

Цикл лекций (основные положения)
«Физиология и патология системы органов внешнего дыхания,
транспорта газов кровью и тканевого дыхания».
(к разделам «Физиология» и «Патофизиология» дыхания») (для самостоятельной
внеаудиторной работы студентов медицинских вузов по дисциплинам
«Нормальная физиология» и «Патологическая физиология»)

ЛЕКЦИЯ 1

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
МЕХАНИЗМОВ РЕАЛИЗАЦИИ
ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ**

Понукалина Е.В., Чеснокова Н.П.,
Бизенкова М.Н.

ФГБОУ ВО «Саратовский Государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского
Минздрава России», Саратов,
e-mail: e.ponukalina@yandex.ru

**1.1. Анатомо-физиологические особенности
воздухоносных путей**

Дыхание – это многокомпонентный процесс жизнеобеспечения всех внутренних органов, включающий внешнее дыхание, транспорт газов кровью, обмен газов между кровью и тканями, а также тканевое дыхание. В свою очередь внешнее дыхание включает газообмен между внешней средой и альвеолярным воздухом, а также альвеолярное дыхание – газообмен между альвеолярным воздухом и притекающей к легким кровью (рис.1).

O₂. Передвижение воздуха во время вдоха и выдоха по воздухоносным путям обусловлено попеременным расширением и уменьшением размеров грудной клетки за счет последовательного сокращения и расслабления дыхательных мышц грудной клетки (вдыхательных и выдыхательных), а также диафрагмы. Дыхательные мышцы грудной клетки включают инспираторную и экспираторную мускулатуру.

Диафрагма ограничивает снизу грудную полость, состоит из сухожильного центра и мышечных волокон.

Во время вдоха диафрагма уплощается в результате сокращения мышечных волокон, отходящих от внутренней поверхности грудной клетки, а купол диафрагмы сглаживается, открывается реберно-диафрагмальный синус. Участки легких, расположенные в этих синусах, хорошо вентилируются.

К инспираторным мышцам грудной клетки относятся наружные межреберные и внутрен-



Рис. 1. Основные этапы дыхания

Внешнее дыхание – процесс, регулируемый центральной и периферической вегетативной и соматической нервной системой, носит произвольный и непроизвольный характер, включает акт активного регулируемого вдоха (активную инспирацию), пассивную постинспирацию (расслабление вдыхательной мускулатуры) и активный регулируемый выдох (экспирацию). Вентиляция альвеол обеспечивается за счет чередования вдоха и выдоха. При вдохе в альвеолы поступает насыщенный кислородом воздух, а при выдохе удаляется из альвеол в окружающую среду воздух, насыщенный CO₂ и бедный

ние межхрящевые мышцы. В момент вдоха нижележащее ребро поднимается к вышележащему, а грудная клетка поднимается.

Во время выдоха сокращаются экспираторные мышцы, к которым относятся внутренние межреберные. При их сокращении вышележащее ребро подтягивается к нижележащему, а грудная клетка опускается.

Для усиления дыхания в условиях нормы и патологии используется вспомогательная инспираторная и экспираторная мускулатура. К вспомогательным инспираторным мышцам относятся грудинно-ключично-сосцевидная мышца, а

также большие и малые грудные, лестничные, зубчатые мышцы. К важнейшим вспомогательным экспираторным мышцам относятся мышцы живота.

В зависимости от того, связано ли расширение грудной клетки преимущественно с поднятием ребер или уплощением диафрагмы, различают реберный (грудной) и брюшной тип дыхания. Тип дыхания в значительной мере зависит от возраста. С возрастом подвижность грудной клетки уменьшается и начинает преобладать брюшной тип дыхания. Брюшное дыхание затрудняется в последние месяцы беременности. Принято считать, что у женщин преобладает грудной тип дыхания, а у мужчин – брюшной. Брюшное дыхание наиболее эффективно, так как при таком дыхании улучшается вентиляция легких и облегчается венозный возврат от брюшной полости к сердцу.

В условиях нормы легкие отделяются от грудной клетки плевральной полостью, находящейся между висцеральным и париетальным листками плевры и заполненной несжимаемой жидкостью (рис.2). Последняя обеспечивает скольжение мешков плевры друг относительно друга. В случаях развития плеврита и скопления жидкости в полости плевры с последующим образованием спаек, вентиляция легких резко затрудняется.

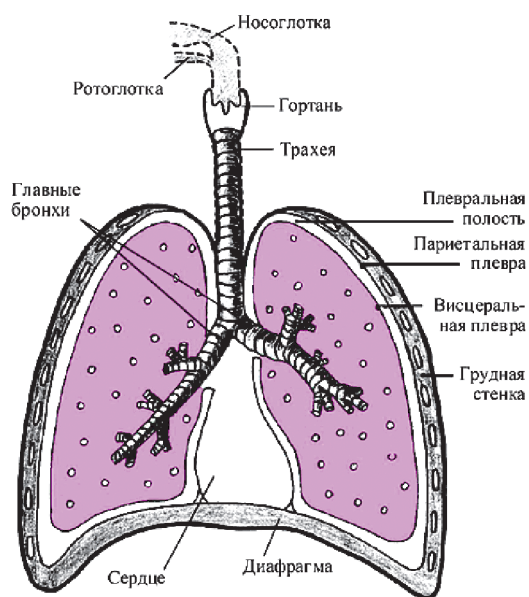


Рис.2. Схема строения органов дыхания

В плевральной полости создается определенное давление, которое на высоте вдоха на 0,6 – 0,8 кПа ниже атмосферного, а в конце выдоха внутриплевральное давление на 0,3-0,5 кПа также ниже атмосферного. Таким образом, в плевральной полости давление постоянно отрицательное, ниже атмосферного. Поступление воздуха, крови или экссудата в плевральную полость называют, соответственно – пневмо-,

гемо-, или гидроторакс. При этом поджатые легкие не следуют за сокращением дыхательной мускулатуры, либо их смещение происходит в меньшем объеме. Искусственный односторонний пневмоторакс иногда проводят с диагностической целью, чтобы уменьшить нагрузку на пораженные туберкулезом легкие.

1.2. Роль воздухоносных путей в обеспечении дыхания и недыхательных функций.

Дыхательные пути начинаются с полости носа, включая носоглотку, гортань, трахею, бронхи, бронхиолы и заканчиваются альвеолярными ходами и альвеолами. Внутренняя поверхность дыхательных путей покрыта слизистой оболочкой, которая выстлана мерцательным эпителием, содержит значительное количество желез, выделяющих слизь, а также различные виды рецепторов. Отдельные участки воздухоносных путей отличаются особенностями структуры и функции.

Касаясь роли носового дыхания, необходимо отметить его способность очищать, увлажнять и согревать воздух. При участии реснитчатого эпителия и слизи здесь задерживаются взвешенные в воздухе частицы размером до 4мкм. При носовом дыхании происходит обеззараживание воздуха за счет иммуноглобулинов классов А, G, М, секретируемых или пассивно диффундирующих в слизистую, а также при участии микро- и макрофагов, лизоцима, комплемента, интерферона, содержащихся в слизи.

Слизистая носа и носоглотки содержит значительное количество ирритантных рецепторов, механорецепторов, обонятельных рецепторов, рецепторов болевой чувствительности, являющихся окончаниями обонятельного, тройничного, лицевого, верхнегортанного нервов. С рецепторов слизистой оболочки носа формируются защитные рефлексы в виде чихания и усиленного слизоотделения, а также рефлексы, влияющие на функциональную активность центральной нервной системы, ряда внутренних органов.

С механорецепторов и хеморецепторов слизистой носа и носоглотки возникает афферентная импульсация в ретикулярную формацию ствола мозга, а затем в слюноотделительный, дыхательный, сосудодвигательный центры продолговатого мозга, в гипоталамус. При этом усиливаются неспецифические восходящие активизирующие влияния и на кору головного мозга.

Возбуждение рецепторов слизистой носа и носоглотки резко усиливается при развитии воспалительного процесса в верхних дыхательных путях инфекционной или аллергической природы под влиянием медиаторов воспаления и аллергии: гистамина, кининов, лейкотриенов, причем возбуждение ирритантных рецепторов вызывает развитие тахипноэ, спазм дыхательных путей, кашлевой рефлекс, чихание, чувство першения.

Гортань – завершает верхний отдел дыхательных путей и переходит в трахею – начальную часть нижних дыхательных путей. Гортань обеспечивает дыхательную, защитную и речевую функции, в частности регулирует поступление воздуха в нижние дыхательные пути за счет сужения и расширения голосовой щели. Слизистая гортани содержит механорецепторы, ирритантные рецепторы, возбуждение которых при участии верхне- и нижегортанного нервов, языкоглоточного нерва регулирует частоту и глубину дыхательных движений. Кроме дыхательной функции, гортань выполняет защитную, голосовую и речевую функции.

В трахее и бронхах продолжают процессы усиленного увлажнения, согревания и очищения воздуха. Здесь при участии слизи и мерцательного эпителия задерживаются более мелкие, взвешенные в воздухе частицы размером от 4 мкм до десятых долей мкм, а также происходит инактивация патогенных агентов за счет выделительного фагоцитоза, иммуноглобулинов, лизоцима, лактоферрина, интерферона.

Стенки трахеи и крупных бронхов содержат хрящевые кольца и не спадаются при дыхании, а мышечные волокна, образующие стенку бронха, регулируют просвет бронхов на фоне изменения нервных и гуморальных влияний, а также уровня локально образующихся медиаторов воспаления и аллергии.

Воздухоносные пути (ВП) легких представляют собой ряд дихотомически-делящихся трубок, представленных 23 генерациями В.П.. Первые 16 генераций включают бронхи, бронхиолы и терминальные бронхиолы, выполняющие проводящую функцию для воздуха. Последние 7 генераций состоят из дыхательных бронхов, альвеолярных ходов и альвеолярных мешочков, дающих начало альвеолам. Стенки проводящих воздухоносных бронхов состоят из 3-х основных слоев: внутренней слизистой оболочки, гладкомышечного слоя и внешнего соединительнотканного слоя, содержащего хрящ в больших

бронхах. Эпителиальные клетки ВП несут на апикальной поверхности реснички, продвигающие слизь в направлении носоглотки. В свою очередь слизь образуется бокаловидными клетками. Реснитчатый эпителий и бокаловидные клетки формируют мукоцилиарный эскалатор, обеспечивающий очищение ВП (рис.3).

Диаметр просвета воздухоносных путей регулируется при участии холинергических нервных влияний; освобождение ацетилхолина приводит к сокращению гладких мышц воздухоносных путей. В то же время неадренергические, нехолинергические нейроны и нервные волокна за счет высвобождения субстанции Р обеспечивают сокращения гладких мышц воздухоносных путей, а при участии ВИП (вазоактивного интестинального пептида) возникает расслабление гладких мышц воздухоносных путей.

Важная роль в регуляции просвета воздухоносных путей отводится медиаторам воспаления, аллергии: гистамину, гепарину, серотонину, лейкотриенам, факторам активации тромбоцитов, хемотаксиса. В свою очередь эозинофилы в зоне воспаления являются источником таких медиаторов, как главный основной белок, катионный белок, лейкотриены В₄, С₄ и других, также оказывающих выраженное влияние на просвет воздухоносных путей.

Большинство медиаторов воспаления, вызывающих бронхоспастическое действие, реализуют биологические эффекты при участии специфических рецепторов.

Слизистая трахеи и бронхов является слабой рефлексогенной зоной, несмотря на наличие достаточного количества механо-, хемо- и ирритантных рецепторов. Значительная часть этих рецепторов относится к быстро-адаптирующимся или промежуточным, высокопороговым и, соответственно, низкочувствительным структурам, нефункционирующим в условиях нормы и возбуждающимся лишь при сверхпороговых раздражениях или под влиянием медиаторов воспаления и аллергии, а также при застой-

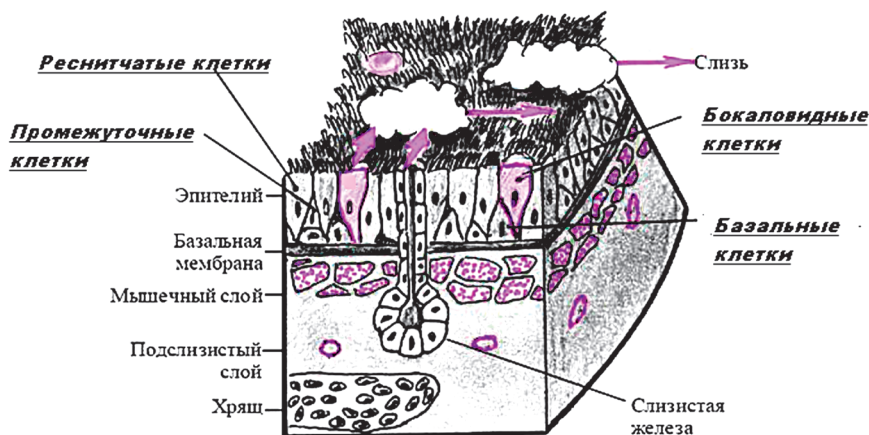


Рис.3. Схема строения стенок проводящих воздухоносных путей

ных явлениях в малом кругу кровообращения. Импульсация в этих рецепторах распространяется по чувствительным волокнам к центрам п. Vagus, а затем при участии ретикулярной фор-

мации ствола мозга к инспираторным и экспираторным бульбарным нейронам, определяя частоту и глубину дыхательных движений, а также развитие кашлевого рефлекса.

ЛЕКЦИЯ 2

ЗНАЧЕНИЕ ЛЕГКИХ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И НЕДЫХАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

Понукалина Е.В., Полутова Н.В.,
Чеснокова Н.П., Бизенкова М.Н.

ФГБОУ ВО «Саратовский Государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского
Минздрава России», Саратов
e-mail: e.ponukalina@yandex.ru

2.1. Дыхательные функции легких. Альвеолярное дыхание

Легкие играют важную роль не только в регуляции и обеспечении внешнего дыхания, но выполняют и ряд недыхательных функций. Недыхательные функции легких включают их участие в голосообразовании, регуляции теплоотдачи и кислотно-основного состояния организма, иммунных реакциях, в обеспечении тканевого фагоцитоза, регуляции метаболизма биологически активных прессорных и депрессорных субстанций, прокоагулянтных и антикоагулянтных факторов свертывания крови. В легких инактивируются пептиды, циклические нуклеотиды, простагландины, ксенобиотики, а также гистамин, серотонин.

Дыхательная функция легких определяется их участием в обеспечении альвеолярного дыхания, а также в регуляции внешнего дыхания за счет наличия мощных рефлексогенных зон.

Состояние легочной вентиляции определяется глубиной дыхания (дыхательным объемом) и частотой дыхательных движений.

Различают следующие объемы дыхания:

Дыхательный объем – объем вдоха и выдоха при спокойном дыхании.

Резервный объем вдоха и выдоха – количество воздуха, которое человек может дополнительно вдохнуть или выдохнуть при нормальном дыхании.

Остаточный объем – количество воздуха, оставшегося в легких, после максимального выдоха.

Жизненная емкость легких (ЖЁЛ) – наибольшее количество воздуха, которое можно максимально выдохнуть после максимального вдоха (сумма дыхательного объема и резервных объемов вдоха и выдоха)

Функциональная остаточная емкость – количество воздуха, оставшееся в легких после спокойного выдоха.

Жизненную ёмкость легких можно вычислить по формуле ЖЁЛ (л) = 2,5 * рост (в м).

ЖЁЛ зависит от роста, возраста человека, рода занятий, особенно велико у пловцов и гребцов (до 8 л).

Легкие плода и новорожденных, не совершивших первый вдох, не содержат воздуха.

Различают анатомическое и функциональное мертвое пространство.

Анатомическое мертвое пространство – это объем неventилируемых воздухоносных путей – трахеи, бронхов и бронхиол.

Функциональное мертвое пространство – более емкое понятие, оно включает не только анатомическое мертвое пространство, а также вентилируемые, но неперфузируемые альвеолы.

Минутный объем дыхания равен произведению дыхательного объема на частоту дыхательных движений. Частота дыхательных движений у детей различна: у новорожденных составляет 40-50 в мин, у грудных детей 30-40 в мин, в детском возрасте 20-30 в мин. У взрослого человека частота дыхательных движений составляет 14 – 18 в мин.

Альвеолярное дыхание – газообмен между альвеолярным воздухом и кровью капилляров малого круга кровообращения, осуществляющийся через альвеолярно – капиллярную мембрану.

По закону Фика:

$$V = \frac{(p - p_1) \cdot S \cdot a \cdot K}{d}$$

Согласно этому закону скорость диффузии газов прямо пропорциональна величине диффузионного давления (p – p1) площади газообмена (S), коэффициентов растворимости (a) и диффузии газов (K), и обратно – пропорциональна толщине альвеолярно – капиллярной мембраны.

Следует отметить, что диффузионное давление для O₂ составляет около 60 мм. рт.ст, а для CO₂ около 6 мм.рт.ст. Однако, необходимо учесть, что CO₂ значительно быстрее диффундирует через альвеолярно–капиллярную мембрану в связи с тем, что коэффициент его растворимости в биологической среде в 20 раз больше, чем у кислорода.

В легких взрослого человека содержится около 300 млн. альвеол, диаметр которых составляет около 0,2 мм. Две соседние альвеолы отделены друг от друга двумя слоями эндотелия и эпителия, расположенными на базальной мембране. Между этими слоями находится интерстициальное пространство. Альвеолярный эпителий и эндотелий капилляров образуют альвеолярно – капиллярную мембрану, через которую происходит диффузия газов; толщина мембраны составляет от 0,2 мкм до 2 мкм в