

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ВОРОНЕЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ СПОРТА»

КАФЕДРА МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ, ЕСТЕСТВЕННО-
НАУЧНЫХ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов

Воронеж 2024

УДК 691:612.

Составители: Попова Н.Н., Федоров В.П.

Физиология дыхания: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов /сост.: Попова Н.Н., Федоров В.П. – Воронеж, ВГАС, 2024. – 55 с.

Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов «Физиология дыхания» подготовлено на кафедре медико-биологических, естественно-научных и математических дисциплин Воронежской государственной академии спорта.

В пособии перечислены основные вопросы семинарских занятий, дополнительные вопросы, входящие в проверочные контрольные работы, , представлены задания и задачи для индивидуального выполнения, темы рефератов и рекомендации по их написанию, а также библиографический список. Большой объем занимает справочный раздел, включающий словарь физиологических терминов с подробными комментариями и цифровой материал.

Пособие рекомендовано для студентов 3 курса факультета дневной формы обучения по направлению подготовки 49.03.01. «Физическая культура»

Рецензенты:

Д-р биол.наук, проф. каф. биохимии и физиологии клетки ВГУ

М.Ю. Грабович

К.б.н., доц. каф. медико-биологических, естественно-научных и математических дисциплин ВГАС

И.Е. Попова

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. ЛЕКЦИИ	5
Лекция 1. Внешнее дыхание	
1. Система дыхания. Этапы дыхательного процесса	
2. Биомеханика вдоха и выдоха	
3. Работа дыхания	
4. Функциональные показатели системы дыхания.	
Лекция 2. Газообмен. Регуляция дыхания	
1. Обмен газов в легких и тканях.	
2. Транспорт газов кровью	
3. Кислородный запрос. Кислородный долг. Максимальное потребление кислорода	
4. Регуляция дыхания	
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	19
Работа 1. Определение жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ) с помощью спирометра	
Работа 2. Пневматометрия	
Работа 3. Определение силы дыхательных мышц	
Работа 4. Расчёт кислородного долга, кислородного запроса расхода энергии и коэффициента полезного действия по данным лёгочной вентиляции	
3. ВОПРОСЫ СЕМИНАРОВ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ	26
4. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ	31
5. ЗАДАЧИ	31
6. ТЕСТЫ	40
7. ЦИФРОВОЙ СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ	48
8. СЛОВАРЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ	50
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	54

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью преподавания курса «Физиология человека» является ознакомление студентов с основными представлениями о физиологических процессах жизнедеятельности в состоянии покоя, во время занятий физической культурой и спортом, а также в период восстановления. Знание закономерностей функционирования систем человека в покое и при мышечных нагрузках позволит правильно построить тренировочный процесс и повысить его эффективность. Поэтому изучение физиологии необходимо будущему тренеру, учителю физкультуры, спортивному врачу и другим специалистам.

Сегодняшний выпускник вуза должен получить не только определенную сумму конкретных знаний, но овладеть профессиональными компетенциями. В связи с этим необходима оптимизация всего образовательного процесса. Будучи фундаментальной базой в познании адаптивных возможностей организма, «Физиология человека» как учебная дисциплина нуждается в глубоком и прочном усвоении студентами, что подразумевает большой объем самостоятельной работы. Целью настоящего издания является повышение эффективности и качество самостоятельной работы студентов. На наш взгляд, оно будет способствовать усвоению основного содержания предмета, развитию логического, творческого мышления у студентов, стимулировать их к более глубокой подготовке к каждому занятию.

По каждой теме семинара представлен перечень как основных вопросов, выносимых на обсуждение, так и дополнительных, которые входят в контрольные работы (чаще используется тестовый вариант). К каждому семинару приведен список литературы с указанием страниц. Поскольку разнообразие форм контроля существенно повышает эффективность учебного процесса, в пособие включены задания и задачи, выполнение которых требует творческой реализации полученных знаний. Задачи приведены с решениями, самостоятельная проработка которых будет способствовать развитию логического мышления и более глубокому усвоению теоретического материала. Для углубленного изучения ряда вопросов студентам предлагается подготовка рефератов. Темы рефератов либо созвучны основным вопросам семинаров, либо конкретизированы и касаются важных проблем общей и спортивной физиологии. Для каждой из тем дается примерный план и рекомендации по написанию рефератов в целом.

Для облегчения подготовки к семинарам и существенной экономии времени большой объем в пособии занимает справочный раздел, представленный в виде словаря физиологических терминов и цифрового материала. Толкование ряда терминов и понятий дано в словаре более развернуто, чем это принято в кратких словарях с тем, чтобы у студента сложилось полное представление о том или ином явлении. Термины и понятия размещены в алфавитном порядке, в наиболее привычном порядке слов. Термины, имеющие синонимы, имеют ссылку под каким названием дано его описание. Кроме того, даны ссылки на близкие понятия, а также противоположные по значению, при этом используются сокращения См., Ср. (смотри, сравни), кроме того, сокращены в тексте статьи и сами термины и понятия, например «Ретикулярная формация» - Р.ф.

Для справки приведен обширный цифровой материал, который позволяет количественно оценить физиологические функции организма в покое и при мышечной работе, в зависимости от возраста, пола и других факторов.

Заключает пособие библиографический список, подразделенный на основную и дополнительную литературу.

Таким образом, предлагаемое пособие в определенной степени может выполнять функцию компактного учебника для быстрого, но не менее глубокого изучения физиологии и обеспечить самоконтроль студентов при подготовке к занятиям.

1. ЛЕКЦИИ ПО ТЕМЕ «ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ»

Лекция 1. ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ

5. Система дыхания. Этапы дыхательного процесса
6. Биомеханика вдоха и выдоха
7. Работа дыхания
8. Функциональные показатели системы дыхания.

1. Система дыхания. Этапы дыхательного процесса

Дыхание – совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода, использование его для окисления органических веществ с освобождением энергии и выделение углекислого газа в ОС.

Система дыхания включает: легкие с воздухоносными путями; грудная клетка с мышцами, приводящими ее в движение (внешнее звено); система крови; сердечно-сосудистая система и органеллы клеток, реализующие тканевое дыхание (внутреннее звено).

Легкие. Главная функция легких – обеспечение газообмена между кровью организма и окружающей средой. Прочие функции: 1) выделение воды и чужеродных летучих веществ (этанол, эфир, пром газы); 2) выработка БАВ – гепарин, гистамин, простагландины, тромбопластин, серотонин, и др.; 3) защитный барьер от окружающей среды, выработка лизоцима, интерферона, иммуноглобулинов, наличие микро- и макрофагов; 4) инактивация БАВ, 5) участие в терморегуляции; 6) депо крови, 7) резервуар воздуха для голосообразования.

Грудная клетка (ГК) обеспечивает вентиляцию легких, в результате чего происходит газообмен между легкими и окружающей средой и защиту легких и других расположенных в ней органов от механических и атмосферных воздействий. Легкие обеспечивают газообмен между кровью организма и альвеолярной газовой смесью.

Воздухоносные пути начинаются с верхних дыхательных путей – носовых ходов, ротовой полости и носоглотки, которая через гортань направляет воздушный поток в трахею. Трахея разделяется на бронхи, у взрослого человека дыхательное дерево насчитывает 23 генерации ветвления. Стенки воздухоносных трубок непроницаемы для газов – зону воздухоносных путей называют *анатомически мертвым пространством*. *Функции воздухоносных путей* – нагревание, увлажнение, очищение. Последние дыхательные бронхиолы (1 мм,) расширяются, и каждая разделяется на несколько удлиненных камер – альвеолярных ходов с диаметром 0.4 мм, которые в свою очередь соединены с многими сотнями альвеолярных мешочков. Альвеолярные ходы и альвеолярные мешочки составляют последние 4 генерации – дыхательная зона. В проводящей и переходной зоне движение кислорода идет током воздуха, а в дыхательной – от альвеол к альвеолярным ходам газовой диффузией. Каждый альвеолярный мешочек разделен межальвеолярными перегородками на 20 пузырьков – альвеол. Переходная и дыхательная зоны составляют около 90% объема легких. Для оптимального газообмена имеется богатая капиллярная сеть.

Этапы дыхательного процесса:

- 1) газообмен между легкими и атмосферным воздухом (вентиляция легких)
- 2) газообмен между кровью организма и газовой смесью альвеол;
- 3) транспорт газов кровью;
- 4) газообмен между кровью и тканями;
- 5) тканевое (внутреннее дыхание)

2. Биомеханика вдоха и выдоха

Внешним дыханием называют газообмен между кровью организма и окружающей средой; включает вентиляцию легких и газообмен между легкими и кровью.

Внешнее дыхание осуществляется циклически и состоит из фазы вдоха, выдоха и дыхательной паузы. ВД обусловлено изменением давления внутри легких, которое вызывается периодическим изменением в объеме ГК: во время вдоха ее размеры увеличиваются, во время выдоха – уменьшаются. Сами легкие не имеют дыхательных мышц, поэтому участвуют в дыхательных движениях пассивно.

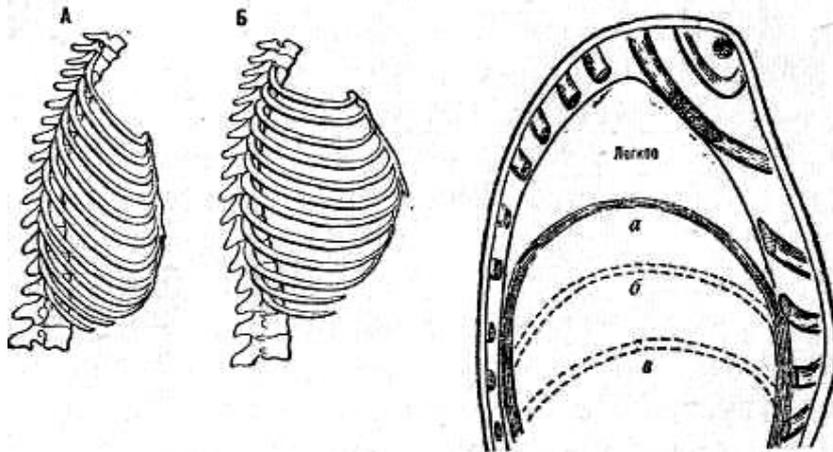


Рис. 1. Изменение положения грудной клетки при выдохе (А), вдохе (Б) и диафрагмы при выдохе (а), вдохе (б) и глубоком вдохе (в)

Вдох происходит за счет сокращения дыхательных мышц. Мышцы, сокращение которых вызывает увеличение грудной полости, называют инспираторными (диафрагма, наружные межреберные и межхрящевые мышцы), а мышцы, при сокращении которых объем грудной полости уменьшается – экспираторными (внутренние межреберные и мышцы передней брюшной стенки).

При спокойном дыхании объем ГК изменяется в основном за счет сокращения диафрагмы и перемещения ее купола. При форсированном дыхании в акте вдоха принимают участие передние лестничные, трапецевидные и грудино-ключично-сосцевидные мышцы (мышцы плечевого пояса, шеи, спины, грудные мышцы). При спокойном дыхании вдох осуществляется активно (за счет сокращения инспираторных мышц), а выдох пассивно (за счет тяжести ГК, эластической тяги легких, давления органов брюшной полости и эластической тяги деформированных в время вдоха реберных хрящей). При активном выдохе в процесс дыхания включаются экспираторные мышцы (брюшного пресса и внутренних межреберных)

Легкие покрыты серозной оболочкой – висцеральным листком плевры, а ее париетальный листок соединен с внутренней поверхностью грудной клетки. Щелевидное пространство между листками – плевральная полость. При увеличении объема ГК париетальный листок перемещается вместе со стенкой ГК, а висцеральный следует за ним (в результате действия адгезивных сил и отрицательного давления в плевральной полости). Это приводит к снижению давления в плевральной полости и к увеличению объема легких. При этом давление воздуха в них снижается и становится ниже атмосферного. Окружающий воздух по воздухоносным путям начинает поступать в легкие – происходит вдох.

Отрицательное давление в плевральной полости обусловлено эластической тягой легких (ЭТЛ). ЭТЛ – сила, с которой растянутые легкие стремятся к спадению; обусловлена двумя причинами:

- 1) наличием в стенке альвеол эластических волокон
- 2) поверхностным натяжением сурфактанта (липопротеид, покрывающий внутреннюю поверхность стенок альвеол). Сурфактант имеет низкий уровень поверхностного

натяжения, стабилизирует состояние альвеол. При вдохе он защищает альвеолы от перерастяжения, а при выдохе от спадения.

Условием отрицательного давления является герметичность плевральной щели.

Компоненты, составляющие ЭТЛ: эластиновые и коллагеновые волокна; глакомышечные элементы сосудов, бронхов, бронхиол; поверхностное натяжение пленки жидкости. Выстилающей внутреннюю поверхность альвеол.

Величина давления в плевральной полости составляет: к концу максимального выдоха 1-2 мм рт. ст., к концу спокойного выдоха 2-3; к концу спокойного вдоха 5-7, к концу максимального вдоха 15-20 мм рт. ст.

Отрицательное давление обеспечивает: 1) куполообразное расположение диафрагмы, что дает возможность смещаться диафрагме вниз при ее сокращении в процессе вдоха; 2) обеспечивает сжатие грудной клетки при выдохе; 3) способствует поддержанию бронхов бронхиол в растянутом состоянии и уменьшает их сопротивление воздушным потокам.

Почему легкие не спадаются, несмотря на ЭТЛ?: 1) Этому препятствует атмосферное давление, действующее на легкие только через воздухоносные пути и прижимающее легкие к внутренней поверхности ГК, полость которой герметична, воздух в легкие поступает только через трахею; 2) вспомогательную роль играют силы сцепления между висцеральным и париетальным листками плевры

Процессы, обеспечивающие вдох: сокращение мышц вдоха—увеличение объема ГК—одновременно расширение легких и уменьшение давление внутри них—поступление воздуха в легкие. Давление в легких уменьшается относительно атмосферного: при спокойном вдохе на 2 мм рт. ст., при форсированном на 80. Энергия вдоха затрачивается на преодоление ЭТЛ и эластической тяги брюшной стенки. Сила, способствующая расширению ГК при вдохе—сила упругости ГК. Ее происхождение—после расслабления дыхательных мышц ГК уменьшается в объеме за счет ЭТЛ, при этом возрастают силы упругости ГК, стремящиеся ее расширить (равновесное состояние ГК при ее расширении достигается при объеме 65% ЖЕЛ).

Процессы, обеспечивающие выдох: прекращение импульсации по диафрагмальным и межреберным нервам—расслабление мышц вдоха—уменьшение объема ГК и объема легких—повышение давления в легких и изгнание воздуха из легких в атмосферу. Давление в легких становится выше атмосферного при спокойном выдохе на 2, при форсированном на 90 мм рт. ст.

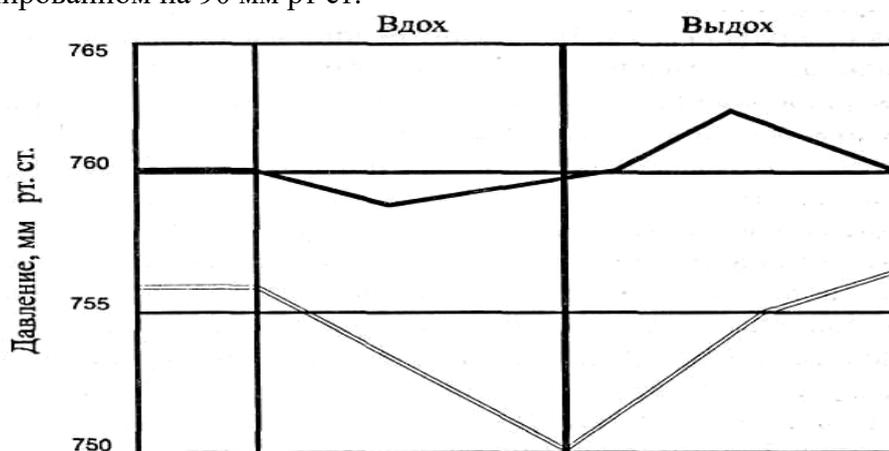


Рис. 2 Изменение внутрилегочного (I) и внутриплеврального (II) давления в процессе дыхания

Внутрилегочное (альвеолярное) давление. Во время вдоха ГК расширяется, а следовательно, расширяются и легкие. Как известно из физики, когда объем газа резко увеличивается, его давление падает. (молекулы расходятся на большое расстояние,

столкновений меньше, давление газа падает). Во время спокойного вдоха давление внутри легких становится меньше, чем в наружном атмосферном воздухе на 3-8 мм рт ст. Возникает разность давлений, в результате воздух «течет» внутрь легких. По мере заполнения легких воздухом внутрилегочное давление повышается, когда станет = атмосферному – ток воздуха прекращается. При мышечной работе с большой легочной вентиляцией внутрилегочное давление может опускаться во время вдоха на 80 мм рт ст, следовательно возрастает скорость тока воздуха (ДО).

Противоположные изменения происходят при выдохе. Давление ГК на легкие и уменьшение их объема в эту фазу цикла повышают внутрилегочное давление выше атмосферного. При спокойном дыхании внутрилегочное давление на выдохе выше атмосферного на 2-3 мм рт ст, а при максимальной вентиляции на 100 мм рт ст. В соответствии с градиентом давления воздух течет из легких наружу. В конце выдоха внутрилегочное давление сравнивается с атмосферным и движение воздуха прекращается.

Внутриплевральное давление – давление в плевральном пространстве. Это давление всегда на несколько мм рт ст ниже внутрелегочного, меняется на протяжении цикла параллельно внутрилегочному. Если при спокойном вдохе внутрилегочное минус 3, внутриплевральное минус 8. Во время выдоха внутрилегочное повышается до плюс 3 (т.е. на 6 мм), внутриплевральное также на 6 и составляет минус 2 мм рт. ст.

Причина отрицательного давления заключается в том, что с одной стороны, упругие силы легких непрерывно стремятся сжать их, «оттащить» от стенки грудной клетки. Эта расжимающая сила зависит от действия двух факторов: 1) поверхностного натяжения альвеолярных стенок и упругой тяги эластичных волокон, пронизывающих во всех направлениях легочную ткань. С другой стороны, упругая тяга ГК действует в противоположном направлении, стремясь расширить ГК. Взаимодействие этих противоположных упругих сил приводит к образованию частичного вакуума, или «отрицательного» по отношению к атмосферному воздуху давления в плевральной полости.

Типы дыхания. При грудном дыхании расширение ГК происходит преимущественно за счет сокращения грудных мышц, при брюшном – за счет диафрагмы (мужчины).

3. Работа дыхания

При дыхании происходит чередующееся по направлению перемещение воздуха в легкие и из них. Дыхательные движения осуществляются за счет деятельности дыхательных мышц, которые совершают работу – работу дыхания. Она затрачивается главным образом на преодоление общего легочного сопротивления. Оно складывается из 1) сопротивления движению легочной ткани и ГК (эластического сопротивления) и 2) сопротивлению току воздуха в воздухоносных путях (неэластического сопротивления); на эластическое сопротивление приходится 20% эластическое, на неэластическое – 80%

Эластическое (статическое) сопротивление. Легкие и ГК частично состоят из эластической ткани и обладают упругими свойствами. При вдохе инспираторные мышцы должны преодолевать эластическое сопротивление растяжению легких и ГК.. Чем больше растяжимость (податливость), тем меньше мышечных усилий должно быть приложено, чтобы достигнуть требуемого объема ГК. Если легкие сильно расширены (после максимального вдоха) или сильно сокращены (после макс выдоха) их растяжимость очень мала – дыхательные мышцы должны выполнить большую работу. Отсюда следует, что энергетически наиболее выгодным является дыхание с примерно одинаковыми отклонениями при вдохе и выдохе от так называемого спокойного дыхания. Эластические силы сопротивления зависят от объемов, а не от скорости их изменения (статические). На растяжимость (эластические силы) влияет поверхностное натяжение альвеолярных стенок, размеры (у детей растяжимость меньше), возраст (увеличивается количество соединительная ткани, не участвующей в дыхании), кровенаполнение (при увеличении

объема крови растяжимость уменьшается; изменение положения ГК в гравитационном поле.

Неэластическое (динамическое) сопротивление. Различают два типа неэластического сопротивления: 1) вязкое сопротивление или трение тканей дыхательного аппарата; 2) сопротивление движению воздуха в воздухоносных путях, которое обусловлено трением частиц воздуха между собой и поверхностью воздухоносных путей

При спокойном дыхании воздух движется равномерно (ламинарный поток), сопротивление относительно невелико. При усилении дыхания возникает турбулентность. С увеличением легочной вентиляции сопротивление току воздуха в воздухоносных путях служит главной силой, противодействующей дыханию, и наибольшая часть работы затрачивается на преодоление этого сопротивления.

На работу дыхательных мышц в покое тратится 1-2 % расходуемой энергии (для сравнения – на работу мозга 20%, на работы ионных насосов – 30%), при интенсивной работе около 20%. – главным образом за счет резкого возрастания неэластического сопротивления – при вдохе наибольшее аэродинамическое сопротивление в полости носа (около 50%), при выдохе – бронхи (50%). В условиях покоя при токе воздуха со средней объемной скоростью 0,5 л/с при дыхании через нос сопротивление воздуха на 30-40% выше, чем при дыхании через рот. С увеличением тока воздуха, сопротивление возрастает в 2-3 раза больше, чем при ротовом. При 40 л/с, человек автоматически переходит на ротовое дыхание. При сужении бронхов в результате парасимпатических влияний (курение), сопротивление в воздухоносных путях может увеличиться вдвое, а при симпатическом расширении – наполовину уменьшиться. – повышение симпатической активности при мышечной работе способствует снижению сопротивления.

Внешнее звено системы дыхания работает как качели. При вдохе ГК расширяется сама за счет собственных упругих сил (на выдохе она сжата ЭТЛ), поэтому вместе с сокращающимися мышцами вдоха они и преодолевают и уменьшают ЭТЛ, которая после расслабления мышц обеспечивает сжатие ГК как пружины, что способствует очередному вдоху.

4. **Функциональные показатели системы дыхания.**

Для количественной оценки лёгочной вентиляции необходимо знать объёмы воздуха в лёгких. Выделяют 4 первичных лёгочных объёмов (рис. 3):

- дыхательный объём (ДО) - у молодого мужчины весом 70кг составляет ≈ 500 мл за один дыхательный цикл;
- резервный объём вдоха (РОВд.) ≈ 2500 мл (максимальный выдох после нормального вдоха);
- резервный объём выдоха (РОВыд.) ≈ 1200 мл (максимальный вдох после нормального выдоха);
- остаточный объём (ОО) ≈ 1200 мл (остаток после максимального выдоха).

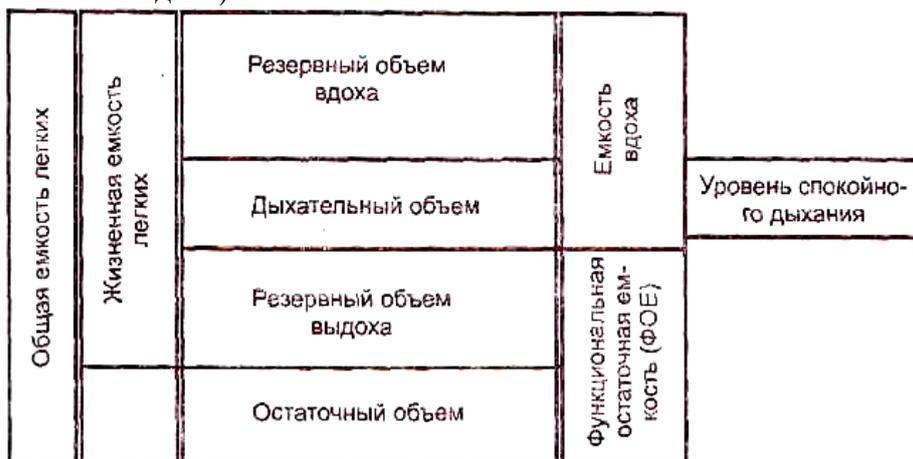


Рис. 3. Легочные объемы и емкости

Различают 4 ёмкости лёгких:

- общая ёмкость лёгких (ОЁЛ) = ДО + РОВд.+ РОВыд.+ ОО ≈ 5400 мл;
- жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ) \approx ДО + РОВд. + РОВыд. = 4200мл;
- ёмкость вдоха (Евд.) = ДО + РОВд. = 3000мл.
- функциональная остаточная ёмкость (ФОЕ) = РОВыд. + ОО = 2400мл.

ЖЕЛ составляет примерно 70 – 80% от общей ёмкости лёгких, она определяет максимальную возможность глубины дыхания и потому служит важным показателем функциональных возможностей дыхательного аппарата. ЖЕЛ зависит от ОЕЛ, силы дыхательных мышц, сопротивления грудной клетки и лёгких к растяжению, от пола, возраста, размера тела, положения тела в пространстве. При мышечной работе изменяются в разной степени все объёмы и ёмкости лёгких. ДО увеличивается в основном за счёт РОВд. и РОВыд.

Комплексным показателем лёгочной вентиляции служит минутный объём дыхания (МОД).

$$\text{МОД} = \text{ДО} \times \text{ЧД}$$

В условиях покоя лёгочная вентиляция в среднем равна бл/мин (500×12) и зависит от размеров тела. При мышечной работе ЛВ увеличивается в зависимости от энергетических запросов. От уровня покоя возрастает при максимальной работе до 100 – 140 л/мин у мужчин и 70 – 100 л/мин у женщин. При повышении мощности работы ЛВ увеличивается линейно с ростом потребления V_{O_2} и выделения CO_2 . Однако по мере приближения к МПК ЛВ начинает увеличиваться значительно больше, чем скорость потребления организмом кислорода. В этом случае дыхательные мышцы увеличивают

потребление O_2 на столько, что весь достигнутый при этом прирост в доставляемом организму O_2 используется самими дыхательными мышцами, более того, понижается снабжение кислородом основных дыхательных мышц. Дальнейший рост мощности работы сверх максимально аэробной (МПК) ведёт к очень сильному увеличению ЛВ без соответствующего роста потребления O_2 . Мощность работы, начиная с которой ЛВ возрастает быстрее, чем V_{O_2} называется критической дыхательной нагрузкой. ЛВ значительно больше при работе руками, или ногами, больше при статической работе, чем динамической.

ЛВ при максимальной аэробной работе достигает $100 = 140$ л/мин, что удаётся за счёт примерно 5-кратного роста частоты дыхания (с 12 до 50 в минуту) и примерно 6-ти кратного увеличения ДО (с 500 до 3000мл). Но в среднем с увеличением V_{Σ} линейно возрастает и ЧД.

Для оценки эффективности ЛВ пользуются определением вентиляционного эквивалента O_2 , т.е. отношения $МОД/ПО_2$. Это отношение показывает, какой объём воздуха нужно провентилировать через лёгкие для получения 1л O_2 . В условиях покоя оно составляет у мужчин примерно 20 л/л O_2 , при тяжёлой работе 30-35 л/л O_2 .

С каждым вдохом часть воздуха остаётся в анатомическом мёртвом пространстве, в дыхательных путях, в которых не происходит обмена газов с кровью. Часть дыхательного объёма воздуха, которая попадает в альвеолы и принимает участие в обмене газов, называется эффективным дыхательным объёмом (ЭДО). Он равен ДО – ОМП (объём мёртвого пространства).

Поэтому различают лёгочную вентиляцию (ЛВ) и альвеолярную или эффективную вентиляцию (АВ или ЭВ). АВ снижается с увеличением мёртвого пространства и повышается с его уменьшением. В условиях покоя ОМП составляет 150мл. При частоте дыхания 12 раз в минуту $АВ = (500 - 150) \times 12$, т.е. 4200мл, т.е. 70% от АВ (6000мл/мин). Величина АВ зависит от ДО, ЧД, ОМП. При мышечной работе объём анатомически мёртвого пространства может повышаться за счёт расширения воздухоносных путей. Так, при ДО в 3л, объём мёртвого пространства достигает 300-350мл. Однако и в этом случае он составляет лишь 10% от ДО, т.к. ДО при мышечной работе увеличивается значительно больше. В дополнение к объёму воздуха в анатомически мёртвом пространстве имеется небольшая часть вдыхаемого воздуха, которая достигает и заполняет альвеолы, но, тем не менее, не принимает участие в обмене газов с кровью из-за полного закрытия капилляров в них., В этих случаях вентиляция альвеол превышает их перфузию. Вместе с объёмом анатомически мёртвого пространства эти два дополнительных объёма воздуха составляют физиологически мёртвое пространство.

Таким образом, возможности обмена газов определяются также соотношением вентиляция-перфузия. Для идеального объёма газов в альвеолах соотношение вентиляция-перфузия должно быть равно 1, на самом деле в условиях покоя из-за наличия физиологически мёртвого пространства оно равно 0,7 – 0,8. Во время мышечной работы отношение вентиляция-перфузия возрастает.

ЛЕКЦИЯ 2. ГАЗООБМЕН. РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ

- 1. Обмен газов в легких и тканях.**
- 2. Транспорт газов кровью**
- 3. Кислородный запрос. Кислородный долг. Максимальное потребление кислорода**
- 4. Регуляция дыхания**

Газы состоят из молекул, обладающих кинетической энергией. В процессе хаотического броуновского движения они сталкиваются друг с другом. Число столкновений определяет давление, оказываемое данным газом. Чем больше

столкновений (следовательно, чем выше концентрация данного газа), тем больше давление. В смеси газов, по закону Дальтона, каждый газ ведёт себя так, как если бы он один занимал весь объём и развивает давление независимо от наличия других газов в смеси. Давление, оказываемое каждым газом в отдельности в смеси газов называется парциальным давлением данного газа. Сумма парциальных давлений отдельных газов, составляющих смесь, определяет общее давление этой смеси. Парциальное давление газа (P) определяется как произведение процентного соотношения данного газа (F) на общее давление газовой смеси (P_в): $P = F \times P_{в}$.

Атмосферный воздух представляет собой газовую смесь, содержащую около 79% N₂ (F_{N2} = 0,79), 21% O₂ (F_{O2} = 0,21) и 0,04% CO₂ (F_{CO2} = 0,0004). P_в = 760мм рт. ст. на уровне моря, следовательно: P_{N2} = 0,79×760 = 600мм рт. ст., P_{O2} = 0,21×760 = 160мм рт. ст., P_{CO2} = 0,0004×760 = 0,3мм рт. ст..

Процентное содержание газов в атмосферном воздухе при изменении барометрического давления остаётся неизменным, изменяется только парциальное давление. Например, при погружении в воду на глубину 10м давление воздуха увеличивается на 1 атмосферу, т.е. вдвое, следовательно вдвое увеличивается и парциальное давление O₂:

$$P_{O2} = 0,21 \times (2 \times 760) = 320 \text{ мм. рт. ст.}$$

В альвеолярном воздухе, выдыхаемом воздухе, артериальной и смешанной венозной крови давление водяных паров составляет 47мм. рт. ст. следовательно, на долю остальных газов падает 713мм. рт. ст.

Парциальное давление газов составляет:

в альвеолярном воздухе: O₂ = 104мм. рт. ст.

CO₂ = 40мм. рт. ст.

выдыхаемом воздухе: O₂ = 116мм рт. ст.

CO₂ = 32мм рт. ст.

артериальной крови: O₂ = 100мм рт. ст.

CO₂ = 40мм рт. ст.

смешанной венозной: O₂ = 40мм рт. ст.

CO₂ = 46мм рт. ст.

Диффузия газов – это хаотическое движение газа, из области с более высоким парциальным давлением, в область с более низким. Разность между этими давлениями или градиент парциального давления наиболее важный фактор обмена газа. Для каждого газа его диффузия зависит только от градиента парциального давления для данного газа.

Общим эффектом дыхания является «ток» O₂ от уровня парциального давления в 160мм в атмосферном воздухе (на уровне моря) до уровня парциального давления в тканях около 5мм рт.ст. «Ток» CO₂ – обратный от уровня около 50мм.рт.ст. в тканях до уровня 0,3мм в атм. воздухе.

Обмен O₂ и CO₂ между альвеолярным воздухом и капиллярной кровью происходит путём диффузии. Кроме градиента давлений ряд вспомогательных факторов играет роль в газообмене:

- 1) Огромная поверхность контакта легочных капилляров и альвеол (каждый капилляр контактирует с 5-7 альвеолами)
- 2) Большая скорость диффузии газов через легочную мембран. Выравнивание PO₂ происходит за 0,25 с, кровь находится в капиллярах легких 0,5 с. Скорость диффузии CO₂ в 23 раза больше O₂
- 3) Интенсивная вентиляция легких и кровообращение

Корреляция между кровотоком в данном участке легкого и его вентиляцией (сосуды суживаются или даже полностью закрываются) В условиях покоя pO₂ = 104мм рт.ст. а pO₂ в венозной крови, протекающей в альвеолярных капиллярах лишь 40мм рт.ст. В соответствии с этой разницей парциальных давлений O₂ диффундирует из альвеолярного воздуха в кровь (рис. 4). Самая большая диффузия O₂ из альвеол в кровь

происходит в начале капилляров, где градиент парциального давления O_2 наибольший - более 60мм рт.ст. (104 – 40). По мере поступления O_2 в кровь, парциальное давление O_2 в ней возрастает, а градиент между альвеолярным воздухом и кровью снижается. Когда парциальное давление O_2 в капиллярной крови уравнивается с парциальным давлением O_2 в альвеолярном воздухе, градиент давления становится равным нулю. Таким образом, по мере продвижения по капиллярам диффузия O_2 в кровь замедляется вплоть до полного прекращения в венозной части капилляра, которая содержит артериализированную кровь.

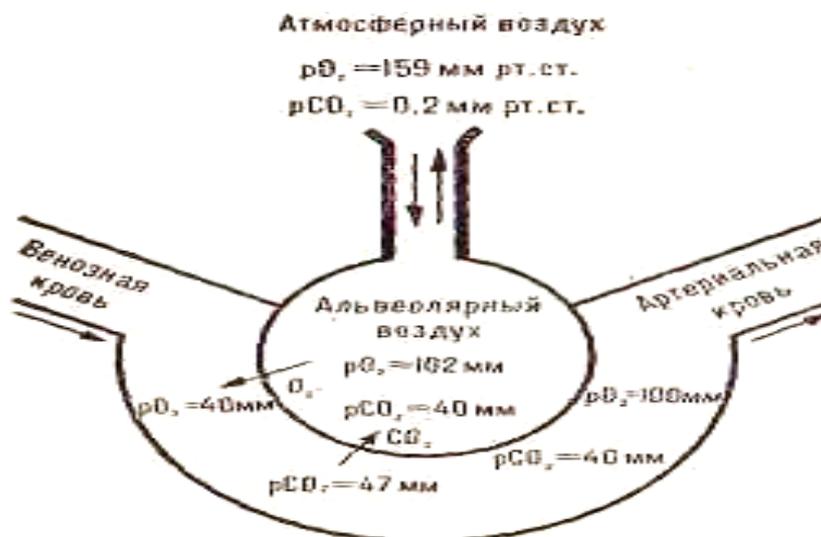


Рис. 4. Обмен газов через стенки альвеолы

Напряжение O_2 в оттекающей от альвеол крови равно давлению O_2 в этой альвеоле. Градиент парциального давления CO_2 противоположен по направлению. В условиях покоя p_{CO_2} в смешанной венозной крови равно 46мм рт.ст., а в альвеолярном воздухе 40мм рт.ст. Разность парциальных давлений в 6мм рт.ст. определяет диффузию молекул CO_2 из капилляров венозной крови в альвеолы. Во время мышечной работы градиент давления O_2 и CO_2 увеличиваются. p_{O_2} в венозной крови, притекающей к лёгким во время работы понижено по сравнению с условиями покоя из-за усиленного потребления O_2 мышцами и др. органами и тканями. При максимальной аэробной работе p_{O_2} в притекающей венозной крови может снижаться до 20мм рт.ст. С другой стороны, в результате рабочей гипервентиляции усиливается поступление в альвеолы атмосферного воздуха. p_{O_2} во время мышечной работы достигает 130мм рт.ст. в альвеолярном воздухе. Градиент становится равным 100 и более мм рт.ст. p_{O_2} в смешанной венозной крови во время работы может увеличиваться до 60мм рт.ст., а в альвеолярном воздухе остаётся 40мм рт.ст., т.е. градиент увеличивается до 20мм рт.ст. (6мм - в покое). Повышение градиента ускоряет обмен дыхательных газов при работе. Чем больше мощность работы, тем выше градиенты парциальных давлений O_2 и CO_2 .

Лишь при очень мощной работе с уровнем потребления МПК может произойти небольшое падение p_{O_2} . В идеальном случае после газообмена в лёгких парциальное давление дыхательных газов в артериальной крови должны быть такими же, что и в альвеолярном воздухе. Однако, в действительности между ними существует небольшая разница – альвеолярно-артериальная P_{O_2} – разница. В условиях покоя эта разница составляет ≈ 10 мм рт.ст., при работе 20 – 30% от МПК – 12, 40 – 60% - 15, 68 – 85% - 18, 100% - 25мм рт.ст.

Переход кислорода из крови в ткани. В клетках тканей p_{O_2} постоянно стремится к снижению, а в функционирующих мышцах может снизиться до нуля. Поэтому из притекающей к тканям артериальной крови, где исходная величина p_{O_2} большая (около

100мм рт. ст.), кислород диффундирует в ткани, и pO_2 крови снижается все больше и больше по мере протекания ее через ткани и становится равным 40мм рт. ст. и меньше.

Кровь капилляров большого круга кровообращения отдает не весь кислород. Если в артериях имеется в среднем 19 об% O_2 , то в оттекающей от тканей венозной крови — около 11 об% O_2 . Разность между об% O_2 в притекающей к тканям артериальной крови и оттекающей от них венозной называется артерио-венозной разностью. Эта величина служит важной характеристикой дыхательной функции крови, показывая, какое количество кислорода доставляют тканям каждые 100 мл крови. Для того чтобы выяснить, какая часть приносимого кровью кислорода переходит в ткани, вычисляют коэффициент утилизации кислорода. Его определяют путем деления величины артерио-венозной разности (по кислороду) на содержание кислорода в венозной крови и умножения на 100. В покое коэффициент утилизации O_2 обычно равен 30—40%. При напряженной мышечной работе, когда в оттекающей от мышц венозной крови содержание O_2 уменьшается примерно до 8 об % и более (вместо 11 об% в покое), утилизация кислорода участвующими в работе тканями может возрасти до 50—60 об % и более.

В снабжении мышц кислородом в трудных условиях работы может иметь значение и внутримышечный пигмент миоглобин, который связывает дополнительно 1,0—1,5 л O_2 . Связь кислорода с миоглобином более прочная, чем с гемоглобином. Оксимиоглобин отдает кислород только при выраженной гипоксемии. При этом существенное значение имеют ферментативные внутриклеточные процессы.

Переход углекислого газа из тканей в кровь. Поскольку pCO_2 в тканях достигает значительных величин (50—60 мм.рт.ст. и выше), углекислый газ переходит в межтканевую жидкость, где pCO_2 равно в среднем 46мм.рт.ст., и в кровь, превращая ее в венозную (pCO_2 — около 47 мм рт. ст.). Повышение напряжения углекислоты в крови, а также увеличение сдвига рН в кислую сторону, например при мышечной работе, способствует отдаче кислорода кровью для окислительных процессов в тканях.

5. Транспорт газов кровью.

Дыхательная функция крови прежде всего характеризуется доставкой к тканям тела необходимого им количества кислорода. Химическим переносчиком кислорода служит пигмент крови гемоглобин (НЬ). Он обладает способностью вступать с кислородом в непрочное соединение — оксигемоглобин (HbO_2), которое легко распадается с освобождением кислорода.

Молекула гемоглобина включает четыре частицы гемма — железо-содержащего вещества, имеющего важнейшее значение для возникновения обратимой связи с кислородом. Белковая часть молекулы гемоглобина глобин составляет 96% общей массы, а 4% приходится на долю гема. Поскольку молекула гемоглобина содержит 4 частицы гема, она может одновременно или последовательно связать 4 молекулы кислорода: $Hb_4 + 4O_2 \rightarrow (HbO_2)_4$.

Количество кислорода, связанного гемоглобином в 100 мл крови, носит название кислородная емкость крови. Известно, что каждый грамм гемоглобина связывает 1,33 - 1,36 мл O_2 . Следовательно, кислородная емкость крови здорового взрослого мужчины, у которого в 100 мл крови содержится 15 г НЬ, составляет 20,4 объемных процента ($1,36 \times 15 = 20,4$ об%). Величина кислородной емкости крови колеблется в широких пределах у разных людей и в разных условиях (от 17,42 до 24,12 об %). Имеются данные о некотором увеличении (на 10—15%) кислородной емкости циркулирующей крови при физических нагрузках за счет выхода богатой эритроцитами крови из депо (селезенки, печени). Кислородная емкость всей крови человека, содержащей примерно 750 г гемоглобина, составляет около 1000 мл O_2 , что достаточно для кислородного потребления в покое в течение 5 — 6 мин. В реальных условиях используется лишь часть кислородного запаса крови. В трудных условиях мышечной работы кислородная емкость крови может оказаться существенным энергетическим резервом организма.

Насыщение крови кислородом зависит от pO_2 в крови, в свою очередь зависящего от pO_2 атмосферного воздуха. По мере увеличения pO_2 крови процент насыщения ее кислородом возрастает, а при понижении pO_2 уменьшается. Однако в соотношениях pO_2 в крови и насыщения крови кислородом нет прямо пропорциональной зависимости: в зоне малых значений pO_2 процент HbO_2 повышается значительно быстрее, чем в зоне больших величин pO_2 . Эта важная функциональная связь отчетливо видна при графическом изображении кривой диссоциации (расщепления) оксигемоглобина (рис. 5).

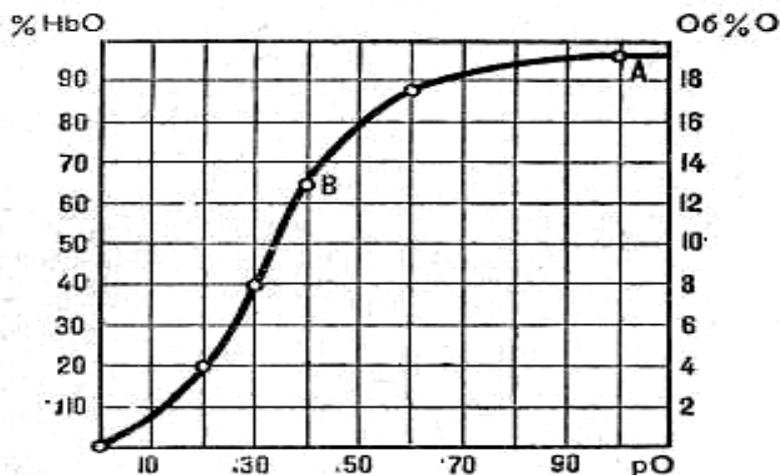


Рис. 5 Кривая диссоциации оксигемоглобина. А – содержание оксигемоглобина в артериальной крови, В – в венозной

Кривая диссоциации оксигемоглобина наглядно показывает условия, определяющие перенос кислорода кровью. В притекающей к легким крови (венозной) pO_2 равно 40 мм рт. ст. По мере обогащения в капиллярах легкого кислородом pO_2 крови достигает 100 мм рт. ст. и почти все молекулы гемоглобина (96%) переходят в окисленную форму — оксигемоглобин. Близкое к горизонтальному направление кривой диссоциации оксигемоглобина в зоне больших значений pO_2 означает, что небольшие колебания pO_2 окружающего воздуха или альвеолярного воздуха в этом случае не будут существенно сказываться на связывании кислорода гемоглобином. Даже при подъеме на высоту 4000 м, где pO_2 в альвеолах падает со 102 до 60 мм рт. ст. (на 40%), насыщение крови кислородом в капиллярах альвеол уменьшается всего на 11% (с 96 до 85%).

При снижении pO_2 в крови тканевых капилляров от 60 до 30 мм рт. ст. насыщение крови кислородом падает уже на 20%, т. е. до 40% HbO_2 . Такой процесс диссоциации оксигемоглобина совершается по мере продвижения крови через ткани. Поскольку в диапазоне низких значений pO_2 его уменьшение ведет к быстрому расщеплению оксигемоглобина, высокое усиление окислительных процессов в тканях резко повышает скорость снижения насыщения крови кислородом, т. е. увеличивает переход O_2 из крови в ткань.

В различных условиях деятельности может возникать острое снижение насыщения крови кислородом — гипоксемия.

Причины гипоксемии весьма разнообразны. Она может возникать в крови легких в связи со снижением pO_2 в альвеолярном воздухе (например, при произвольной задержке дыхания), а также при неравномерности вентиляции в различных частях легких. Она может усиливаться при двигательной деятельности вследствие нарастания неравномерности вентиляции легких, увеличения скорости кровотока в связи с малым временем контакта воздуха и крови, а также в случаях увеличения толщины легочной мембраны. Гипоксемия может быть связана с перебросом крови через артерио-венозные анастомозы в малом круге кровообращения.

Перенос углекислого газа. Перенос кровью углекислоты от тканей к легким важен прежде всего для освобождения организма от избытка углекислого газа.

Углекислый газ диффундирует из тканей, где его напряжение велико, в кровь с меньшим напряжением CO_2 . В капиллярах тканей $p\text{CO}_2$ относительно большое - 47 мм рт. ст. Поэтому CO_2 связывается с кровью. Углекислый газ в крови (как и O_2) находится в двух состояниях: растворенный в плазме (около 5% всего количества) и химически связанный с другими веществами (95%). CO_2 в виде химических соединений имеет три формы: угольная кислота (H_2CO_3), соли угольной кислоты (NaHCO_3) и в связи с гемоглобином (HbHCO_3).

В крови тканевых капилляров одновременно с поступлением CO_2 внутрь эритроцитов и образованием в них угольной кислоты происходит отдача O_2 оксигемоглобином. Восстановленный Hb легко связывает водородные ионы, образующиеся при диссоциации угольной кислоты. Таким образом, восстановленный Hb венозной крови способствует связыванию CO_2 , а оксигемоглобин, образующийся в легочных капиллярах, облегчает его отдачу.

В состоянии покоя с дыханием из организма человека удаляется 230-250 мл CO_2 в 1 минуту. При удалении из крови CO_2 из нее уходит примерно эквивалентное число ионов водорода. Таким порядком дыхание участвует в регуляции кислотно-щелочного состояния во внутренней среде организма.

3. Кислородный запрос. Кислородный долг. Максимальное потребление кислорода

При работе в несколько раз увеличивается объемная скорость кровотока, что обеспечивает доставку нужного количества кислорода к работающим мышцам и транспорт углекислого газа к альвеолярным капиллярам. При этом может возникать венозная гипоксемия (до 20—30% HbO_2 вместо 60% HbO_2 в покое). Если же усиливается неравномерность вентиляции и возникает недостаточная координация дыхания и кровотока в малом круге кровообращения, то возникает артериальная гипоксемия, достигающая при тяжелой и длительной работе 80% HbO_2 и ниже. Эти явления отражают приспособительные механизмы повышения утилизации кислорода из крови для удовлетворения окислительных процессов в напряженно работающих мышцах.

Кислородный запрос и его удовлетворение. Количество кислорода, необходимое для окислительных процессов, обеспечивающих ту или иную работу, называется *кислородным запросом*. Различают суммарный, или общий, кислородный запрос, т. е. количество кислорода, необходимое для выполнения всей работы, и минутный кислородный запрос, т. е. количество кислорода, потребляемое при данной работе в течение 1 мин.

Суммарный кислородный запрос вычисляется путем суммирования потребления кислорода во время работы и в восстановительном периоде за вычетом всего количества кислорода, необходимого для поддержания уровня покоя (рис. 6).

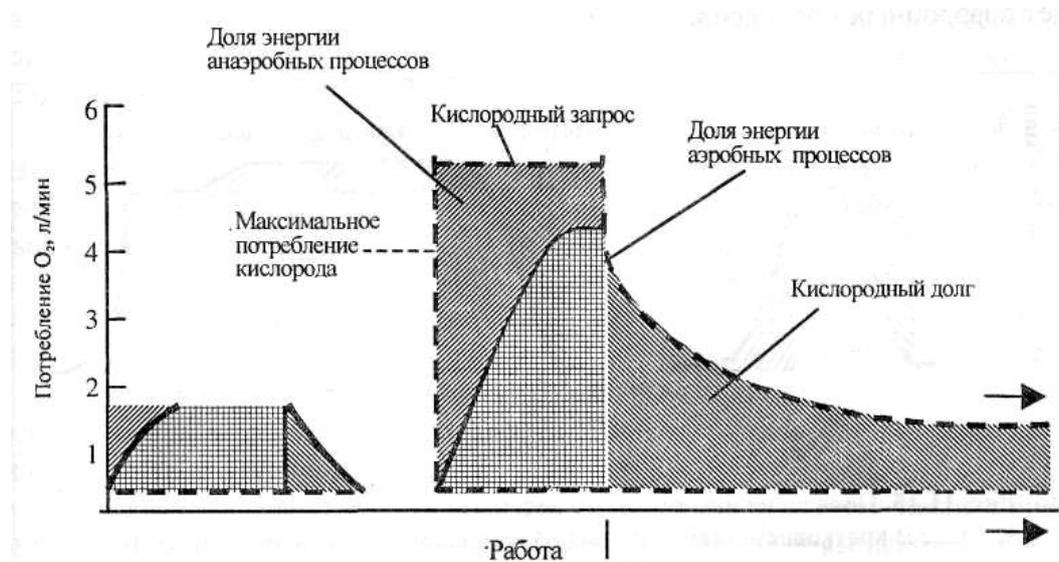


Рис. 6. Кислородный запрос, потребление кислорода и кислородный долг при работе аэробной мощности (слева) и при очень тяжелой (справа)

В зависимости от особенностей мышечной работы устанавливается оптимальный для нее уровень потребления кислорода. Он относительно мал при тяжелоатлетических упражнениях, прыжках на батуте, при гимнастических упражнениях на снарядах, произвольных упражнениях фигуристов и при спринтерском беге и значительно высок при скоростном беге на коньках (5000м), велосипедных гонках на треке и особенно высок при беге на длинные дистанции и при скоростном плавании под водой с аквалангом. Необходимость в использовании анаэробных процессов возникает почти всегда в начале мышечной работы, так как расходование АТФ увеличивается быстрее, чем разворачивается окислительное фосфорилирование. Поэтому ресинтез АТФ в самом начале мышечной работы обеспечивается за счет анаэробных процессов. Это приводит к кислородному дефициту в начале работы, который необходимо покрыть за счет дополнительного усиления окислительных процессов после окончания работы или во время самой работы. Последнее возможно при длительной работе умеренной мощности.

При относительно равномерной работе может наступить вскоре после начала работы соответствие между кислородным запросом и его удовлетворением, или истинное устойчивое состояние. При напряженной циклической работе, когда минутный кислородный запрос удовлетворяется не в полной мере, отмечается устойчивая величина потребления кислорода. Однако такая устойчивость потребления кислорода сопряжена с нарастанием кислородного долга. В таких случаях говорят о кажущемся устойчивом состоянии. Таким образом, истинное устойчивое состояние может поддерживаться длительное время, кажущееся же устойчивое состояние ограничено временем достижения предельно переносимой величины кислородного долга.

Оценивая роль дыхания и кровообращения в удовлетворении потребности в кислороде при мышечной работе, необходимо учитывать следующее: 1) усиление дыхания и кровообращения происходит постепенно, и полная мобилизация доставки O_2 тканями достигается лишь через несколько минут; 2) производительность дыхательной и сердечно-сосудистой систем имеет индивидуальные пределы («кислородный потолок»), выше которых уже не может увеличиваться количество поглощенного кислорода при нарастающей мощности работы (рис. 7). В этом отношении показатель максимального потребления кислорода (МПК) является важной объективной характеристикой возможностей обеспечения дыхательной и сердечно-сосудистой системами доставки тканям предельных величин кислорода.

МПК выражает потребление кислорода за 1 мин. Эта величина обозначается литрами, если потребление O_2 рассчитывается на весь организм, и миллилитрами при расчете на 1кг веса тела. У неспортсменов МПК колеблется в пределах 2,5—3,5 л/мин, а у спортсменов достигает 6 л/мин и более, а при пересчете на 1кг веса тела соответственно 40—50 мл/кг и до 70—90 мл/кг.

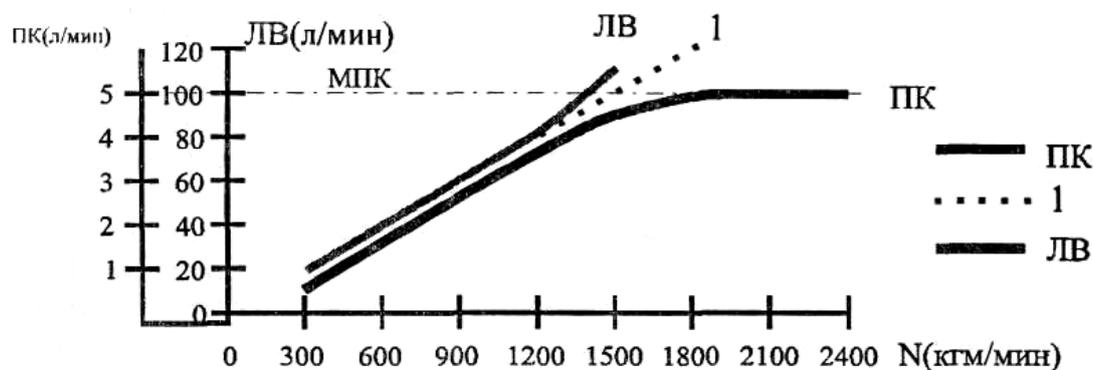


Рис. 7. Динамика потребления кислорода и легочной вентиляции при увеличении мышечной нагрузки

МПК является одним из существенных показателей функционального состояния дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Оно отражает преимущественно неспецифическую устойчивость вегетативных систем к предельным напряжениям. Однако в этом показателе могут отражаться и специфические особенности двигательной деятельности. Так, наиболее тесные связи обнаруживаются между спортивными показателями в группе спортсменов, специализирующихся в длительных циклических, и напряженных нагрузках (скоростное плавание под водой, стайерский бег, марафонский бег, велосипедные гонки).

Величины МПК оказываются несколько большими при выполнении нагрузок, близких к привычным. Например, у велосипедистов — при выполнении нагрузок на велоэргометре, у пловцов — при проплывании с предельной скоростью отрезков дистанции «своим» способом и т. д.

Количество кислорода, которое поглощается по окончании физической работы сверх уровня покоя, называется кислородным долгом. Его величина после физических нагрузок, выполняемых в условиях истинного устойчивого состояния, примерно соответствует дефициту кислородного потребления в начале работы. В таких условиях абсолютный кислородный долг невелик — 3-5л. После напряженной циклической работы длительностью до 5-6 мин. величина кислородного долга может достигать 20—22 л.

Кислородный долг отражает прежде всего процесс расщепления энергетических веществ, не восстанавливающихся во время работы. Это в основном окислительные реакции, направленные на ресинтез АТФ и синтез углеводов. Часть кислородного долга идет на пополнение кислородного резерва воздуха легких, крови и мышц, составляющего около 2л. Таким образом, величина кислородного долга отражает не только дефицит кислорода при анаэробных биохимических процессах, но и восполнение кислородного резерва организма, использованного при работе.

Непосредственно после работы наблюдается наиболее интенсивное погашение кислородного долга, связанное с компенсацией анаэробных процессов и восполнением кислородного резерва организма. Затем погашение долга переходит в менее интенсивную фазу (лактатную фракцию кислородного долга), отражающую процессы ресинтеза органических соединений, распавшихся при работе.

4. Регуляция дыхания

На всем протяжении воздухоносных путей в эпителиальном и суб слое и в легочной паренхиме прикорневой области находятся рецепторы, обладающие свойствами механо- и хеморецепторов. Они возбуждаются при сильных изменениях объема легких. Раздражителями служат также пылевые частицы, пары едких веществ, БАВ (гистамин)

Во время вдоха легкие растягиваются и рецепторы, чувствительные к растяжению, возбуждаются. По волокнам блуждающего нерва их импульсы поступают в структуры продолговатого мозга к дыхательному центру. Дыхательный центр посылает импульсы к мотонейронам дыхательных спинного мозга, расположенных в передних рогах шейного и грудного отделов. Нейроны дыхательного центра: 1) дают волокна, идущие к инспираторным мышцам – центр вдоха; 2) отдает волокна к экспираторным – центр выдоха. Эти группы нейронов обладают различной возбудимостью и лабильностью. Возбудимость инспираторного центра выше; по мере увеличения размеров альвеол во время вдоха частота импульсации возрастает, на высоте вдоха она настолько высока, что является пессимальной для инспираторного центра и оптимальной для нейронов экспираторного, поэтому происходит торможение нейронов инспираторного и возбуждение нейронов экспираторного центра. Таким образом, регуляция смены вдоха и выдоха осуществляется частотой импульсов, идущих по афферентным нервным волокнам от рецепторов легких к нейронам дыхательного центра. Ритмическая смена вдоха и выдоха осуществляется за счет рефлекса Геринга-Брейера

Варолиев мост (каудальная часть) – апноэстический центр (возбуждаются импульсацией инспираторных нейронов и тормозят активность экспираторных нейронов). В краниальной части – пневмотаксический центр (увеличивает инспираторную активность).

В регуляции дыхания большую роль играют гипоталамические центры. Под их влиянием происходит усиление дыхания, например, при эмоциональном напряжении, физической нагрузке, болевых раздражениях.

Принимает участие и кора больших полушарий, которая участвует в тонком адекватном приспособлении дыхания к меняющимся условиям. Приспособление дыхания при изменении интенсивности физической работы, изменение условий внешней среды по механизмам условных и безусловных рефлексов.

Деятельность дыхательного центра в значительной степени зависит от парциального давления газов в крови и концентрации в ней водородных ионов. CO₂, рН и умеренная гипоксия, оказывая влияние на хеморецепторы (находятся в каротидных синусах и дуге аорты) и вызывают усиление дыхания, благодаря стимуляции дыхательного центра. В продолговатом мозге обнаружены и центральные хеморецепторы, реагирующие на концентрацию углекислоты в спинномозговой жидкости, их активность существенно влияет на легочную вентиляцию.

Жесткие константы крови: артериальная: 18-20 об% O₂ и 50-53 об% CO₂; венозная: 12 об% O₂ и 55-58 об% CO₂. Постоянство газового состава крови поддерживается принципу саморегуляции путем формирования функциональной системы дыхания. Изменения газовой константы являются стимулами, возбуждающими рецепторы, расположенные в альвеолах, сосудах, внутренних органах. Информация от них поступает в ЦНС, где осуществляется ее анализ и синтез, на основе которых формируются ответные реакции, приводящие к восстановлению газовой константы крови.

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 1. Определение жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ) с помощью спирометра

Различают следующие разовые (однократные) объёмы лёгких (см. схему):

Общая ёмкость лёгких (ОЕЛ) - количество воздуха, которое будет находиться в лёгких после выполнения глубокого вдоха;

Жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ) - количество воздуха, которое можно выдохнуть при глубоком выдохе после глубокого вдоха или то количество воздуха, которое можно вдохнуть при максимальном вдохе после максимального выдоха:

Дыхательный объём (ДО) - количество воздуха, которое выдыхают при спокойном выдохе после спокойного вдоха или о количество воздуха, которое можно выдохнуть при обычном выдохе после обычного выдоха:

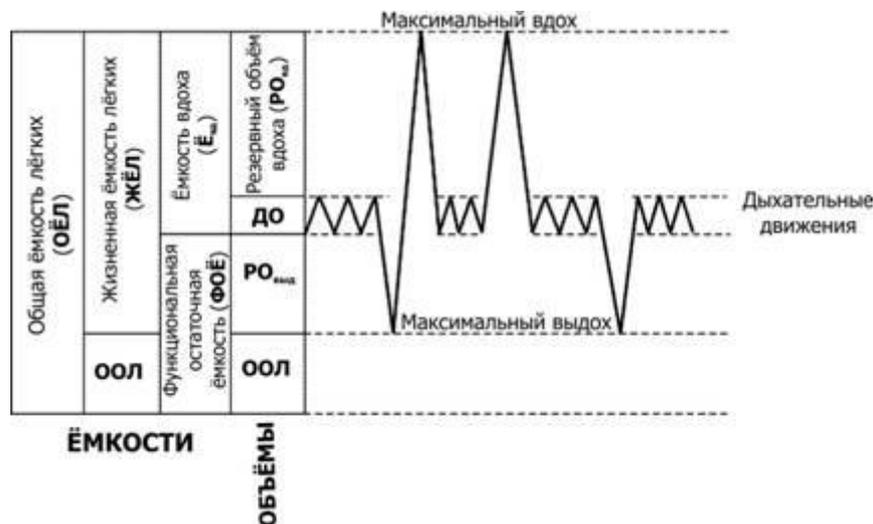
Резервный объём вдоха (РО ед.) = дополнительный вдох = дополнительный воиух (ДВ) -

количество воздуха, которое можно поместить в лёгкие, выполнив после спокойного вдоха максимальный вдох;

Остаточный объём (ОО) - объём воздуха, остающегося в лёгких после максимального выдоха;

Ёмкость вдоха (Ёмк. вд.) - максимальное количество воздуха, которое можно поместить в лёгкие после обычного выдоха;

Функциональная остаточная ёмкость лёгких (ФОЕЛ) - объём воздуха, который остаётся в лёгких после обычного выдоха.



ЦЕЛЬ РАБОТЫ: освоить методику спирометрической регистрации статических (одноразовых) объемов воздуха, поступающего или выводимого; получить результаты измерения ЖЕЛ и оценить.

ХОД РАБОТЫ: для прямого измерения жизненной ёмкости лёгких испытуемый должен встать, выполнить максимальный вдох, зажать носовые отверстия и максимально возможное количество воздуха выдохнуть в спирометр. Измерения выполняют три раза и в качестве окончательного результата берут наибольшее значение.

РЕЗУЛЬТАТЫ:

Собственные:		Испытуемого:	
ЖЕЛ 1 -	мл (см ³).....	ЖЕЛ 1 =	мл (см ³)
ЖЕЛ 2 =	мл (см ³).....	ЖЕЛ 2 -	мл (см ³)
ЖЕЛ 3 -	мл (см ³)	ЖЕЛ 3 -	мл (см ³)

Окончательные результаты:

Собственная фактическая жизненная ёмкость лёгких ФЖЕЛ =мл (см³)

Фактическая жизненная ёмкость лёгких испытуемого ФЖЕЛ =мл(см³).

Для правильной оценки результатов необходимо:

1. Рассчитать величину ДЖЕЛ (должной жизненной ёмкости лёгких) по всем трём приведённым ниже способам (1 А, 1 Б; 1 В).
2. Определить процент отклонения реальной (фактической) жизненной ёмкости

лёгких от её должной величины.

3. Оценить степень и направление (в сторону увеличения или уменьшения) отклонения.

ПРИМЕЧАНИЕ: величина отклонения жизненной ёмкости лёгких от должной (в любую сторону), не превышающая 15 - 20%. считается нормальной.

1А. Должную жизненную ёмкость лёгких (для не занимающихся спортом) рассчитывают по формулам:

$$\begin{aligned} \text{для мужчин} \quad \text{ДЖЕЛ} &= (27,63 - 0,112 \cdot \text{возраст}) \cdot \text{рост} \\ \text{для женщин} \quad \text{ДЖЕЛ} &= (21,78 - 0,101 \cdot \text{возраст}) \cdot \text{рост}, \end{aligned}$$

где возраст - количество полных прожитых лет, рост - длина тела в сантиметрах.

1Б. Для определения ДЖЕЛ у спортсменов можно использовать уравнение Людвига:

$$\begin{aligned} \text{для мужчин} \quad \text{ДЖЕЛ} &= 40 \cdot \text{рост} + 30 \cdot \text{вес} - 4000; \\ \text{для женщин} \quad \text{ДЖЕЛ} &= 40 \cdot \text{рост} + 10 \cdot \text{вес} - 3000, \end{aligned}$$

где рост - длина тела в сантиметрах, вес - масса тела в килограммах. -

1В. По Антони:

$$\begin{aligned} \text{для мужчин} \quad \text{ДЖЕЛ} &= \text{ДОО} \cdot 2,6; \\ \text{для женщин} \quad \text{ДЖЕЛ} &= \text{ДОО} \cdot 2,3, \end{aligned}$$

где ДОО - должный основной обмен (см. сборник лабораторных работ по физиологии, часть 2, раздел 8, тема 8.2.), который можно рассчитать по формулам:

$$\begin{aligned} \text{для мужчин} \quad \text{ДОО} &= 66,473 + 13,752 \cdot \text{вес} + 5,003 \cdot \text{рост} - 6,755 \cdot \text{возраст}; \\ \text{для женщин} \quad \text{ДОО} &= 65,096 + 9,563 \cdot \text{вес} + 1,850 \cdot \text{рост} - 4,670 \cdot \text{возраст}. \end{aligned}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТОВ:

Собственные данные:

Возраст.....лет

Вес.....лет

Рост.....см

Данные испытуемого:

.....лет

.....лет

.....см

1А.

ДЖЕЛ собственная =

ДЖЕЛ испытуемого =

1.Б. По формуле Людвига:

ДЖЕЛ собственная =

ДЖЕЛ испытуемого =

1В. По Антони:

ДЖЕЛ собственная =

ДЖЕЛ испытуемого =

2. Расчёт процентных величин отклонений ЖЕЛ от ДЖЕЛ:

2А. Собственное отклонение $\Phi\text{ЖЕЛ} - \text{ДЖЕЛ} = \dots\text{мл} - x \%$

$\text{ДЖЕЛ} = \dots\text{мл} - 100\%$

Процент отклонения $x =$

Для испытуемого отклонение $\Phi\text{ЖЕЛ} - \text{ДЖЕЛ} = \dots\text{мл} - x \%$

$\text{ДЖЕЛ} = \dots\text{мл} - 100\%$

Процент отклонения $x =$

2Б. По Людвигу:

Собственное отклонение $\Phi\text{ЖЕЛ} - \text{ДЖЕЛ} = \dots\text{мл} - x \%$

$\text{ДЖЕЛ} = \dots\text{мл} - 100\%$

Процент отклонения $x =$

Для испытуемого отклонение $\text{ФЖЕЛ} - \text{ДЖЕЛ} = \dots \text{мл} - x \%$
 $\text{ДЖЕЛ} = \dots \text{мл} - 100\%$
 Процент отклонения x

2В. По Антони:

Собственное отклонение $\text{ФЖЕЛ} - \text{ДЖЕЛ} = \dots \text{мл} - x \%$
 $\text{ДЖЕЛ} = \dots \text{мл} - 100\%$
 Процент отклонения $x =$

Для испытуемого отклонение $\text{ФЖЕЛ} - \text{ДЖЕЛ} = \dots \text{мл} - x \%$
 $\text{ДЖЕЛ} = \dots \text{мл} - 100\%$
 Процент отклонения $x =$

ВЫВОДЫ:

КОСВЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛ ПО ВЕЛИЧИНАМ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЕЁ ЛЁГОЧНЫХ ОБЪЁМОВ.

ХОД РАБОТЫ: ЖЕЛ можно вычислить как сумму трёх объёмов:

$\text{ЖЕЛ} = \text{ДО} + \text{РО вд.} + \text{РО выд.}$ Или, что то же самое $\text{ЖЕЛ} = \text{ДО} + \text{ДВ} + \text{РВ}$

1. Для измерения дыхательного объёма (ДО) испытуемый должен выполнить несколько спокойных вдохов в спирометр. Полученный суммарный результат следует разделить на количество выдохов. Процедуру измерения повторяют трижды.

ПРИМЕЧАНИЕ: носовые отверстия должны быть закрыты.

2. Для измерения резервного объёма выдоха (РВ = РО выд.) испытуемый должен после спокойного выдоха закрыть носовые отверстия и выдохнуть максимально возможное количество оставшегося в лёгких воздуха в спирометр.

3. Измерение резервного объёма вдоха (ДВ = РО вд.) можно выполнить только с использованием водяного спирометра. Перед измерением в приборе необходимо создать запас воздуха. Для этого измерительную стрелку экспериментатор или его помощник переводит в положение «4 литра» и удерживает её. Испытуемый должен выполнить спокойный вдох атмосферного воздуха, а то количество воздуха, которое он может поместить в лёгкие дополнительно, вдыхает из спирометра.

ПРИМЕЧАНИЕ: в процессе измерения стрелку не следует держать слишком сильно, чтобы не препятствовать выполнению испытуемым вдоха.

ЗАДАНИЯ:

1. Измерить ДО, РВ, ДВ.
 2. Рассчитать должную величину дыхательного объёма (ДДО). У здоровых людей она составляет около 12 % от должной жизненной ёмкости лёгких.

3. Вычислить ЖЕЛ как сумму средних значений трёх составляющих её объёмов.

4. Определить уровень дыхания (УД) по формуле:

$\text{УД} = \frac{\text{РО выдоха}}{\text{РО вдоха}} - \frac{\text{ДВ}}{\text{ДДО}}$

5. Оценить величину уровня дыхания, учитывая, что в норме он должен составлять около 0,6; а уменьшение его значения оценить положительно.

6. Рассчитать жизненный показатель (ЖП) = жизненный индекс (ЖИ) по формуле:

$$\text{ЖП} = \text{ЖИ} = \frac{\text{Фактическая ЖЕЛ, мл}}{\text{вес тела, кг}}$$

7. Оценить величину жизненного индекса, учесть, что в норме он составляет 60 - 70 мл- кг у мужчин и 50 - 60 мл- кг у женщин.

РЕЗУЛЬТАТЫ (в миллилитрах или куб. см):

Испытуемый Вил спорта

1. Лёгочные объёмы	Первое измерение	Второе измерение	Третье измерение	Среднее арифметическое
ДО РО вд. РО выд.				
2. ЖЕЛ = сумма средних значений =				

3. ДДО = ДЖЕЛ-0,12 =

4. ЖИ = ЖП =

5. УД=

ВЫВОДЫ:

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

сравнить результаты измерения ЖЕЛ, полученные прямым и косвенным методами;
сравнить точность прямого и косвенного методов измерения;
указать возможные причины появления ошибок измерений:

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие статические (одноразовые) лёгочные объёмы Вам известны? Как они связаны между собой?
2. Чем отличается прямой метод определения ЖЕЛ от косвенного?
3. Для чего предназначен спирометр?
4. Чем отличается воздушный спирометр от водяного? Какой из них обеспечивает получение более точных результатов? Какой из них удобнее и легче в эксплуатации? Какой из них имеет более широкие возможности при выборе измеряемых показателей?
5. Какая величина точнее характеризует функциональные возможности респираторной системы: жизненная ёмкость лёгких или жизненный индекс (= жизненный показатель)?

Работа 2. Пневмотахометрия

Эффективность использования лёгочных объёмов зависит не только от их величины, но главным образом от *силы* и *выносливости* дыхательных мышц. Для определения двух последних параметров можно использовать прибор, называемый *пневмотахометром*.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: освоить методику скорости вдоха и выдоха; получить и оценить результаты: силу и выносливость дыхательных мышц, а также бронхиальную проводимость.

ХОД РАБОТЫ: стрелку пневмотахометра установить в нулевое положение. Выбрать датчик (специальный металлический полый цилиндр) - соответственно испытуемому: для людей со слабым дыханием (до 2 л в мин " ") внутренний диаметр должен быть равен 10 мм; для взрослых здоровых людей с сильным дыханием (до 9 л • мин " ") - 20 миллиметрам.

ПРИМЕЧАНИЕ: величина диаметра указана на каждом датчике снаружи напротив той стороны, которую испытуемый подносит к губам.

Штуцеры «1» и «2» на корпусе прибора соединяют с соответствующими штуцерами датчика. На датчик надеть простерилизованный колпачок. Ручку крана переключения перевести в положение «выдох» («вдох»). Испытуемый должен встать, выполнить глубокий (не обязательно максимальный) вдох (выдох), плотно обхватить губами пластмассовый колпачок датчика снаружи и выполнить предельно быстро глубокий (также не обязательно максимальный) выдох (вдох). Прибор имеет две шкалы.

	6					3	
	7					3	
	8					3	
	9					3	
	10					3	

По полученным данным рассчитывают:

1. Дыхательный объем $ДО = МОД / ЧД$.
2. Потребление кислорода ($ПО_2$), как % усвоения кислорода от МОД;

ПРИМЕЧАНИЕ: в состоянии покоя из вдыхаемого воздуха поглощается 3-4% кислорода. При работе этот показатель возрастает до 5%. В восстановительный период процент поглощения постепенно снижается до 3-4%.

РАСЧЕТ КИСЛОРОДНОГО ДОЛГА

Определить избыточное потребление кислорода за восстановительный период. Для этого из суммарного количества кислорода, фактически поглощенного за весь период восстановления, вычесть то его количество, которое было бы поглощено за это время в состоянии относительного физиологического покоя.

$$КД = \sum ПО_2 \text{восст.} - ПО_2 \text{ср. в покое} \times t \text{восст.}$$

Примечание: длительность восстановительного периода зависит от того, сколько времени потребуется, чтобы величина минутного потребления кислорода стала равно среднему значению потребления кислорода в состоянии покоя.

Результат:

$$КД =$$

РАСЧЕТ КИСЛОРОДНОГО ЗАПРОСА

1. Определить избыточное потребление кислорода за все время работы. Для этого из количества кислорода, фактически поглощенного во время работы необходимо вычесть то его количество, которое было бы поглощено за это же время, если бы организм был в состоянии покоя.

2. К величине избыточного потребления кислорода, поглощённого во время работы, прибавить величину кислородного долга.

$$КЗ = \sum ПО_2 \text{ раб.} - ПО_2 \text{ ср. в покое} \times t \text{ раб.} + КД$$

или:

$$КЗ = \sum ПО_2 \text{ раб.} + \sum ПО_2 \text{ восст.} - ПО_2 \text{ ср. в покое} \times (t \text{ раб.} + t \text{восст.})$$

или

$$КЗ = \sum ПО_2 \text{ раб.} - ПО_2 \text{ ср. в покое} \times t \text{ раб.} + \sum ПО_2 \text{ восст.} - ПО_2 \text{ ср. в покое} \times t \text{восст.}$$

РЕЗУЛЬТАТ:

$$КЗ =$$

РАСЧЁТ МИНУТНОГО КИСЛОРОДНОГО ЗАПРОСА

Суммарный кислородный запрос разделить на количество минут работы.

РЕЗУЛЬТАТ: $КЗ/мин =$

ВЫВОД:

РАСЧЁТ ПРОЦЕНТНОГО ОТНОШЕНИЯ КИСЛОРОДНОГО ДОЛГА К КИСЛОРОДНОМУ ЗАПРОСУ

1. КЗ принять за 100%

2. КД - x%

РЕЗУЛЬТАТ: $x = КД \cdot 100 \% / КЗ =$

ВЫВОД:

РАСЧЁТ РАСХОДА ЭНЕРГИИ НА ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТУ

1. Использовать величину КАЛОРИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА кислорода. Он приблизительно равен 5 ккал или 20935 Дж (1 кал = 4.187 Дж).

2. Необходимо учесть, что калорическим эквивалентом кислорода называют количество тепла, освобождающееся при потреблении организмом 1 литра кислорода.

3. W - энергетическую стоимость работы для организма рассчитать по формуле:

$$W = KЗ \cdot 5 \text{ ккал} = KЗ \cdot 20935 \text{ Дж}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ:

W =

РАСЧЁТ МИНУТНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ЭНЕРГОТРАТ

Энергетическую стоимость работы разделить на количество минут работы:

РЕЗУЛЬТАТ: $W / \text{мин} =$

ВЫВОД:

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ (КПД)

1. КПД рассчитать как отношение полезной механической работы к общим энергетическим затратам организма.

2. Учесть, что $1 \text{ Вт} = 6.12 \text{ кГм} / \text{с}$

а $1 \text{ ккал} = 427 \text{ кГм}$

3. используйте следующие формулы для расчета КПД:

Для расчёта КПД можно использовать формулы:

$$\text{КПД} = \frac{A, \text{ кГм}}{W, \text{ кГм}} * 100\% = \frac{N, \text{ Вт} * 6,12 * t, \text{ мин}}{W, \text{ ккал} * 427} * 100\%$$

$$\text{КПД} = \frac{A, \text{ кГм}}{W, \text{ кГм}} * 100\% = \frac{N, \text{ Вт} * t, \text{ мин}}{W, \text{ Дж}} * 100\%$$

РЕЗУЛЬТАТЫ:

ВЫВОДЫ:

4. ВОПРОСЫ СЕМИНАРОВ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вопросы семинаров

Значение дыхания для организма. Дыхание и его функции.

Основные этапы дыхания. Внешнее дыхание.

Внешнее дыхание. Механизм вдоха и выдоха. Обычные, максимальные и форсированные дыхательные движения.

Легочные объемы и емкости, их изменения под влиянием физической работы и спортивной тренировки. Резервные возможности системы дыхания.

Обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью. Парциальное давление и напряжение газов.

Транспорт газов кровью. Кривая диссоциация оксигемоглобина. факторы, влияющие на процесс образования и диссоциации оксигемоглобина.

Обмен газов между кровью и тканями. Понятие кислородной емкости крови. Артерио-венозная разность газов в покое и при мышечной деятельности. Транспорт углекислого газа.

Потребление кислорода и выделение углекислого газа в покое и при мышечной деятельности. Кислородный запрос, кислородный долг.

Минутный объем дыхания, его зависимость от дыхательного объема и частоты дыхания. Особенности характеристик тренированного организма. Максимальное потребление кислорода.

Работа дыхания.

Гуморальная регуляция дыхания, роль углекислоты, кислорода и рН крови в этом процессе.

Регуляция дыхания при мышечной работе (гуморальные и нервные механизмы). Влияние мышечной работы на параметры дыхания.

Центральнонервная регуляция дыхания. Понятие дыхательного центра, его локализация, нейронная организация.

Дыхание при повышенном и пониженном барометрическом давлении.

Дыхание в условиях выполнения физической нагрузки.

Вопросы контрольных работ

Что понимается под процессом дыхания?

Сокращение каких мышц обеспечивает поднятие грудной клетки при спокойном дыхании?

Перечислите мышцы, которые сокращаются при а) спокойном дыхании; б) при форсированном?

Что понимается под дыхательным объемом; чему он равен?

Что понимают под резервным объемом вдоха/выдоха?

Что понимают под жизненной емкостью легких чему она равен в среднем у мужчин и женщин?

Что такое минутный объем дыхания; чему он равен?

Что понимается под общей емкостью легких и какую величину она составляет?

Что означает термин «анатомически мертвое пространство»?

От чего зависит эффективность вентиляции лёгких?

Перечислите последовательность этапов дыхания.

Какие мышцы называются инспираторными/экспираторными?

Что является главной причиной отрицательного межплеврального давления?

Какова средняя частота дыхания взрослого человека в покое?

Что такое апное/гиперпноэ?

Каково соотношение парциальных давлений кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе/венозной крови?

В каком состоянии транспортируется углекислый газ в крови?

Что обеспечивает диффузию газов из альвеол в кровь, из крови в ткани и обратно?

В виде каких соединений транспортируется кислород/углекислый газ от лёгких к тканям?

Что отражает кривая диссоциации гемоглобина?

Что понимается под кислородной емкостью крови, от чего она зависит и чему равна?

Что понимается под коэффициентом утилизации кислорода? Чему равен коэффициент утилизации кислорода в покое и при мышечной работе?

Что такое артериовенозная разность по кислороду и чему она равна? Работу каких органов она отражает?

Как называется понижение кислорода в тканях/крови?

Чему равна функциональная остаточная емкость легких?

В каких частях дыхательной системы складывается наибольшее аэродинамическое сопротивление при вдохе/выдохе?

Чему равно потребление кислорода в минуту в покое и при физической нагрузке?

Как организм реагирует на понижение уровня кислорода/повышение уровня углекислого газа в крови?

Какую реакцию вызывают в системе дыхания афферентные влияния с проприорецепторов мышц при работе?

Каковы функции дыхательного центра?

Какие рефлекторные реакции в системе дыхания обеспечивает возбуждение механорецепторов лёгких при изменении их объёма?

Определите понятия «кислородный долг», «кислородный запрос».

Каким образом вычисляется суммарный кислородный запрос?

При каких видах физических нагрузок кислородный запрос относительно мал/велик?

При каких видах работы наблюдается истинное устойчивое соответствие между кислородным запросом и его удовлетворением?

Какой процент от общего количества кислорода связывает миоглобин; при каких значения парциального давления кислорода в крови он начинает его отдавать?

В каких пределах колеблется МПК у спортсмена/неспортсмена?
Чему равен кислородный долг в условиях истинного устойчивого/при напряженной циклической работе?
Какую величину составляет остаточный объем?
Что такое вентиляционный эквивалент кислорода и что он показывает?
Каково содержание кислорода в венозной/артериальной крови?
Какой величины достигает максимальная вентиляция легких у спортсмена/неспортсмена?
Какой процент от общего легочного сопротивления падает на а) эластическое сопротивление; б) неэластическое?
Какую величину составляет парциальное давление кислорода/углекислого газа в: а) в венозной крови; б) альвеолярном воздухе, в) артериализованной крови, г) в выдыхаемом воздухе. д) в атмосферном воздухе?
Какова площадь контактной поверхности между альвеолами и капиллярами?
Какой процент ЖЕЛ человек использует при спокойном дыхании?
Какое количество кислорода транспортируется в физически растворенном виде? Во сколько раз больше сродство гемоглобина к угарному газу по сравнению с кислороду?
Что такое сурфактант, где он локализован, какова его физиологическая роль?
Какие факторы влияют на растяжимость легких?
Чем обусловлено эластическое/неэластическое сопротивление легких?
Чему равно внутрелегочное давление при спокойном вдохе/выдохе?
Чему равно внутриплевральное давление при спокойном вдохе/выдохе?
Какой тип сопротивления резко возрастает при форсированном дыхании и почему?
Какой тип дыхания (относительно глубины вдоха/выдоха) является наиболее экономичным?
Как называется сила, с которой растянутые легкие стремятся к спадению?
Перечислите компоненты, обеспечивающие эластическую тягу легких.
Каковы функции грудной клетки в процессе дыхания?
Каковы физиологические функции воздухоносных путей в процессе дыхания?
Какие органы включает в себя система дыхания?
Перечислите неосновные функции легких.
Как называется тип дыхания у мужчин и женщин, чем они отличаются?
Каково значение герметичности плевральной полости? Что происходит при пневмотораксе?
Что включает в себя внутренне звено процесса дыхания?
Перечислите последовательность процессов, обеспечивающих вдох/выдох.
Назовите главную причину резкого возрастания энергетических затрат на работу дыхательных мышц при интенсивной работе.
Как называется поступление атмосферного воздуха в плевральную щель при нарушении герметичности ее стенок?
Почему легкие не спадаются, несмотря на наличие эластической тяги легких?
Какая сила способствует расширению грудной клетки при вдохе?
За счет каких сил уменьшается объем грудной клетки при спокойном выдохе?
Чему равен градиент парциального давления кислорода, обеспечивающий его переход из альвеолярной смеси газов в венозную кровь?
Чему равен градиент парциального давления углекислого газа, обеспечивающий его переход из венозной крови в альвеолярную смесь газов?
Перечислите факторы, способствующие газообмену между альвеолярной смесью газов и кровью.
Одинаково ли кровоснабжение всех отделов легких в положении лежа, сидя, стоя? Ответ объяснить.

Из каких фаз состоит дыхательный цикл?
Что явилось стимулом в эволюции для появления дыхательных ферментов крови?
В чем преимущество гемоглобина перед другими дыхательными ферментами крови?
Какая сила обуславливает переход газов через альвеоло-капиллярную мембрану?
Как называется процесс перехода газов из одной среды в другую при наличии градиента концентрации этих газов?
Каким методом можно определить напряжение газов в крови?
В каких состояниях находятся газы в крови?
В каком виде находится кислород в крови?
Что такое оксигемоглобин?
Что такое восстановленный гемоглобин?
С каким катионом связывается оксигемоглобин в эритроците?
С каким катионом связывается восстановленный гемоглобин?
Почему количество оксигемоглобина в артериальной крови не соответствует кислородной емкости крови (КЕК)?
Всегда ли количество оксигемоглобина будет зависеть от количества гемоглобина крови?
К какой части гемоглобина присоединяется кислород? Углекислый газ?
Может ли молекула гемоглобина одновременно присоединить к себе кислород и углекислый газ? Почему?
Как изменяется кривая диссоциации оксигемоглобина с повышением температуры, с повышением напряжения углекислого газа?
Почему синтез угольной кислоты происходит в эритроцитах?
Какое из соединений углекислого газа в крови выражает обменную его часть?
Какая часть углекислого газа в крови участвует в поддержании кислотно-щелочного равновесия?
Какая жидкость обладает большей емкостью углекислого газа – цельная кровь или плазма?
Какова степень влияния углекислого газа на окисление гемоглобина кислородом при высоком парциальном давлении кислорода? При низком парциальном давлении кислорода?
В чем биологический смысл диссоциации оксигемоглобина при высоких парциальных давлениях кислорода?
В чем биологический смысл большой скорости диссоциации оксигемоглобина при низких парциальных давлениях кислорода?
В каком виде, и в каких соединениях находится углекислый газ в эритроцитах?
В каком виде, и в каких соединениях находится углекислый газ в плазме крови?
Какой анион входит из плазмы в эритроцит вместо аниона HCO_3^- , вышедшего из эритроцита?
Одинаков ли объем эритроцита в венозной и артериальной крови и почему?
Нарисуйте схему гидратации углекислого газа в крови и превращения его в бикарбонат (в капиллярах тканей).
Нарисуйте схему освобождения углекислого газа из бикарбонатов крови (в капиллярах легких).
Зависит ли количество химических соединений (NaHCO_3 , HbO_2 , HbCO_2) от напряжения газов в крови?
В каком направлении смещается кривая диссоциации оксигемоглобина при интенсивной мышечной работе, почему?
В каком виде в крови находится азот? Существует ли разница в содержании азота в артериальной и венозной крови?
Сформулируйте понятие дыхательного центра. Из каких уровней состоит дыхательный центр?

Что произойдет с дыханием после разрушения продолговатого мозга?
 В каком звене дыхательного центра собирается вся афферентная импульсация?
 Что произойдет с дыханием после перерезки спинного мозга под продолговатым?
 Что произойдет с дыханием после перерезки спинного мозга между шейными и грудными сегментами спинного мозга?
 При разрушении какого уровня дыхательного центра прекращается дыхание?
 Через какой отдел ЦНС центры вдоха и выдоха оказывают влияние на диафрагму, межреберные мышцы?
 Какую роль в регуляции дыхания играет пневмотаксический центр?
 Что произойдет с дыханием после перерезки ствола мозга между продолговатым мозгом и варолиевым мостом?
 Чем обусловлены особенности влияния коры на дыхание?
 Что понимают под автоматией дыхательного центра?
 Как доказывается автоматия дыхательного центра?
 Какие механизмы регуляции деятельности дыхательного центра Вам известны?
 Что понимают под гуморальной регуляцией дыхательного центра?
 Какие сдвиги в составе крови вызывают возбуждение дыхательного центра?
 Каким опытом доказывается гуморальная регуляция дыхания?
 Почему усиление обмена веществ приводит к усилению дыхания?
 Как изменяются ритм и глубина дыхания, если оно происходит в замкнутом пространстве?
 Одинакова ли чувствительность дыхательного центра к угольной кислоте и другим кислотам?
 Как изменяется возбудимость дыхательного центра при уменьшении содержания угольной кислоты в крови?
 Что происходит с дыханием после произвольной гипервентиляции легких?
 Что такое апноэ и когда оно возникает?
 Перечислите главные рефлексогенные зоны, участвующие в регуляции дыхания.
 Какие изменения химического состава крови вызывают возбуждение хеморецепторов?
 Какой из химических раздражителей является более сильным для дыхательного центра и почему?
 В каком случае возбуждаются центральные и периферические хеморецепторы: при уменьшении количества кислорода или его напряжения в крови?
 Чем определяется продолжительность произвольной задержки дыхания?
 Почему после долгой задержки дыхания возникает резкое углубление и учащение дыхания?
 При аппаратном искусственном дыхании кислородом добавляют 5% CO₂ (такая смесь называется карбогеном). С какой целью это делают?
 Почему в норме вдох обязательно сменяется выдохом?
 Что является раздражителем механорецепторов легких?
 Что произойдет с дыхательными мышцами при искусственном раздувании легких?
 В составе какого нерва проходят афферентные волокна, несущие импульсы от механорецепторов легких в дыхательный центр?
 Что произойдет с дыханием после перерезки обоих блуждающих нервов?
 Какие защитные дыхательные рефлексы Вы знаете? Назовите рефлексогенные зоны, с которых возникают защитные дыхательные рефлексы.
 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?
 Какую роль играют в регуляции дыхания проприорецепторы дыхательных мышц?

Приведите примеры условно-рефлекторного изменения дыхания.
Как проявляется рефлекс Геринга–Брейера?

4. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

Дыхательный аппарат и его функции
Биомеханика внешнего дыхания.
Воздухоносные пути и их физиологические функции
Функции легких: основная и дополнительные.
Заболевания органов дыхания у спортсменов.
Функциональные показатели системы дыхания.
Динамика внутрилегочного и внутриплеврального давлений при вдохе и выдохе.
Количественная оценка и кислородная стоимость работы дыхания.
Легочные объемы и емкости.
Легочная и альвеолярная вентиляция. Обмен газов в легких.
Транспорт дыхательных газов. Обмен дыхательных газов между кровью и тканями.
Регуляция дыхания в покое и при мышечной работе.
Регуляция дыхания центральной нервной системой
Химическая регуляция дыхания
Работа дыхания
Изменение показателей дыхания при мышечных нагрузках.
Возрастные особенности системы дыхания.

Рекомендации по написанию реферата. Основой для написания реферата является изучения нескольких литературных источников, приведенных в библиографическом списке. Можно также использовать и другие учебники и учебные пособия по физиологии человека для студентов высших учебных заведений. Реферат представляет собой изложение (а не переписывание) материала, касающегося той или иной темы. Объем около 5-15 страниц рукописного или машинописного текста. Реферат должен иметь титульный лист, на котором указаны: наименование организации, кафедра, тема работы, ФИО, курс, год написания. Вторая страница – оглавление, где перечислены главы и подглавы с указанием соответствующих страниц; в конце реферата приводится список использованных литературных источников; весьма желательны (а в ряде случаев обязательны) рисунки, схемы, таблицы. Последний лист подписывается автором работы, ставится дата написания реферата. Помимо перечисленных ниже тем, студент может предложить и свою тему реферата.

5. ЗАДАЧИ

Задача № 1. У мужчин ростом 178 см жизненная емкость легких (ЖЕЛ) составляет 4270 мл. Оцените, как это согласуется с нормой. Сформулируйте, что такое ЖЕЛ. О чем свидетельствует отклонение ЖЕЛ от нормы у здорового человека?

ОТВЕТ. Жизненная емкость (ЖЕЛ) измеряется объемом воздуха при максимальном выдохе после максимального вдоха.

Для мужчин ЖЕЛ в норме равна 3,5 – 5 л.

Для оценки измеренной ЖЕЛ необходимо определить должную ЖЕЛ по формуле:
рост х 25 (для мужчин)

$178\text{см} \times 25 = 4450 \text{ мл}$ – должная величина ЖЕЛ.

В данном случае ЖЕЛ ниже должной величины на 4,1%, что не выходит за пределы нормы. Понижение ЖЕЛ у здорового человека – показатель слабой физической тренированности.

Задача № 2. У двух студентов одинакового возраста и телосложения после забега на дистанцию 5000 м зарегистрировали ряд показателей внешнего дыхания. У первого студента частота дыхания составила 40 в минуту, дыхательный объём - 500 мл. Коэффициент лёгочной вентиляции-1/7. У второго - частота дыхания 27 в минуту, дыхательный объём – 1200 мл, а коэффициент лёгочной вентиляции = 1/5. Оцените интенсивность и эффективность дыхания у каждого студента. Кто из них более тренирован?

ОТВЕТ. Для оценки интенсивности внешнего дыхания определяют минутный объём легочной вентиляции (МОЛВ). МОЛВ показывает, какой объём воздуха проходит через легкие за 1 минуту.

У первого студента объём МОЛВ равен: $40 \times 500 = 20000$ мл/мин.

У второго студента объём МОЛВ равен: $27 \times 1200 = 32400$ мл/мин.

Интенсивность дыхания большая у второго студента. Поскольку МОЛВ увеличена за счет повышения дыхательного объема, у него выше эффективность дыхания. Показателем этого является более высокий коэффициент легочной вентиляции. Он зависит от соотношения объема дыхательного воздуха и объема воздуха вредного пространства.

Задача № 3. Нередко работа, связанная с производственной пылью (кремнезем, металлическая пыль и др.) ведёт к развитию профессионального заболевания – пневмокониоза, главными симптомами которого являются одышка, боли в груди, кашель. Какие исследования необходимо регулярно проводить в данной профессиональной группе? Какие изменения внешнего дыхания являются признаками нарастающей лёгочной недостаточности?

ОТВЕТ. В данной профессиональной группе необходимо регулярно проводить исследование показателей внешнего дыхания (легочной вентиляции, ЖЕЛ и ее составляющих). Признаками нарастающей легочной недостаточности является увеличение частоты дыхания, снижение ЖЕЛ, объема форсированного выдоха и т.д.

Задача № 4. В результате игнорирования техники безопасности при ремонте здания рабочий сорвался со строительных лесов, следствием чего явилось повреждение позвоночника с разрывом спинного мозга на уровне 1 грудного позвонка. Как это отразится на дыхании?

ОТВЕТ. Дыхание будет сохранено за счет сокращения диафрагмы, т.к. мотонейроны, ведающие иннервацией диафрагмы, расположены в С₃-С₅ сегментах и связь их с бульбарным дыхательным центром сохранена. Рёберное дыхание прекратится, т.к. связь мотонейронов, ведающих иннервацией межреберных мышц, с бульбарным центром прервана. Спинальный дыхательный центр не возбуждается самопроизвольно. Для его возбуждения необходимо поступление импульсов из бульбарного дыхательного центра.

Задача № 5. Работники СЭС были вызваны в одно из горных селений. Оказавшись на месте, они почувствовали недостаток воздуха, дыхание их участилось. Однако через некоторое время эти явления прекратились. Объясните механизм тахипноэ. С чем связано его исчезновение?

В горной местности, в результате пониженного атмосферного давления, а следовательно, и парциального давления O₂, развивается явление гипоксии. На это реагируют хеморецепторы сосудистых рефлексогенных зон, а также центральные хеморецепторы. Возбуждение от хеморецепторов передается в дыхательный (инспираторный) центр. Этим объясняется учащенное дыхание. Кроме того, гипоксия ускоряет выработку эритропоэтинов, которые, в свою очередь, стимулируют эритропоэз. Поэтому в условиях высокогорья наблюдается эритроцитоз, который обеспечивает устойчивую адаптацию.

Задача № 6. При проведении профосмотра у работников химической промышленности определяли показатели внешнего дыхания. У женщин ростом 162 см ЖЕЛ составляет 3000 мл. Оцените этот показатель.

ОТВЕТ. В данном случае ДЖЕЛ – $162 \times 20 = 3240$ мл. У обследуемой ЖЕЛ ниже должной величины на 10%, что допустимо.

Задача № 7. После выполнения работы на глубине моря 200 м, в связи с угрозой гипоксии, подъём водолаза был ускоренным. Какие явления могут развиваться при этом в организме? Объясните механизм их возникновения. Как их предупредить?

ОТВЕТ. На глубине 200 м давление увеличивается, в результате повышается растворимость газов в крови. При быстром подъеме из глубины растворимость газов резко падает, из жидкого состояния они вновь переходят в газообразное и выделяются в виде пузырьков, приводя к воздушной эмболии сосудов. В результате возникает «кесонная болезнь». Главную опасность здесь представляет азот, т.к. давление его выше, и он не связан в организме. Во избежание кесонной болезни подъем из глубины следует производить медленно, чтобы свободный азот успевал выделиться из организма. В настоящее время в дыхательную смесь водолазам вводят вместо азота гелий, т.к. его коэффициент растворимости ниже.

Задача № 8. При полёте на самолёте на высоте 6000 м, где атмосферное давление 355 мм рт. ст. внезапно произошла разгерметизация пассажирского салона. Объясните механизм явлений, развивающиеся в организме человека в данных условиях и обоснуйте их расчётом.

ОТВЕТ. При высоте 6000 м давление O_2 в атмосферном воздухе понижено: $355 \times 20,9/100 = 64,7$ мм рт.ст.

В альвеолярном воздухе напряжение O_2 составит $(355-47,0) \times 14,6\%/100 = 45$ мм рт.ст.

В результате образование оксигемоглобина будет снижено (до 70)%, что нарушает дыхательную функцию крови. Развивается гипоксия, она приведет к одышке, что, в свою очередь, вызовет усиленное выделение CO_2 и снижение возбудимости дыхательного центра. В итоге развивается высотная болезнь.

Задача № 9. В атмосферном воздухе обнаружено повышенное содержание CO_2 . Как это отразится на состоянии здоровья человека? Какие изменения будут со стороны дыхания? Объясните механизм.

ОТВЕТ. При повышении содержания CO_2 в альвеолах уменьшается концентрационный градиент и диффузия CO_2 из венозной крови в альвеолы. Следовательно, в крови накапливается CO_2 (гиперкапния), это может привести к сдвигу рН в кислую сторону и нарушению обмена. Изменяются функции сердечно-сосудистой и дыхательной систем. В частности, гиперкапния через хеморецепторы (периферические и центральные) возбуждает дыхательный центр. Происходит усиление легочной вентиляции за счет увеличения дыхательного объема и частоты дыхания.

Задача № 10. Пассажирский самолёт произвёл посадку в одном из северных городов страны. Температура воздуха – минус сорок градусов по Цельсию. У пассажиров при выходе из тёплого салона на холодный воздух на мгновение “перехватило” дыхание, (трудно было сразу сделать вдох). Объясните механизм данного явления.

ОТВЕТ. Это рефлекторная реакция с холодовых рецепторов верхних дыхательных путей на дыхательный центр. Возбуждение этих рецепторов оказывает тормозное действие на центр вдоха.

Задача № 11. Грозным признаком агонального состояния больного является появление дыхания Чейн-Стокса, называемое периодическим. Оно проявляется в том, что дыхание перестаёт быть постоянным. После нескольких вдохов наступает пауза, затем снова несколько вдохов и пауза и т. д. Паузы удлиняются и, в конечном итоге, дыхание останавливается. Объясните сущность этого явления.

ОТВЕТ. Вдох начинается с возбуждения нейронов дыхательного центра, которые посылают импульсы в дыхательные мышцы. Ведущую роль в возбуждении этих нейронов играет углекислый газ. Следовательно, работу дыхательного центра определяют два фактора – возбудимость его нейронов и концентрация углекислого газа. При агонии резко

снижается возбудимость нейронов дыхательного центра, поэтому они могут возбуждаться при действии обычных количеств углекислого газа. После нескольких дыхательных циклов наступает пауза, во время которой накапливаются значительные количества углекислого газа. Теперь он может возбудить дыхательный центр. Происходит несколько вдохов-выдохов, количество углекислого газа снижается и снова наступает пауза и т. д. Если не удастся улучшить состояние больного человека, неизбежен летальный исход.

Задача № 12. При некоторых заболеваниях растяжимость лёгочной ткани уменьшается в 5 - 10 раз. Какой клинический симптом типичнее для таких заболеваний?

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

Задача № 13. Объясните механизм увеличения коэффициента утилизации кислорода в работающей мышце по сравнению с состоянием покоя.

ОТВЕТ. Утилизация кислорода в ткани зависит, с одной стороны, от интенсивности протекающих в ней процессов, а с другой, - от количества в клетке кислорода. Последнее в свою очередь зависит от объёмной скорости кровотока и от степени диссоциации оксигемоглобина. Объёмная скорость кровотока увеличивается за счёт усиления работы сердца. А диссоциация оксигемоглобина возрастает в связи с тем, что в работающей мышце повышается температура и увеличивается количество CO_2 . Оба эти фактора усиливают отщепление кислорода.

Задача № 14. У животных, обитающих на больших высотах (например, у южноамериканской ламы) сродство гемоглобина к кислороду гораздо выше, чем у других млекопитающих. Соответственно кривая диссоциации оксигемоглобина сдвинута влево. В чём физиологический смысл этого?

ОТВЕТ. Сродство гемоглобина к кислороду показывает, какое количество кислорода при данном парциальном давлении может быть связано. Следовательно, высокое сродство гемоглобина к кислороду способствует поглощению кислорода в условиях низкого атмосферного давления на больших высотах.

Задача № 15. У очень мелких животных имеет место низкое сродство гемоглобина к кислороду и сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина влево. Объясните эту особенность.

ОТВЕТ. Работу системы $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{HbO}_2$ необходимо рассматривать в двух направлениях. С одной стороны, как гемоглобин будет связывать кислород в лёгких, превращаясь в оксигемоглобин, с другой, - отщепление кислорода от оксигемоглобина в тканях. При низком парциальном давлении кислорода в атмосферном воздухе ведущую роль играет способность гемоглобина захватить побольше кислорода. При интенсивном же обмене веществ важно, чтобы кислород быстрее отщеплялся от гемоглобина, когда кровь подходит к тканям. Именно это и наблюдается у мелких животных – более низкое сродство гемоглобина к кислороду.

Задача № 16. У каждой из двух собак перевязали по одному бронху и по одной ветви лёгочной артерии. Одна собака быстро погибла, другая осталась живой. Почему?

ОТВЕТ. У первой собаки перевязку произвели с одной и той же стороны. В результате одно лёгкое полностью перестало функционировать, а другое сохранило свою функцию. У второй собаки перевязку выполнили с разных сторон, поэтому одно лёгкое перестало вентилироваться, а в другое не поступала кровь. Газообмен прекратился, что и привело к быстрой гибели.

Задача № 17. У двух людей лёгкие хорошо вентилируются, но интенсивность газообмена различна. В чём причина этого?

ОТВЕТ. Для эффективного газообмена необходимо определённое соотношение между вентиляцией и кровотоком в сосудах лёгких. Следовательно, у этих людей отличается величина кровотока.

Задача № 18. В сосудах легких содержится относительно большое количество крови, поэтому лёгкие рассматривают как депо крови, хотя и не основное. Какова скорость пульсовой волны в сосудах лёгких, выше или ниже, чем в других сосудах?

ОТВЕТ. Если в сосудах может содержаться большое количество крови, значит они могут значительно растягиваться. В этом случае их стенки обладают небольшой жёсткостью, а чем ниже жёсткость стенки сосуда, тем меньше скорость пульсовой волны.

Задача № 19. Разные участки лёгких вентилируются неодинаково, например, верхушки легких хуже вентилируются, чем другие зоны. А может ли быть неравномерной вентиляция в пределах одного и того же ограниченного участка лёгкого?

ОТВЕТ. Для решения задачи следует знать, могут ли неравномерно вентилироваться (неравномерно растягиваться) альвеолы, расположенные близко друг от друга, а также от чего зависит способность альвеолы растягиваться в большей или меньшей степени при поступлении в неё воздуха? Это зависит от состояния стенок и диаметра альвеолы. Чем жёстче стенки, тем альвеолы менее растяжимы. Альвеолы большего диаметра (уже растянутые в силу каких-то обстоятельств) при поступлении воздуха будут растягиваться ещё сильнее, «отбирая» воздух у менее растянутых альвеол. Таким образом, в зависимости от этих двух факторов даже соседние альвеолы вентилируются по-разному.

Задача № 20. На газообмен в лёгких и тканях влияют 5 факторов: градиент напряжения газов в крови и тканях, коэффициент диффузии, состояние мембран, через которые проходят газы, площадь диффузии, расстояние, которое должны пройти молекулы газов в ходе диффузии. Какой из них играет ведущую роль при изменениях газообмена, происходящих в следующих ситуациях: 1) увеличение количества действующих капилляров; 2) дыхание гипероксической смесью; 3) отёк лёгких; 4) изменение свойств молекул газа; 5) заболевание бериллиозом (сопровождается значительным огрублением ткани альвеол).

ОТВЕТ. 1-увеличение площади диффузии; 2-увеличение градиента напряжения газов между кровью и тканями; 3-увеличение расстояния, которое молекулы должны пройти в ходе диффузии; 4-изменение коэффициента диффузии; 5-изменение состояния мембран.

Задача № 21. У больного человека резко нарушен транспорт кислорода гемоглобином. Какое терапевтическое воздействие может помочь в обеспечении тканей кислородом?

ОТВЕТ. Система «кислород в крови» состоит из двух элементов: 1) кислород, связанный с гемоглобином и 2) кислород, физически растворённый в крови. Физиологический смысл наличия в крови дыхательных пигментов состоит в том, что они могут связать гораздо больше кислорода, по сравнению с количеством этого газа, растворённого в крови. Но, если гемоглобин работает плохо, остаётся только один элемент – растворённый кислород. Но его очень мало, следовательно, необходимо увеличить его количество. Это делают по принципу изготовления шипучих напитков – значительно повышают давление газа, насыщающего напиток. Пациента подвергают гипербарической оксигенации, помещая его в камеру с высоким давлением кислорода. Этот терапевтический приём спас жизнь многим больным.

Задача № 22. Человеку необходимо пройти по дну водоёма. В такой ситуации, если отсутствуют специальные приспособления, дышат через трубку, конец которой выходит из воды. Имеются три трубки, каждая длиной в 1 метр, а внутренний диаметр отличается и составляет соответственно 68мм, 30мм и 5мм. Какую трубку необходимо использовать и почему?

ОТВЕТ. На эффективность дыхания влияет не диаметр трубки сам по себе, а объём, который в каждой трубке по-разному увеличивает анатомическое мёртвое пространство. Объём первой трубки около 3,6л. Такое мёртвое пространство практически непреодолимо. Выбор этой трубки обрекает человека на гибель от удушья. Объём второй трубки – около

600мл. Такое мертвое пространство можно преодолеть, если дышать глубоко и редко, используя резервный объём воздуха. Объём третьей трубки совсем невелик. Но из-за очень малого её диаметра воздух при дыхании будет двигаться в трубке очень быстро и трение его о стенки резко возрастёт. Это может существенно затруднить дыхание. Поэтому оптимальными являются размеры второй трубки.

Задача № 23. При сужении дыхательных путей течение воздуха становится турбулентным. Это требует значительных затрат энергии и больному человеку трудно дышать. Состояние улучшается, если воздух заменить кислородно-гелиевой смесью, в которой вместо азота содержится такое же количество гелия. Объясните причину улучшения состояния больных.

ОТВЕТ. Итак, из условия задачи следует, что если смесь кислородно-азотная, то дышать трудно, а если кислородно-гелиевая, то легче. Больному трудно дышать из-за турбулентного течения воздуха. Логично предположить, что замена азота гелием переводит турбулентный поток в ламинарный. Почему? Гелий в 3 раза легче азота, растворимость его ниже, чем у азота. Может ли это иметь отношение к характеру течения воздушного потока? Нужна дополнительная информация о числе Рейнольдса. Это безразмерная величина, которая определяет границу перехода ламинарного течения в турбулентное. Для каждой жидкости и каждого газа число Рейнольдса имеет определённое значение. При его превышении ламинарное течение переходит в турбулентное. Чем выше плотность жидкости или газа, тем число Рейнольдса больше. Поскольку гелий в три с лишним раза легче азота, он соответственно снижает число Рейнольдса для дыхательной смеси и её поток в дыхательных путях становится ламинарным, что и приносит больному облегчение.

Задача № 24. Чемпионы по нырянию погружаются на глубину до 100 м без акваланга и возвращаются на поверхность за 4-5мин. Почему у них не возникает кессонная болезнь?

ОТВЕТ. Водолаз на большой глубине дышит воздухом под высоким давлением, поэтому значительно возрастает растворимость газов в крови. Азот в организме не потребляется, поэтому при быстром поднятии его повышенное давление быстро снижается, и он бурно выделяется из крови в виде пузырьков, что приводит к эмболии. Ныряльщик же во время погружения вообще не дышит. При быстром поднятии ничего страшного не происходит, в отличие от водолаза отсутствует элемент «воздух под большим давлением».

Задача № 25. Если у новорождённого при перевязке пуповины затягивать лигатуру очень медленно, то первый вдох может не наступить, и ребёнок погибнет. Почему это произойдёт?

ОТВЕТ. При очень медленном нарастании раздражения (очень медленном затягивании лигатуры), согласно явлению аккомодации (закон раздражения) будет очень медленно нарастать содержание CO_2 в крови и нейроны дыхательного центра не смогут по этой причине возбудиться, а значит не произойдёт 1-й вдох.

Задача № 26. Почему жизненная ёмкость легких у здорового мужчины среднего возраста и роста заметно выше, чем у женщины с такими же характеристиками?

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

Задача № 27. Какие силы опускают и сближают ребра при пассивном выдохе на земле? В космосе?

ОТВЕТ. 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. 3

Задача № 28. Почему при такой серьезной травме грудной клетки, как множественные переломы ребер, или при отеке легких врачи эмоционально называют анатомическое мертвое пространство «вредным»?

ОТВЕТ. 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 № 29. В каком положении человека – горизонтальном или вертикальном – легкие вентилируются более равномерно?

ОТВЕТ. Легкие вентилируются более равномерно в горизонтальном положении.

Задача № 30. Почему в норме легкие не спадаются, несмотря на наличие эластической тяги, стремящейся их сжать?

ОТВЕТ. 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 № 31. Какие факторы способствуют газообмену между альвеолярным воздухом и кровью?

ОТВЕТ. 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 № 32. Сравните, сколько кислорода потребляет человек за 1 мин в покое, при быстрой ходьбе и при тяжелой мышечной работе.

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

Задача № 33. Чему равна ДЖЕЛ (должная жизненная емкость легких) у женщины ростом 165 см в 30-летнем возрасте?

ОТВЕТ. 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 № 34. Определите ДЖЕЛ у мужчины в возрасте 45 лет, если его рост 181 см.

ОТВЕТ. 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 № 35. 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.

ОТВЕТ. 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 № 36. Почему во время еды пища обычно не попадает в дыхательные пути?

ОТВЕТ. 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 № 37. Чему равна КЕК (кислородная емкость крови), если количество H_v в крови равно 150 г/л?

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

Задача № 38. В грудной полости уменьшилось давление. Как это влияет на кровообращение и почему? В какую фазу дыхательного цикла это происходит?

ОТВЕТ. 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 № 39. Почему под водой тонущий человек, максимально задерживая дыхание, все же делает глубокий вдох, хотя знает, что захлебнется и погибнет?

ОТВЕТ. 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 № 40. При подъеме на высоту парциальное напряжение кислорода может уменьшиться от 100 до 60 мм рт. ст. Почему человек сможет жить в таких условиях?

ОТВЕТ. Потому что насыщение гемоглобина кислородом в легких остается достаточным для организма даже при значительном падении 138–139 (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 № 41. Общее содержание кислорода в артериальной крови 200 мл/л. Сколько при этом содержится в крови физически растворенного и химически связанного кислорода?

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

Задача № 42. Сравните, сколько кислорода потребляет человек за 1 мин в покое, при быстрой ходьбе и при тяжелой мышечной работе.

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

Задача № 43. Какими свойствами обладают ирритантные рецепторы воздухоносных путей, какие факторы их возбуждают и какие вызывают ответные реакции?

ОТВЕТ. 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 № 44. В каких условиях возникает рефлекс ныряльщика и каково его значение?

ОТВЕТ. 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 № 45. Как изменяется дыхание при раздражении тепловых и холодовых рецепторов кожи и при изменении температуры тела?

ОТВЕТ. 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 № 46. Как и почему изменится продолжительность максимальной произвольной задержки дыхания после интенсивной гипервентиляции легких? Что произойдет при этом с насыщением гемоглобина кислородом?

ОТВЕТ. 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 № 47. Какие структурные особенности эритроцитов способствуют выполнению ими дыхательной функции? Обоснуйте ответ.

ОТВЕТ. 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 № 48. Спирометрия показала, что ЖЕЛ испытуемого равна 3800 мл. Из них P_O вдоха составляет 1700 мл, P_O выдоха – 1500 мл. Сколько воздуха поступает у этого человека в альвеолы за 1 минуту, если за это время он делает 18 дыхательных движений?

ОТВЕТ. За один вдох 600 мл. За минуту – 1080 мл. $ДО = ЖЕЛ - P_O \text{ выд.} - P_O \text{ вд.}$

Задача № 49. Если содержание газа в газовой смеси при общем давлении 760 мм рт. ст. составляет 14 %, то каково при этом его парциальное давление?

ОТВЕТ. Парциальное давление газа равно 106 мм рт. ст.

Задача № 50. В плазме крови повысилась концентрация углекислоты. Повлияет ли это на процесс выделения кислорода из крови или нет, и почему?

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

Задача № 51. 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?

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

Задача № 52. При некоторых заболеваниях растяжимость легочной ткани уменьшается в 5–10 раз. Какой клинический симптом типичен для таких заболеваний?

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

Задача № 53. 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?

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

Задача № 54. У человека временно полностью нарушено носовое дыхание, и он вынужден делать вдох и выдох через рот. Какие при этом могут возникнуть изменения и ощущения?

ОТВЕТ. 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 оттенок 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.

6. ТЕСТЫ

<p>1. Дыханием называется:</p> <p>А) ритмичное чередование вдоха и выдоха;</p> <p>Б) обмен газов между атмосферой и лёгкими;</p> <p>В) комплекс физиологических процессов, обеспечивающих поступление, транспорт, утилизацию кислорода и выделение углекислого газа;</p> <p>Г) комплекс физиологических процессов, обеспечивающих поступление, транспорт и утилизацию кислорода.</p>	<p>2. Дыхание включает в себя:</p> <p>А) 3 этапа дыхания;</p> <p>Б) 5 этапов;</p> <p>В) 2 этапа;</p> <p>Г) 6 этапов.</p>
<p>3. Вентиляция между лёгкими и окружающей средой осуществляется благодаря:</p> <p>А) поступлению воздуха в воздухоносные пути;</p> <p>Б) периодическому изменению объёма лёгких и давления воздуха в них при вдохе и выдохе;</p> <p>В) сокращению гладкой мускулатуры бронхов и трахеи;</p> <p>Г) диффузии газов из лёгких в кровь и обратно.</p>	<p>4. Сокращение каких мышц обеспечивает поднятие грудной клетки при спокойном дыхании:</p> <p>А) большая и малая грудные;</p> <p>Б) наружные межрёберные и диафрагмы;</p> <p>В) ромбовидная и трапецевидная;</p> <p>Г) лестничные.</p>
<p>5. При спокойном дыхании вдох осуществляется:</p> <p>А) активно;</p> <p>Б) пассивно</p>	<p>6. Какие из перечисленных мышц сокращаются при глубоком выдохе:</p> <p>А) внутренние межрёберные и косые мышцы живота;</p> <p>Б) прямая мышца живота;</p> <p>В) большая и малая грудные;</p> <p>Г) диафрагма.</p>
<p>7. Дыхательный объём это:</p> <p>А) количество воздуха, проходящее через лёгкие при спокойном вдохе и выдохе;</p> <p>Б) объём воздуха, находящийся в грудной полости при спокойном дыхании;</p> <p>В) количество воздуха, находящееся в воздухоносных путях;</p> <p>Г) объём воздуха, который остаётся в лёгких после спокойного выдоха.</p>	<p>8. Дыхательный объём в среднем в покое равен:</p> <p>А) 800мл;</p> <p>Б) 500мл;</p> <p>В) 150мл;</p> <p>Г) 3000мл.</p>
<p>9. Резервным объёмом вдоха называют:</p> <p>А) то количество воздуха, которое можно вдохнуть дополнительно после спокойного вдоха;</p> <p>Б) объём воздуха, выдыхаемый при спокойном дыхании;</p> <p>В) общее количество воздуха, вдыхаемое при глубоком вдохе;</p> <p>Г) объём воздуха, остающийся в лёгких после глубокого выдоха.</p>	<p>10. Резервным объёмом выдоха называют:</p> <p>А) объём воздуха, остающийся в лёгких после спокойного выдоха;</p> <p>Б) объём воздуха, который можно дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха;</p> <p>В) объём воздуха, выдыхаемый при спокойном дыхании;</p> <p>Г) количество воздуха, остающегося в лёгких после глубокого выдоха.</p>
<p>11. Жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ) это:</p> <p>А) максимальный объём воздуха, который может вдохнуть человек;</p> <p>Б) объём максимального выдоха после максимально глубокого вдоха;</p> <p>В) количество воздуха, остающегося в лёгких при глубоком выдохе;</p> <p>Г) объём максимального вдоха или максимального выдоха.</p>	<p>12. ЖЕЛ у здоровых взрослых мужчин (женщин) равна:</p> <p>А) 6 – 8л (5л);</p> <p>Б) 4 – 5л (3л);</p> <p>В) 10 – 12л (8л);</p> <p>Г) 1,5 – 2л (1,5л);</p>
<p>13. Минутным объёмом дыхания называют:</p> <p>А) максимальный объём воздуха, выдыхаемый за 1 минуту;</p> <p>Б) произведение дыхательного объёма на частоту дыхания в минуту;</p> <p>В) максимальный объём воздуха, вдыхаемый за 1 минуту.</p>	<p>14. Минутный объём дыхания в среднем у мужчин равен:</p> <p>А) 7л;</p> <p>Б) 4л;</p> <p>В) 80л;</p> <p>Г) 16л.</p>

<p>15. Общая ёмкость лёгких это:</p> <p>А) количество воздуха, которое человек может выдохнуть при максимально глубоком выдохе;</p> <p>Б) количество воздуха, которое может находиться в лёгких при максимально глубоком вдохе;</p> <p>В) объём выдохнутого воздуха, после глубокого вдоха;</p> <p>Г) количество воздуха, используемое при работе за 1 минуту.</p>	<p>16. Количество воздуха, остающегося в лёгких после максимального выдоха называется:</p> <p>А) резервным объёмом вдоха;</p> <p>Б) резервным объёмом выдоха;</p> <p>В) дыхательным объёмом;</p> <p>Г) остаточным объёмом.</p>
<p>17. Объёмы полостей носоглотки, гортани, трахеи, бронхов и альвеол не участвующих в газообмене, составляют:</p> <p>А) альвеолярное мёртвое пространство;</p> <p>Б) физиологическое мёртвое пространство;</p> <p>В) анатомическое мёртвое пространство.</p>	<p>18. Укажите правильную последовательность этапов дыхания:</p> <p>А) вентиляция лёгких, газообмен в лёгких, транспорт газов кровью, внутрилёгочное окисление, газообмен между кровью и тканями;</p> <p>Б) вентиляция лёгких, газообмен в лёгких, транспорт газов кровью, обмен газов между кровью и тканями, внутриклеточное окисление;</p> <p>В) газообмен в лёгких, лёгочная вентиляция, транспорт газов кровью, газообмен в тканях, внутриклеточное окисление.</p>
<p>19. От чего зависит эффективность вентиляции лёгких:</p> <p>А) от глубины дыхания;</p> <p>Б) от частоты дыхания;</p> <p>В) от силы сокращения мышц вдоха.</p>	<p>20. Инспираторными называются мышцы:</p> <p>А) при сокращении которых объём грудной клетки уменьшается;</p> <p>Б) при сокращении которых объём грудной клетки увеличивается;</p> <p>В) брюшной стенки</p>
<p>21. Экспираторными называются мышцы:</p> <p>А) при сокращении которых происходит активный вдох;</p> <p>Б) при сокращении которых происходит активный выдох;</p> <p>В) гладкой мускулатуры трахеи и бронхов.</p>	<p>22. Главной причиной отрицательного межплеврального давления является:</p> <p>А) эластическая тяга лёгких;</p> <p>Б) присасывающее действие грудной клетки;</p> <p>В) сокращение диафрагмы.</p>
<p>23. Средняя частота дыхания в покое у взрослого человека составляет:</p> <p>А) 25 – 30 раз в минуту;</p> <p>Б) 14 – 18 раз в минуту;</p> <p>В) 5 – 10 раз в минуту.</p>	<p>24. Что такое АПНОЭ:</p> <p>А) уменьшение количества кислорода в тканях;</p> <p>Б) увеличение лёгочной вентиляции;</p> <p>В) остановка (задержка) дыхания;</p> <p>Г) нормальное дыхание.</p>
<p>25. Что такое ГИПЕРПНОЭ:</p> <p>А) увеличение глубины дыхания;</p> <p>Б) увеличение частоты дыхания;</p> <p>В) одышка;</p> <p>Г) остановка дыхания.</p>	<p>26. Парциальное давление кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе составляет:</p> <p>А) кислород – 102, углекислый газ – 40 мм.рт.ст.;</p> <p>Б) кислород – 120, углекислый газ – 50 мм.рт.ст.;</p> <p>В) кислород – 90, углекислый газ – 47 мм.рт.ст.;</p> <p>Г) равны атмосферному</p>
<p>27. Диффузия газов из альвеол в кровь, из крови в ткани и обратно осуществляется благодаря:</p> <p>А) разности осмотического давления;</p> <p>Б) разности парциальных давлений газов;</p> <p>В) работе «дыхательного насоса»;</p> <p>Г) активному транспорту газов.</p>	<p>28. Парциальное давление кислорода и углекислого газа в венозной крови составляет:</p> <p>А) кислород – 102, углекислый газ – 40 мм.рт.ст.;</p> <p>Б) кислород – 40, углекислый газ – 47 мм.рт.ст.;</p> <p>В) кислород – 120, углекислый газ – 80 мм.рт.ст.</p>
<p>29. В каком состоянии транспортируется углекислый газ в крови:</p> <p>А) в растворённом виде;</p> <p>Б) в химически связанном виде;</p> <p>В) в химически связанном и в растворённом виде.</p>	<p>30. Как транспортируется кислород от лёгких к тканям:</p> <p>А) в основном в виде оксигемоглобина и лишь менее 1,5% в физически растворённом состоянии;</p> <p>Б) в виде растворённого газа;</p> <p>В) 80% в физически растворённом состоянии и 20% в виде оксигемоглобина.</p>
<p>31. Кислородная ёмкость крови это:</p> <p>А) количество кислорода, присоединяемое одной</p>	<p>32. Кривая диссоциации оксигемоглобина отражает:</p>

<p>молекулой кислорода;</p> <p>Б) количество кислорода, которое может быть связано 100 мл крови;</p> <p>В) количество кислорода, поглощаемое тканями из артериальной крови.</p>	<p>А) зависимость количества оксигемоглобина в крови от парциального напряжения кислорода;</p> <p>Б) зависимость количества гемоглобина в крови от количества углекислого газа;</p> <p>В) зависимость количества гемоглобина в крови от насыщения её кислородом</p>
<p>33. Кислородная ёмкость крови зависит от:</p> <p>А) содержания в крови гемоглобина;</p> <p>Б) парциального давления кислорода в альвеолах;</p> <p>В) парциального давления кислорода в тканях;</p>	<p>34. Коэффициент утилизации кислорода это:</p> <p>А) количество кислорода, переходящее из альвеол в кровь;</p> <p>Б) максимальное количество кислорода, которое может связать кровь;</p> <p>В) количество кислорода, поглощаемого тканями по отношению к общему его количеству в артериальной крови.</p>
<p>35. Артерио-венозная разность по кислороду это:</p> <p>А) разность об% кислорода в притекающей к тканям артериальной крови и оттекающей венозной;</p> <p>Б) разность об% кислорода в притекающей к лёгким венозной крови и оттекающей от них артериальной;</p> <p>В) разность об% кислорода в артериальной крови, находящейся в крупных артериях и капиллярах</p>	<p>36. Внутримышечный пигмент миоглобин связывает:</p> <p>А) до 5% всего кислорода в организме;</p> <p>Б) до 20% всего кислорода в организме;</p> <p>В) до 15% всего кислорода в организме;</p> <p>Г) до 1,5% всего кислорода в организме;</p>
<p>37. Понижение напряжения кислорода в тканях называется:</p> <p>А) гипокапния;</p> <p>Б) гипоксия;</p> <p>В) ацидоз</p>	<p>38. Понижение напряжения кислорода в крови называется:</p> <p>А) гипоксемия;</p> <p>Б) гипокапния;</p> <p>В) ацидоз</p>
<p>39. Аффферентные влияния с проприорецепторов мышц при работе вызывают:</p> <p>А) увеличение активности дыхательного центра и лёгочной вентиляции;</p> <p>Б) увеличение активности дыхательного центра и уменьшение лёгочной вентиляции;</p> <p>В) угнетение активности дыхательного центра и снижение частоты дыхания.</p>	<p>40. Дыхательный центр обеспечивает:</p> <p>А) анализ газового состава крови и содружественную реакцию кровообращения и дыхания;</p> <p>Б) перераспределение кровотока и энергетического обеспечения в пользу дыхательных мышц;</p> <p>В) ритмическую деятельность дыхательных мышц и приспособление дыхания к условиям среды.</p>
<p>41. Возбуждение механорецепторов лёгких при изменении объёма лёгких рефлекторно обеспечивает:</p> <p>А) регуляцию соотношения глубины и частоты дыхания;</p> <p>Б) увеличение частоты дыхания при повышении атмосферного давления;</p> <p>В) проявление защитных дыхательных рефлексов</p>	<p>42. Недостаток кислорода в крови рефлекторно вызывает:</p> <p>А) увеличение частоты и глубины дыхания;</p> <p>Б) увеличение частоты дыхания;</p> <p>В) увеличение глубины дыхания;</p> <p>Г) задержку дыхания.</p>
<p>43. Повышение углекислого газа в крови рефлекторно вызывает:</p> <p>А) увеличение глубины дыхания;</p> <p>Б) увеличение частоты дыхания;</p> <p>В) апноэ;</p>	<p>44. Потребление кислорода в среднем в покое равно:</p> <p>А) 60мл/мин;</p> <p>Б) 300мл/мин;</p> <p>В) 1000мл/мин;</p> <p>Г) 3л/мин.</p>
<p>45. При физической работе максимальное потребление кислорода в минуту может быть равно:</p> <p>А) 3 – 5л;</p> <p>Б) 2 – 2,5л;</p> <p>В) 8 – 10л;</p> <p>Г) 30л.</p>	<p>46. Кислородным запросом называют:</p> <p>А) количество кислорода, необходимое для работы дыхательных мышц;</p> <p>Б) количество кислорода, необходимое для окислительных процессов, обеспечивающих ту или иную мощность работы;</p> <p>В) количество кислорода, необходимое для полного насыщения крови.</p>
<p>47. Кислородный долг это:</p> <p>А) количество кислорода, потребляемое в восстановительный период, сверх уровня покоя;</p> <p>Б) недостаток кислорода при выполнении физической работы;</p>	<p>48. Суммарный кислородный запрос вычисляется путем:</p> <p>А) суммирования потребления кислорода во время работы и в восстановительном периоде за вычетом всего количества кислорода, необходимого для</p>

В) дефицит кислорода в начальном периоде работы.	поддержания уровня покоя Б) суммирования потребления кислорода во время работы и в восстановительном периоде
49. Кислородный запрос особенно высок при: А) тяжелоатлетических упражнениях Б) скоростном беге на коньках В) велосипедных гонках Г) прыжках на батуте	50. Кислородный запрос относительно мал при: А) тяжелоатлетических упражнениях Б) скоростном беге на коньках В) велосипедных гонках Г) прыжках на батуте
51. Кислородный запрос особенно высок при: А) произвольных упражнениях фигуристов Б) при беге на длинные дистанции В) велосипедных гонках Г) прыжках на батуте Д) скоростном плавании под водой с аквалангом	52. Истинное устойчивое соответствие между кислородным запросом и его удовлетворением наблюдается при: а) относительно равномерной работе б) при напряженной циклической работе
53. МПК у неспортсменов колеблется: А) 1-2,5 л/мин Б) 2,5-3,5 В) 4-5 Г) до 6 л/мин	54. МПК у спортсменов колеблется: А) 1-2,5 л/мин Б) 2,5-3,5 В) 4-5 Г) до 6 л/мин
55. Кислородный долг в условиях истинного устойчивого равновесия примерно равен: а) 1-2 л б) 3-5 л в) 5-10 л г) 20-22 л	56. Кислородный долг при напряженной циклической работе примерно равен: а) 1-2 л б) 3-5 л в) 5-10 л г) 20-22 л
57. Резервный объем вдоха равен: А) 0,5-1л Б) 1,5-2,5 л В) 3-3,5 л	58. Резервный объем выдоха составляет: А) 0,5-1л Б) 1-1,5 л В) 1,5-2,5 л
59. Остаточный объем составляет около: А) 0,5-1л Б) 1-1,5 л В) 1,5-2,5 л	60. Функциональный остаточная емкость (ФОЕ) составляет: А) 2-3 л Б) 1-1,5 л В) 0,5-1 л
61. Артериовенозная разность по кислороду: А) 19-11 об%. Б) 15-10 об%. В) 10-5 об%. Г) 20-15 об%	62. Аэродинамическое сопротивление: при вдохе наибольшее: А) в полости носа Б) в бронхах
63. Аэродинамическое сопротивление: наибольшее при выдохе: А) в полости носа Б) в бронхах	64. Вентиляционный эквивалент O_2 (МОД/ PO_2) 1. в условиях покоя у мужчин 2. при тяжелой работе А) 20 л/ lO_2 Б) до 30-35 л/ lO_2
65. Вентиляционный эквивалент кислорода это: А) отношения МОД/ PO_2 . Б) $DO \times ЧД$ В) $ЖЕЛ \times ЧД$	66. Вентиляционный эквивалент показывает: А) какой объем воздуха нужно провентилировать через легкие для получения 1л O_2 Б) Какое количество кислорода присоединяет гемоглобин крови В) Какой объем воздуха проходит через легкие за 1 мин
67. Жесткие константы крови: 1) артериальная кровь; 2) венозная: содержит а) 12 об% O_2 и 55-58 об% CO_2 б) 18-20 об% O_2 и 50-53 CO_2	68. Кислорода содержится: в артериальной крови: А) 190-200 мл/л Б) 140-150 мл/л В) 200-250 Г) 50-100
69. Кислорода содержится в венозной крови: А) 190-200 мл/л Б) 140-150 мл/л В) 200-250 Г) 50-100	70. Кислородная емкость крови: А) 186,7 мл Б) 156,5 В) 125,3 Г) 220,5

<p>71. Коэффициент утилизации кислорода в покое:</p> <p>А) 30-40%</p> <p>Б) 60-65%</p> <p>В) 20-25%</p> <p>Г) 75-80%</p>	<p>72. Коэффициент утилизации кислорода при мышечной работе:</p> <p>А) 30-40%</p> <p>Б) 60-65%</p> <p>В) 20-25%</p> <p>Г) 75-80%</p>
<p>73. Легочная вентиляция при максимальной аэробной работе достигает:</p> <p>А) 50-100 л/мин</p> <p>Б) 100-140 л/мин</p> <p>В) 150-200 л/мин</p>	<p>74. Максимальная вентиляция легких составляет у спортсменов:</p> <p>А) 120-150 л/мин</p> <p>Б) 150-180</p> <p>В) 180-200</p>
<p>75. Максимальная вентиляция легких составляет у спортсменов:</p> <p>А) 120-150 л/мин</p> <p>Б) около 180</p> <p>В) 180-200</p>	<p>76. Расход кислорода на:</p> <p>1) работу дыхательных мышц в покое</p> <p>2) ЦНС</p> <p>3) натрий-калиевый насоса</p> <p>А) 30%</p> <p>Б) 20%</p> <p>В) 2%</p>
<p>77. Из 100% общего легочного сопротивления падает:</p> <p>А) 20% эластическое, 80% неэластическое</p> <p>Б) 20% неэластическое и 80% эластическое</p> <p>В) 50% эластическое и 50% неэластическое</p>	<p>78. Общая емкость легких составляет:</p> <p>А) 3-4 л</p> <p>Б) 4-6 л</p> <p>В) 6-8 л</p>
<p>79. Парциальное давление O_2:</p> <p>1) в венозной крови</p> <p>2) альвеолярном воздухе,</p> <p>3) артериализованной крови</p> <p>4) в выдыхаемом воздухе</p> <p>5) в атмосферном воздухе</p> <p>А) 40, б) 100, в) 160, г) 104 д) 120</p>	<p>80. Парциальное давление CO_2:</p> <p>1) в венозной крови</p> <p>2) альвеолярном воздухе,</p> <p>3) артериализованной крови</p> <p>4) в выдыхаемом воздухе</p> <p>5) в атмосферном воздухе</p> <p>А) 46, б) 40, в) 27, г) 0,2</p>
<p>81. Перенос кровью CO_2:</p> <p>1) в растворенном состоянии кровью переносится 2) в виде карбгемоглобина и 3) в виде солей угольной кислоты</p> <p>А) 48-51 об%; Б) 2,5-3 об%,</p> <p>В) 4-5 об%</p>	<p>82. Площадь контактной поверхности между альвеолами и капиллярами составляет около:</p> <p>А) 45-50</p> <p>Б) 70-90 м²</p> <p>В) 100-120</p>
<p>83. Человек в состоянии покоя потребляет:</p> <p>А) 250 мл O_2 и выделяет 230 мл CO_2 в 1 мин</p> <p>Б) 150 и 100</p> <p>В) 300 и 500</p>	<p>84. При спокойном дыхании человек использует около:</p> <p>А) 10% ЖЕЛ.</p> <p>Б) около 20%</p> <p>В) около 30</p> <p>Г) около 50%</p>
<p>85. Скорость диффузии CO_2</p> <p>А) существенно больше, чем кислорода,</p> <p>Б) меньше, чем кислорода</p> <p>Г) примерно одинакова</p>	<p>86. Сродство гемоглобина к CO:</p> <p>А) в 300 раз больше, чем к кислороду</p> <p>Б) в 300 раз меньше</p> <p>В) одинаково</p>
<p>87. В физически растворенном виде кислорода транспортируется:</p> <p>А) 0,3 об%</p> <p>Б) около 20 об%</p> <p>В) около 10 об%</p>	<p>88. Суффрактант:</p> <p>А) уменьшает поверхностное натяжение жидкости, покрывающей альвеолы примерно в 10 раз</p> <p>Б) увеличивает натяжение</p> <p>В) не влияет</p>
<p>89. В составе миоглобина кислорода находится около:</p> <p>А) 10%</p> <p>Б) 14%</p> <p>В) 20%</p>	<p>90. Кривая диссоциации смещается</p> <p>1) влево в сторону образования оксигемоглобина;</p> <p>2) вправо</p> <p>А) при снижении ПД углекислого газа</p> <p>Б) при повышении ПЖ углекислого газа</p> <p>В) при понижении Темп; Г) при повышении Т</p> <p>Д) при сдвиге рН в щелочную сторону; Е) сдвиге в кислую</p>
<p>91. Миоглобин начинает отдавать кислород,</p>	<p>92. Артерио-венозная разность характеризует:</p>

<p>когда его парциальное падает ниже: А) 40 мм рт ст Б) 20 В) 15 мм рт ст</p>	<p>А) работу сердца как насоса Б) работу дыхательных мышц В) дыхательную функцию крови</p>
<p>93. Альвеолярная вентиляция составляет около: А) 4200 мл Б) 5000 В) 6000 мл</p>	<p>94. Написать формулу альвеолярной вентиляции.</p>
<p>95. Энергетически наиболее выгодным является дыхание: а) с примерно одинаковыми отклонениями при вдохе и выдохе б) с глубоким вдохом и неглубоким выдохом в) с неглубоким вдохом и глубоким выдохом</p>	<p>96. На растяжимость легких влияет: А) поверхностное натяжение альвеолярных стенок, Б) размеры В) возраст Г) кровенаполнение Д) изменение положения ГК в гравитационном поле</p>
<p>97. У детей растяжимость легких: а) больше б) меньше в) возраст не влияет</p>	<p>98. Неэластическое сопротивление обусловлено: А) трением тканей дыхательного аппарата Б) сопротивлением движению воздуха в воздухоносных путях В) степенью растянутости легких Г) кровенаполнением легких</p>
<p>99. Эластическое сопротивление обусловлено: А) трением тканей дыхательного аппарата Б) сопротивлением движению воздуха в воздухоносных путях В) степенью растянутости легких Г) кровенаполнением легких Д) поверхностное натяжение альвеолярных стенок</p>	<p>100. При усилении дыхания резко возрастает: А) эластическое сопротивление Б) неэластическое</p>
<p>101. Внутривнегочное давление 1) при спокойном вдохе 2) при спокойном выдохе А) минус 2-3 мм рт ст, б) 3 мм рт ст</p>	<p>102. Внутривнегочное давление: 1) при спокойном вдохе 2) при спокойном выдохе А) минус 8 мм рт. ст. Б) минус 2</p>
<p>103. При спокойном вдохе: 1) внутривнегочное давление 2) внутривнегочное А) минус 2-3 мм рт. ст Б) минус 8 мм рт ст</p>	<p>104. При спокойном выдохе: 1) внутривнегочное давление 2) внутривнегочное А) минус 3 мм рт. ст Б) минус 8 мм рт ст В) 3 мм рт.ст Г) минус 2</p>
<p>105. Внутривнегочное давление при форсированном вдохе уменьшается относительно атмосферного: а) на 2 мм рт ст б) на 10 в) на 50 г) на 80</p>	<p>106. При форсированном выдохе давление выше атмосферного: А) на 2-3 мм рт б) на 10 в) на 100 мм рт. ст</p>
<p>107. В конце вдоха внутривнегочное давление: а) выше атмосферного б) ниже атмосферного в) равно атмосферному</p>	<p>108. Отрицательное давление обеспечивает: А) куполообразное расположение диафрагмы Б) сжатие грудной клетки при выдохе; В) способствует поддержанию бронхов бронхиол в растянутом состоянии и уменьшает их сопротивление воздушным потокам</p>
<p>109. Компоненты, составляющие ЭТЛ А) эластиновые и коллагеновые волокна; Б) гладкомышечные элементы сосудов, бронхов, бронхиол; В) поверхностное натяжение пленки</p>	<p>110. Сила, с которой растянутые легкие стремятся к спадению называется...</p>

жидкости, выстилающей внутреннюю поверхность альвеол	
111. Система дыхания НЕ включает: а) легкие с воздухоносными путями; б) грудная клетка с мышцами, приводящими ее в движение в) система крови; г) ССС д) органеллы клеток, реализующие тканевое дыхание е) почки	112. Грудная клетка обеспечивает: А) вентиляцию легких Б) газообмен между кровью организма и альвеолярной газовой смесью В) тканевое дыхание Д) защиту легких от механических и атмосферных воздействий
113. Функции воздухоносных путей: А) нагревание воздуха Б) увлажнение В) очищение Г) диффузия газов	114. Под внешним дыханием понимают: А) газообмен между легкими и атмосферным воздухом Б) газообмен между кровью организма и газовой смесью альвеол В) транспорт газов кровью Г) газообмен между кровью и тканями; Д) тканевое
115. К числу неосновных функций легких относят: А) выделение воды и чужеродных летучих веществ Б) выработка БАВ В) защитный барьер Г) инаktivация БАВ Д) участие в терморегуляции Е) депо крови Ж) резервуар воздуха для голосообразования З) все перечисленное	116. При грудном дыхании расширение грудной клетки происходит в основном за счет: А) сокращения грудных мышц Б) за счет диафрагмы
117. Указать соответствие: 1) мужчины; 2) женщины а) грудное дыхание, б) брюшное	118. Герметичность плевральной щели обеспечивает: А) отрицательное давление в ней Б) положительное В) равное с атмосферным
119. ЭТЛ обусловлена: А) наличием в стенке альвеол эластических волокон Б) поверхностным натяжением сурфактанта В) работой грудных мышц Г) турбулентными завихрениями в бронхах	120. Процессы, обеспечивающие вдох (указать последовательность): А) сокращение мышц вдоха—увеличение объема ГК—одновременно расширение легких и уменьшение давление внутри них – поступление воздуха в легкие Б) сокращение мышц вдоха - одновременно расширение легких и уменьшение давление внутри них – увеличение объема ГК – поступление воздуха в легкие
121. Процессы, обеспечивающие выдох (указать последовательность): А) прекращение импульсации по диафрагмальным и межреберным нервам—расслабление мышц вдоха—уменьшение объема ГК и объема легких—повышение давления в легких и изгнание воздуха из легких в атмосферу Б) прекращение импульсации по диафрагмальным и межреберным нервам—уменьшение объема ГК и объема легких—повышение давления в легких и изгнание воздуха из легких в атмосферу - расслабление мышц вдоха В) прекращение импульсации по диафрагмальным и межреберным нервам—расслабление мышц вдоха—повышение давления в легких – уменьшение объема ГК и объема легких—изгнание воздуха из легких в атмосферу	122. Совокупность каких органов составляет внутреннее звено системы дыхания: А) легкие Б) система крови В) органеллы клеток Г) грудная клетка

<p>123. Где локализован сурфактант: А) выстилает внутреннюю поверхность бронхов Б) носоглотки В) альвеол</p>	<p>124. К функциям сурфактанта НЕ относится: А) снижает поверхностное натяжение пленки жидкости, выстилающей альвеолы Б) предотвращает спадение альвеол при выдохе В) улучшает растяжимость легких Г) выполняет защитную функцию Д) облегчает диффузию кислорода Е) обеспечивает транспорт кислорода</p>
<p>125. Поступление атмосферного воздуха в плевральную щель при нарушении герметичности ее стенок называется...</p>	<p>126. Почему легкие не спадаются, несмотря на ЭТЛ: А) препятствует атмосферное давление, действующее на легкие только через воздухоносные пути и прижимающее легкие к внутренней поверхности ГК Б) наличие силы сцепления между висцеральным и париетальным листками плевры В) наличие аэродинамического сопротивления</p>
<p>127. На преодоление каких сил затрачивается энергия при вдохе: А) эластической тяги легких Б) эластической тяги брюшной стенки В) обеих составляющих</p>	<p>128. Назовите главную причину резкого возрастания энергетических затрат на работу дыхательных мышц при интенсивной работе: А) резкое возрастание эластического сопротивления Б) резкое возрастание аэродинамического сопротивления</p>
<p>129. Какая сила способствует расширению грудной клетки при вдохе: А) сила упругости самих легких Б) сила сцепления между висцеральным и париетальным листками плевры В) сила упругости грудной клетки</p>	<p>130. За счет каких сил уменьшается объем грудной клетки при спокойном выдохе: А) за счет потенциальной энергии ЭТЛ Б) за счет эластической тяг брюшной стенки В) за счет обеих сил</p>
<p>131. Чему равен градиент ПД кислорода, обеспечивающий его переход из альвеолярной смеси газов в венозную кровь А) 40 мм рт мт Б) 100 В) 60</p>	<p>132. Чему равен градиент ПД углекислого газа, обеспечивающий его переход из венозной крови в альвеолярную смесь газов: А) 40 мм ртст Б) 60 В) 6</p>
<p>133. Перечислите факторы, способствующие газообмену между альвеолярной смесью газов и кровью: А) большая поверхность альвеол и капилляров Б) большая скорость диффузии газов через легочную мембрану В) интенсивность кровообращения в легких Г) все перечисленное</p>	<p>134. кровоснабжение всех отделов легких одинаково: А) в положении лежа Б) в положении сидя В) в положении стоя</p>
<p>135. Где наибольшее сопротивление воздухоносных путей? А) Трахея Б) Крупные бронхи В) Бронхи среднего калибра Г) Мелкие бронхи Д) Альвеолы</p>	<p>136. Какой из перечисленных легочных объемов или емкостей могут быть измерены спирометрически? А) Функциональная остаточная емкость Б) Физиологическое мертвое пространство В) Остаточный объем Г) Общая емкость легких Д). Жизненная емкость легких</p>
<p>137. Какой объем выдыхается при максимальном дыхательном усилии на выдохе? А) Дыхательный объем Б) Резервный объем выдоха В) Остаточный объем Г) Функциональная остаточная емкость Д) Объем вдоха Е) Общая емкость легких</p>	<p>138. Какой из объемов остается в легких после максимального выдоха? А) Дыхательный объем Б) Резервный объем выдоха В) Остаточный объем Г) Функциональная остаточная емкость Д) Объем вдоха Е) Общая емкость легких</p>

7. ЦИФРОВОЙ СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

Анатомически мертвое пространство: у мужчин (весом 70 кг) 150 мл, у женщин – 100 мл.

Артериовенозная разность по кислороду: 19-11 об%.

Аэродинамическое сопротивление: при вдохе наибольшее в полости носа (около 50%); при выдохе в бронхах (50%).

Величина давления в плевральной полости составляет:

- к концу максимального выдоха 1-2,
- к концу спокойного выдоха 2-3;
- к концу спокойного вдоха 5-7,
- к концу максимального вдоха 15-20 мм рт. ст.

Вентиляционный эквивалент O_2 (МОД/ PO_2): в условиях покоя у мужчин примерно 20 л/ O_2 , при тяжелой работе возрастает до 30-35 л/ O_2 .

Во время выдоха: внутрилегочное повышается до плюс 3 (т.е. на 6 мм), внутриплевральное также на 6 и составляет минус 2 мм рт. ст. На выдохе выше атмосферного на 2-3 мм рт ст, а при максимальной вентиляции на 100 мм рт ст.

Выравнивание парциального давления кислорода в альвеолах и крови в легких происходит за 0,25 с; кровь находится в капиллярах легких около 0,5 с.

В норме вентиляция легких на 2/3 осуществляется за счет движений диафрагмы; при спокойном вдохе купол диафрагмы опускается примерно на 2 см, при глубоком дыхании до 10 см.

Грудная клетка может расширяться сама за счет упругих сил до 60% ЖЕЛ.

Давление в легких уменьшается относительно атмосферного: при спокойном вдохе на 2 мм рт ст, при форсированном – на 80 мм рт.ст. При максимальном вдохе отрицательное давление возрастает до -20 мм рт ст, при максимальном вдохе приближается к 0, т.е. равно атмосферному.

Диаметр альвеол: 0,1-0,3 мм (одинаков на протяжении жизни).

Дыхательный объем (ДО): 0,4-0,5 л (300-800 м).

Емкость вдоха: 2-3 л.

Жесткие константы крови: артериальная кровь содержит 18-20 об% O_2 и 50-53 CO_2 ; венозная: 12 об% O_2 и 55-58 об% CO_2

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ): 3,5-4,5 л (мужчины), 3-4 л (женщины). При спокойном дыхании человек использует около 10% ЖЕЛ.

За сутки через легкие из организма выводится около 50-600 мл воды в спокойном состоянии.

Кислорода содержится: в артериальной крови 190-200 мл/л, в венозной 140-150 мл/л

Кислородная емкость крови (КЕК): 186,7 мл или 19 об% (при содержании гемоглобина 14 г/л; 1 г гемоглобина может присоединить 1,34 г O_2)

Количество капилляров в альвеолах: около 300 млн.

Коэффициент утилизации кислорода: 30-40% в покое (22-25), до 60-65% при мышечной работе.

Легочная вентиляция (ЛВ): при максимальной аэробной работе достигает 100-140 л/мин (за счет 5-кратного роста частоты дыхания и 6-кратного увеличения дыхательного объема).

Максимальная вентиляция легких: 120-150 л/мин, у спортсменов до 180

Миоглобин дополнительно связывает: 1-1,5 л O_2 ; 14% всего кислорода находится в нем; начинает отдавать кислород, когда его парциальное давление падает ниже 15 мм рт ст.

МОД (минутный объем дыхания): в состоянии покоя 6-9 л, при физической нагрузке до 25-30 л.

МПК (максимальное потребление кислорода): у неспортсменов колеблется в пределах 2,5—3,5 л/мин, у спортсменов достигает 6 л/мин и более (при пересчете на 1 кг веса тела соответственно 40—50 мл/кг и до 70—90 мл/кг).

Работа дыхательных мышц требует в покое 5-10 мл кислорода в минуту, при физической нагрузке – до 1 л/мин.

Расход энергии на работу дыхательных мышц: в покое около 2 % потребляемого кислорода (для сравнения ЦНС потребляет 20% кислорода, работа натрий-калиевого насоса требует около 30%), при интенсивной работе потребляется около 20%.

Общая емкость легких (ОЕЛ): 4-6 л.

Общее легочное сопротивление: 20% эластическое, 80% неэластическое.

Остаточный объем (ОО): 1-1,5 л.

Парциальное давление O_2 : в венозной крови 40, в альвеолярном воздухе 104, в артериализованной крови 100, в выдыхаемом воздухе 120, в атмосферном воздухе 160 мм рт. ст.

Парциальное давление CO_2 : в венозной крови 46, в альвеолярном воздухе 40, в артериализованной крови 40, выдыхаемом воздухе 27, атмосферном воздухе 0,2 мм рт. ст.

Перенос кровью CO_2 : в растворенном состоянии кровью переносится 2,5-3 об%, в виде карбгемоглобина 4-5 об% и в виде солей угольной кислоты 48-51 об%.

Площадь контактной поверхности между альвеолами и капиллярами: 70-90 м² (60-120).

Площадь поверхности альвеол: около 70 м² (у мужчин).

При подъеме на высоту 4000м, где pO_2 в альвеолах падает со 102 до 60мм рт. ст. (на 40%), насыщение крови кислородом в капиллярах альвеол уменьшается всего на 11% (с 96 до 85%).

При спокойном дыхании: на вдохе внутрилегочное давление минус 3, внутриплевральное минус 8.

Расход энергии на работу дыхательных мышц – в покое 2%, при интенсивной работе – до 20% (за счет резкого возрастания неэластического сопротивления; наибольшее аэродинамическое сопротивление при вдохе – в полости носа (около 50%), при выдохе – бронхи (около 50%).

Разница между окружностью грудной клетки в положении вдоха и выдоха составляет: у здоровых молодых мужчин 7-10 см у женщин 5-8 см.

Резервный объем (РО) вдоха: 1,5-2,5 л

Резервный объем (РО) выдоха: 1-1,5 л.

Скорость диффузии CO_2 в 23 раза больше, чем кислорода.

Содержание в атмосферном воздухе кислорода и углекислого газа соответственно – 20.93 % и 0.03 %.

Содержание в выдыхаемом воздухе кислорода и углекислого газа соответственно – 16.0 % и 4.5 %.

Содержание в альвеолярном воздухе кислорода и углекислого газа соответственно – 14.0 % и 5.5 %.

Сопротивление воздуха при дыхании через нос при токе воздуха со средней объемной скоростью 0,5 л/с (условие покоя) на 30-40% выше, чем при дыхании через рот; при 40 л/с, человек автоматически переходит на ротовое дыхание.

Сродство гемоглобина к СО в 300 раз больше, чем к кислороду., карбоксигемоглобин диссоциирует в 10000 раз медленнее, чем оксигемоглобин. Карбоксигемоглобина в норме в крови около 1% (к вечеру до 20%). При содержании в воздухе СО около 0,1% около 80% гемоглобина переходит в карбоксигемоглобин.

Сурфактант уменьшает поверхностное натяжение жидкости, покрывающей альвеолы примерно в 10 раз.

Функциональный остаточная емкость (ФОЕ): 2-3 л.

Транспорт кислорода: около 20 об% в виде соединения с гемоглобином, 0,3 об% в физически растворенном виде.

CO₂ находится в крови в двух состояниях: растворенный в плазме (около 5% всего количества) и химически связанный (95% - в виде угольной кислоты (H₂CO₃), ее солей (NaHCO₃) и в связи с гемоглобином (HbHCO₃).

Частота дыхательных движений: в среднем 16-18 в 1 мин.

Человек в состоянии покоя потребляет: 250 мл O₂ и выделяет 230 мл CO₂ в 1 мин.

Число альвеол в легких: 200-600 млн (в зависимости от роста); по мере старения объем альвеол уменьшается.

8. СЛОВАРЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ

Альвеола – концевая часть дыхательного аппарата; полое образование, заполненное альвеолярным воздухом, состоящее из специфических клеток, окруженных соединительной тканью, капиллярами, нервными волокнами

Альвеолярная вентиляция – поскольку газообмен осуществляется в альвеолах, то для оценки эффективности дыхания важна не общая вентиляция легких; альвеолярная вентиляция меньше на величину мертвого пространства (дыхательный объем минус объем мертвого пространства) умноженный на частоту дыхательных движений.

Анатомически мертвое, или вредное пространство – пространство дыхательных путей; находящийся в нем воздух не участвует в процессе дыхания, 150 мл.

Апноэ – остановка дыхания.

Апноэстический центр – расположен в каудальной (хвостовой) части варолиева моста; нейроны этого центра возбуждаются импульсацией инспираторных нейронов и тормозят активность экспираторных. Ср. Пневмотаксический центр.

Артериовенозная разность – важная характеристика дыхательной функции крови, показывае, какое количество кислорода доставляют тканям каждые 100 мл крови.

Аэродинамическое сопротивление. См. Неэластическое сопротивление.

Вентиляция легких – начальный этап дыхания; движение газов между атмосферой и дыхательной поверхностью легких.

Вентиляционный индекс – показатель состояния функции внешнего дыхания при физической нагрузке, вычисляемый как отношение минутного объема воздуха за 2 мин нагрузки и 5 мин отдыха (мл в мин) к фактической ЖЕЛ (мл).

Вентиляционный эквивалент – показатель эффективности внешнего дыхания, характеризующий объем воздуха, который необходимо провентилировать через легкие для потребления организмом 1 мл кислорода.

Внешнее дыхание. См. Дыхание.

Внутренне дыхание. См. Дыхание.

Воздухоносные пути – обеспечивают поступление воздуха в легкие; делятся на верхние (носовая и ротовая полости, околоносовые пазухи, глотка, гортань) и нижние (трахея и бронхиальное дерево); функции: согревание воздуха, увлажнение, очищение от пыли и бактерий; разделение дыхательного и пищеварительного трактов (гортань).

Гемоглобин – сложный белок, дыхательный пигмент; содержится в эритроцитах; осуществляет перенос кислорода из легких в ткани и, частично, углекислый газ от тканей к дыхательным органам. Г. способен связывать кислорода в 70 раз, а углекислого газа в 20 раз больше, чем плазма крови. Состоит из белка – глобина и небелковой части – четырех молекул гемма, содержащих двухвалентное железо. Молекула гемма способна присоединять и отдавать молекулу кислорода без изменения валентности атома железа, т.е. без истинного окисления. Г., присоединивший кислород называется *оксигемоглобином*, а отдавший кислород – *восстановленным или редуцированным*; соединение гемоглобина с угарным газом называется *карбоксигемоглобином*, а с

углекислым газом – *карбаминогемоглобин*. Оксигемоглобин несколько отличается по цвету от Г., поэтому артериальная кровь имеет ярко-алый цвет, а венозная кровь – темно-вишневый. Синтез Г. происходит в красном костном мозге.

Гипервентиляция – произвольное усиление дыхания, превосходящее метаболические потребности организма.

Гиперпноэ – непроизвольное усиление дыхания в связи с реальными потребностями организма.

Гипоксемия – недостаточное содержание кислорода в крови.

Гипоксия – недостаточное содержание кислорода в тканях.

Гипокапния – пониженное содержание углекислого газа в тканях.

Гипоталамические центры регуляции дыхания – при их активации происходит усиление дыхания при эмоциональном возбуждении, физической нагрузке, болевых раздражениях. Кора больших полушарий участвует в тонком адекватном приспособлении дыхания к меняющимся условиям.

Грудная клетка – обеспечивает вентиляцию легких, в результате чего происходит газообмен между легкими и окружающей средой, и защиту легких и других расположенных в ней органов от механических и атмосферных воздействий.

Гуморальная регуляция дыхания – при снижении парциального давления кислорода, повышении парциального давления углекислого газа, изменения рН частота импульсации, от каротидных хеморецепторов возрастает, передается на центральные хеморецепторы продолговатого мозга, что приводит к увеличению легочной вентиляции.

Дыхание – совокупность процессов, участвующих в обеспечении организма кислородом и выделении углекислого газа; дыхание подразделяется на три этапа: внешнее, или легочное дыхание – процесс обмена газами между легкими и атмосферой; транспортировка газов кровью; внутреннее, или тканевое дыхание – газообмен в тканях, в результате чего потребляется кислород и органические вещества, образуется АТФ, углекислый газ и вода.

Дыхательные рефлексы – ответные реакции организма на изменения внешней и внутренней среды организма, изменяющие характер внешнего дыхания; подразделяются на регуляторные (рефлекс Геринга-Брейера), защитные (апноэ), оборонительные (кашель), познотонические, произвольные, эмоциональные; позволяют модулировать активность дыхательного центра, минутный объем воздуха и характер дыхания в соответствии с реальными условиями среды, поддерживать газовый гомеостаз и предохранять органы дыхания от повреждения.

Дыхательный объем – количество воздуха, поступающего в легкие при спокойном выдохе и удаляемого из них при спокойном выдохе (500 мл).

Дыхательный центр – расположен в продолговатом мозге, состоит из инспираторного центра (центр вдоха) и экспираторного (центр выдоха); возбудимость инспираторного отдела выше; регуляция смена вдоха и выдоха осуществляется частотой импульсов, идущих по афферентным волокнам от рецепторов легких к нейронам дыхательного центра. На пике вдоха импульсация настолько высока, что она является пессимальной для нейронов инспираторного центра и оптимальной для нейронов экспираторного; это приводит к торможению нейронов центра вдоха и возбуждению нейронов центра выдоха.

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

Жизненная емкость легких – это тот воздух, который поступает из легких при максимальном выдохе после максимального вдоха, складывается из резервных объемов вдоха и выдоха и дыхательного объема; величина ЖЕЛ непостоянна и зависит от пола (у мужчин 3600–4500 мл, у женщин 3000–4000 мл), возраста, массы тела, силы дыхательных мышц, кровообращения, положения тела в пространстве, степени физической подготовки.

Инспираторные мышцы – мышцы, сокращение которых обеспечивает увеличение объема грудной клетки; к ним относятся: диафрагма, межреберные наружные; при активном вдохе дополнительно включаются мышцы спины (лестничные, грудино-ключично-сосцевидные и др.), шеи, плечевого пояса и др.

Ирритантные рецепторы – рецепторы, находящиеся в эпителиальном и субэпителиальном слое на всем протяжении всех воздухоносных путей и в легочной паренхиме; обладают свойствами механо- и хеморецепторов; возбуждаются при сильных изменениях объема; а также при действии пылевых частиц, паров едких веществ, некоторых биологически активных веществ (гистамина).

Карбаминогемоглобин. См. Гемоглобин.

Карбоксигемоглобин. См. Гемоглобин.

Кислородная емкость крови – максимальное количество кислорода, которое может связать кровь при полном насыщении гемоглобина кислородом.

Кислородный долг – количество кислорода, которое поглощается по окончании физической работы сверх уровня покоя; величина кислородного долга отражает не только дефицит кислорода при анаэробных биохимических процессах, но и восполнение кислородного резерва организма, использованного при работе.

Кислородный запрос – количество кислорода, необходимое для окислительных процессов, обеспечивающих ту или иную работу; различают суммарный, или общий, кислородный запрос, т. е. количество кислорода, необходимое для выполнения всей работы, и минутный кислородный запрос за определенный отрезок времени; характеризует общую интенсивность жизнедеятельности; определяется: $KЗ = V$ (потребление кислорода за период работы) - V (потребление кислорода в покое за период равный периоду работы) + $КД$ (кислородный долг)

Коэффициент утилизации кислорода – показывает какая часть переносимого кислорода переходит в ткани; определяется путем деления величины артериовенозной разности на содержание кислорода в венозной крови и умноженной на 100.

Кривая диссоциации гемоглобина – график, отражающий зависимость насыщения гемоглобина кислородом. При снижении парциального давления углекислого газа, понижении температуры, сдвиге рН в щелочную сторону – кривая смещается влево, т.е. сродство к кислороду повышается, больше образуется оксигемоглобина; при противоположных условиях сродство снижается и кривая смещается вправо.

Легочная вентиляция – объем вдыхаемого и выдыхаемого за 1 минуту воздуха; количественным показателем вентиляции легких служит минутный объем дыхания.

Легочные емкости – совокупность двух или более легочных объемов: общая емкость легких, жизненная емкость легких, функциональная остаточная емкость легких

Легочные объемы – дыхательный объем, резервный объем вдоха, резервный объем выдоха.

Максимальная вентиляция легких – максимальный объем воздуха, который проходит через легкие в течение 1 мин при максимальном форсировании дыхания – 120-150 л у тренированных и 70-100 – у нетренированных.

Максимальное потребление кислорода – один из важных показателей функционального состояния дыхательной и сердечно-сосудистой систем; характеризует неспецифическую устойчивость вегетативных систем к предельным напряжениям; выражает потребление кислорода за 1 мин (л)

Минутный объем дыхания – равен произведению дыхательного объема на количество дыхательных движений; МОД зависит от размеров тела, возраста, пола, интенсивности окислительных процессов в организме.

Миоглобин – гемоглобин, находящийся в сердечной и скелетных мышцах; составляет 25% от всего содержания гемоглобина.

Неэластическое сопротивление – включает аэродинамическое сопротивление воздухоносных путей, вязкое сопротивление тканей органов внешнего дыхания и их инерционное сопротивление.

Нормокапния – нормальное содержание углекислого газа в тканях.

Нормоксемия – нормальное содержание кислорода в тканях.

Общая емкость легких – количество воздуха, находящаяся в легких после максимального вдоха (4000-6000 мл).

Оксигемоглобин. См. Гемоглобин.

Остаточный объем легких – то количество воздуха, который остается в легких после максимального выдоха (1000-1500 мл).

Парциальное давление газов – часть давления газовой смеси, приходящаяся на долю данного газа.

Пневмотаксический центр – расположен в краниальной (головной) части варолиева моста, нейроны этого центра увеличивают инспираторную активность.

Пневмоторакс – поступление воздуха в плевральную щель при нарушении герметичности ее стенок; наличие этого явления говорит о том, что легкие всегда находятся в растянутом состоянии, о наличии силы, стремящейся вызвать спадение легких (ЭТЛ) и о том, что ЭТЛ превосходит силы сцепления между висцеральным и париетальным листками плевры.

Работа дыхания – работа, которая затрачивается на работу дыхательных мышц и преодоление сопротивления (эластическое сопротивление) и сопротивления дыхательному потоку воздуха (неэластическое).

Резервный объем вдоха – максимальный объем воздуха, который можно вдохнуть дополнительно после спокойного вдоха (1500-2500 мл).

Резервный объем выдоха – максимальный объем воздуха, который можно дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха (1000-1500 мл).

Рефлекторная регуляция дыхания – приведение вентиляции легких в соответствии с кислородным запросом организма; реализуется за счет наличия чувствительных окончаний и афферентных волокон, дыхательного центра, эфферентных волокон и рабочих органов (дыхательных мышц).

Рефлекс Геринга-Брейера – группа рефлекторных реакций, способствующих смене фаз дыхательного цикла, регулирующих глубину и частоту дыхания в зависимости от степени воздухонаполнения легких по принципу обратной связи; при достижении определенного объема вдоха афферентная импульсация от рецепторов растяжения легкого способствует торможению инспираторной и возбуждению экспираторной активности, а при достижении определенного объема выдоха импульсация от рецепторов спадения легких способствует торможению экспирации и возбуждению инспирации.

Система дыхания – включает легкие с воздухоносными путями; грудную клетку с мышцами, приводящими ее в движение; систему крови; сердечно-сосудистую систему и органеллы клеток, реализующие тканевое дыхание.

Сурфактант – вещество жировой природы, которое выстилает изнутри альвеолы, уменьшает силу поверхностного натяжения, обеспечивает неспадение легочной ткани даже при самом глубоком вдохе; кроме того, растворяет кислород и углекислый газ, облегчая их диффузию через легочные мембраны; участвует в регуляции обмена воды; регулирует легочный кровоток.

Типы дыхания – у мужчин брюшной тип дыхания (абдоминальный – они дышат главным образом за счет сокращения диафрагмы; у женщин грудной (торакальный) – они дышат за счет сокращения межреберных мышц; иногда наблюдается смешанный тип дыхания – когда размеры грудной клетки увеличиваются во всех направлениях; встречается при физических и эмоциональных нагрузках.

Функциональная остаточная емкость легких – объем воздуха, который остается в легких после спокойного выдоха; включает резервный объем выдоха и остаточный объем (2000-3000 мл).

Функции легких – обеспечение газообмена между кровью и окружающей средой, выделение воды и чужеродных веществ (этанол, эфир, промышленные газы и др.), участие в терморегуляции, депо крови, выработка биологически активных веществ (гепарин, гистамин, простагландины, тромбопластин, серотонин и др.), защитный барьер (выработка лизоцима, интерферона, иммуноглобулинов, наличие микро- и макрофагов), инактивация некоторых веществ, резервуар воздуха для голосообразования.

Эйное – нормальное дыхание в состоянии покоя.

Экспираторные мышцы – мышцы, сокращение которых обеспечивает активный выдох; к ним относятся внутренние межреберные и мышцы брюшного пресса.

Эластическая тяга легких – сила, с которой легкие стремятся к спадению; ЭТЛ возникает вследствие поверхностного натяжения альвеол; наличия эластичных волокон в легочной ткани, тонуса мелких бронхов.

Эластическое сопротивление – сопротивление движению легочной ткани и грудной клетки; эластические силы сопротивления зависят от объемов, а не от скорости их изменения; на растяжимость влияют: поверхностное натяжение альвеолярных стенок, размеры (у детей растяжимость меньше), возраст, кровенаполнение (при увеличении объема крови растяжимость уменьшается); изменение положения грудной клетки в гравитационном поле.

Этапы дыхательного процесса – 1) газообмен между легкими и атмосферным воздухом (вентиляция легких); 2) газообмен между кровью и газовой смесью альвеол; 3) транспорт газов кровью; 4) газообмен между кровью и тканями; 5) тканевое (внутреннее) дыхание.

Частота дыхания – количество дыхательных движений грудной клетки в 1 минуту.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

Солодков А.С. Физиология человека. Общая, спортивная, возрастная: Учебник для высших учебных заведений физической культуры / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М., 2001. – 520 с.

Физиология физического воспитания и спорта: Учебник для студентов средних и высших учебных заведений / В.М. Смирнов, В.И. Дубровский. – М., 2002. – 608 с.

Физиология человека: Учебник для вузов Ф.К. под ред. В.И. Тхоревского – М., 2001. – 492 с.

Физиология человека: Учебник для институтов физической культуры / Под общ. ред Н.В. Зимкина. – М., 1975. – 495 с.

Дополнительная литература

Агаджанян Н.А. / Н.А. Агаджанян, В.М. Смирнов Нормальная физиология: учебник. – М.: Медицина, 2011. – 519 с.

Бортный Н.А. Нормальная физиология: учебное пособие Н.А.Бортный, Т.Н.Бортная. – М., 2009. – 384 с.

Граевская Н.Д. Спортивная медицина: курс лекций и практические занятия. Учебное пособие. Ч. / Н.Д. Граевская, Т.И. Долматова. – М., 2004 – 304 с.

Данилов Н.В. Справочник-задачник по физиологии человека и животных. Методическое пособие для студентов / Н.В. Данилов. – Ростов-на-Дону: Изд/во Ростовского ун-та, 1970. – 124 с.

Казаков В.Н., Леках В.А., Тарапата Н.И. / В.Н. В.А. Леках, Н.И. Тарапта. Физиология в задачах. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. – 410 с.

- Каменский А.А. Физиология человека: просто о сложном / А.А. Каменский. – М.: ВАКО, 2018. – 352 с.
- Караулова Л.К. Физиология / Л.К. Караулова, Н.А. Красноперова, М.М.Расулов. – М., 2009. – 384 с.
- Косицкий Г. И. / Г.И. Косицкий, Л.А. Милютин. Задачи и упражнения по курсу физиологии человека. Учебное пособие. – М.: Изд-во научной и учебной литературы, 1975. – 150 с
- Словарь физиологических терминов / Под ред. Н.А. Агаджаняна. – М., 1987. – 446 с.
- Кузнецова Т.Е. / Кузнецова Т.Е., В.М. Смирнова. Ситуационные задачи и ответы по физиологии: Учебное пособие. – М.: Медицинское информационное агентство, 2014. – 224 с.
- Семячкина-Глушковская О.В. / О.В. Семячкина-Глушковская, И.А. Семячкин-Глушковский, О.А. Бибикина, С.С. Синдеев, Е.М. Зинченко. Задачи и тесты по физиологии. Учебное пособие. – Саратов: Научная книга, 2013. – 112 с.
- Судаков К.В. Физиология: Основы и функциональные системы (курс лекций). – М.: Медицина, 2000. – 781 с.
- Судаков К.В. Нормальная физиология. Ситуационные задачи и тесты / К.В. Судаков. – М.: Медицинское информационное агентство, 2011. – 247 с.
- Фаллер А. Анатомия и физиология человека / А. Фаллер, М. Шюнке. – М., 2008. – 537 с.
- Физиология в рисунках и таблицах: учебное пособие / под ред. В.И. Смирнова. – М.: МИА, 2007. – 453 с.
- Физиология человека: учебник для магистрантов и аспирантов / под ред. Е.К. Аганянц. – М.: Советский спорт, 2005. – 336 с.
- Физиология человека. Задачи и упражнения: Учебное пособие / Под ред. Ю.И. Савченкова. – Ростов на Дону, 2007. – 160 с.
- Физиология человека:[учебник для студ. мед. ин-тов / Под ред. Г.И. Косицкого. – Изд. 4-е перераб. и доп. – М.,2009. – 559.