**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РФ**

**ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ**

**⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯**

**МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ**

**ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И ИНФОРМАТИКИ**

**Кафедра акустического и медицинского приборостроения**

**Хитрых Денис Петрович**

**УНИР**

**Спирография: техника и обработка**

**результатов измерения**

**студента 3 курса**

**гр. ПР-3-94-01д**

**спец. 19.05**

**Научный руководитель**

**Пасечник Сергей Вениаминович**

**Москва**

**1996**

**Исследование функции внешнего дыхания**

**Основные показатели, характеризующие состояние функции**

**внешнего дыхания**

Все показатели, характеризующие состояние функции внешнего дыхания, условно можно разделить на четыре группы. К первой группе относятся показатели, характеризующие легочные объемы и емкости. К легочным объемам относятся: дыхательный объем, резервный объем вдоха, резервный объем вдоха, резервный объем выдоха и остаточный объем (количество воздуха, остающееся в легких после максимального глубокого выдоха). К емкостям легких относятся: общая емкость (количество воздуха, находящегося в легких после максимального вдоха), емкость вдоха (количество воздуха, соответствующее дыхательному объему и резервному объему вдоха), жизненная емкость легких (состоящая из дыхательного объема, резервного объема вдоха и выдоха), функциональная остаточная емкость ( количество воздуха, остающееся в легких после спокойного выдоха - остаточный воздух и резервный объем выдоха).

Ко второй группе относятся показатели, характеризующие вентиляцию легких: частота дыхания, дыхательный объем, минутный объем дыхания, минутная альвеолярная вентиляция, максимальная вентиляция легких, резерв дыхания или коэффициент дыхательных резервов.

К третьей группе относятся показатели, характеризующие состояние бронхиальной проходимости: форсированная жизненная емкость легких (проба Тиффно и Вотчала) и максимальная объемная скорость дыхания во время вдоха и выдоха (пневмотахометрия).

В четвертую группу входят показатели, характеризующие эффективность легочного дыхания или газообмен. К этим показателям относятся: состав альвеолярного воздуха, поглощение кислорода и выделение углекислоты, газовый состав артериальной и венозной крови[[1]](#footnote-1).

**Методы исследования функции внешнего дыхания**

**Общее спирографическое исследование**

Общее спирографическое исследование дает возможность определить основной обмен по количеству поглощаемого кислорода, глубину и частоту дыхания, минутный объем дыхания, максимальную вентиляцию легких, фракционную жизненную емкость легких (пробу Тиффно и Вотчала), коэффициент использования кислорода, дыхательный эквивалент Антони:

МОД(л) \* 100

потребление О2 (мл/мин)

**Оценка спирографических показателей**

Количественная оценка спирографических показателей производится путем сопоставления их с нормативами, полученными при обследовании здоровых людей. Значительные индивидуальные различия, имеющиеся у здоровых людей, вынуждают, как правило, использовать не общую среднюю того или иного показателя, а учитывать пол, возраст, рост и вес обследуемых.

Индивидуальный норматив, рассчитанный с учетом влияния нескольких или всех указанных факторов, принято называть должной величиной. Для большинства спирографических показателей разработаны должные величины, для некоторых - определен диапазон индивидуальных различий здоровых людей. Для расчета должных величин многих функциональных показателей наиболее широко используются величины должного основного обмена. Должную величину в каждом конкретном случае принимают за 100%, а полученную экспериментально - выражают в процентах должной. Использование должных величин уменьшает, но не устраняет полностью индивидуальных различий здоровых людей, которые для большинства показателей находятся в пределах 80-120% должной, а для некоторых - в еще более широком диапазоне. Это создает значительные трудности в оценке спирографических показателей, особенно при диагностике начальных нарушений. Дело значительно меняется, если имеются данные повторных исследований. Даже небольшие отклонения от результатов предшествующего обследования больного могут указать на величину и направленность происшедших изменений. Правильно их оценка может быть дана только с учетом воспроизводимости показателя. Под воспроизводимостью понимают диапазон повторных измерений с принятой надежностью различает свойственную методу погрешность от фактически происшедших сдвигов. Суммарная погрешность спирографического исследования включает случайные и систематические ошибки, связанные с конструктивными особенностями прибора, субъективные ошибки снятия отсчетов по спирограмме и физиологически обусловленные колебания, свойственные исследуемым. Мерой воспроизводимости является среднее квадратичное отклонение разброса повторных измерений. Воспроизводимость биологических параметров принято оценивать в 95% доверительном интервале. важно также иметь ввиду, что если в процессе одного исследования в ряде повторных измерений оказывается величина, превышающая предел воспроизводимости, то она должна быть отброшена, как недостоверный результат.

При этом следует отметить, что при оценке конечного результата исследования физиологически более оправдано использование наибольшей величины, а не средней нескольких измерений, независимо от числа повторений.

Ниже подробно будут разобраны критерии оценки отдельных спирографических показателей.

Общеизвестно, что одним из основных клинических проявлений легочной недостаточности является учащение и поверхностный характер дыхания. Однако по данным инструментального исследования эти признаки имеют весьма ограниченное диагностическое значение.

Частота дыхания у здоровых людей в условиях основного обмена составляет у мужчин 15 (9÷22), у женщин 17 (10÷23) в мин. В условиях относительного покоя границей нормы следует считать частоту дыхания 24 дыхания в мин.

Объем дыхания у здоровых людей колеблется в очень широких пределах, в условиях основного обмена у мужчин от 250 до 800, у женщин от 250 до 600, а в условиях относительного покоя соответственно от 300 до 1200 и от 250 до 800 мл, что практически лишает эти показатели диагностической ценности. Так, при хронической пневмонии ЧД более 24 в минуту обычно наблюдается всего лишь у 6÷8% больных, ОД меньше 300 мл - у 1÷3%.

Минутный объем дыхания в условиях основного обмена при спирографическом исследовании составляет от 4 до 10 л BTPS. Тесная зависимость уровня вентиляции от интенсивности газообмена позволяет выразить должную величину МОД через должный основной обмен.

Должный основной обмен ккал/сутки

Должный МОД STPD= ⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯

7.07×40

Поскольку МОД следует выражать в BTPS за норму следует принимать не 100, а 120% должной. В условиях относительного покоя МОД составляет 160 (100÷280)% должной, хотя потребление кислорода увеличивается всего на 10-20%. Налицо гипервентиляция, связанная с эмоциональным фактором. Выявлению гипервентиляции в покое раньше придавалось большое диагностическое значение. С ее наличием чуть ли не отождествлялось представление о легочной недостаточности. Действительно, у больных при частом и поверхностном дыхании и увеличении мертвого пространства вследствие неравномерного распределения воздуха в легких эффективность вентиляции ухудшается. Доля объема дыхания, участвующего в вентиляции альвеол, снижается до 1/3 против 2/3-4/5 в норме. Для обеспечения нормального уровня альвеолярной вентиляции необходимо увеличить МОД, что приходится наблюдать во всех случаях, даже при гиповентиляции альвеол. При некоторых же патологических состояниях возникает гипервентиляция, компенсаторная реакция в ответ на нарушения в других звеньях системы дыхания. Получается, что представление о гипервентиляции в покое как о ценном диагностическом показателе - справедливо. С этим можно согласиться, при условии, что исключено влияние на вентиляцию эмоционального фактора. Достичь этого удается только при строгом соблюдении условий основного обмена. Условия же относительного покоя, о чем упоминалось ранее, никаких гарантий в этом отношении не дают. При относительном покое у больных выявляется тенденция к большему, чем у здоровых увеличению МОД. Так при хронической пневмонии МОД более 200% наблюдается в 35-40% случаях, тогда как у здоровых людей в 15-25%. МОД ниже нормы, но не меньше 90% наблюдается крайне редко - всего лишь в 2-5% всех случаев.Это доказывает малую ценность этого показателя. потребление кислорода в основных условиях составляет от 160 до 300 мл в минуту, или 85-125%. Расчет должного ПО2 производится по формуле

Должный основной обмен

Должное ПО2 = ⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯

7.07

В условиях относительного покоя ПО2 составляет от 115 до 150%. ПО2  характеризует уровень энергетического обмена и ни в какой степени не отражает состояние аппарата вентиляции. Количественно газообмен в покое обеспечивается вплоть до крайних степеней нарушения внешнего дыхания. Только при физической нагрузке больные часто оказываются неспособны значительно увеличивать интенсивность газообмена.

Коэффициент использования кислорода в норме в полном покое составляет 40 (25÷55) мл/л. КИО2 в значительной мере дублирует МОД в % должного, так как расчет должной МОД исходит из формального КИО2 .

К оценке КИО2 в покое, как показателя эффективности вентиляции, следует подходить с большой осторожностью: он в равной степени может указывать на низкую эффективность вентиляции, связанную с изменением характера дыхания, так и на неадекватный, относительнео интенсивности газообмена, уровень вентиляции, обусловленный чаще всего, эмоциональным фактором.

Жизненная емкость легких у здоровых составляет от 2.5 до 7.5 л, такой разброс в значениях требует обязательного использования должных величин. Из множества предложенных формул расчета должной ЖЕЛ можно рекомендовать следующие.

Должная ЖЕЛ BTPS = Должный основной обмен × 3.0 (для мужчин).

Должная ЖЕЛ BTPS = Должный основной обмен × 2.6 (для женщин).

Для людей старше 50 лет коэффициенты должны быть уменьшены на 0.2. При определении ЖЕЛ в положении лежа коэффициенты уменьшаются на 0.1. Границы нормы находятся в диапазоне 80÷120% должной. Воспроизводимость ЖЕЛ составляет 5-7% исходной величины. Следовательно, изменение в указанных пределах при повторных исследованиях не могут рассматриваться как фактически происшедшие сдвиги.

У больных с начальной патологией ЖЕЛ ниже нормы регистрируется в 25% случаев. При второй стадии хронической пневмонии этот показатель возрастает почти вдвое и составляет 45-65%. Т.о. ЖЕЛ имеет высокую диагностическую ценность. Снижение ЖЕЛ до 65% должной следует рассматривать как умеренное, от 60 до 50 - как значительное и ниже 50% - как резкое.

Резервный объем вдоха в норме составляет сидя 50 (35÷65)% ЖЕЛ, лежа 65 (50÷80)% ЖЕЛ. Резервный объем выдоха - сидя 30 (10÷50)%, лежа - 15 (5÷25)% ЖЕЛ. При паталогии обыно имеет место снижение показателей Ровд, Ровыд в % ЖЕЛ.

Форсированная ЖЕЛ у здоровых людей фактически воспроизводит ЖЕЛ и, таким образом, является ее повторением. Различия ЖЕЛ и ФЖЕЛ у мужчин составляют -200 (-600÷+300) мл, у женщин -130 (-600÷+300) мл. В случае, если ФЖЕЛ больше ЖЕЛ, что хотя и не часто, но может наблюдаться как в норме, так и при патологии, по общим правилам она должна приниматься в расчет как наибольшая величина ЖЕЛ.

Диагностическое значение приобретают величины, выходящие за предел воспроизводимости ЖЕЛ.

Для оценки кривой форсированного выдоха предложено более десятка количественных показателей. В практической работе используют обычно не более двух из общего числа. Наиболее часто - объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ1), который часто неверно называют ФЖЕЛ1, временной ЖЕЛ и так далее.

Общепринятой должной ОФВ1 не существует, так как величина показателя в значительной мере зависит от типа используемой аппаратуры. Именно поэтому нормативы, представленные в зарубежной литературе, оказываются непригодными. Для большинства типов отечественных спирографов установлено, что в среднем ОФВ1 у мужчин в положении сидя в возрасте 18-30 лет составляет 3.3 л/сек ATSP со снижением в каждом последующем десятилетии на 0.3 л/сек. В положении лежа ОФВ1 меньше на 0.1 л. Нижней границей нормы в возрасте до 50 лет следует принять 2.2 л/сек, в возрасте 51-60 - 2.0 л/сек. У женщин ОФВ1 составляет в положении сидя 2.35 (1.4÷3.0) л/сек. Воспроизводимость показателя составляет 10%, при резкик нарушениях - 15% исходной величины. Диагностическая значимость ОФВ1 приблизительно равна ЖЕЛ, а при нарушениях, обусловленных ухудшением бронхиальной проходимости, превышает ЖЕЛ. К умеренному должно быть отнесено снижение ОФВ1 у мужичин до 1.5 л/сек, у женщин - до 1 л/сек, к значительному - до 1.0 и 0.7 л/сек, к резкому - ниже указанных пределов.

Скорость форсированного выдоха находится в тесной зависиости от объема легких. поэтому ограничить ее оценку абсолютными значениями нельзя. Широко принято относить ОФВ1 к объему ЖЕЛ и выражать это отношение в %. Этот показатель получил название теста Тиффно. Так, при ОФВ1 3.0 л/сек и ЖЕЛ 4.0 л отношение ОФВ1 к ЖЕЛ составит 75%. Относительно того, к какому объему следует относить ОФВ1: к ФЖЕЛ, ЖЕЛ или должной ЖЕЛ - единого мнения нет. ЖЕЛ в условиях патологии отражает не объем легких, а некую экспираторную позицию, при которой происходит спадение бронхов. Физиологически наиболее оправдано использование фактической ЖЕЛ, взятой в системе ATPS.

Отношение ОФВ1/ЖЕЛ составляет во всех возрастных группах в равной мере у мужчин и женщин независимо от положения тела 70 (55÷90)%. воспроизводимость показателя 7%. За умеренное отклонение принимают ОФВ1/ЖЕЛ до 45%, за значительное - от 45 до 35%, и ниже 35% - за резкое.

Максимальная вентиляция легких (МВЛ) у здоровых мужчин составляет 70-170 л/мин, у женщин - 45-120 л/мин BTPS. К сожалению значительное влияние на значение этого показателя методики исследования, положения тела и пр. резко затруднили выработку общепринятых должных величин. Для расчета можно рекомендовать следующую формулу

ДМВЛ BTPS = ДЖЕЛ×N, где N=25 для мужчин и N=26 для женщин. В возрасте 50-60 лет коэффициент N уменьшается на 2. За норму принимается диапазон 70÷135 и более % должной. Т.о. убрать индивидуальные различия с помощью должных величин удается лишь частично. Большое влияние на значение МВЛ имеет частота дыхания при выполнении пробы МВЛ. Хотя методикой предусмотрена произвольная частота дыхания, она не должна быть меньше 40 в мин. Обязательный учет ЧД, при которой выполнялась МВЛ, во многом способствует правильной оценке показателя. Воспроизводимость МВЛ составляет около 15% исходной величины. Снижение МВЛ до 50% следует рассматривать как умеренное, от 50 до 35% как значительное, и ниже 35% как резкое.

Показатель скорости движения воздуха (ПСДВ) есть отношение МВЛ/ЖЕЛ. ПСДВ принято выражать в л2/мин. У здоровых мужчин он составляет 25(20÷30), снижаясь в среднем до 22 в возрасте 50-60 лет. у женщин ПСДВ на 2 л2/мин больше. С его помощью удается дифференцировать ограничительные нарушения вентиляции от нарушения бронхиальной проходимости. У больных бронхиальной астмой он может быть снижен до 8-10, при ограничительном процессе - увеличен до 40 и более.

**Клинико-физиологические возможности спирографии**

Система легочного дыхания организма, обеспечивающая артериализацию крови в легких, осуществляется благодаря строгой согласованности между собой трех процессов: 1. вентиляции альвеол, обеспечивающей постоянство состава альвеолярного воздуха; 2. непрерывного кровотока через капилляры легкого и распределения крови в строгом соответствии с интенсивностью вентиляции отдельных ее участков; 3. диффузии биологических газов через легочную ммебрану с необходимой скоростью.

При спирографическом исследовании удается судить о состоянии лишь одного из звеньев системы легочного дыхания -аппарата вентиляции. Однако этого вполне достаточно, поскольку именно нарушения вентиляции при подавляющем большинстве заболеваний легких оказываются ведущими в комплексе патофизиологических растройств и в значительной мере определяют клиническую картину легочной недостаточности, снижая функциональные возможности больного с паталогией легких.

**Ана­то­мия**

Ды­ха­тель­ная сис­те­ма че­ло­ве­ка со­сто­ит из тка­ней и ор­га­нов, обес­пе­чи­ваю­щих ле­гоч­ную вен­ти­ля­цию и ле­гоч­ное ды­ха­ние. К воз­ду­хо­нос­ным пу­тям от­но­сят­ся: нос, по­лость но­са, но­со­глот­ка, гор­тань, тра­хея, брон­хи и брон­хио­лы. Лег­кие со­сто­ят из брон­хи­ол и аль­ве­о­ляр­ных ме­шоч­ков, а так­же из ар­те­рий, ка­пил­ля­ров и вен ле­гоч­но­го кру­га кро­во­об­ра­ще­ния. К эле­мен­там ко­ст­но-мы­шеч­ной сис­те­мы, свя­зан­ным с ды­ха­ни­ем, от­но­сят­ся реб­ра, меж­ре­бер­ные мыш­цы, диа­фраг­ма и вспо­мо­га­тель­ные ды­ха­тель­ные мыш­цы.

**Воз­ду­хо­нос­ные пу­ти**

Нос и по­лость но­са слу­жат про­во­дя­щи­ми ка­на­ла­ми для воз­ду­ха, в ко­то­рых он на­гре­ва­ет­ся, ув­лаж­ня­ет­ся и фильт­ру­ет­ся. В по­лос­ти но­са за­клю­че­ны так­же обо­ня­тель­ные ре­цеп­то­ры.

На­руж­ная часть но­са об­ра­зо­ва­на тре­уголь­ным ко­ст­но-хря­ще­вым ос­то­вом, ко­то­рый по­крыт ко­жей; два оваль­ных от­вер­стия на ниж­ней по­верх­но­сти-ноз­д­ри-от­кры­ва­ют­ся ка­ж­дое в кли­но­вид­ную по­лость но­са. Эти по­лос­ти раз­де­ле­ны пе­ре­го­род­кой. Три лег­ких губ­ча­тых за­вит­ка (ра­ко­ви­ны) вы­да­ют­ся из бо­ко­вых сте­нок ноз­д­рей, час­тич­но раз­де­ляя по­лос­ти на че­ты­ре не­замк­ну­тых про­хо­да (но­со­вые хо­ды). По­лость но­са вы­стла­на бо­га­то вас­ку­ля­ри­зо­ван­ной сли­зи­стой обо­лоч­кой. Мно­го­чис­лен­ные же­ст­кие во­лос­ки, а так­же снаб­жен­ные рес­нич­ка­ми эпи­те­ли­аль­ные и бо­ка­ло­вид­ные клет­ки слу­жат для очи­ст­ки вды­хае­мо­го воз­ду­ха от твер­дых час­тиц. В верх­ней час­ти по­лос­ти ле­жат обо­ня­тель­ные клет­ки.

Гор­тань ле­жит ме­ж­ду тра­хе­ей и кор­нем язы­ка. По­лость гор­та­ни раз­де­ле­на дву­мя склад­ка­ми сли­зи­стой обо­лоч­ки, не пол­но­стью схо­дя­щи­ми­ся по сред­ней ли­нии. Про­стран­ст­во ме­ж­ду эти­ми склад­ка­ми - го­ло­со­вая щель за­щи­ще­но пла­стин­кой во­лок­ни­сто­го хря­ща - над­гор­тан­ни­ком. По кра­ям го­ло­со­вой ще­ли в сли­зи­стой обо­лоч­ке ле­жат фиб­роз­ные эла­стич­ные связ­ки, ко­то­рые на­зы­ва­ют­ся ниж­ни­ми, или ис­тин­ны­ми, го­ло­со­вы­ми склад­ка­ми (связ­ка­ми). Над ни­ми на­хо­дят­ся лож­ные го­ло­со­вые склад­ки, ко­то­рые за­щи­ща­ют ис­тин­ные го­ло­со­вые склад­ки и со­хра­ня­ют их влаж­ны­ми; они по­мо­га­ют так­же за­дер­жи­вать ды­ха­ние, а при гло­та­нии пре­пятству­ют по­па­да­нию пи­щи в гор­тань.Специа­ли­зи­ро­ван­ные мыш­цы на­тя­ги­ва­ют и рас­слаб­ля­ют ис­тин­ные и лож­ные го­ло­со­вые склад­ки. Эти мыш­цы иг­ра­ют важ­ную роль при фо­на­ции, а так­же пре­пят­ст­ву­ют по­па­да­нию ка­ких-ли­бо час­тиц в ды­ха­тель­ные пу­ти.

Тра­хея на­чи­на­ет­ся у ниж­не­го кон­ца гор­та­ни и спус­ка­ет­ся в груд­ную по­лость, где де­лит­ся на пра­вый и ле­вый брон­хи; стен­ка ее об­ра­зо­ва­на со­еди­ни­тель­ной тка­нью и хря­щом. У боль­шин­ст­ва мле­ко­пи­таю­щих хря­щи об­ра­зу­ют не­пол­ные коль­ца. Час­ти, при­мы­каю­щие к пи­ще­во­ду, за­ме­ще­ны фиб­роз­ной связ­кой. Пра­вый бронх обыч­но ко­ро­че и ши­ре ле­во­го. Вой­дя в лег­кие, глав­ные брон­хи по­сте­пен­но де­лят­ся на все бо­лее мел­кие труб­ки (брон­хио­лы), са­мые мел­кие из ко­то­рых-ко­неч­ные брон­хио­лы яв­ля­ют­ся по­след­ним эле­мен­том воз­ду­хо­нос­ных пу­тей. От гор­та­ни до ко­неч­ных брон­хи­ол труб­ки вы­стла­ны мер­ца­тель­ным эпи­те­ли­ем.

**Лег­кие**

В це­лом лег­кие име­ют вид губ­ча­тых, по­рис­тых ко­ну­со­вид­ных об­ра­зо­ва­ний, ле­жа­щих о обе­их по­ло­ви­нах груд­ной по­лос­ти.

Наи­мень­ший струк­тур­ный эле­мент лег­ко­го - доль­ка со­сто­ит из ко­неч­ной брон­хио­лы, ве­ду­щей в ле­гоч­ную брон­хио­лу и аль­ве­о­ляр­ный ме­шок. Стен­ки ле­гоч­ной брон­хио­лы и аль­ве­о­ляр­но­го меш­ка об­ра­зу­ют уг­луб­ле­ния - аль­ве­о­лы. Такая структура легких увеличивает их дыхательную поверхность, которая в 50-100 раз превышает поверхность тела. Относительная величина поверхности, через которую в легких происходит газообмен, больше у животных с высокой активностью и подвижностью.Стен­ки аль­ве­ол со­сто­ят из од­но­го слоя эпи­те­ли­аль­ных кле­ток и ок­ру­же­ны ле­гоч­ны­ми ка­пил­ля­ра­ми. Внут­рен­няя по­верх­ность аль­ве­о­лы по­кры­та по­верх­но­ст­но-ак­тив­ным ве­ще­ст­вом сур­фак­тан­том. Как по­ла­га­ют, сур­фак­тант яв­ля­ет­ся про­дук­том сек­ре­ции гра­ну­ляр­ных кле­ток. От­дель­ная аль­ве­о­ла, тес­но со­при­ка­саю­щая­ся с со­сед­ни­ми струк­ту­ра­ми, име­ет фор­му не­пра­виль­но­го мно­го­гран­ни­ка и при­бли­зи­тель­ные раз­ме­ры до 250 мкм. При­ня­то счи­тать, что об­щая по­верх­ность аль­ве­ол, че­рез ко­то­рую осу­ще­ст­в­ля­ет­ся га­зо­об­мен, экс­по­нен­ци­аль­но за­ви­сит от ве­са те­ла. С воз­рас­том от­ме­ча­ет­ся умень­ше­ние пло­ща­ди по­верх­но­сти аль­ве­ол.

**Плев­ра**

Ка­ж­дое лег­кое ок­ру­же­но меш­ком - плев­рой. На­руж­ный (па­рие­таль­ный) лис­ток плев­ры при­мы­ка­ет к внут­рен­ней по­верх­но­сти груд­ной стен­ки и диа­фраг­ме, внут­рен­ний (вис­це­раль­ный) по­кры­ва­ет лег­кое. Щель ме­ж­ду ли­ст­ка­ми на­зы­ва­ет­ся плев­раль­ной по­ло­стью. При дви­же­нии груд­ной клет­ки внут­рен­ний лис­ток обыч­но лег­ко сколь­зит по на­руж­но­му. Дав­ле­ние в плев­раль­ной по­лос­ти все­гда мень­ше ат­мо­сфер­но­го (от­ри­ца­тель­ное). Меж­плев­раль­ное про­стран­ст­во ме­ж­ду лег­ки­ми на­зы­ва­ет­ся сре­до­сте­ни­ем; в нем на­хо­дят­ся тра­хея, зоб­ная же­ле­за (ти­мус) и серд­це с боль­ши­ми со­су­да­ми, лим­фа­ти­че­ские уз­лы и пи­ще­вод.

**Кро­ве­нос­ные со­су­ды лег­ких**

Ле­гоч­ная ар­те­рия не­сет кровь от пра­во­го же­лу­доч­ка серд­ца, она де­лит­ся на пра­вую и ле­вую вет­ви, ко­то­рые на­прав­ля­ют­ся к лег­ким. Эти ар­те­рии вет­вят­ся, сле­дуя за брон­ха­ми, снаб­жа­ют круп­ные струк­ту­ры лег­ко­го и об­ра­зу­ют ка­пил­ля­ры, оп­ле­таю­щие стен­ки аль­ве­ол.

Воз­дух в аль­ве­о­ле от­де­лен от кро­ви в ка­пил­ля­ре 1) стен­кой аль­ве­о­лы, 2) стен­кой ка­пил­ля­ра и в не­ко­то­рых слу­ча­ях 3) про­ме­жу­точ­ным сло­ем ме­ж­ду ни­ми. Из ка­пил­ля­ров кровь по­сту­па­ет в мел­кие ве­ны, ко­то­рые в кон­це кон­цов со­еди­ня­ют­ся и об­ра­зу­ют ле­гоч­ные ве­ны, дос­тав­ляю­щие кровь в ле­вое пред­сер­дие.

Брон­хи­аль­ные ар­те­рии боль­шо­го кру­га то­же при­но­сят кровь к лег­ким, а имен­но снаб­жа­ют брон­хи и брон­хио­лы, лим­фа­ти­че­ские уз­лы, стен­ки кро­ве­нос­ных со­су­дов и плев­ру. Боль­шая часть этой кро­ви от­те­ка­ет в брон­хи­аль­ные ве­ны, а от­ту­да-в не­пар­ную (спра­ва) и в по­лу­не­пар­ную (сле­ва). Очень не­боль­шое ко­ли­че­ст­во ар­те­ри­аль­ной брон­хи­аль­ной кро­ви по­сту­па­ет в ле­гоч­ные ве­ны.

**Ды­ха­тель­ные мыш­цы**

Ды­ха­тель­ные мыш­цы - это те мыш­цы, со­кра­ще­ния ко­то­рых из­ме­ня­ют объ­ем груд­ной клет­ки. Мыш­цы, на­прав­ляю­щие­ся от го­ло­вы, шеи, рук и не­ко­то­рых верх­них груд­ных и ниж­них шей­ных по­звон­ков, а так­же на­руж­ные меж­ре­бер­ные мыш­цы, со­еди­няю­щие реб­ро с реб­ром, при­под­ни­ма­ют реб­ра и уве­ли­чи­ва­ют объ­ем груд­ной клет­ки. Диа­фраг­ма-мы­шеч­но-су­хо­жиль­ная пла­сти­на, при­кре­п­лен­ная к по­звон­кам, реб­рам и гру­ди­не,от­де­ля­ет груд­ную по­лость от брюш­ной. Это глав­ная мыш­ца, уча­ст­вую­щая в нор­маль­ном вдо­хе. При уси­лен­ном вдо­хе со­кра­ща­ют­ся до­пол­ни­тель­ные груп­пы мышц. При уси­лен­ном вы­до­хе дей­ст­ву­ют мыш­цы, при­кре­п­лен­ные ме­ж­ду реб­ра­ми (внут­рен­ние меж­ре­бер­ные мыш­цы), к реб­рам и ниж­ним груд­ным и верх­ним по­яс­нич­ным по­звон­кам, а так­же мыш­цы брюш­ной по­лос­ти; они опус­ка­ют реб­ра и при­жи­ма­ют брюш­ные ор­га­ны к рас­сла­бив­шей­ся диа­фраг­ме, умень­шая та­ким об­ра­зом ем­кость груд­ной клет­ки.

**Ле­гоч­ная вен­ти­ля­ция**

По­ка внут­ри­плев­раль­ное дав­ле­ние ос­та­ет­ся ни­же ат­мо­сфер­но­го, раз­ме­ры лег­ких точ­но сле­ду­ют за раз­ме­ра­ми груд­ной по­лос­ти. Дви­же­ния лег­ких со­вер­ша­ют­ся в ре­зуль­та­те со­кра­ще­ния ды­ха­тель­ных мышц в со­че­та­нии с дви­же­ни­ем час­тей груд­ной стен­ки и диа­фраг­мы.

**Ды­ха­тель­ные дви­же­ния**

Рас­слаб­ле­ние всех свя­зан­ных с ды­ха­ни­ем мышц при­да­ет груд­ной клет­ке по­ло­же­ние пас­сив­но­го вы­до­ха. Со­от­вет­ст­вую­щая мы­шеч­ная ак­тив­ность мо­жет пе­ре­вес­ти это по­ло­же­ние во вдох или же уси­лить вы­дох.

Вдох соз­да­ет­ся рас­ши­ре­ни­ем груд­ной по­лос­ти и все­гда яв­ля­ет­ся ак­тив­ным про­цес­сом. Бла­го­да­ря сво­ему со­чле­не­нию с

по­звон­ка­ми реб­ра дви­жут­ся вверх и на­ру­жу, уве­ли­чи­вая рас­стоя­ние от по­зво­ноч­ни­ка до гру­ди­ны, а так­же бо­ко­вые раз­ме­ры груд­ной по­лос­ти (ре­бер­ный или груд­ной тип ды­ха­ния).Со­кра­ще­ние диа­фраг­мы ме­ня­ет ее фор­му из ку­по­ло­об­раз­ной в бо­лее пло­скую, что уве­ли­чи­ва­ет раз­ме­ры груд­ной по­лос­ти в про­доль­ном на­прав­ле­нии (диа­фраг­маль­ный или брюш­ной тип ды­ха­ния). Обыч­но глав­ную роль во вдо­хе иг­ра­ет диа­фраг­маль­ное ды­ха­ние. По­сколь­ку лю­ди-су­ще­ст­ва дву­но­гие, при ка­ж­дом дви­же­нии ре­бер и гру­ди­ны ме­ня­ет­ся центр тя­же­сти те­ла и воз­ни­ка­ет не­об­хо­ди­мость при­спо­со­бить к это­му раз­ные мыш­цы.

При спо­кой­ном ды­ха­нии у че­ло­ве­ка обыч­но дос­та­точ­но эла­сти­че­ских свойств и ве­са пе­ре­мес­тив­ших­ся тка­ней, что­бы

вер­нуть их в по­ло­же­ние, пред­ше­ст­вую­щее вдо­ху. Та­ким об­ра­зом, вы­дох в по­кое про­ис­хо­дит пас­сив­но вслед­ст­вие по­сте­пен­но­го сни­же­ния ак­тив­но­сти мышц, соз­даю­щих ус­ло­вие для вдо­ха. Ак­тив­ный вы­дох мо­жет воз­ник­нуть вслед­ст­вие со­кра­ще­ния внут­рен­них меж­ре­бер­ных мышц в до­пол­не­ние к дру­гим мы­шеч­ным груп­пам, ко­то­рые опус­ка­ют реб­ра, умень­ша­ют по­пе­реч­ные раз­ме­ры груд­ной по­лос­ти и рас­стоя­ние ме­ж­ду гру­ди­ной и по­зво­ноч­ни­ком. Ак­тив­ный вы­дох мо­жет так­же про­изой­ти вслед­ст­вие со­кра­ще­ния брюш­ных мышц, ко­то­рое при­жи­ма­ет внут­рен­но­сти к рас­слаб­лен­ной диа­фраг­ме и умень­ша­ет про­доль­ный раз­мер груд­ной по­лос­ти.

Рас­ши­ре­ние лег­ко­го сни­жа­ет (на вре­мя) об­щее внут­ри­ле­гоч­ное (аль­ве­о­ляр­ное) дав­ле­ние. Оно рав­но ат­мо­сфер­но­му, ко­гда воз­дух не дви­жет­ся, а го­ло­со­вая щель от­кры­та. Оно ни­же ат­мо­сфер­но­го, по­ка лег­кие не на­пол­нят­ся при вдо­хе, и вы­ше ат­мо­сфер­но­го при вы­до­хе. Внут­ри­плев­раль­ное дав­ле­ние то­же ме­ня­ет­ся на про­тя­же­нии ды­ха­тель­но­го дви­же­ния; но оно все­гда ни­же ат­мо­сфер­но­го (т. е. все­гда от­ри­ца­тель­ное).

**Транс­порт ды­ха­тель­ных га­зов**

Око­ло 0.3% О2, со­дер­жа­ще­го­ся в ар­те­ри­аль­ной кро­ви боль­шо­го кру­га при нор­маль­ном РО2, рас­тво­ре­но в плаз­ме. Все ос­таль­ное ко­ли­че­ст­во на­хо­дит­ся в не­проч­ном хи­ми­че­ском со­еди­не­нии с ге­мо­гло­би­ном (НЬ) эрит­ро­ци­тов. Ге­мо­гло­бин пред­став­ля­ет со­бой бе­лок с при­сое­ди­нен­ной к не­му же­ле­зо­со­дер­жа­щей груп­пой. Fе+ ка­ж­дой мо­ле­ку­лы ге­мо­гло­би­на со­еди­ня­ет­ся не­проч­но и об­ра­ти­мо с од­ной мо­ле­ку­лой О2. Пол­но­стью на­сы­щен­ный ки­сло­ро­дом ге­мо­гло­бин со­дер­жит 1,39 мл. О2 на 1 г Нb (в не­ко­то­рых ис­точ­ни­ках ука­зы­ва­ет­ся 1,34 мл).

Пол­но­стью на­сы­щен­ный ки­сло­ро­дом ге­мо­гло­бин (НbО2) об­ла­да­ет бо­лее силь­ны­ми ки­слот­ны­ми свой­ст­ва­ми, чем вос­ста­нов­лен­ный ге­мо­гло­бин (Нb). В ре­зуль­та­те в рас­тво­ре, имею­щем рН 7.25, ос­во­бо­ж­де­ние 1мМ О2 из НbО2 де­ла­ет воз­мож­ным ус­вое­ние О.7 мМ Н+ без из­ме­не­ния рН; та­ким об­ра­зом, вы­де­ле­ние О2 ока­зы­ва­ет бу­фер­ное дей­ст­вие.

Со­от­но­ше­ние ме­ж­ду чис­лом сво­бод­ных мо­ле­кул О2 и чис­лом мо­ле­кул, свя­зан­ных с ге­мо­гло­би­ном (НbО2), опи­сы­ва­ет­ся кри­вой дис­со­циа­ции О2. НbО2 мо­жет быть пред­став­лен в од­ной из двух форм: или как до­ля со­еди­нен­но­го с ки­сло­ро­дом ге­мо­гло­би­на (% НbО2), или как объ­ем О2 на 100 мл кро­ви во взя­той про­бе (объ­ем­ные про­цен­ты). В обо­их слу­ча­ях фор­ма кри­вой дис­со­циа­ции ки­сло­ро­да ос­та­ет­ся од­ной и той же.

**На­сы­ще­ние тка­ней ки­сло­ро­дом**

Транс­порт О2 из кро­ви в те уча­ст­ки тка­ни, где он ис­поль­зу­ет­ся, про­ис­хо­дит пу­тем про­стой диф­фу­зии. По­сколь­ку ки­сло­род ис­поль­зу­ет­ся глав­ным об­ра­зом в ми­то­хон­д­ри­ях, рас­стоя­ния, на ко­то­рые про­ис­хо­дит диф­фу­зия в тка­нях, пред­став­ля­ют­ся боль­ши­ми по срав­не­нию с об­ме­ном в лег­ких. В мы­шеч­ной тка­ни при­сут­ст­вие ми­ог­ло­би­на, как по­ла­га­ют, об­лег­ча­ет диф­фу­зию О2. Для вы­чис­ле­ния тка­не­во­го PО2 соз­да­ны тео­ре­ти­че­ски мо­де­ли, ко­то­рые пре­ду­смат­ри­ва­ют фак­то­ры, влияю­щие на по­сту­п­ле­ние и по­треб­ле­ние О2, а имен­но рас­стоя­ние ме­ж­ду ка­пил­ля­ра­ми, кро­ва­ток в ка­пил­ля­рах и тка­не­вой ме­та­бо­лизм. Са­мое низ­кое О2 ус­та­нов­ле­но в ве­ноз­ном кон­це и на пол­пу­ти ме­ж­ду ка­пил­ля­ра­ми, ес­ли при­нять, что кро­во­ток в ка­пил­ля­рах оди­на­ко­вый и что они па­рал­лель­ны.

**Приложение 1.0**

|  | indexes & definitions |  | индексы и определения |
| --- | --- | --- | --- |
| F,f | frequency | ЧД | частота дыхания |
| Vt,TV |  | ОД | дыхательный объем |
| V |  |  | минутный объем дыхания |
| RV | residual volume | ОО | остаточный объем |
| IC |  |  | емкость вдоха |
| ERV |  | РОвыд | резервный объем выдоха |
| IRV |  | РОвд | резервный объем вдоха |
| FRC |  | ФОЕ | функциональная остаточная емкость |
| FVC |  | ФЖЕЛ | форсированная жизненная емкость |
| TLC | total lung capacity | ОЕЛ | общая емкость легких |
| VC | vital capacity | ЖЕЛ | жизненная емкость легких |
| MBC | maximal breathing capacity | MBC | максимальная вентиляционная способность легких |
| MVVf | maximal voluntary ventilation | МВЛ | максимальная произвольная вентиляция легких |
| TLV | total lung ventilation | ОВЛ | общелегочная вентиляция |

**Список использованной литературы**

1. Современные методы диагностики и лечения заболеваний органов дыхания. Сб. научн. тр. (Под ред. А.Г.Чучелина). - М.: Б. и., 1983.
2. Спирография (методика исследования и клинического использования). Методическое письмо (ВНИИ пульмонологии)/Под ред. Канаева Н.Н. - Л.: ВНИИП, 1972.
3. Современные методы диагностики и лечения заболеваний верхних дыхательных путей. Сб. статей. (Под ред. Б.Ю. Митина). - Киев: Б. и., 1990.
4. Горбенко П.П. Новые медицинские технологии в профилактике и лечении заболеваний органов дыхания. Л.: ВНИИП, 1990.
5. Зиневич А.Н. Приборные методы исследования органов дыхания. Л.: ЛенГИДУВ, 1991.
6. Исследование функции внешнего дыхания у больных с туберкулезом легких ( методич. указания). Составлено канд. мед. наук Т. М. Высоковой. М.: МНИИ туберкулеза, 1971.
7. Журналы: “Медицинская техника” и др.

1. Указанные показатели должны исследоваться в том или ином комплексе и не только в состоянии покоя, но и под влиянием различных функциональных нагрузок и фармакологических воздействий. [↑](#footnote-ref-1)