фазу дыхательного цикла это происходит?

Задача № 30

Какие наблюдаются нарушения в произношении звуков, если у человека имеют место патологические изменения языка.

Задача № 31

Почему под водой тонущий человек, максимально задерживая дыхание, все же делает глубокий вдох, хотя знает, что захлебнется и погибнет?

Задача № 32

К каким нарушениям в речевобразовательной деятельности могут привести поражения в области губ?

Задача № 33

Почему при повреждении позвоночника в шейном отделе часто возникает остановка дыхания?

Задача № 34

У собаки под наркозом отделили пневмотаксический центр моста от продолговатого мозга. Как изменится ритмика дыхания?

Задача № 35

Как изменится ритмика дыхания у наркотизированной собаки после перерезки обоих блуждающих нервов?

Задача № 36

Что произойдет с дыханием у собаки под наркозом, если у неё отделить продолговатый мозг от моста и перерезать оба блуждающих нерва?

Задача № 37

Укажите основные метаболические особенности зрелого эритроцита и их биологическое значение.

Задача № 38

При подъеме на высоту парциальное напряжение кислорода может уменьшиться от 100 до 60 мм рт. ст. Почему человек сможет жить в таких условиях?

Задача № 39

Что называют гипербарической оксигенацией? Какое парциальное давление кислорода допустимо в аппарате? И сколько при этом может содержаться физически растворенного кислорода в плазме крови?

Задача № 40

Общее содержание кислорода в артериальной крови 200 мл/л. Сколько при этом содержится в крови физически растворенного и химически связанного кислорода?

Задача № 41

Сравните, сколько кислорода потребляет человек за 1 мин в покое, при быстрой ходьбе и при тяжелой мышечной работе.

Задача № 42

Сравните объем эритроцитов в венозной и артериальной крови. Обоснуйте ответ.

Задача № 43

Как и почему изменится дыхание после перерезки задних корешков спинного мозга в грудном отделе?

Задача № 44

Какими свойствами обладают ирритантные рецепторы воздухоносных путей, какие факторы их возбуждают и какие вызывают ответные реакции?

Задача № 45

В каких условиях возникает рефлекс ныряльщика и каково его значение?

Задача № 46

Какие изменения дыхания возникают при отеке легких, и какие рефлекс в этом участвуют?

Задача № 47

Как изменяется дыхание при раздражении тепловых и холодных рецепторов кожи и при изменении температуры тела?

Задача № 48

Как и почему изменится продолжительность максимальной произвольной задержки дыхания после интенсивной гипервентиляции легких? Что произойдет при этом с насыщением гемоглобина кислородом?

Задача № 49

В чем заключается принцип отрицательной обратной связи в регуляции дыхания при гипокании и гиперкании и к чему это приводит?

Задача № 50

Как и почему изменится дыхание после перерезки блуждающих нервов?

Задача № 51

Какие структурные особенности эритроцитов способствуют выполнению ими дыхательной функции? Обоснуйте ответ.

Задача № 52

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 артерий. Какие – из вены?

Задача № 53

Спинальный мозг перерезан между первым и вторым шейными сегментами. Что произойдет с дыханием?

Задача № 54

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

Задача № 55

Спирометрия показала, что ЖЕЛ испытуемого равна 3800 мл. Из них РО вдоха составляет 1700 мл, РО выдоха – 1500 мл. Сколько воздуха поступает у этого человека в альвеолы за 1 минуту, если за это время он делает 18 дыхательных движений?

Задача № 56

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

Задача № 57

В кровь животному введен препарат, блокирующий действие карбоангидразы. Какие нарушения в процессе газообмена при этом произойдут?

Задача № 58

В плазме крови повысилась концентрация углекислоты. Повлияет ли это на процесс выделения кислорода из крови или нет, и почему?

Задача № 59

Какие изменения на пневмограмме произойдут при двусторонней перерезке блуждающих нервов и последующей стимуляции центрального и периферического концов перерезанного вагуса.

Задача № 60

Как повлияет на процесс выделения углекислого газа из крови дыхание чистым кислородом?

Задача № 61

Человек произвел максимально возможную задержку дыхания. Как объяснить эти изменения?

Задача № 62

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?

Задача № 63

При некоторых заболеваниях растяжимость легочной ткани уменьшается в 5–10 раз. Какой клинический симптом типичен для таких заболеваний?

Задача № 64

У человека нарушена целостность зубных рядов резцовой группы. Какие могут быть нарушения в формировании звуков?

Задача № 65

Вследствие отравления барбитуратами у больного резко понижалась чувствительность нейронов дыхательного центра к углекислому газу. В этих условиях врач решил назначить дыхание чистым кислородом. Согласны ли вы с таким решением?

Задача № 66

Чемпионы по нырянию погружаются на глубину 100 м без акваланга и возвращаются на поверхность на 4–5 минут. Почему у них не возникает кессонная болезнь?

Задача № 67

Если у новорожденного при перерезке пуповины затягивать лигатуру очень медленно, то первый вдох может не наступить и возникает асфиксия. Почему?

Задача № 68

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

Задача № 69

У человека временно полностью нарушено носовое дыхание, и он вынужден делать вдох и выдох через рот. Какие при этом могут возникнуть изменения и ощущения?

Задача № 70

Новорожденный дышит 30 раз в минуту. Ваш вывод?

Задача № 71

Отражается ли на дыхании ребенка тугое пеленание живота и почему?

Задача № 72

За счет чего увеличиваются легочная вентиляция и МОД при физической нагрузке у детей раннего возраста?

Задача № 73

Какой особенностью отличается состав альвеолярного воздуха у детей раннего возраста?

Задача № 74

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

Задача № 75

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

Задача № 76

В плохо проветриваемой комнате с содержанием углекислоты больше нормы и недостаточным количеством кислорода находятся взрослые и дети. Кто из них раньше почувствует духоту в помещении?

Задача № 77

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

Задача № 78

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

Задача № 79

Новорожденный ребенок сделал максимально глубокий вдох. Чему в этот момент равно у него давление в межплевральной щели, если атмосферное давление составляет 760 мм рт. ст.?

Задача № 80

С увеличением возраста ребенка содержание кислорода в крови (возрастает, падает), количество углекислого газа (уменьшается, увеличивается, не изменяется). Вычеркните в скобках слова, которые не соответствуют истине. О какой крови идет речь – артериальной или венозной?

Задача № 81

Атмосферное давление в г. Бишкек 700 мм рт. ст. Рассчитайте парциальное давление кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе.

Вопросы для самоконтроля

1. Что явилось стимулом в эволюции для появления дыхательных ферментов крови?
2. В чем преимущество гемоглобина перед другими дыхательными ферментами крови?
3. Какая сила обуславливает переход газов через альвеоло-капиллярную мембрану?
4. Как называется процесс перехода газов из одной среды в другую при наличии градиента концентрации этих газов?
5. Каким методом можно определить напряжение газов в крови?
6. В каких состояниях находятся газы в крови?
7. В каком виде находится кислород в крови?
8. Что такое оксигемоглобин?
9. Что такое восстановленный гемоглобин?
10. С каким катионом связывается оксигемоглобин в эритроците?
11. С каким катионом связывается восстановленный гемоглобин?
12. Почему количество оксигемоглобина в артериальной крови не соответствует кислородной емкости крови (КЕК)?
13. Всегда ли количество оксигемоглобина будет зависеть от количества гемоглобина крови?
14. К какой части гемоглобина присоединяется кислород? Углекислый газ?
15. Может ли молекула гемоглобина одновременно присоединить к себе кислород и углекислый газ? Почему?
16. Как изменяется кривая диссоциации оксигемоглобина с повышением температуры, с повышением напряжения углекислого газа?
17. Почему синтез угольной кислоты происходит в эритроцитах?
18. Какое из соединений углекислого газа в крови выражает обменную его часть?
19. Какая часть углекислого газа в крови участвует в поддержании кислотно-щелочного равновесия?
20. Какая жидкость обладает большей емкостью углекислого газа – цельная кровь или плазма?
21. Какова степень влияния углекислого газа на окисление гемоглобина кислородом при высоком парциальном давлении кислорода? При низком парциальном давлении кислорода?

22. В чем биологический смысл диссоциации оксигемоглобина при высоких парциальных давлениях кислорода?
23. В чем биологический смысл большой скорости диссоциации оксигемоглобина при низких парциальных давлениях кислорода?
24. В каком виде, и в каких соединениях находится углекислый газ в эритроцитах?
25. В каком виде, и в каких соединениях находится углекислый газ в плазме крови?
26. Какой анион входит из плазмы в эритроцит вместо аниона HCO_3^- , вышедшего из эритроцита?
27. Одинаков ли объем эритроцита в венозной и артериальной крови и почему?
28. Нарисуйте схему гидратации углекислого газа в крови и превращения его в бикарбонат (в капиллярах тканей).
29. Нарисуйте схему освобождения углекислого газа из бикарбонатов крови (в капиллярах легких).
30. Из 1 литра воздуха поглощено 30 мл кислорода, артерио-венозная разница по кислороду равна 9 об%. Сколько мл крови прошло за это время через капилляры легких?
31. Зависит ли количество химических соединений (NaHCO_3 , HbO_2 , HbCO_2) от напряжения газов в крови?
32. В каком направлении смещается кривая диссоциации оксигемоглобина при интенсивной мышечной работе, почему?
33. В каком виде в крови находится азот?
34. Существует ли разница в содержании азота в артериальной и венозной крови?
35. Сформулируйте понятие дыхательного центра.
36. Из каких уровней состоит дыхательный центр?
37. Что произойдет с дыханием после разрушения продолговатого мозга?
38. В каком звене дыхательного центра собирается вся афферентная импульсация?
39. Что произойдет с дыханием после перерезки спинного мозга под продолговатым?
40. Что произойдет с дыханием после перерезки спинного мозга между шейными и грудными сегментами спинного мозга?

41. При разрушении какого уровня дыхательного центра прекращается дыхание?
42. Через какой отдел ЦНС центры вдоха и выдоха оказывают влияние на диафрагму, межреберные мышцы?
43. Какую роль в регуляции дыхания играет центр пневмотаксиса?
44. Что произойдет с дыханием после перерезки ствола мозга между продолговатым мозгом и варолиевым мостом?
45. Чем обусловлены особенности влияния коры на дыхание?
46. Что понимают под автоматией дыхательного центра?
47. Как доказывается автоматия дыхательного центра?
48. Какие механизмы регуляции деятельности дыхательного центра Вам известны?
49. Что понимают под гуморальной регуляцией дыхательного центра?
50. Какие сдвиги в составе крови вызывают возбуждение дыхательного центра?
51. Каким опытом доказывается гуморальная регуляция дыхания?
52. Почему усиление обмена веществ приводит к усилению дыхания?
53. Как изменяются ритм и глубина дыхания, если оно происходит в замкнутом пространстве?
54. Одинакова ли чувствительность дыхательного центра к угольной кислоте и другим кислотам?
55. Как изменяется возбудимость дыхательного центра при уменьшении содержания угольной кислоты в крови?
56. Что происходит с дыханием после произвольной гипервентиляции легких?
57. Что такое апноэ и когда оно возникает?
58. Перечислите главные рефлексогенные зоны, участвующие в регуляции дыхания.
59. Какие изменения химического состава крови вызывают возбуждение хеморецепторов?
60. Какой из химических раздражителей является более сильным для дыхательного центра и почему?
61. В каком случае возбуждаются центральные и периферические хеморецепторы: при уменьшении количества кислорода или его напряжения в крови?

62. Чем определяется продолжительность произвольной задержки дыхания?
63. Почему после долгой задержки дыхания возникает резкое углубление и учащение дыхания?
64. При аппаратном искусственном дыхании кислородом добавляют 5% CO₂ (такая смесь называется карбогеном). С какой целью это делают?
65. Почему в норме вдох обязательно сменяется выдохом?
66. Что является раздражителем механорецепторов легких?
67. Что произойдет с дыхательными мышцами при искусственном раздувании легких?
68. В составе какого нерва проходят афферентные волокна, несущие импульсы от механорецепторов легких в дыхательный центр?
69. Что произойдет с дыханием после перерезки обоих блуждающих нервов?
70. Что произойдет с дыханием после одновременного отделения центра пневмотаксиса от нижележащих отделов мозга и ваготомии?
71. Какие защитные дыхательные рефлексы Вы знаете?
72. Назовите рефлексогенные зоны, с которых возникают защитные дыхательные рефлексы.
73. Повышение давления крови в изолированных каротидных синусах ведет к резкому падению общего артериального давления и к угнетению дыхания вплоть до апноэ. При понижении же давления в «изолированных синусах» артериальное давление повышается, а дыхание усиливается и учащается. Почему?
74. Какую роль играют в регуляции дыхания проприорецепторы дыхательных мышц?
75. Приведите примеры условно-рефлекторного изменения дыхания.
76. Какова особенность рефлекса Геринга–Брейера у маленьких детей и у взрослого человека?

УИРС по теме 2

Темы для реферативных докладов

1. Кислородная емкость крови и факторы, ее определяющие.
2. Количество и напряжение газов в крови в условиях высокогорной гипоксии.
3. Газообмен в тканях.
4. Современные представления о происхождении и саморегуляции дыхательной периодики.
5. Механорецепторы, их роль в регуляции дыхания.
6. Регуляция дыхания при мышечной работе.
7. Особенности регуляции дыхания ребенка.
8. Значение тренированности для адаптации в условиях гипоксии.
9. Высокогорная гипоксия, условия и механизмы адаптации.

Вопросы для самоконтроля по специальности «Лечебное дело»: особенности системы дыхания стареющего организма

1. Почему в старческом возрасте снижается ЖЕЛ?
2. Как меняется соотношение ДО, РО выдоха, РО вдоха в пожилом возрасте?
3. В чем выражаются изменения альвеолокапиллярного газообмена у лиц пожилого возраста?
4. Укажите причины ухудшения диффузии кислорода из легких в кровь в более старшем возрасте.
5. Какой фермент облегчает отдачу кислорода в крови?
6. Благодаря чему в пожилом возрасте поддерживается адекватная вентиляция легких?

Вопросы для самоконтроля по специальности «Педиатрия»: особенности системы дыхания в детском возрасте

1. Почему у детей относительно меньший размах ребер, чем у взрослых?
2. Чем отличаются воздухоносные пути у маленьких детей?
3. Какая особенность дыхательной поверхности легких у детей?
4. Отличительные признаки плевральной полости детей.
5. Что является органом внешнего дыхания у плода? Имеются ли у плода дыхательные движения?
6. С какой недели внутриутробного развития у плода появляются периодические дыхательные движения? Каково их значение?

7. Какова частота периодических дыхательных движений плода, расправляются ли легкие при этом?
8. Грудной или брюшной (диафрагмальный) тип дыхания у грудного ребенка? Почему?
9. Какова частота дыхания у новорожденного? Сравните с нормой взрослого.
10. Чему равен дыхательный объем в покое у новорожденного ребенка, в возрасте 1 года, 5 лет и у взрослого человека?
11. Какова величина жизненной емкости легких (ЖЕЛ) у детей в возрасте 5, 10 и 15 лет?
12. Чему равен минутный объем дыхания (МОД) в возрасте 1 года, 5 лет, 10 лет и у взрослого человека?
13. Чему равно содержание кислорода в артериальной крови плода (пупочная вена) и в артериальной крови взрослого? Объясните причину различий.
14. Какие факторы стимулируют первый вдох новорожденного?
15. Какие факторы обеспечивают быструю диффузию газов в легких у детей?
16. Какова степень возбудимости дыхательного центра у новорожденного и отчего она зависит? В каком возрасте появляется произвольная регуляция дыхания? С чем это связано?
17. Какую цель преследуют, применяя искусственное дыхание при отсутствии первого вдоха у новорожденного?
18. Каков механизм применения различных воздействий (изменения температуры, поколачивания, встряхивания) при отсутствии первого вдоха у новорожденного?
19. В каком возрасте в эритроцитах у детей появляется фермент карбоангидраза?

Вопросы для самоконтроля по специальности «Стоматология»:

участие ЧЛЮ в дыхательной функции

1. Какими путями возможно поступление воздуха в легкие и выход выдыхаемого воздуха из легких?
2. Какие типы дыхания имеют место у людей?
3. За счет чего воздух встречает большое сопротивление при носовом дыхании?

4. Почему при носовом дыхании повышается его эффективность?
5. Как происходит согревание воздуха при носовом дыхании?
6. Каким образом увлажняется воздух в носовых ходах?
7. Какие механизмы обеспечивают очищение вдыхаемого воздуха при носовом дыхании?
8. Укажите виды рецепторов слизистой оболочки полости носа и их значение.
9. Как возникают и проявляются защитные рефлексы чихания и «ныряльщика»?
10. Перечислите все особенности носового дыхания.
11. Какую роль играют околоносовые пазухи – фронтальная, гайморовы, решетчатая?
12. Какова роль ротового дыхания? Укажите его особенности?
13. Опишите взаимосвязь ротового и носового дыхания.
14. Как регулируется взаимодействие дыхательной и пищеварительной функций ЧЛЮ?
15. Что такое звук и где осуществляется генерация звуков в речесловотворительной функции?
16. Как устроен голосообразующий аппарат человека?
17. Что такое голос, и какими свойствами он обладает?
18. Назовите активные и пассивные органы, участвующие в звукообразовании.
19. Охарактеризуйте генераторный, резонаторный и энергетический компоненты периферического механизма речи.
20. Какие нарушения встречаются в речесловотворительной деятельности?

Ответы к тестовым заданиям по теме 1

1. б
2. а
3. б
4. д
5. а
6. г
7. д
8. а
9. г
10. а
11. в
12. а
13. а
14. г
15. а
16. а
17. г
18. а
19. г
20. г
21. в
22. г
23. г
24. а
25. г

Ответы к тестовым заданиям по теме 2

1. д
2. а
3. б
4. б
5. б
6. в
7. в
8. б
9. а
10. а
11. б
12. б
13. б
14. а
15. б
16. д
17. г
18. б
19. д
20. а
21. б
22. д
23. а
24. а
25. б
26. а
27. а
28. в
29. б
30. г
31. а
32. б
33. в
34. г
35. б
36. б

- 37. а
- 38. б
- 39. б
- 40. а, б, г, д
- 41. а
- 42. д
- 43. а
- 44. б
- 45. б
- 46. г
- 47. д

Ответы к тестовым заданиям по разделу «Особенности системы дыхания стареющего организма»

- 1. б
- 2. а
- 3. в
- 4. г
- 5. б
- 6. в

Ответы к тестовым заданиям по разделу «Особенности системы дыхания в детском возрасте»

- 1. в
- 2. г
- 3. б
- 4. а
- 5. б
- 6. в
- 7. в
- 8. в
- 9. г
- 10. а
- 11. б

Ответы к тестовым заданиям по разделу «Дыхательные функции ЧЛО»

- 1. б
- 2. б
- 3. д
- 4. в
- 5. г, д
- 6. б
- 7. б
- 8. в
- 9. б, в
- 10. б
- 11. в
- 12. а
- 13. в
- 14. а, в
- 15. А-1,3,5,7; Б-2,4,6,8;
- 16. а-3; б-2, в-1; г-4;
- 17. а
- 18. г
- 19. в
- 20. а-3; б-1; в-2; г-4,5;
- 21. а-2; б-1; в-4.

Ответы к ситуационным задачам

Задача № 1

Нарушится диффузия газов в легких в результате увеличения диффузионного расстояния отечной легочной мембраны.

Задача № 2

Произойдет частичный ателектаз правого легкого. Небольшой закрытый пневмоторакс одного легкого не опасен для жизни и даже используется в медицинской практике при лечении кавернозного туберкулеза легких, чтобы ограничить дыхательные движения пораженного легкого.

Задача № 3

Снижение продукции сурфактанта приводит к ателектазу – спадению стенок альвеол, и новорожденный ребенок не в состоянии сделать первый вдох.

Задача № 4

Основной движущей силой для диффузии газов в легких и тканях является градиент парциальных давлений и напряжений. CO_2 диффундирует с большей скоростью из-за его более хорошей растворимости в жидкости.

Задача № 5

Оценить проходимость воздухоносных путей позволяют следующие показатели внешнего дыхания: пиковая скорость выдоха, индекс Тиффно, максимальная вентиляция легких.

Задача № 6

У здорового мужчины показатели ЖЕЛ заметно выше, чем у женщины с такими же характеристиками из-за лучшего развития костно-мышечной системы (следствие влияния андрогенных гормонов).

Задача № 7

На земле при пассивном выдохе опускают и сближают ребра сила земного притяжения, эластичность реберных хрящей и ЭТЛ; в условиях космоса – только эластичность реберных хрящей и ЭТЛ.

Задача № 8

Если учесть, что человек хорошо переносит чистый кислород при давлении до 3 атм, то можно добиться увеличения его содержания в крови с помощью гипербарической оксигенации (в барокамере) до 68,4 мл на литр, а также посредством газообменной маски при давлении в 1 атм до 22,8 мл/литр, что улучшает снабжение организма кислородом в условиях патологии (при сердечно-легочной недостаточности, оперативных вмешательствах на сердце) при подъеме на высоту.

Задача № 9

Такая травма, как множественные переломы ребер или отек легких вынуждают человека дышать часто и поверхностно. При таком режиме дыхания воздух в основном крутится в мертвом пространстве и его мало попадает в газообменную область, а анатомическое мертвое пространство становится как бы «вредным».

Задача № 10

Легкие вентилируются более равномерно в горизонтальном положении.

Задача № 11

У женщины в поздние сроки беременности наблюдается грудной тип дыхания, так как движения диафрагмы и живота ограничены увеличенной в размерах маткой.

Задача № 12

Дыхание говорящего человека не может быть строго ритмичным, потому что человек произносит слова на выдохе, делая выдохи более активными и соответственно изменяя глубину вдохов.

Задача № 13

Потому что газовый состав венозной крови, оттекающей из различных участков тела, в отличие от притекающей артериальной, не одинаковый. Для определения газового состава получают смешенную венозную кровь посредством катетеризации полости правого желудочка или легочных артерий (усредненные показатели).

Задача № 14

Когда человек дышит через гофрированную трубку и фильтр противогаза, он как бы искусственно увеличивает объем своего анатомического мертвого пространства. Чтобы сохранить легочную вентиляцию на должном уровне в противогазе, человек должен дышать более интенсивно в покое и особенно при физической нагрузке, увеличивающей потребность организма в кислороде.

Задача № 15

Препараты, блокирующие холинорецепторы и активирующие адренорецепторы, снижают тонус гладкой мускулатуры бронхов, что купирует приступ бронхиальной астмы, вызванный спазмом мелких бронхов.

Задача № 16

Такой тип дыхания носит название «максимальная вентиляция легких» (МВЛ). Если увеличить продолжительность МВЛ, то может развиваться гипокания за счет вымывания CO_2 , которая сопровождается спазмом мозговых сосудов и головокружением.

Задача № 17

Пневмоторакс, или поступление атмосферного воздуха в плевральную щель, может возникнуть при нарушении целостности её стенок. Спадение легких при пневмотораксе свидетельствует о том, что ЭТЛ (сила, сжимающая растянутое легкое) превосходит силы сцепления между висцеральным и париетальным листками плевры.

Задача № 18

Спадению легких препятствует атмосферное давление, которое действует на легкие только через воздухоносные пути и прижимает их к грудной клетке («вакуумная связка» висцерального и париетального листков плевры). Вспомогательную роль играют силы сцепления листков плевры.

Задача № 19

Сужение бронхов осуществляется под действием парасимпатических (блуждающих) нервов через М-холинорецепторы, гистамина

через Н1-рецепторы, простагландинов и лейкотриенов. Расширение бронхов вызывают симпатические нервы и адреналин через β_2 -рецепторы, парасимпатические (блуждающие) нервы через ВИП-нейроны и соответствующие им рецепторы.

Задача № 20

Потому что вентиляция альвеол осуществляется диффузным способом непрерывно – в фазу вдоха и выдоха.

Задача № 21

1) Большая поверхность альвеол и легочных капилляров, 2) большая скорость диффузии газов через тонкую легочную мембрану, 3) интенсивность кровообращения и вентиляции легких, 4) корреляция между интенсивностью кровотока и вентиляцией легких.

Задача № 22

В покое – около 250 мл/мин, при быстрой ходьбе – 2,5 л/мин, при тяжелой мышечной работе – до 4 л/мин.

Задача № 23

ДЖЕЛ женщины = $H(21,78 - 101A)$, где H – рост в см, A – возраст в годах (формула Болдуина). В данном случае ДЖЕЛ равна 3620 мл.

Задача № 24

По формуле Болдуина, ДЖЕЛ мужчины = $H(27,63 - 112A)$, где H – рост в см, A – возраст в годах. В данном случае ДЖЕЛ равна 4940 мл.

Задача № 25

Давление в плевральной полости будет наибольшим во время глубокого выдоха, а наименьшим – во время глубокого вдоха. Значительное уменьшение объема грудной клетки и сильное сжатие легких во время глубокого выдоха приводят к уменьшению величины ЭТЛ – основной силы, противодействующей передаче внутрилегочного давления в плевральную полость, а при глубоком вдохе, напротив, увеличение грудной клетки и расширение легких способствуют увеличению ЭТЛ и отрицательного давления в плевральной полости.

Задача № 26

Потому, что центр дыхания и глотания продолговатого мозга связаны реципрокно и во время глотания входы в дыхательные пути (гортань, полость носа) закрываются надгортанником и мягким небом.

Задача № 27

Так как 1 г Нв связывает 1,34 мл кислорода, кислородная емкость крови (КЕК) в данном случае равна 201мл/л.

Задача № 28

Для измерения ДО необходимо сделать нормальный спокойный выдох в спирометр после спокойного вдоха. Лучше – выполнить при поднятом колпаке спирометра несколько спокойных вдохов и выдохов, не вынимая трубки изо рта, и взять среднее значение. Для определения РО вдоха необходимо попросить испытуемого сделать после нормального вдоха из атмосферы дополнительный максимально возможный вдох из-под поднятого колпака спирометра. Для определения РО выдоха надо осуществить после спокойного выдоха в атмосферу максимально возможный выдох в спирометр.

Задача № 29

При вдохе за счет снижения давления в грудной полости расширяются кровеносные сосуды средостения. При этом венозный приток к легким и предсердиям возрастает. Это приводит к рефлекторному учащению сердцебиений (дыхательная аритмия) и изменению артериального давления (дыхательные волны на кривой АД).

Задача № 30

Возникают затруднения в воспроизводстве фрикативных согласных звуков – З, Ч, Ж, Ш, Щ.

Задача № 31

Когда тонущий человек задерживает дыхание под водой как можно дольше, у него в артериальной крови развиваются гипоксемия, гиперкапния, ацидоз, накапливается углекислота и в спинномозговой жидкости. Все эти сдвиги, раздражая периферические

и центральные хеморецепторы, возбуждают инспираторные нейроны дыхательного центра, и человек непроизвольно делает глубокий вдох.

Задача № 32

Осложняется производство взрывных – Б, П и фрикативных звуков – В, Ф.

Задача № 33

Разрыв спинного мозга выше 3–5-го шейных сегментов (центров диафрагмальных нервов) приводит к остановке дыхания вследствие развития спинального шока, в явления которого вовлекаются все дыхательные мотонейроны.

Задача № 34

Вдохи станут затянутыми.

Задача № 35

Для ритмики дыхания характерны – глубокий затянутый вдох и короткий резкий выдох.

Задача № 36

Вдохи долго не будут сопровождаться выдохами.

Задача № 37

1. Ограниченное количество метаболических реакций (из-за отсутствия ядра, митохондрий и белоксинтезирующей системы) защищает эритроцит от окислительных процессов. Это важно, учитывая большое содержание кислорода в нем и необходимость удерживать двухвалентное железо (Fe^{+2}) от перехода в трехвалентную форму (Fe^{+3}).

2. Один из промежуточных продуктов расщепления глюкозы при этом (2,3-дифосфоглицерат – 2,3 ДФГ) способствует диссоциации оксигемоглобина и улучшает снабжение тканей кислородом.

Задача № 38

Потому что насыщение гемоглобина кислородом в легких остается достаточным для организма даже при значительном падении

(до 60 мм рт. ст.) парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе. Это позволяет человеку жить не только на равнине, но и в условиях обжитого высокогорья.

Задача № 39

Гипербарическая оксигенация – это дыхание чистым кислородом под высоким давлением в барокамере. Парциальное давление кислорода допустимо не более 3 атм., при этом количество растворенного кислорода в плазме крови достигает 70 мл/л.

Задача № 40

Физически растворенного – 3 мл/л, химически связанного – 197 мл/л.

Задача № 41

В покое – около 250 мл/мин, при быстрой ходьбе 2,5 л/мин, при тяжелой мышечной работе – до 4 л/мин.

Задача № 42

В венозной крови объем эритроцитов больше, чем в артериальной. Это объясняется поступлением воды в эритроциты вследствие накопления ионов внутри эритроцитов и повышения в них осмотического давления.

Задача № 43

Дыхание станет поверхностным (неглубоким) из-за отсутствия афферентной импульсации от проприорецепторов дыхательных мышц.

Задача № 44

Ирритантные рецепторы, которые обладают свойствами механо- и хеморецепторов, возбуждаются: 1) при сильном увеличении и уменьшении объема легких; 2) пылевыми частицами; 3) некоторыми биологически активными веществами, например, гистамином; 4) парами едких веществ – например, аммиаком, табачным дымом, эфиром; 5) при развитии патологических процессов в легких – отеке, воспалении, застое крови. Возбуждение этих рецепторов сопровождается одышкой, чувством першения в горле, сужением бронхов.

Задача № 45

Рефлекс ныряльщика – рефлекторное апное, которое возникает при воздействии воды на область нижних носовых ходов. Это предотвращает попадание воды в расположенные ниже отделы воздухоносных путей и нарушение газообменной функции легких.

Задача № 46

При отеке легких имеет место одышка, спазм бронхов и першение в горле. Включаются рефлексы возбуждения юкстакапиллярных рецепторов интерстиция альвеол, а также эпителиальных и субэпителиальных ирритантных рецепторов воздухоносных путей.

Задача № 47

Сильное возбуждение терморецепторов кожи приводит к усилению дыхания, однако погружение человека в холодную воду тормозит выдох и затягивает вдох. Повышение температуры тела (лихорадка) ведет к усилению дыхания, гипотермия – к угнетению, вместе с тем незначительное снижение температуры тела стимулирует дыхание.

Задача № 48

Максимальная произвольная задержка дыхания увеличится в связи с резкой гипокапнией крови. Процент насыщения гемоглобина кислородом при этом не изменится, так как гемоглобин максимально насыщен кислородом у здорового человека и при спокойном дыхании.

Задача № 49

Гипокапния вызывает угнетение активности дыхательного центра, уменьшение вентиляции легких и, как следствие, увеличение содержания CO_2 в крови, гиперкапния вызывает противоположные эффекты. В результате парциальное напряжение CO_2 в крови поддерживается на постоянном уровне.

Задача № 50

Дыхание станет редким и глубоким в результате прекращения афферентной импульсации механорецепторов растяжения в легких.

Задача № 51

1. Форма эритроцитов в виде двояковогнутого диска улучшает условия для диффузии газов по сравнению со сферической клеткой того же объема: увеличивает диффузионную поверхность, уменьшает диффузионное расстояние от поверхности до молекул гемоглобина.

2. Отсутствие ядра, митохондрий и белоксинтезирующей системы уменьшает потребность эритроцитов в кислороде.

Задача № 52

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.

Задача № 53

Дыхание прекратится, так как в этом случае дыхательные центры изолируются от дыхательной мускулатуры.

Задача №54

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.

Задача № 55

За один вдох 600 мл. За минуту – 1080 мл. ДО= ЖЕЛ – РО выд. – РО вд.

Задача № 56

Парциальное давление газа равно 106 мм рт. ст.

Задача № 57

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.

Задача № 58

Повышение парциального напряжения углекислого газа в крови сдвигает кривую диссоциации оксигемоглобина вправо и ускоряет процесс его распада.

Задача № 59

1. При перерезке блуждающих нервов дыхание будет более глубоким и редким.

2. При стимуляции центрального конца вагуса произойдет задержка дыхания на выдохе, так как в составе этого нерва идут чувствительные волокна от рецепторов растяжения легких.

3. При стимуляции периферического конца вагуса дыхание не изменится.

Задача № 60

Этот процесс ускорится, так как кислород способствует распаду бикарбонатов.

Задача № 61

В результате задержки дыхания в крови накапливается углекислый газ, который раздражает хеморецепторы рефлексогенных зон и вызывает учащение и углубление дыхания.

Задача № 62

Если речь идет о естественном дыхании, то прав первый студент, а если об искусственном – прав второй.

Задача № 63

При значительном ухудшении растяжимости альвеол невозможен достаточно глубокий вдох. Нехватку воздуха организм пытается компенсировать учащением дыхания, которое остается поверхностным (одышка).

Задача № 64

Будут наблюдаться затруднения в формировании зубных звуков – Д, Т, С, Ц. При этом могут возникнуть шепелявость, присвист.

Задача № 65

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.

Задача № 66

Ныряльщик во время погружения не дышит, поэтому растворение азота в крови на большой глубине не происходит. Раз нет азота – нет и кессонной болезни.

Задача № 67

При очень медленной перевязке связь с организмом матери прекращается медленно и накопление углекислого газа в крови ребенка замедляется. Соответственно этому затягивается момент первого вдоха.

Задача № 68

Дыхание остановится, так как у новорожденного тип дыхания только диафрагмальный, а реберный еще не сформировался.

Задача №69

При выключении носового дыхания имеют место: сухость во рту при форсированном дыхании; отсутствие обонятельной функции и ослабление вкусовых ощущений; более выражены першение в горле и кашель при загрязнении вдыхаемого воздуха; носовой отенок в произношении звуков; невозможность дыхания во время жевания и более реальная угроза попадания частиц пищи в дыхательное «горло» (при разговоре, смехе, во время еды), а также реальная возможность возникновения простудных заболеваний при длительном вдыхании холодного воздуха.

Задача № 70

У ребенка имеется патология дыхания. В норме частота дыхательных движений у новорожденного – 60–70 в мин.

Задача № 71

При тугом пеленании дыхание затрудняется, так как у ребенка преобладает диафрагмальный тип дыхания.

Задача № 72

Легочная вентиляция и МОД у детей возрастает преимущественно за счет изменения частоты дыхания.

Задача № 73

Альвеолярный воздух детей содержит меньше углекислого газа и больше кислорода, чем у взрослых.

Задача № 74

Выдыхаемый воздух детей содержит меньше углекислого газа и больше кислорода, чем у взрослых.

Задача № 75

Вследствие поверхностного дыхания вентиляция легких менее эффективна, кроме того, относительный объем вредного пространства у детей больше, чем у взрослых.

Задача № 76

В первую очередь ощущение духоты появится у взрослых, так как у детей понижена чувствительность дыхательного центра к недостатку кислорода и избытку углекислоты.

Задача № 77

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.

Задача № 78

Это явление наблюдается у ребенка от 3 до 7 лет.

Задача № 79

Внутриплевральное давление при выдохе у новорожденного равно атмосферному, так как объем легких у них соответствует объему грудной клетки.

Задача № 80

С увеличением возраста детей содержание углекислого газа и кислорода, как в артериальной, так и в венозной крови возрастает.

Задача № 81

Парциальное давление кислорода равно 106 мм рт. ст., углекислого газа равно 39 мм рт. ст.

Рекомендуемая литература

- Агаджанян Н.А., Гель Л.З., Циркин В.Н., Чеснокова С.А.* Физиология человека: учебник. М.: Медицинская книга, 2001. 516 с.
- Агаджанян Н.А., Власова И.Г., Ермакова Н.В.* и др. Основы физиологии человека. М.: РУДН, 2001.
- Агаджанян Н.А., Смирнов В.М.* Нормальная физиология: учебник. М.: Медицина, 2011. 519 с.
- Власова И.Г., Чеснокова С.А.* Регуляция функций организма: Физиологический справочник. М., 1998.
- Данияров С.Б. и соавт.* Физиология дыхания: методическое указание к практическим занятиям по нормальной физиологии. Фрунзе: КГМИ, 1985. 67 с.
- Зарифьян А.Г., Наумова Т.Н.* Нормальная физиология. Часть I. Курс лекций для студентов специальности «Стоматология». Бишкек: Изд-во КРСУ, 2008. 213 с.
- Нормальная физиология: учебник / под ред. В.Н. Яковлева. М.: АСADEMIA, 2006. Т.3.
- Нормальная физиология: учебник / под ред. Б.И. Ткаченко. М.: Медицина, 2005.
- Ноздрачев А.Д., Баженов Ю.И., Баранникова И.А.* и др. Общий курс физиологии человека и животных, М., 2011. Т. 1; 2.
- Орлов Р.С., Ноздрачев А.Д.* Нормальная физиология. М.: Геотар-Медиа, 2006.
- Полянцев В.А.* и др. Нормальная физиология: учебное пособие для студентов стоматологических факультетов. М.: Медицина, 1989. 240 с.
- Словарь физиологических терминов: научно-справочное издание / отв. ред. О.Г. Газенко. М.: Наука, 1987. 446 с.
- Судаков К.В.* Физиология: Основы и функциональные системы (курс лекций). М.: Медицина, 2000. 781 с.
- Ткаченко Б.И.* Основы физиологии человека: учебник. СПб.: Междунар. фонд истории науки, 1994. Т. 1; 2.
- Физиология человека: учебник / под ред. Г.И. Косицкого. М.: Медицина, 1985. 544 с.
- Физиология челюстно-лицевой области: учебник / под ред. С.М. Будылиной, В.П. Дегтярева. М.: Медицина, 2001. 352 с.

- Физиология человека: учебник / под ред. В.М. Смирнова. М.: Медицина, 2002. 608 с.
- Физиология в рисунках и таблицах: учебное пособие / под ред. В.И. Смирнова. М.: МИА, 2007. 453 с.
- Физиология человека: задачи и упражнения: учебное пособие / под ред. Ю.И. Савченкова Ростов н/Д, 2007. 155 с.
- Шмидт Р., Тевс Г.* Физиология человека: руководство: в 3-х т. М.: Мир, 2005.

*Анэс Гургенович Зарифьян,
Тамара Николаевна Наумова,
Аида Канатбековна Нартаева,
Ирина Евгеньевна Кононец*

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Учебное пособие

Редактор *И.С. Волоскова*
Компьютерная верстка *А.С. Задорожной*

Подписано в печать 15.04.2013.
Формат 60x84 $\frac{1}{16}$ Печать офсетная.
Объем 9, 25 п. л. Тираж 100 экз. Заказ 21

Издательство КРСУ
720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44

Отпечатано в типографии КРСУ
720048, г. Бишкек, ул. Горького, 2