ВЕНТИЛЯЦИОННАЯ И ДЫХАТЕЛЬНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ, МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ

Учебно-методическое пособие
для студентов и врачей

Функциональные методы исследования органов дыхания позволяют оценить важнейшие функции респираторной системы: биомеханику дыхания и легочную вентиляцию, диффузию газов через аэрогематический барьер, газовый состав альвеолярного воздуха и артериальной крови. Эти методы зачастую не позволяют диагностировать заболевание, которое привело к дыхательной недостаточности, однако дают возможность выявить ее наличие задолго до появления первых клинических симптомов, установить тип, характер и степень ее выраженности.

В пособии изложены основные причины и симптомы вентиляционной и дыхательной недостаточности, представлен комплекс инструментальных методов диагностики нарушений вентиляции и диффузии газов, описаны изменения важнейших параметров функции внешнего дыхания в зависимости от типа вентиляционных нарушений и степени дыхательной недостаточности.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, врачей-интернов, терапевтов, пульмонологов.

Пособие содержит 11 рисунков, 4 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение……..……4

I. Дыхательная недостаточность……6

1. Вентиляционная недостаточность……...….7
2. Инструментальные методы диагностики вентиляционной недостаточности …… ……...…10

2.1. Диагностическое значение определения показателей функции внешнего дыхания…….…….……..19

3. Методы диагностики нарушения диффузии газов…….20
4. Исследование газов крови газы крови……..……..21

II. Клинические проявления дыхательной недостаточности……..…22

Заключение ……. 24

Тестовые задания для самоконтроля ……..….25

Список литературы ……..28

Введение

В физиологии термином **дыхание** обозначают процесс газообмена между организмом и окружающей средой. Принято различать дыхание внутреннее (или тканевое) и внешнее (или легочное). **Внутреннее** дыхание представляет собой комплекс биохимических окислительных процессов, происходящих в тканях. Под **внешним** дыханием понимается совокупность физиологических механизмов, обеспечивающих обмен газов между атмосферным воздухом и кровью легочных капилляров. Функция внешнего дыхания обеспечивается согласованной работой дыхательной системы, которая включает легкие и малый круг кровообращения, грудную клетку с дыхательной мускулатурой и систему регуляции дыхания. Патология любого из этих звеньев может привести к развитию недостаточности внешнего дыхания или дыхательной недостаточности.

Для эффективного внешнего дыхания необходимо сочетание трех процессов: **легочной вентиляции**, **диффузии** кислорода и углекислого газа через альвеолярно-капиллярную мембрану и **легочной перфузии** – кровотока по легочным капиллярам.

Воздухопроводящие пути и респираторный отдел условно делят на три зоны. Трахея, бронхи и бронхиолы образуют *кондуктивную* зону – газообмен в ней отсутствует.

Переходная зона образована дыхательными (респираторными) бронхиолами, в стенках которых имеются одиночные альвеолы, позволяющие одновременно выполнять две функции – воздухопроводящую и газообменную.

Респираторная зона содержит альвеолы и альвеолярные капилляры, обеспечивающие

Газообмен между атмосферным и альвеолярным воздухом называется **легочной вентиляцией**. Воздух, прежде чем попасть в альвеолы, проходит через систему **воздухопроводящих путей**, включающих



Рис. 1. Схема воздухопроводящих путей

1 – терминальная бронхиола;
2,3,4 – респираторные бронхиолы;
5 – альвеолярные ходы;
6 – альвеолярные мешки;
7 – разветвления легочной артерии;
8- разветвления бронхиальной артерии;
9 – разветвления легочных вен;
10, 11 – анастомозы между системами артерий и легочных вен;
12 – плевра

нос с придаточными пазухами, носоглотку, ротоглотку, гортань, трахею, вне- и внутрилегочные бронхи (рис. 1).

Морфофункциональной единицей **респираторного отдела** является **ацинус**, или первичная легочная долька (рис.2). Ацинус включает респираторные бронхиолы I, II и III порядка, альвеолярные ходы и альвеолярные мешочки, состоящие из 4-8 альвеол. Поверхность альвеол выстлана непрерывным слоем альвеолярного эпителия, который выполняет газообменную функцию и образует сурфактант.

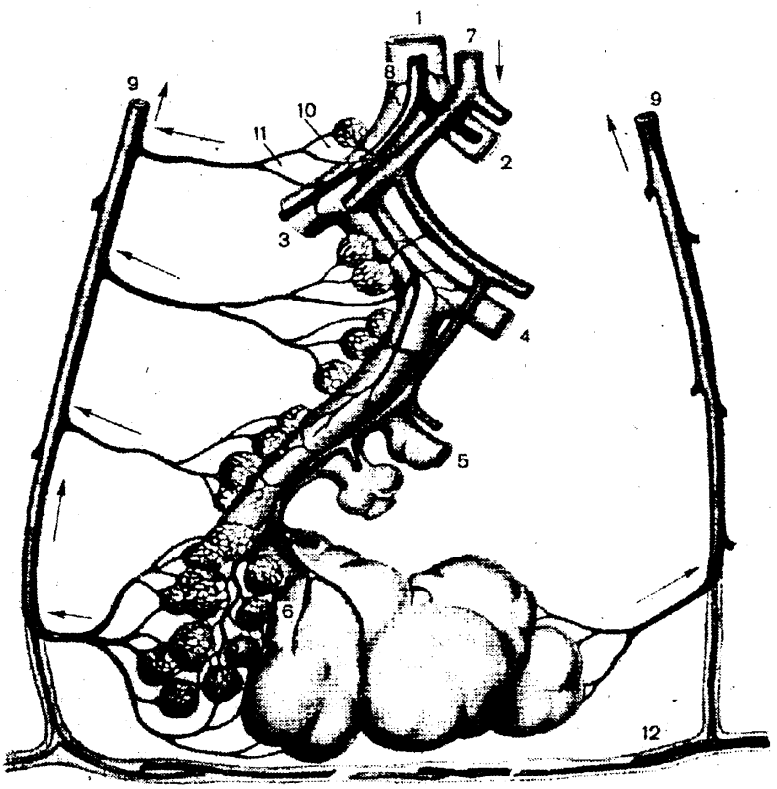


Рис. 2. Строение ацинуса

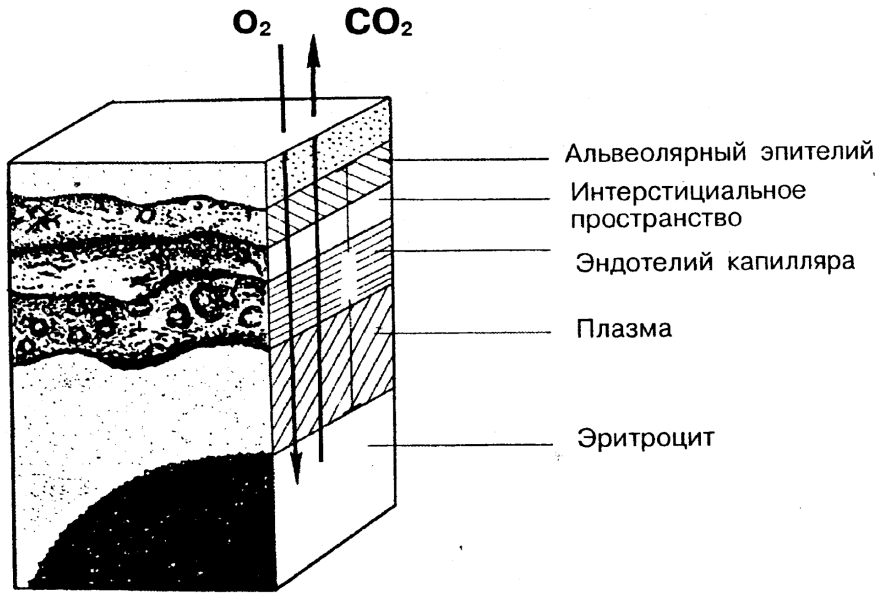


Рис. 3. Строение альвеолярно-капиллярной мембраны

Газообмен между альвеолярным воздухом и кровью **(диффузия газов)** осуществляется через **альвеолярно-капиллярную мембрану**, состоящую из трех компонентов: альвеолярного эпителия, капиллярного эндотелия и интерстиция (рис.3).

В легких функционируют две сосудистые системы: 1) **малый круг кровообращения** (легочная артерия и ее разветвления, легочные вены), участвующий в газообмене и 2)

сосуды большого круга (бронхиальные артерии и вены), обеспечивающие кровоснабжение органов дыхания. Основной ствол легочной артерии начинается от правого желудочка сердца. Система легочной артерии включает 17 генераций ветвлений. В пределах ацинуса ветвления терминальной артерии называются артериолами.

Вентиляция и кровоток в легких должны соответствовать друг другу для обеспечения достаточного захвата кислорода и адекватной элиминации углекислого газа. Нормальное отношение вентиляция/кровоток как в легких в целом, так и на уровне отдельных функциональных легочных единиц составляет 0,8-1,0.

I. ДЫХАТЕЛЬНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ

Дыхательная недостаточность – это состояние организма, при котором либо не обеспечивается нормальный газовый состав артериальной крови, либо он достигается за счет компенсаторных механизмов.

Причинами дыхательной недостаточности являются:

1. вентиляционные нарушения (вентиляционная недостаточность);
2. нарушения диффузии газов;
3. нарушение вентиляционно-перфузионных соотношений.

В **патогенезе** дыхательной недостаточности имеет значение несколько факторов:

1.Неравномерность легочной вентиляции (зоны гиповентиляции чередуются с зонами компенсаторной гипервентиляции легких). Этот механизм наблюдается при обструктивных процессах. При этом компенсаторно происходит шунтирование (сброс) крови из зон гипо- в зоны гипервентиляции.

2.Альвеолярная гиповентиляция (снижение напряжения кислорода и увеличение напряжения углекислого газа в альвеолярном воздухе) является следствием нарушения взаимоотношений между центральной регуляцией дыхания и механической работой, совершаемой грудной клеткой по раздуванию легких, и зависящей от функции дыхательной мускулатуры и комплаенса (податливости) грудной клетки.

3. Нарушения диффузии. Возникает как вследствие нарушения проницаемости альвеолярно-капиллярных мембран (фиброз, отек), так и в результате укорочения времени контакта альвеолярного газа с протекающей кровью. Этот феномен получил название “альвеолярно-капиллярный блок”. Данный механизм развития гипоксемии имеет место при интерстициальных заболеваниях легких – альвеолитах, интерстициальных фиброзах, саркоидозе, а также при недостаточности кровообращения.

4.Вентиляционно-перфузионный дисбаланс. Условием эффективного газообмена в легких является равномерное распределение вентиляционно-перфузионных соотношений по

всему объему легких: хорошо вентилируемые участки должны хорошо перфузироваться, а перфузия плохо вентилируемых альвеол должна быть снижена. Нарушение соотношения вентиляция/кровоток наблюдается при первичных поражениях сосудов малого круга кровообращения, а также в тех случаях, когда из вентиляции полностью выключаются отдельные участки легких (при ателектазах, пневмонии).

1. Вентиляционная недостаточность

Выделяют три типа вентиляционных нарушений:

- **обструктивный**, связанный с сужением (обструкцией) бронхов;
- **рестриктивный (ограничительный)**, связанный с уменьшением объема функционирующей паренхимы легких и/или снижением способности легких к расправлению;
- **смешанный**, сочетающий обструктивные и рестриктивные нарушения.

1.1. Обструктивный тип вентиляционных нарушений

Причины обструктивных вентиляционных нарушений:

– хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ)

В генезе бронхиальной обструкции при ХОБЛ ведущая роль принадлежит воспалительным изменениям бронхов: воспалительному отеку и гипертрофии слизистой, скоплению в бронхах патологического секрета, органическому сужению стенки бронхов вследствие разрастания соединительной ткани (синдром органической бронхиальной обструкции). У части больных ХОБЛ имеет место гипотоническая дискинезия трахеи и крупных бронхов, когда пролабирование мембранозной части их стенки приводит к сужению просвета трахеи и бронхов на выдохе. При наличии эмфиземы легких присоединяется еще один механизм обструкции – коллапс мелких бронхов на выдохе из-за утраты легкими эластических свойств. При ХОБЛ имеет место и вторичная гиперреактивность бронхов.

– бронхиальная астма

При этом заболевании в генезе бронхиальной обструкции ведущая роль принадлежит спазму гладкой мускулатуры бронхов (синдром функциональной бронхиальной обструкции). Аллергический отек слизистой оболочки бронхов и скопление в бронхах вязкой, трудно отделяемой мокроты усугубляет выраженность бронхиальной обструкции.

***Клинические признаки обструктивных вентиляционных нарушений**:*

1. *Жалобы*: одышка экспираторного характера при ранее допустимой нагрузке или во время «простуды»; кашель с отделением мокроты, вызывающий после себя некоторое время ощущение дыхательного дискомфорта (вместо облегчения дыхания после обычного кашля с отделением мокроты), приступы экспираторного удушья.

2. *При осмотре грудной клетки* в случае развития эмфиземы – эмфизематозная грудная клетка. При динамическом осмотре – удлинение и затруднение выдоха, компенсаторное углубление вдоха, уменьшение частоты дыхания, участие вспомогательной мускулатуры на выдохе (экспираторное диспноэ). Приступы удушья при бронхиальной астме являются крайним выражением экспираторного диспноэ, сопровождаются кашлем и сухими свистящими хрипами, слышными на расстоянии (дистанционные хрипы).

3. *При перкуссии легких* – выявляется коробочный звук (при развитии эмфиземы или в момент приступа удушья при бронхиальной астме). При топографической перкуссии – симметричное увеличение стояния верхушек легких, опущение нижних границ легких и ограничение подвижности нижнего края легких.

4. *При аускультации* легких выявляется жесткое дыхание – при синдроме органической бронхиальной обструкции, дыхание с удлиненным выдохом – при синдроме функциональной бронхиальной обструкции или ослабление дыхания – в случае присоединения эмфиземы. Дополнительные дыхательные шумы – сухие хрипы, имеющие различный тембр в зависимости от уровня поражения бронхов: басовые (жужжащие, гудящие) – при поражении крупных и средних бронхов, дискантовые (свистящие) – при сужении мелких бронхов и бронхиол. Последние, по Б.Е. Вотчалу, следует активно выявлять при форсированном выдохе. В период обострения бронхита могут выслушиваться незвучные влажные хрипы из-за наличия жидкой мокроты в бронхах.

1.2. Рестриктивный тип вентиляционных нарушений

Причины рестриктивных вентиляционных нарушений:

а) уменьшение объема функционирующей паренхимы легких:

- пневмония;
- пневмофиброз, пневмосклероз;
- ателектазы;
- абсцессы;
- кисты;
- опухоли;
- лобэктомия, пульмонэктомия;
- отек легких.

б) недостаточное расправление легких при отсутствии первичного легочного заболевания:

– изменения грудной клетки и позвоночника (кифоз, сколиоз позвоночника, деформации грудной клетки, последствия хирургических вмешательств на грудной клетке и др.);

– обширные плевральные сращения, экссудативный плеврит, гидроторакс;

– ограничение движений диафрагмы и брюшной стенки при дыхании (парез диафрагмального нерва, острые заболевания органов брюшной полости, ожирение, беременность и др.);

– болевые ощущения при дыхании (плеврит, межреберная невралгия, миалгии, переломы ребер, ушибы грудной клетки и др.);

– общая мышечная слабость (алиментарная дистрофия, миастения, инфекционные заболевания и др.).

Клинические признаки рестриктивных вентиляционных нарушений:

1.*Жалобы*: одышка инспираторного характера, кашель, боль в грудной клетке, кровохарканье – как признаки заболевания, явившемся причиной рестриктивных вентиляционных нарушений.

2.*При осмотре грудной клетки* может выявляться асимметричная форма грудной клетки (при наличии жидкости или воздуха в плевральной полости, ателектазе, хирургическом удалении легочной ткани). При динамическом осмотре выявляется отставание одной из половин грудной клетки в акте дыхания (при одностороннем процессе). Дыхание учащенное поверхностное, вдох и выдох короткие.

3.*При перкуссии легких* – может выявляться притупление перкуторного звука (при уплотнении легочной ткани, наличии жидкости в полости плевры), тимпанический звук (при наличии полости в легких или воздуха в плевральной полости). При топографической перкуссии – асимметричное расположение верхушек легких, нижних границ легких и ограничение подвижности нижнего края легких.

4.*При аускультации* легких выявляется ослабленное везикулярное дыхание – при очаговых процессах в легких, бронхиальное дыхание – при значительном по степени и размеру уплотнении легочной ткани. Дополнительные дыхательные шумы – влажные хрипы, крепитация (пневмония, абсцессы, ателектаз, отек легких), шум трения плевры – при вовлечении плевры в патологический процесс и неровности ее листков (долевая пневмония, плевриты)

1.3. Смешанный тип вентиляционных нарушений

Причиной смешанных вентиляционных нарушений является эмфизема легких. Вентиляционные изменения при эмфиземе связаны с утратой легкими эластических свойств. В норме просвет мелких бронхов поддерживается напряжением эластических структур легкого. При эмфиземе вследствие снижения эластичности легочной ткани происходит раннее спадение (коллапс) мелких бронхов на выдохе. Рестриктивный компонент нарушения вентиляции связан с уменьшением функционирующей паренхимы легкого.

При объективном исследовании больного со смешанными вентиляционными нарушениями выявляются клинические признаки рестриктивных и обструктивных нарушений вентиляции с преобладанием одного из них: одышка смешанного характера (затруднен и вдох и выдох, частота дыхания чаще увеличена).

2. Инструментальные методы диагностики вентиляционной недостаточности

Спирография (спирометрия)

Спирография – метод графической регистрации легочных объемов (статическая спирометрия) или изменений легочных объемов по отношению к оси времени или потока (динамическая спирометрия).

Показания:

- диагностика вентиляционных нарушений;
- определение типа вентиляционных нарушений;
- определение степени вентиляционных нарушений.

Во время спирографии дыхательные пути исследуемого подключаются к герметичной емкости. При вдохе объем системы спирографа уменьшается, при выдохе – увеличивается, что регистрируется пером на движущейся ленте. В систему циркуляции спирографа обязательно включается емкость с поглотителем CO_2, а также система кислородной стабилизации, восполняющая объем воздуха при его потреблении организмом исследуемого.

Легочные объемы и емкости. Весь объем газа, находящийся в легких в положении максимального вдоха (общая емкость легких – **ОЕЛ**) делится на ряд объемов и емкостей (рис. 4).

Дыхательный объем (ДО) – объем воздуха, вдыхаемый или выдыхаемый при каждом дыхательном цикле. **Резервный объем вдоха (РОвд**.) – объем, который можно вдохнуть после обычного вдоха до уровня максимального вдоха. **Резервный объем выдоха (РОвыд)** – объем, который можно выдохнуть из положения спокойного выдоха до уровня максимального выдоха. При максимальном выдохе полного опорожнения легких не

происходит, в них остается некоторый объем, который называют **остаточным объемом легких (ООЛ).** Максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после максимального вдоха представляет собой **жизненную емкость легких (ЖЕЛ).** Резервный объем выдоха и остаточный объем вместе составляют **функциональную остаточную емкость (ФОЕ)**. Дыхательный объем и резервный объем вдоха составляют **емкость вдоха (Евд).**

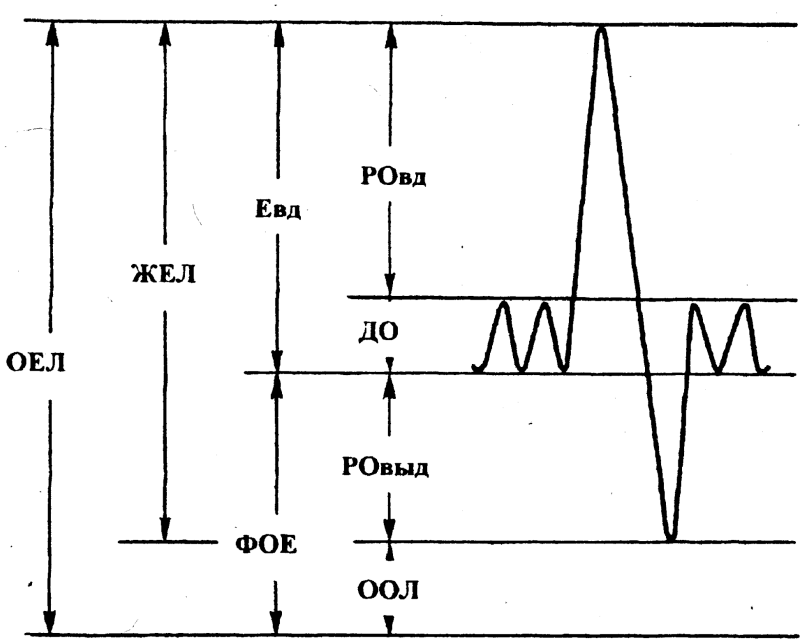


Рис. 4. Легочные объемы и емкости

Основные расчетные показатели, определяемые по спирограмме

1.Частота дыхания (ЧД)

Количество дыханий в норме в покое колеблется в пределах от 10 до 18-20 в минуту. По спирограмме спокойного дыхания можно определить длительность фазы вдоха и выдоха и их отношение друг к другу. В норме на спирограмме отношение вдоха и выдоха равно 1**:**1,3-1,4. Увеличение продолжительности выдоха нарастает при нарушениях бронхиальной проходимости.

2.Минутный объем дыхания (МОД)

Минутный объем дыхания или общая вентиляция – это объем воздуха, вентилируемого легкими в течение 1 минуты:

$$МОД = ДО \cdot ЧД.$$

Повышение МОД называют общей гипервентиляцией, снижение – общей гиповентиляцией. Увеличение МОД обычно появляется при дыхательной недостаточности.

Уменьшение МОД отмечается при резко выраженной легочной или сердечной недостаточности, при угнетении дыхательного центра.

3. Минутное потребление кислорода ($ПО_2$)

Потребление кислорода при спирографии определяется по уменьшению объема газа в замкнутой системе спирографа. Фактическое потребление кислорода рассчитывается по количеству мм, на которое поднялась кривая записи потребления кислорода за 1 минуту. Зная потребление кислорода за 1 минуту и МОД, можно определить коэффициент использования кислорода ($КИО_2$) – количество O_2 , поглощаемого из 1 л вентилируемого воздуха:

$$КИО_2 = факт.ПО_2 / МОД.$$

Уменьшение $КИО_2$ считается неблагоприятным признаком при функциональных и органических изменениях системы внешнего дыхания и кровообращения. Увеличение $КИО_2$ наблюдается в процессе уменьшения патологических изменений в легких, а также при повышении степени тренированности организма.

4. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)

Жизненная емкость легких – один из наиболее информативных показателей функции внешнего дыхания.

$$ЖЕЛ = ДО + РОвд + Ровыд$$

Снижение ЖЕЛ является основным признаком **рестриктивных** нарушений.

5. Форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ)

Для регистрации кривой форсированного выдоха больному предлагают сделать максимальный вдох, кратковременную задержку дыхания (во время которой кимограф переключается на большую скорость движения ленты) и резкий форсированный полный выдох.

Объем форсированного выдоха за 1 секунду ($ОФВ_1$) – часть ФЖЕЛ, выдыхаемая за 1 сек. Прежде всего $ОФВ_1$ отражает состояние крупных дыхательных путей и выражается в процентах от ЖЕЛ, при этом нормальное значение $ОФВ_1$ равно или более 75% ЖЕЛ.

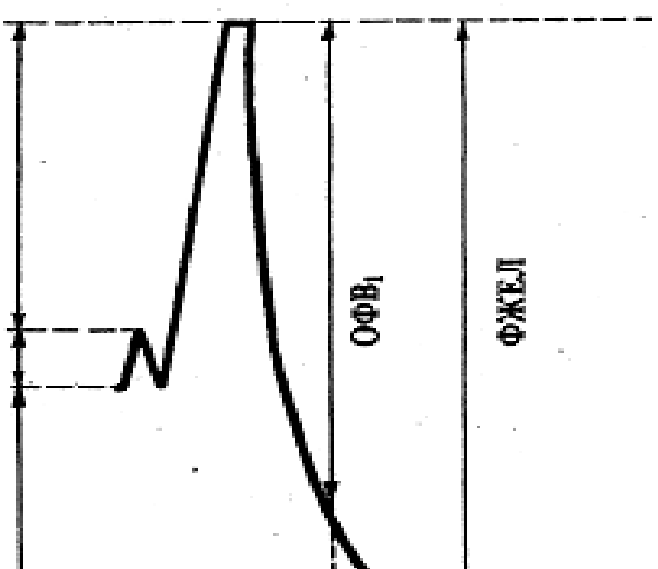
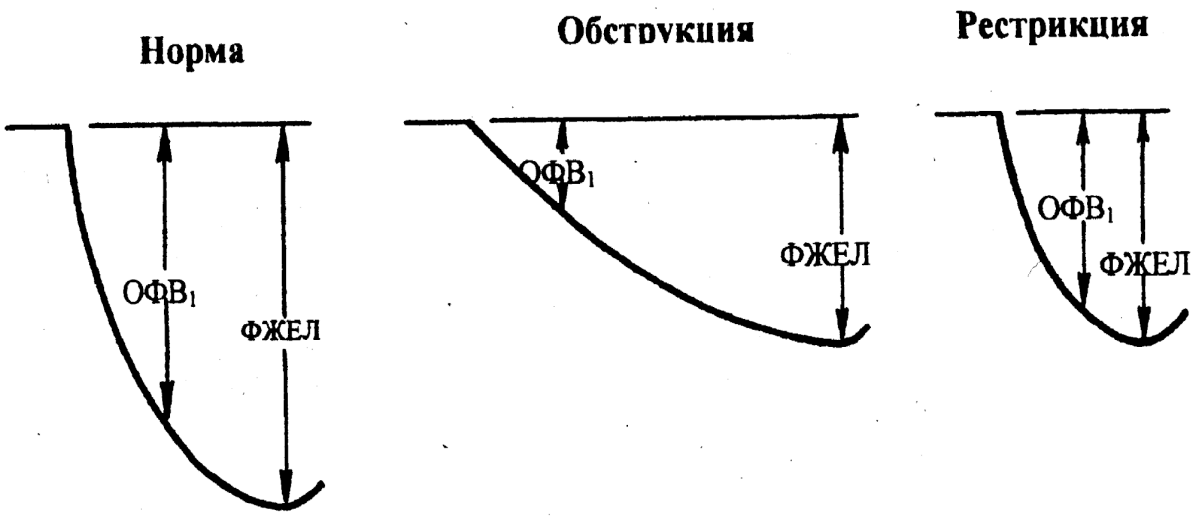


Рис. 5. Показатели количественной оценки кривой форсированного выдоха

Расчет $ОФВ_1$: от точки начала форсированного выдоха откладывается отрезок, равный 1 секунде (в зависимости от скорости лентопротяжного механизма), опускается перпендикуляр до пересечения с кривой. Величина перпендикуляра, выраженная в мл и есть $ОФВ_1$.

Широко используется так называемый *индекс Тиффно – отношение $ОФВ_1$ / ЖЕЛ.* Этот показатель снижается при **обструктивных** нарушениях вентиляции, так как уменьшается $ОФВ_1$ при незначительном изменении ЖЕЛ. При рестриктивных нарушениях вентиляции за счет пропорционального уменьшения всех легочных объемов ($ОФВ_1$ и ЖЕЛ) индекс Тиффно не меняется или даже увеличивается (относительно быстрый выдох малого объема воздуха).

Рис. 6. Объем форсированного выдоха за 1 секунду ($ОФВ_1$) и форсированная



жизненная емкость легких (ФЖЕЛ) в норме и патологии

Пробы с бронходилататорами

В клинической практике используются так называемые **фармакологические пробы** – исследование показателей бронхиальной проходимости до и после использования **бронхорасширяющих препаратов**.

Показания:

– оценка обратимости обструкции бронхов;

– оценка адекватности лекарственной терапии при бронхиальной астме.

Чаще исследуют влияние бронходилататоров **на $ОФВ_1$**. При этом критерием положительного ответа считается величина прироста $ОФВ_1$, равная или превышающая 12-15 % **от должного:**

$$\Delta\ ОФВ_{1,}\ \% = \frac{ОФВ_1,\ дилат. – ОФВ_1,\ исх.}{ОФВ_1,\ должн.\cdot\ 100}$$

В качестве бронхорасширяющих препаратов могут использоваться β2 –агонисты короткого действия (сальбутамол, беротек) с измерением бронходилатационного ответа через 15 минут, реже – антихолинергические препараты (ипратропиума бромид) с измерением бронходилатационного ответа через 30-45 минут. Пробы с бронхолитиками позволяют дифференцировать функциональную бронхообструкцию (при бронхоспазме) от органической.

6. Максимальная вентиляция легких (МВЛ).

Больному после отдыха предлагают дышать максимально глубоко и часто в течение 10 или 15 секунд.

Максимальная вентиляция легких (МВЛ) – максимальный объем воздуха, который может быть провентилирован за 1 минуту при условии предельного увеличения глубины и скорости дыхания. Максимальная вентиляция легких дает представление о функциональных возможностях системы дыхания и широко применяется в физиологии труда и спорта. Ограничение МВЛ является признаком как обструктивных, так и рестриктивных нарушений вентиляции.

Чтобы составить правильное суждение о функции аппарата внешнего дыхания, полученные результаты следует сопоставить с так называемыми должными величинами. **Должная величина** – величина соответствующего показателя у здорового человека того же возраста, пола, роста и веса, как обследуемый. Должные величины рассчитываются по специальным формулам, выведенным в результате обследования больших групп здоровых лиц.

Пневмотахометрия по Вотчалу

Пневмотахометрия – метод измерения пиковых скоростей воздушного потока при форсированном вдохе и выдохе.

Показания:

- скрининговые исследования вентиляционных нарушений;
- мониторинг бронхиальной проходимости.

Пневмотахограф Вотчала представляет собой трубку с диафрагмой посредине и двумя отверстиями – перед и после диафрагмы. Обследуемый после максимально глубокого вдоха делает максимально быстрый выдох в трубку, возникающая при этом разница давлений перед и после диафрагмы измеряется пневмотахометром. Более информативна пиковая скорость выдоха. Нормой ее для мужчин является 5-8 л/с, для женщин – 4-6 л/с. При нарушениях **бронхиальной проходимости** пиковая скорость выдоха снижается.

Пневмотахография

Пневмотахография - метод графической регистрации объемной скорости движения воздуха в каждый момент дыхательного цикла.

Показания:

- диагностика вентиляционных нарушений;
- определение типа вентиляционных нарушений;
- определение уровня бронхиальной обструкции.

Пневмотахограф состоит из пневмотахографической трубки, дифференциальных манометров, усилителя, интегратора и регистрирующего устройства (рис.7).

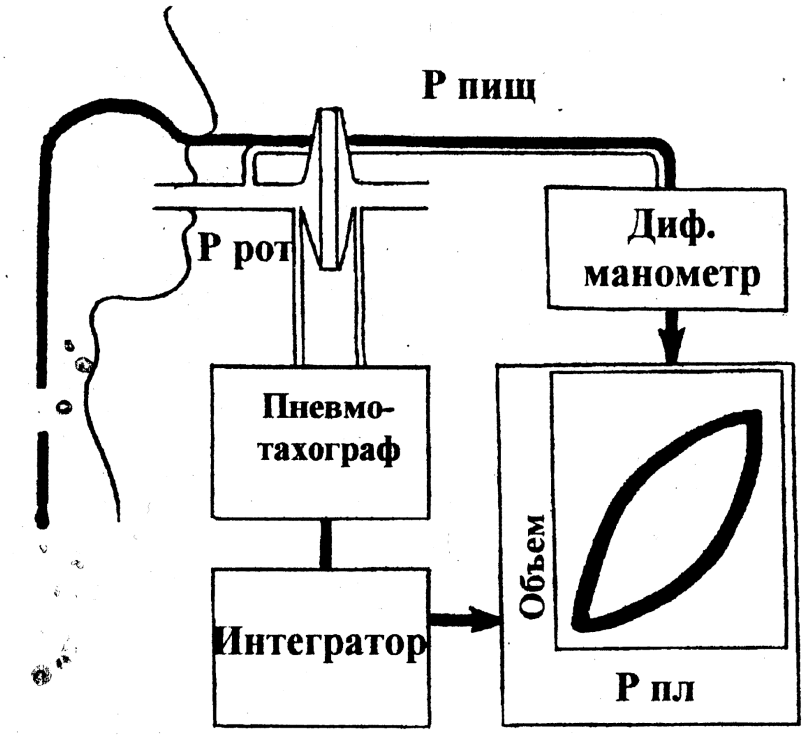


Рис. 7. Схема устройства пневмотахографа

Прибором регистрируется разница **давлений** в пневмотахографической трубке, которая зависит от **скорости воздушного потока**. Изменения **объема** получают при помощи интегратора пневмотахограммы.

Синхронная запись давления и объема, давления и потока, потока и объема позволяет рассчитать основные параметры биомеханики дыхания: аэродинамическое сопротивление, растяжимость легких, работу дыхания, объемные скорости потока при спокойном и форсированном дыхании. Широко используется пневмотахограмма форсированного выдоха (**петля «поток – объем»**).

В норме инспираторная часть диаграммы симметричная и дугообразная, экспираторная – линейная. При нарушениях бронхиальной проходимости все объемы скорости снижены, преобладает выдох. При рестриктивных нарушениях кривая «поток – объем» напоминает уменьшенную копию нормальной кривой с пропорциональным уменьшением всех составляющих ФЖЕЛ (ДО, РОвд, РОвыд) и показателей потоков (рис. 8).

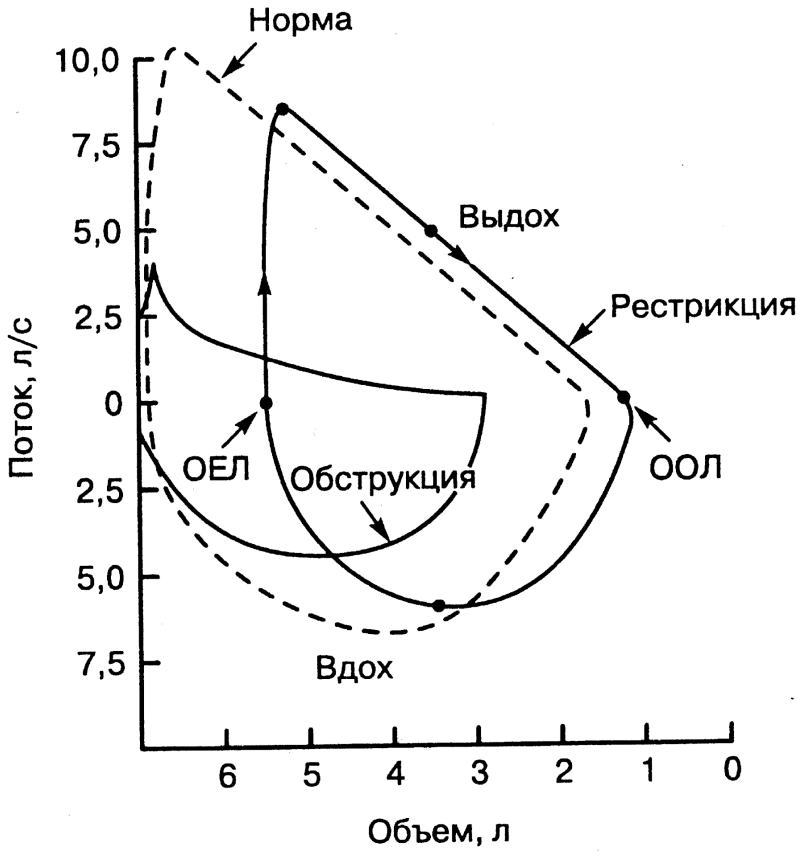


Рис. 8. Диаграмма поток-объем

Пикфлоуметрия

Пикфлоуметр – это небольшой портативный прибор, который измеряет только один показатель – пиковую скорость выдоха, и которым пациент может пользоваться дома самостоятельно (рис.9).

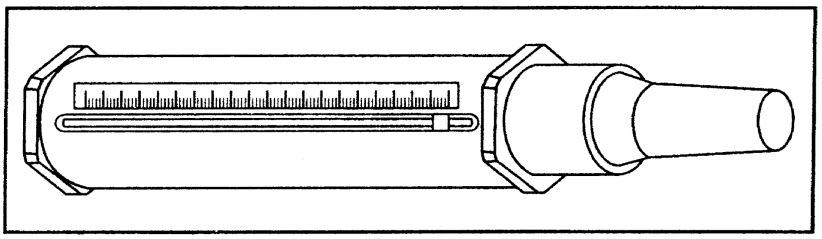


Рис.9. Пикфлоуметр

Показания:

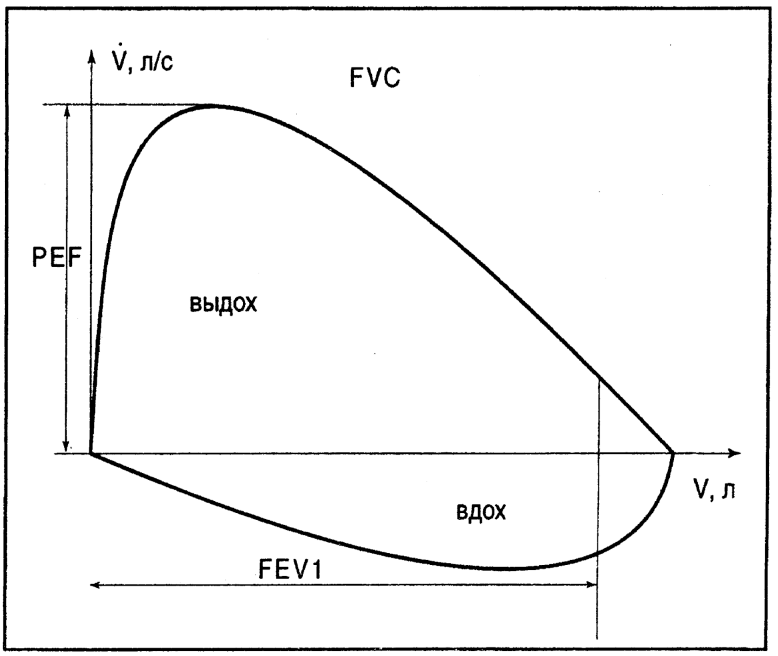
– скрининговый метод оценки бронхиальной проходимости;

– мониторинг бронхиальной проходимости в течение суток;

– выявление гиперреактивности бронхов;

– наблюдение за реакцией бронхов на бронходилататоры в домашних условиях.

Пиковая скорость выдоха определяется при выполнении пациентом маневра форсированного выдоха на кривой поток-объем (рис.10).



FVC, л – форсированная жизненная емкость легких

FEV_1, л – объем форсированного выдоха за 1 сек.

FEV_1/FVC – индекс Тиффно

PEF – пиковая объемная скорость выдоха

Рис.10. Пиковая скорость выдоха на кривой «поток-объем»

Измерение пиковой скорости выдоха пациент проводит дважды в день – рано утром и вечером перед сном. Значения наносятся на график, который в норме должен быть близок к прямому (рис.11).

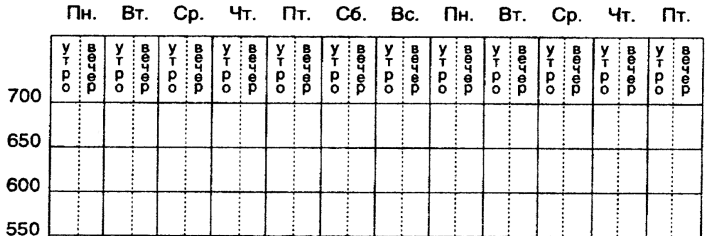


Рис.11. Показатели пикфлоуметра при хорошо контролируемой астме.

Оценка графика позволяет определить обратимость бронхиальной обструкции, оценить тяжесть заболевания и эффективность лечения, прогнозировать обострение бронхиальной астмы.

Бодиплетизмография

Бодиплетизмография – метод определения внутригрудного объема (величина, близкая функциональной остаточной емкости легких – ФОЕ) и бронхиального сопротивления.

Показания:

– определение смешанного типа вентиляционных нарушений;

– определение степени выраженности рестриктивных вентиляционных нарушений.

Метод основан на барометрическом принципе. Бодиплетизмограф представляет собой герметичную камеру объемом 800 л, похожую на кабину телефона-автомата. Пациент, помещенный внутрь камеры, дышит через пневмотахографическую трубку воздухом камеры. Измеряются давление в камере, ротовой полости и все показатели, определяемые методом пневмотахографии. В современных бодиплетизмографах все вычисления и построение петель «поток-объем», «поток-давление», «давление-объем» производятся автоматически.

Эргоспирометрия

Эргоспирометрия – метод изучения вентиляции и газообмена в условиях физической нагрузки.

Показания:

– выявление латентных форм кардиореспираторной недостаточности;

– определение адаптационных возможностей аппарата дыхания и кровообращения;

– контроль эффективности лечения и реабилитационных мероприятий.

В качестве нагрузочного теста используется велоэргометрия. Современные системы для проведения эргоспирометрии состоят из пневмотахографа, газоанализатора, электрокардиографа и других блоков, обеспечивающих синхронную непрерывную регистрацию многих физиологических параметров. Следует отметить, что проведение эргоспирометрии имеет ряд противопоказаний: нестабильная стенокардия, инфаркт миокарда, ряд аритмий, инсульты в анамнезе, эндокринные заболевания средней и тяжелой степени, сердечная и дыхательная недостаточность выше I степени и т.д.

Для оценки пробы **рассчитывается ряд показателей**. Коэффициент восстановления (отношение потребления O_2 в период нагрузки к потреблению O_2 в период восстановления), кислородный резерв (отношение потребления O_2 в последнюю минуту нагрузки к потреблению O_2 за одну минуту покоя), и расход кислорода за единицу работы в большей степени характеризуют состояние **системы дыхания**, кислородный пульс (отношение максимального потребления O_2 за 1 минуту нагрузки к максимальной частоте сердечных сокращений) – состояние **сердечно-сосудистой системы**, потребление кислорода на кг массы тела – **тканевой метаболизм.**

2.1. **Диагностическое значение определения показателей функции внешнего дыхания**

Показатели ФВД используются для:

- выявления наличия вентиляционных нарушений;

– определения **типа** вентиляционных нарушений (обструктивный, рестриктивный, смешанный);

– определения **степени** вентиляционных нарушений.

Для различных типов вентиляционных нарушений характерны различные изменения показателей функции внешнего дыхания (табл.1).

Таблица 1

Изменения спирографических показателей при обструктивных и рестриктивных нарушениях

Показатель	Нарушения вентиляции	
	Обструктивные	**Рестриктивные**
ДО	В норме или *увеличен*	В норме или *снижен*
ЧД	В норме или *снижена*	В норме или *увеличена*
ЖЕЛ	В норме или снижена	*Снижена*
ФЖЕЛ	*Снижена*	Снижена
$ОФВ_1$	*Снижен*	Снижен
Индекс Тиффно	*Снижен*	*В норме или увеличен*
МВЛ	*Снижена*	*Снижена*

Признаки **обструктивного** типа вентиляционных нарушений:

- увеличение ДО,
- снижение ЧД,

– снижение скоростных показателей вследствие увеличения сопротивления: ФЖЕЛ, $ОФВ_1$, индекса Тиффно,
– снижение МВЛ за счет редкого дыхания.

Признаки **рестриктивного** типа вентиляционных нарушений:

– снижение ДО,
– увеличение ЧД,
– снижение ЖЕЛ,
– снижение МВЛ за счет поверхностного дыхания.

При **смешанном** типе имеют место как обструктивные, так и рестриктивные нарушения с преобладанием одного из типов.

По степени изменения показателей ФВД можно установить степень выраженности вентиляционных нарушений (табл.2).

Таблица 2

Границы нормы и градации отклонения от нормы показателей внешнего дыхания (Л.Л. Шик, Н.Н. Канаев, 1980)

Показатель	Норма	Условная норма	Вентиляционная недостаточность		
			умеренные **I степень**	значительные **II степень**	резкие **III степень**
ЖЕЛ, % от должной	> 90	90-85	84-70	69-50	< 50
МВЛ, % от должной	> 85	85-75	74-55	54-35	< 35
$ОФВ_1$, % от должной	> 85	85-75	74-55	54-35	< 35
Индекс Тиффно	> 70	70-65	64-55	54-40	< 40

3. Методы диагностики нарушения диффузии газов

Диффузная емкость легких по окиси углерода ($ДЛ_{co}$) – это количество поглощенного легкими окиси углерода (СО). Окись углерода (угарный газ) обладает большим сродством к гемоглобину, скорость кровотока и объем крови в капиллярах не сказываются на диффузии этого газа, следовательно, перенос СО зависит только от свойств диффузионного барьера. Это делает СО идеальным газом для исследования диффузионной способности легких.

При определении $ДЛ_{co}$ пациент после максимального выдоха делает максимальный вдох из емкости с газовой смесью, содержащей известную небольшую концентрацию СО, затем задерживает дыхание на 10 с и быстро полностью выдыхает до ООЛ. Часть альвеолярного воздуха (т.е. выдохнутого в конце) анализируют на содержание СО и вычисляют количество этого газа, поглощенное за дыхательный цикл.

Снижение диффузионной способности встречается при самой различной легочной патологии, но **при ряде заболеваний** (идиопатический фиброзирующий альвеолит, саркоидоз Бека, муковисцидоз, канцероматоз, гранулематозы, пневмокониозы и др.) **нарушения диффузии выступают на первый план**, являясь ведущим механизмом нарушения функции легких.

4. Исследование газов крови

Газовый анализ артериальной крови является «золотым стандартом» диагностики и оценки степени тяжести острой и/или хронической дыхательной недостаточности. Однако исследование газов крови не позволяет выявить причину дыхательной недостаточности.

Важнейшими показателями являются:

- насыщение гемоглобина кислородом (SaO_2),
- парциальное давление кислорода (PaO_2),
- парциальное давление углекислого газа ($PaCO_2$),
- pH крови.

Серийное или динамическое исследование этих показателей имеет большее значение, чем однократный анализ.

Кислородная емкость крови – это максимальное количество кислорода, которое может связать гемоглобин при его полном насыщении O_2. Процентное отношение количества O_2, связанного с гемоглобином, к кислородной емкости крови называется **насыщением** (saturation) **гемоглобина кислородом (SaO_2)**. В норме насыщение артериальной крови кислородом составляет **96-98%.**

Парциальное давление кислорода в артериальной крови (PaO_2) в норме колеблется в пределах **95-100 мм рт.ст.**

Снижение SaO_2 или PaO_2 в артериальной крови – **гипоксемия** – является обязательным критерием хронической дыхательной недостаточности. **Диффузный цианоз** – клиническое проявление гипоксемии – возникает при снижении насыщения крови кислородом до 85-80%, однако параллелизма между степенью дыхательной недостаточности и выраженностью цианоза нет. Степень цианоза зависит от содержания в крови гемоглобина. Цианоз появляется, когда уровень **восстановленного гемоглобина** достигает 50 г/л.

Парциальное давление углекислого газа ($PaCO_2$) отражает состояние альвеолярной вентиляции. Альвеолярная гипервентиляция сопровождается снижением $PaCO_2$ (артериальной гипокапнией) и респираторным алкалозом, альвеолярная гиповентиляция –

повышением $PaCO_2$ (артериальной гиперкапнией) и респираторным ацидозом. В артериальной крови парциальное давление CO_2 ($PaCO_2$) составляет в норме **35-45 мм рт.ст.**

При хронической дыхательной недостаточности возможно развитие как гиперкапнии ($PaCO_2 > 45$ мм рт.ст.), так и гипокапнии ($PaCO_2 < 35$ мм рт.ст.).

Клиническими проявлениями гиперкапнии являются гемодинамические эффекты (тахикардия, повышение сердечного выброса, системная вазодилатация) и эффекты со стороны ЦНС (хлопающий тремор, бессонница, частые пробуждения ночью и сонливость в дневное время, утренние головные боли, тошнота).

Величина pH – основной показатель КОС. У здоровых людей pH артериальной крови равен **7,40 (7,35-7,45).** Снижение величины pH ниже 7,35 означает сдвиг в кислую сторону- - **ацидоз.** Сопоставление артериального pH с $PaCO_2$ позволяет отличить респираторные нарушения от метаболических. Если $PaCO_2$ и pH обратно пропорциональны, то кислотно-основной дисбаланс имеет респираторную природу.

II. Клинические проявления дыхательной недостаточности

Патогенетически дыхательная недостаточность подразделяется на два типа: **гиперкапническую** – вентиляционную, «насосную» и **гипоксемическую** – паренхиматозную, легочную.

Гиперкапническая (вентиляционная) дыхательная недостаточность – это состояние, при котором $PaCO_2$ превышает 45 мм рт. ст. Причинами являются ХОБЛ, дисфункция дыхательной мускулатуры и снижение активности дыхательного центра, а также ожирение, кифосколиоз.

Гипоксемической (паренхиматозной) дыхательной недостаточностью называют клинически значимую гипоксемию, устойчивую к кислородной терапии с высокими концентрациями O_2 . В основе гипоксемической дыхательной недостаточности лежит «легочная недостаточность» или несостоятельность механизмов обмена кислорода. Эта форма развивается на фоне альвеолитов, легочных фиброзов, саркоидоза.

По скорости развития дыхательная недостаточность может быть острой и хронической (табл. 3)

Таблица 3

Классификация дыхательной недостаточности

Формы ДН	Признаки

Гиперкапническая	**$PaCO_2$ > 45 мм рт. ст.**
Острая	Развивается в течение нескольких минут или часов
Хроническая	Развивается в течение нескольких недель или месяцев
Гипоксемическая	**PaO_2<55 мм рт. ст.** при дыхании O_2 (не менее 60% концентрации)
Острая	Развивается в течение нескольких минут или часов
Хроническая	Развивается в течение нескольких недель или месяцев

Дыхательная недостаточность становится острой, когда ухудшение газообмена между окружающим воздухом и циркулирующей кровью приводит к тяжелым и опасным для жизни нарушениям тканевого обмена.

Хроническая дыхательная недостаточность может развиваться в течение месяцев-лет. При этом успевают включиться компенсаторные механизмы – полицитемия, увеличение сердечного выброса, тахикардия.

Основные клинические проявления дыхательной недостаточности

- одышка;
- снижение толерантности к физическим нагрузкам;
- диффузный цианоз;
- усиление работы дыхательных мышц;
- интенсификация кровообращения (тахикардия);
- вторичная полицитемия.

Клинические проявления могут быть явными и скрытыми, т.е. выявляться только при специальных нагрузочных тестах.

В клинической практике принято деление дыхательной недостаточности **по степени тяжести:**

I степень ДН **($ДН_I$)** (скрытая, латентная) – неспособность выполнять нагрузки, являющиеся повседневными. Явные признаки отсутствуют. При повышенной физической нагрузке и после нее наблюдаются одышка, повышенная утомляемость, гипервентиляция, иногда цианоз. Газовый состав крови в покое не нарушен. Показатели ФВД нормальные или отклоняются от должных не более чем на 30 %.

II степень ДН **($ДН_{II}$)** – ограниченная способность выполнять повседневные нагрузки. При умеренной физической нагрузке появляется одышка, диффузный цианоз, компенсаторное увеличение ЧСС (признак компенсированного «легочного сердца»). Показатели ФВД отклоняются от должных на 30-50%.

III степень ДН **($ДН_{III}$) –** возникновение клинических проявлений (одышка, диффузный цианоз) в покое. Имеются признаки декомпенсированного «легочного сердца»

(правожелудочковой недостаточности) – акроцианоз, отеки на ногах, увеличение печени. Показатели ФВД отклоняются от должных более чем на 50%.

Газовый состав крови в зависимости от степени тяжести дыхательной недостаточности представлен в таблице 4. **Таблица 4**

Классификация дыхательной недостаточности по степени тяжести

Степень	**PaO_2**, мм. рт.ст.	**SaO_2**, %
Норма	≥80	≥95
I	60-79	90-94
II	40-59	75-89
III	<40	<75

Заключение

В оценке патологии органов дыхания важным и обязательным является диагностика наличия дыхательной недостаточности. Причинами дыхательной недостаточности могут быть любые патологические процессы в организме, которые влияют хотя бы на один из трех компонентов: вентиляцию, диффузию газов через альвеолярно-капиллярную мембрану и перфузию капиллярной крови в легких.

В зависимости от преимущественного поражения трех компонентов дыхательной системы (вентиляции, перфузии и диффузии) выделяют две формы дыхательной недостаточности. При вентиляционной форме дыхательной недостаточности преобладает нарушение функции внешнего дыхания, что сопровождается как гипоксемией, так и гиперкапнией. При паренхиматозной форме дыхательной недостаточности преобладают нарушения диффузии газов, перфузии капиллярной крови или нарушения перфузионно-вентиляционных нарушений. Эта форма дыхательной недостаточности ведет к развитию гипоксемии, тогда как гиперкапнии обычно не наблюдается.

Следует обратить внимание на то, что большинство патологических процессов в легких сопровождается нарушением нескольких механизмов газообмена. Например, при воспалении легких имеют место в основном нарушения рестрикции, реже обструктивные расстройства, уменьшается диффузия газов через альвеолярно-капиллярную мембрану, снижается количество функционирующих альвеол.

При обструктивной болезни легких (обструктивном бронхите), наряду с выраженными обструктивными расстройствами, наблюдаются нарушения вентиляционно-перфузионных соотношений в связи со значительной неравномерностью вентиляции легких.

Основными проявлениями дыхательной недостаточности являются: одышка, центральный (диффузный) цианоз, усиление работы дыхательных мышц, интенсификация кровообращения (тахикардия, увеличение минутного объема) и изменения дыхательных

объемов и емкостей. Инструментальные методы диагностики позволяют выявить наличие вентиляционных нарушений, определить типа вентиляционных нарушений (обструктивный, рестриктивный, смешанный); установить степень вентиляционных нарушений. Исследование газового состава крови позволяет более точно оценить степень тяжести острой и хронической дыхательной недостаточности, однако не может выявить причину дыхательной недостаточности.

Значение методов диагностики дыхательной недостаточности, их диагностических возможностей позволит врачу осмысленно и целенаправленно выбирать методы исследования, наиболее информативные в каждом конкретном случае.

Тестовые задания для самоконтроля

1.Причинами дыхательной недостаточности являются:

а) вентиляционные нарушения;

б) нарушения диффузии газов;

в) нарушение соотношения вентиляция/кровоток;

г) нарушения тканевого дыхания.

2.Укажите типы вентиляционных нарушений:

а) обструктивный;

б) гипервентиляционный;

в) рестриктивный;

г) смешанный;

д) гиповентиляционный.

3.Рестриктивный тип вентиляционных нарушений связан с:

а) уменьшением функционирующей паренхимы легких;

б) увеличением сопротивления на выдохе;

в) недостаточным расправлением легких при патологии грудной клетки;

г) снижением кровотока в легких.

4.Причинами обструктивных вентиляционных нарушений являются:

а) пневмония;

б) ХОБЛ;

в) экссудативный плеврит;

г) удаление части легкого;

д) бронхиальная астма.

5.Укажите цели спирографии:

а) диагностика вентиляционных нарушений;

б) определение типа вентиляционных нарушений;

в) оценка эффективности лечения в домашних условиях;

г) определение степени вентиляционных нарушений;

д) определение адаптационных возможностей кардиореспираторной системы.

6.Методами оценки нарушений вентиляции являются:

а) спирография;

б) исследование газов крови;

в) пневмотахография;

г) пикфлоуметрия;

д) рентгенография легких.

7.Признаками обструктивных вентиляционных нарушений являются:

а) уменьшение ДО;

б) снижение ЧД;

в) снижение скоростных показателей: ФЖЕЛ, $ОФВ_1$, индекса Тиффно;

г) снижение ЖЕЛ;

д) снижение МВЛ.

8.Признаками рестриктивных вентиляционных нарушений являются:

а) уменьшение ДО;

б) увеличение ЧД;

в) снижение ФЖЕЛ;

г) снижение ЖЕЛ;

д) снижение МВЛ.

9.Важнейшими показателями при исследовании газов крови являются:

а) насыщение гемоглобина кислородом (SaO_2),

б) парциальное давление кислорода (PaO_2),

в) парциальное давление углекислого газа ($PaCO_2$),

г) диффузная емкость легких по окиси углерода ($ДЛ_{co}$)

д) pH крови.

10. Основными клиническими проявлениями дыхательной недостаточности являются

а) одышка;

б) диффузный цианоз;

в) акроцианоз;

г) тахикардия;

д) вторичная полицитемия.

11. Выявите соответствие: 1) $ДН_{I}$ 2) $ДН_{II}$ 3) $ДН_{III}$

а) Одышка, диффузный цианоз появляются при умеренной физической нагрузке. Наблюдается компенсаторное увеличение ЧСС. Показатели ФВД отклоняются от должных на 30-50%;

б) Одышка, диффузный цианоз имеются в покое. Наблюдаются признаки декомпенсированного «легочного сердца» – акроцианоз, отеки на ногах, увеличение печени. Показатели ФВД отклоняются от должных более чем на 50%;

в) Одышка появляется лишь при повышенной физической нагрузке. Показатели ФВД нормальные или отклоняются от должных не более чем на 30 %.

12. Экспираторное диспноэ является признаком … вентиляционных нарушений

13. Основным признаком рестриктивных вентиляционных нарушений при спирографии является снижение … .

14. Диффузный цианоз появляется при уровне восстановленного гемоглобина выше … г/л

15. Состояние организма, при котором либо не обеспечивается нормальный газовый состав артериальной крови, либо он достигается за счет компенсаторных механизмов называется …

16. Дыхательная недостаточность по скорости развития может быть … и … .

Ответы на тестовые задания

1.а,б,в	9. а,б,в.д
2.а,в.г	10. а,б.г,д
3.а,в	11. 1в,2а,3б
4.б,д	12. обструктивных
5.а,б.г	13. ЖЕЛ
6.а,в,г	14. 50
7.б,в	15. дыхательной недостаточностью
8.а,б,г,д	16. острой и хронической

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Авдеев С.Н. Хроническая дыхательная недостаточность./ С.Н. Авдеев // Consilium medicum. – 2004. – Т. 6, № 4. – С. 263-269.

2.Баранов В.Л. Исследование функции внешнего дыхания / В.Л. Баранов, И.Г. Куренкова, В.А. Казанцев, М.А. Харитонов – СПб.: Элби-СПб. – 2002. – 302 с.

3.Голевцова З.Ш. Симптоматология заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы. Курс лекций. Часть 1 / З.Ш. Голевцова – Омск: изд-во ОмГМА. – 2005. – 274 с.

4.Обследование больного в терапевтической клинике: Метод.указания. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородской государственной медицинской академии, 2000. – 88 с.

5.Пропедевтика внутренних болезней: учебн. для студ.мед.вузов / Под ред. В.Т. Ивашкина и. А.А. Шептулина. – М.: МЕДпресс-информ. – 2003. – 240 с.