МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**РЕФЕРАТ ПО АНАТОМИИ И ВОЗРАСТНОЙ ФИЗИОЛОГИИ**

*ОНТОГЕНЕЗ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ*

Выполнил:

Проверил: ст. преподаватель

Федоровская Н. И.

КОМСОМОЛЬСК-НА АМУРЕ 2005 г.

План

1. Общая характеристика системы
   1. Воздухоносные пути
2. Легкие
3. Антенатальный период
   1. Структурно-функциональная характеристика системы дыхания
   2. Транспорт газов кровью
   3. Дыхательные движения
4. Постнатальный период
   1. Внешнее дыхание
   2. Дыхание при мышечной работе
   3. Газообмен
   4. Регуляция дыхания

Список литературы

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ

**ВОЗДУХОНОСНЫЕ ПУТИ**

Воздухоносные пути и дыхательный путь начинаются *носовой полостью*. Слизистая оболочка, выстилающая полость носа, покрыта многочисленными ресничками. Ее площадь достигает 12 см2. толщина слизи на разных участках дыхательных путей в среднем около 5-7 мкм. Слизистая носа хорошо снабжается кровью, здесь много сосудистых сплетений, которые принимают участие в согревании воздуха и поддерживают оптимальную температуру в носовой полости. Слизистая оболочка также содержит до 16 тыс. слизистых железок, их количество возрастает к заднему краю носовых раковин. Продукция железок – водянистый слизеподобный секрет, обладающий бактерицидными свойствами и увлажняющий вдыхаемый воздух.

На смоченной секретом слизистой оболочке носа оседают частички пыли, а реснички, совершая 10-15 колебаний в секунду, гонят пыль к носоглотке, так что при глотании она попадает в желудок.

Кроме того, в слизистой оболочке полости носа содержится много веществ, разрушающих болезнетворные микроорганизмы. Начеку и клетки иммунной системы. Стоит им распознать во вдыхаемом воздухе микроб, как слизистая оболочка преграждает ему путь. Она набухает, отчего площадь соприкосновения ее с вдыхаемым воздухом значительно увеличивается, защитных клеток становится больше и они активнее борются с угрозой.

В носовой полости вдыхаемый воздух согревается, частично очищается от пыли и увлажняется. Слишком сухой воздух иссушал бы легкие, загрязненный превратил бы их в подобие пылесборника пылесоса, а попадание холодного воздуха внутрь грудной клетки грозило бы организму переохлаждением. К моменту рождения носовая полость ребенка недоразвита, она отличается узкими носовыми отверстиями и практически отсутствием придаточных пазух, окончательное формирование которых происходит в подростковом возрасте. Объем носовой полости с возрастом увеличивается примерно в 2,5 раза. Структурные особенности носовой полости детей раннего возраста затрудняют носовое дыхание, дети часто дышат с открытым ртом, что приводит к подверженности простудным заболеваниями.

**Анатомические размеры придаточных полостей носа**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Возраст, годы | Верхнечелюстная пазуха, мм | | | Лобные пазухи, мм | | |
| вышина | длина | ширина | вышина | длина | ширина |
| 5  12-15  17-18  Взрослые | 15  23  27  32 | 31  25  25  25 | 12  18  25  30 | 7  14  14  - | 6  12  12  - | 6  17  17  - |

Из носовой полости вдыхаемый воздух попадает в носоглотку, а затем в рот и гортанную часть глотки. В глотке пересекаются пути дыхательной и пищеварительной систем. Чтобы воздух и пища следовали в нужном направлении, природа поставила между гортанной частью глотки и гортанью особый клапан – надгортанник. Он, как неусыпный страж, нависает над входом в гортань и, стоит только в глотке появиться пищевому комку или выпитой жидкости, перекрывает дорогу в дыхательные пути.

*Гортань* простирается до низа шеи, где переходит в трахею. «Скелет» гортани складывается из нескольких сочлененных между собой хрящей. Хрящевым остов бывает лишь до 16 лет. Позже происходит его окостенение, и он становится костно-хрящевым.

В названиях составляющих гортань хрящей отражена их форма: щитовидный, перстневидный, по два черпаловидных, рожковидных и клиновидных, надгортанник.

Хрящи гортани располагаются под определенными углами друг к другу. При их смещении просвет гортани сужается или, наоборот, расширяется. Подвижность органа обеспечивают внутренние и наружные мышцы, а также сокращения языка, глотки, мягкого неба и трахеи.

Гортань, как и всякий трубчатый орган, выстлана слизистой оболочкой, где располагается множество железок, вырабатывающих обильный секрет. Слизистая оболочка и в полости носа, и в гортани служит преградой для бактерий и вредных микроорганизмов, кроме того, она продолжает согревать и увлажнять воздух, поступивший в дыхательные пути.

В среднем отделе гортани разместились желудочки, ограниченные сверху и снизу складками. Нижние складки – это голосовые связки. Они образованы эластичными соединительными волокнами и тянутся и тянутся между черпаловидным и щитовидным хрящами. Промежуток между связками представляет собой голосовую щель. Величина ее и натяжение связок меняются в зависимости работы мышц, соединяющих хрящи гортани. При выходе голосовые связки колеблются и издают звуки, как струны у арфы или скрипки.

Производство звуков зависит от нашего желания, зато главная функция гортани – проведение воздуха – непроизвольна и не прекращается ни на минуту.

Гортань у детей короче, ỳже и располагается выше, чем у взрослых. Наиболее интенсивно гортань растет на 1–3-м годах жизни и в период полового созревания. В период полового созревания появляются половые различия в строении гортани. У мальчиков образуется кадык, удлиняются голосовые связки, гортань становится шире и длиннее, чем у девочек, происходит ломка голоса.

Миновав гортань, воздух попадает в следующий отдел дыхательных путей – *трахею*. Длина этого органа в шейном отделе составляет 4,5–5,5 см, в грудном до 7 см. диаметр – около 1 мм, причем у женщин трахея несколько уже, чем у мужчин.

**Размеры трахеи на протяжении развития**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Возраст, годы | Длина, см | Диаметр, мм | |
| сагиттальный | фронтальный |
| 8-10  10-12  12-14  14-16  Взрослые | 6,3  6,3  6,4  7,2  9-15 | 9  9,8  10,3  12,7  13-23 | 10,1  11,3  11,1  14  12-18 |

Стенки этого органа образованы эластичными хрящевыми полукольцами (их 16 – 20), соединенными связками. Изнутри трахея покрыта слизистой оболочкой с многочисленными ресничками и слизистыми железами. Слизь увлажняет воздух и задерживает инородные частицы, которые затем выталкивают наружу вибрирующими движениями ресничек.

Трахея, как и гортань, довольно подвижный орган, особенно в шейном отделе. Вдох и выдох ощутимо меняют ее ширину (на 13 – 15%) и длину (на 2 – 2,5 см). в конце трахея раздваивается и переходит в *бронхи*.

**Диаметр главных бронхов на протяжении развития**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Возраст, годы | Правый бронх, мм | | Левый бронх, мм | |
| сагиттальный | поперечный | сагиттальный | поперечный |
| 10  13  16 лет  Взрослые | 8,6  9,6  11  14 | 9,2  10,2  12,6  14,4 | 7,3  8,5  9,8  11,5 | 8,4  8,5  8,8  11,1 |

Главных бронхов два – левый и правый. Каждый из них отходит от трахеи почти под прямым углом и направляется к соответствующему легкому. По строению главные бронхи сходны с трахеей, даже хрящевые кольца в их стенках также не полностью сомкнуты. Но в последующих разветвлениях бронхов кольца становятся уже сплошными.

**ЛЕГКИЕ**

Основной орган дыхания – легкие. Легких – два. Каждое из них лежит в грудной полости, по обе стороны от сердца и крупных сосудов. Верхушки этого конусообразного парного органа направлены в область шеи (они выступают на 2-3 см над ключицами). А расширенные основания обращены вниз, к диафрагме. Легкие образованы эластичной тканью и должны быть постоянно наполнены воздухом. Что бы эти важные органы не повредились и движение воздуха в них не нарушалось, они помещены природой в надежный сундук – грудную клетку, способную выдерживать сильные удары и давление. На каждой стороне к ее внутренней поверхности плотно прилежит соединительнотканный листок – *париетальная плевра*. Сами легкие окутаны плеврой *висцеральной*. Щелевидная полость между двумя листками плевры заполнена несколькими миллилитрами жидкости-смазки. Природа не зря дала каждому легкому такую «свободу» внутри грудной клетки: благодаря этому они могут вволю надуваться и сдуваться, без чего дыхание невозможно.

В каждом легком есть ворота – место, куда входят главные бронхи и легочная артерия, несущая от сердца бедную кислородом венозную кровь. А выходят из ворот две легочные вены, в которых кровь уже обогатилась кислородом и стала артериальной. Такой парадокс – венозная кровь в артерии и артериальная в вене – возможен только в малом круге кровообращения, проходящем через легкие.

Легкие состоят из долей. В правом их три, а в левом – две (для третьей словно бы нет места, поскольку большое пространство занято сердцем). В каждую долю входят бронхи, артерия, а выходит вена. Доли разделены бороздами, хорошо заметными на поверхности легких. Интересно, что доли не сращены между собой намертво, а сохраняют некоторую подвижность относительно друг друга. Это, как и наличие плевральной полости, увеличивает возможность проведения воздуха внутри легких.

В соответствии с ветвлением бронхиального древа доли делятся на сегменты (их в каждом легком по десять). Сегменты неподвижны относительно друг друга и по форме напоминают пирамидки, обращенные основанием к поверхности легкого. В направленные к корню легкого верхушки пирамидок тоже входят свой сегментарный бронх и артерия, а выходит вена.

В сегментах ветвление бронхов, артерий и вен продолжается, пока все они не становятся совсем тонкими – с просветом около 1 мм. В стенках таких «побегов» уже нет хрящевой ткани, поэтому они способны вкрапляться в легочные дольки – участки шириной примерно 1 см. границами между дольками служат прослойки соединительной ткани.

Внутри легочных долек ветвление бронхов продолжается. Здесь образуются совсем мелкие бронхи – дыхательные бронхиолы. Они переходят в альвеолярные ходы, на стенках которых находятся мельчайшие пузырьки – *альвеолы*. Дыхательная бронхиола с ее альвеолярными ходами и альвеолами под микроскопом напоминает виноградную гроздь, отчего и названа ацинусом, что в переводе с латинского означает «ягода», «гроздь». В каждой дольке от 16 до 18 ацинусов. Именно в них совершается газообмен между кровью и выдыхаемым воздухом.

Открытые пузырьки-альвеолы выстланы эпителиальными клетками, прикрепляющимися к тончайшей нежной соединительнотканной мембране. Изнутри клетки покрыты тончайшим слоем сурфактанта – вещества, которое не позволяет им слипаться. Снаружи мембрану оплетает густая сеть кровеносных капилляров. Такова преграда, отделяющая кровь человека от воздуха, которым он дышит! Общая площадь дыхательной поверхности легких около 100 м2; эта цифра складывается из площадей 300–400 млн альвеол.

Легкие потребляют для своих нужд до 20% кислорода крови. Еще бы, внешнее дыхание невозможно без расхода энергии. Однако организм нагружает легкие не только этой работой. Они очищают кровь, ведь в них много клеток иммунной защиты, задерживающих и уничтожающих чужеродные микроорганизмы и вещества-шлаки, а также сгустки из клеток крови – эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. Легкие, кроме того, регулируют свертываемость крови: в них вырабатываются вещества, участвующие в системе гемостаза. Участвуют легкие и в водном обмене: в сутки через низ них испаряется до полулитра жидкости. И это еще не все их полномочия. Они регулируют содержание в крови биологических активных веществ: особые клетки избирательно синтезируют, хранят и разрушают вещества, участвующие в реакциях воспаления, регуляции кровяного давления. Легкие также контролируют количество крови в сосудах и наполнение камер сердца.

Легкие у детей растут главным образом за счет увеличения объема альвеол (у новорожденного диаметр альвеолы 0,07 мм, у взрослого он достигает уже 0,2 мм). До 3 лет происходит усиленный рост легких и дифференцировка их отдельных элементов. Число альвеол к 8 годам достигает числа их у взрослого человека. В возрасте от 3 до 7 лет темпы роста легких снижаются. Особенно энергично растут альвеолы после 12 лет. Объем легких к 12 годам увеличивается в 10 раз по сравнению с объемом новорожденного, а концу периода полового созревания – в 20 раз. Соответственно изменяется газообмен в легких, увеличение суммарной поверхности альвеол приводит к возрастанию диффузионных возможностей легких.

АНТЕНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ**

Легкие плода не являются органом внешнего дыхания, однако они не бывают спавшимися. Альвеолы и бронхи их заполнены жидкостью, которая секретируется преимущественно альвеолоцитами II типа. Смешивания легочной и амниотической жидкостей не происходит, так как узкая голосовая щель закрыта. Наличие жидкости в легком способствует его развитию, так как оно находится в расправленном состоянии, хотя и не в такой степени, как в постнатальном периоде. Внутренняя поверхность альвеол начинает покрываться сурфактантом в основном после 6 месяцев внутриутробного развития.

Внешнее дыхание плода, т. е. газообмен между кровью организма и окружающей средой, осуществляется с помощью плаценты, к которой по пупочным артериям поступает смешанная кровь из брюшной аорты. В плаценте осуществляется газообмен между кровью плода и кровью матери: О2 поступает из крови матери в кровь плода, а СО2 - из крови плода в кровь матери, т. е. плацента является органом внешнего дыхания плода весь внутриутробный период развития. В плаценте не происходит выравнивания напряжений О2 и СО2, как при легочном дыхании, что объясняется большой толщиной плацентарной мембраны, в 5 – 10 раз превышающей толщину легочной мембраны.

**ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ**

*Транспорт кислорода*. В оксигенированной крови пупочной вены плода напряжение О2 составляет лишь 20 – 50 мм рт.ст. Несмотря на такое низкое напряжение О2, насыщение гемоглобина О2 достаточно высоко и достигает в среднем 65% (50 – 80%, у матери – 96%). Это объясняется большим сродством гемоглобина плода (HbF) с кислородом по сравнению с гемоглобином взрослого (HbA). Содержание О2 в артериальной крови плода (пупочная вена) значительно ниже (9 – 14 об. %), чем в артериальной крови взрослого (19 об. %), причем кровь с указанным содержанием О2 снабжается только через печень. С незначительно меньшим содержанием О2 поступает кровь к сердцу и мозгу. Остальные органы и ткани получают кровь с еще меньшим содержанием О2.

Однако все органы и ткани плода получают достаточное для их развития количество О2, что объясняется несколькими факторами.

Во-первых, метаболические процессы в тканях плода хорошо осуществляются при более низких напряжениях О2, так как в них анаэробные процессы (гликолиз) преобладают над аэробными (окисление) процессами, более свойственными взрослому организму. Во-вторых, кровоток в тканях плода почти в 2 раза интенсивнее, чем в тканях взрослого организма, что, естественно, увеличивает доставку тканям кислорода даже при сниженном его содержании в крови.

В-третьих, затраты энергии в организме плода значительно снижены, так как почти не расходуется энергия на процессы терморегуляции, пищеварения, мочеотделения. Кроме того, двигательная активность ограничена. Наконец, несмотря на большое сродство гемоглобина плода (HbF) к кислороду, поступление О2 из крови плода к его тканям происходит в полном соответствии с потребностями, поскольку диссоциации оксигемоглобина в верхней трети сдвинута влево, в нижней трети совпадает с таковой у взрослого.

Увеличение кислородной емкости крови плода до 24 – 26 об. % и свойства HbF, изменяющие кривую насыщения гемоглобина кислородом и диссоциации оксигемоглобина, рассматривают как важные механизмы биологической адаптации организма к условиям внутриутробной жизни. Однако ухудшающиеся к концу беременности соотношение между возрастающей потребностью растущего плода в кислороде и ограниченной диффузионной поверхностью плаценты лимитирует поступление О2 в кровь плода. Поэтому насыщение гемоглобина крови плода кислородом в конце антенатального периода уменьшается и составляет 40 – 70 % своей кислородной емкости.

В этот период метаболизм анаэробного типа приводит к накоплению промежуточных продуктов обмена, таких, как пировиноградная, молочная кислоты, обусловливающие наличие ацидоза в крови. Метаболический ацидоз исчезает в течение 7 – 8 дней постнатального периода.

*Транспорт углекислого газа*. Диффузия СО2 через плацентарную мембрану из крови плода в кровь матери осуществляется вследствие разности напряжений СО2 в артериальной крови матери (25 – 35 мм рт.ст.). Одной из причин невыравнивания напряжений СО2 является большая толщина плацентарной мембраны. Невысокое напряжение СО2 в крови матери (а следовательно, и в крови плода) объясняется гипервентиляцией беременных, обусловленной, в частности, действием прогестерона на дыхательный центр.

Невыравнивание напряжений СО2 в крови плода и матери наблюдается еще и потому, что диффузия происходит в основном за счет физически растворенного СО2 (2,5 об. %) и отщепления СО2 от карбогемоглобина (4,5 %). Бикарбонаты натрия и кальция содержащие 40 – 58 об. % СО2 (общее его количество в венозной крови плода 46 – 47 об. %), в обеспечении газообмена между кровью плода и матери практически не участвуют из-за своей инерционности: угольная кислота образуется из бикарбонатов и распадается на СО2 и Н2О очень медленно вследствие отсутствия карбоангидразы в крови плода.

К концу беременности ухудшение условий газообмена между кровью плода и кровью матери приводит к увеличению содержания СО2 в венозной крови плода до 60 об. %.

**ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ**

Дыхательные движения плода периодические. Они появляются с 11-й недели внутриутробного развития, к концу которого занимают 40 – 60 % всего времени. Частота дыханий очень высока: 40 – 70 в минуту. На 6-м месяце внутриутробного развития се основные механизмы центральной регуляции дыхания уже достаточно сформированы, для того чтобы поддержать ритмическое дыхание в течение 2 – 3 дней, а начиная с 6,5 – 7 месяцев плод может дышать неопределенно долгое время. Дыхательные движения плода происходят при закрытой голосовой щели, поэтому околоплодная жидкость не попадает в дыхательные пути.

Периодическая активность дыхательного центра плода, наблюдаемая при нормальном газовом составе крови, возрастает при гипоксии, ацидозе и гиперкапнии. Влияние этих факторов на частоту дыхания реализуется благодаря непосредственному их действию на дыхательный центр. Сосудистые рефлексогенные зоны плода вследствие своей незрелости не реагируют на изменение газового состава крови.

Значение дыхательных движений заключается в том, что они способствуют развитию легких, дыхательной мускулатуры и кровообращению плода, увеличивая приток крови к сердцу, в результате периодического возникновения отрицательного давления в грудной полости.

Неонатальный период. Структурные особенности дыхательных органов новорожденного весьма своеобразны. Носовые ходы узкие, практически отсутствуют придаточные полости носа и нижний носовой проход, глотка относительно узкая и небольшая, слизистые железы трахеи развиты недостаточно, бифуркация трахеи находится высоко – на уровне III грудного позвонка (у детей 2-6 лет – на уровне IV – V грудного позвонка). Из-за отсутствия (на выходе) эластической тяги легкого ребра у ребенка расположены почти горизонтально, поэтому грудная клетка находится как бы в состоянии постоянного вдоха и в первые дни имеет почти цилиндрическую форму. Однако уже к 10-му дню жизни грудная клетка приобретает форму усеченного конуса, характерную для детского возраста. Почти горизонтальное положение ребер ограничивает экскурсию грудной клетки и обуславливает брюшной (диафрагмальный) тип дыхания. Экскурсия диафрагмы также мала, чему препятствует большая печень новорожденного. Растяжимость легких небольшая, а растяжимость стенок грудной клетки достаточная. Количество альвеол в 10-12 раз меньше, чем у взрослого. Легкие до начала вентиляции заполнены жидкостью, объем которой равен 100 мл. жидкость с началом дыхания новорожденного постепенно выводится из легких.

Первый вдох новорожденного стимулируется в первую очередь изменением газового состава крови и ацидозом, непосредственно воздействующими на дыхательный центр новорожденного, так как артериальные хеморецепторы еще незрелые. Важным фактором, стимулирующим первый вдох, является, кроме того, резкое усиление, наступающее в процессе родов и сразу после рождения, потока афферентных импульсов от холодовых и тактильных рецепторов кожи, от проприорецепторов, вестибулорецепторов. Эти импульсы активируют ЦНС и дыхательный центр. При этом повышается тонус ЦНС и скелетной мускулатуры, в том числе и дыхательной. Перечисленные факторы дополняют друг друга.

После прохождения ребенка через родовые пути сдавленная грудная клетка резко расширяется, что также способствует первому вдоху.

При первом вдохе затрачивается в 10-15 раз больше энергии, чем при последующих. Эта энергия расходуется на преодоление сил сцепления между альвеолами и жидкостью, заполняющей легкие новорожденного. Следует отметить, что силы сцепления были бы еще больше, если бы сурфактант не покрывал тонкой пленкой внутреннюю поверхность альвеол. Энергия расходуется на проталкивание в альвеолы жидкости, находящейся в воздухоносных путях. Ввиду функционально-суженной к моменту рождения голосовой щели первый вдох затруднен.

Отмечается также и своеобразие первого выдоха новорожденного, который также затруднен все еще функционально-суженной голосовой щелью и напряжением голосовых связок, сопровождающих крик ребенка. Особенностью первого выдоха является и то, что выдыхается воздуха в 2-3 раза меньше, чем вдыхается, так как происходит формирование функциональной остаточной емкости. В первые 2-4 дня жизни это различие постепенно уменьшается и исчезает, полностью формируется функциональная остаточная емкость легких ребенка, равная 100-160 мл.

ПОСТНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

**ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ**

*Вентиляция легких*. На ранних этапах онтогенеза характерными чертами дыхания являются частый и очень стабильный его ритм, относительно равное распределение времени между вдохом и выдохом, относительно низкая скорость воздушного потока, короткие дыхательные паузы, небольшой дыхательный объем.

Отношение числа дыханий к числу сердечных сокращений составляет у новорожденного 1:2, в год – 1:3, у взрослого – 1:4.

Частота дыхания зависит от возраста ребенка: чем он меньше, тем частота дыхания больше. В течение первого года жизни ребенок находится как бы в состоянии физиологической одышки. Затем частота дыхания постепенно уменьшается и в возрасте 5-7 лет составляет 25 в минуту, 10-12 лет – 20-22, у подростков 13-15 лет – 19-20 в минуту и только в возрасте 18-20 лет приближается к частоте дыхания взрослого человека – 16-18 раз в минуту.

Частота дыхания у мальчиков до 8 лет несколько больше, чем у девочек. К периоду полового созревания частота дыхания у девочек становится больше, и это соотношение сохраняется всю жизнь. Существует определенная пропорция между частотой дыхания и пульсом. На первом году жизни она равна 1:2,5, в пубертатном возрасте – 1:4.

Дыхательный объем в конце первого года жизни составляет 70 мл, а к 5 годам удваивается. До 8 лет величина вентиляции легких у мальчиков и девочек примерно одинакова. Дыхательный объем в этом возрасте составляет 180 мл, в 14 лет – 300 мл; нормы взрослого (6-8 м3) он достигает в 16-17 лет. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) точно определяется только с 4-6 лет, так как у ребенка более раннего возраста произвольная регуляция глубины дыхания несовершенна; она начинается вместе с развитием речи. У 4-летнего ребенка ЖЕЛ равна 1100 мл, а к 13 годам она удваивается, нормы взрослого (4000-5000 мл) достигает в 17-18 лет.

У детей из-за большой частоты дыхания минутный объем воздуха в пересчете на 1 кг массы тела значительно больше, чем у взрослых. Чем меньше ребенок, тем выше этот показатель. У грудных детей он в 2 раза больше, чем у подростков и юношей. Минутный объем воздуха в возрасте 1 года равен 2,5 м3, в 8 лет – 4,5 м3 и остается примерно таким же до 12 лет; нормы у взрослого (6–9 м3) он достигает в возрасте 16 – 17 лет.

Следует также отметить, что энергия, затрачиваемая на вентиляцию 1 м3 воздуха, у детей значительно больше, чем у взрослых (например, в возрасте 8 лет приблизительно в 2,5 раза). С возрастом эти затраты из-за расширения воздухоносных путей и увеличения растяжимости легкого уменьшаются, сто обуславливается увеличением количества и размеров альвеол, уменьшением силы поверхностного натяжения.

**Показатели вентиляции легких**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Возраст | Частота дыханий в минуту | Дыхательный объем, мл | Минутный объем воздуха | | ЖЕЛ | |
| мл | мл/кг | возраст | мл |
| 1 мес  6 мес  1 год  3 года  6 лет  13 лет  14 лет  Взрослые | 50  40  35  30  25  20  17  16 | 30  54  70  115  160  230  300  500 | 1300  1700  2500  3000  3500  4300  5000  8000 | 190  210  220  220  170  150  130  100 | 1 мес  4 года  6 лет  8 лет  10 лет  12 лет  14 лет  16 лет  Взрослые | 130  1100  1200  1600  1800  2200  2700  3800  4800 |

Тип дыхания в первом полугодии жизни преимущественно брюшной (диафрагмальный). Грудной (легочный) тип дыхания затруднен, так как верхние ребра, рукоятка грудины, ключицы и весь плечевой пояс расположены высоко. Ребра занимают почти горизонтальное положение. Дыхательная мускулатура грудной клетки слаба. С момента, когда ребенок все чаще занимает вертикальное положение и начинает ходить, дыхание становится грудно-брюшным. С 3 – 7 лет в связи с развитием мышц плечевого пояса грудной тип дыхания начинает преобладать над брюшным. Половые различия в типе дыхания начинают выявляться с 7 – 8-летнего возраста и полностью формируются к 14 – 17 годам. У девушек наблюдается грудной, а у юношей – брюшной тип дыхания. Однако у некоторых девушек в период созревания отчасти преобладает брюшное дыхание. В таких случаях оно наблюдается у них и в зрелом возрасте.

**ДЫХАНИЕ ПРИ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ**

При физической нагрузке увеличение легочной вентиляции у детей осуществляется за счет учащения дыхания, а не за счет увеличения глубины дыхания, поэтому эффективность такого дыхания ниже, чем у взрослых.

Артериовенозная разница по О2 и коэффициент утилизации О2 тканями при физической нагрузке у детей также увеличиваются меньше. Так, при нагрузке с максимальным потреблением кислорода общая артериовенозная разница по кислороду у детей увеличивается до 8 об. %, у взрослых – до 12 об. % (у спортсменов – даже до 18 об. %). Это означает, что при такой нагрузке использование кислорода из артериальной крови у детей едва достигает 50%, тогда как у взрослых – 70% (у спортсменов – 85-90%). Наибольшая кислородная емкость крови, меньшая утилизация кислорода приводят к тому, что у детей и подростков при физической нагрузке кровообращение не столь эффективно в отношении доставки О2 к тканям, как у взрослых. Так, при нагрузке субмаксимальной интенсивности ткани ребенка 8 – 9 лет извлекают 1 м3 кислорода из 12 л крови, а ткани взрослого – из 8 л. В результате этого у детей при физической нагрузке больше, чем у взрослых, усиливается работа сердца и ткани организма обеспечиваются кислородом в достаточной мере. Иначе говоря, механизмы обеспечения кислородом организма детей и подростков при мышечной деятельности менее эффективны и менее экономичны, нежели у взрослых. С возрастом повышаются эффективность и экономичность кислородного обеспечения организма, но в период полового созревания эти показатели снижаются, значительно ухудшается качество их регулирования. Последнее особенно проявляется при физической нагрузке. Дыхательная система детей заканчивает свое созревание и достигает по всем показателям уровня взрослого человека к 18 – 20 годам.

**ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ**

В альвеолярном воздухе у детей парциальное давление О2 выше, а СО2 ниже, чем у взрослых, что объясняет более интенсивной вентиляцией легких. Градиент парциального давления и напряжения кислорода, обеспечивающего его диффузию, у детей больше, чем у взрослых. Напряжение О2 в венозной крови у детей 5-летнего возраста около 35 мм рт. ст. (у взрослых – 40 мм рт. ст.).

Газовый состав вдыхаемого воздуха у детей в возрасте до 3 лет существенно отличается от такового у взрослых. Процентное содержание кислорода в выдыхаемом воздухе тем выше, чем младше ребенок. Так, у месячного ребенка оно равно 18,5 %, у 3-летнео – 18 %, у взрослого – 16 %. Процентное содержание СО2 в выдыхаемом воздухе меньше всего у самых маленьких детей.

В возрасте 1 мес оно равно 2 %, затем постепенно нарастает и к 16 – 17 годам достигает нормы взрослого человека (4,5 %).

В легких детей условия для газообмена лучше взрослых, так как диффузионная поверхность относительно массы и поверхности тела объемная скорость движения крови по сосудам легких больше, чем у взрослых. Широкая сеть капилляров легких ребенка обеспечивает относительно большую поверхность соприкосновения крови с альвеолярным воздухом. Однако процент извлечения О2 из альвеолярного воздуха кровью ребенка значительно меньше, чем у взрослого

**Состав выдыхаемого и альвеолярного воздуха и извлечение О2 кровью**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Возраст | О2, % | | | СО2, % | |
| альвеолярный | выдыхаемый | Извлечение О2 кровью | альвеолярный | выдыхаемый |
| 1 мес  6 мес  1 год  3 года  6 лет  10 лет  14 лет  Взрослые | 17,8  17,3  17,2  16,8  16,5  16,1  15,5  14 | 18,4  18,1  18  17,9  17,6  17,4  17,1  16 | 2,5  2,8  2,9  3  3,3  3,5  3,8  4,9 | 2,8  3  3  3,6  3,9  4,2  4,9  5,5 | 2,0  2,2  2,4  2,8  2,0  3,1  3,5  4,5 |

Например, у 3-летнего ребенка этот показатель равен 3 %, у взрослого – 4,9 %, что объясняется меньшей кислородной емкостью крови детей. Однако дети не страдают от недостатка кислорода, что объясняется особенностями транспорта газов в этом возрасте.

Особенности регуляции дыхания у детей определяются незрелостью ЦНС и дыхательного центра, а также незрелостью сосудистых рефлексогенных зон, и в первую очередь аортальной и синокаротидных. Возбудимость дыхательного центра у детей снижена. С годами она повышается и к школьному возрасту становится такой же, как у взрослых.

**РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ**

Регуляция дыхания осуществляется центральной нервной системой, специальные области которой обуславливают *автоматической* дыхание – чередование вдоха и выдоха и *произвольное* дыхание, обеспечивающее приспособительные изменения в системе органов дыхания, соответствующие конкретной внешней ситуации и осуществляемой деятельности. Группа нервных клеток, ответственная за осуществление дыхательного цикла, называется дыхательным центром. Дыхательный центр расположен в продолговатом мозге, его разрушение приводит к остановке дыхания.

Дыхательный центр находится в состоянии постоянной активности: в нем ритмически возникают импульсы возбуждения. Эти импульсы возникают автоматически. Даже после полного выключения центростремительных путей, идущих к дыхательному центру, в нем можно зарегистрировать ритмическую активность. Автоматизм дыхательного центра связывают с процессом обмена веществ в нем. Ритмические импульсы передаются из дыхательного центра по центробежным нейронам к межребным мышцам и диафрагме, обеспечивая последовательное чередование вдоха и выдоха.

Деятельность дыхательного центра регулируется рефлекторно, импульсацией, поступающей из различных рецепторов, и гуморально, изменяясь в зависимости от химического состава крови.

*Рефлекторная регуляция*. К рецепторам, возбуждение которых по центростремительным путям поступает в дыхательный центр, относятся хеморецепторы, расположенные в крупных сосудах (артериях) и реагирующие на снижение напряжения в крови кислорода и увеличения концентрации двуокиси углерода, и механорецепторы легких и дыхательных мышц. На регуляцию дыхания оказывают влияние также рецепторы воздухоносных путей. Рецепторы легких и дыхательных мышц имеют особое значение в чередовании вдоха и выдоха, от них в большей степени зависит соотношение этих фаз дыхательного цикла, их глубина и частота.

При вдохе, когда легкие растягиваются, раздражаются рецепторы в их стенках. Импульсы от рецепторов легких по центростремительным волокнам блуждающего нерва достигают дыхательного центра, тормозят центр вдоха и возбуждают центр выдоха. В результате дыхательные мышцы расслабляются, грудная клетка опускается, диафрагма принимает вид купола, объем грудной клетки уменьшается и происходит выдох. Выдох, в свою очередь, рефлекторно стимулирует вдох.

В регуляции дыхания принимает участие кора головного мозга, обеспечивающая тончайшее приспособление дыхания к потребностям организма в связи с изменениями условий внешней среды и жизнедеятельности организма. Человек может произвольно, по своему желанию на время задержать дыхание, изменить ритм и глубину дыхательных движений. Влияниями коры головного мозга объясняются предстартовые изменения дыхания у спортсменов – значительное углубление и учащение дыхания перед началом соревнования. Возможна выработка условных дыхательных рефлексов. Если к вдыхаемому воздуху добавить 5 – 7 % углекислого газа, который в такой концентрации учащает дыхание, и сопровождать вдох стуком метронома или звонком, то через несколько сочетаний один только звонок или стук метронома вызовет учащение дыхания.

*Особенности регуляции дыхания в детском возрасте*. К моменту рождения ребенка его дыхательный центр способен обеспечивать ритмичную смену фаз дыхательного цикла (вдох и выдох), но не так совершенно, как у детей старшего возраста. Это связано с тем, что к моменту рождения функциональное формирование дыхательного центра еще не закончилось. Об этом свидетельствует большая изменчивость частоты, глубины, ритма дыхания у детей раннего возраста. Возбудимость дыхательного центра у новорожденных и грудных детей низкая. Дети первых лет жизни отличаются более высокой устойчивостью к недостатку кислорода, чем дети более старшего возраста.

Формирование функциональной деятельности дыхательного центра происходит с возрастом. К 11 годам уже хорошо выражена возможность приспособления дыхания к различным условиям жизнедеятельности.

Чувствительность дыхательного центра к содержанию углекислого газа повышается с возрастом и в школьном возрасте достигает примерно уровня взрослых. Следует отметить, что в период полового созревания происходят временные нарушения регуляции дыхания и организм подростков отличается меньшей устойчивостью к недостатку кислорода, чем организм взрослого человека. Увеличивающаяся по мере роста и развития организма потребность в кислороде обеспечивается совершенствованием регуляции дыхательного аппарата, приводящей к возрастающей экономизации его деятельности. По мере созревания коры больших полушарий совершенствуется возможность произвольно изменять дыхание – подавлять дыхательные движения или производить максимальную вентиляцию легких.

У взрослого человека во время мышечной работы увеличивается легочная вентиляция в связи с учащением и углублением дыхания. Такие виды деятельности, как бег, плавание, бег на коньках и лыжах, езда на велосипеде, резко повышают объем легочной вентиляции. У тренированных людей усиление легочного газообмена идет главным образом за счет увеличения глубины дыхания. Дети же в силу особенностей их аппарата дыхания не могут при физических нагрузках значительно изменить глубину дыхания, а учащают дыхание. И без того частое и поверхностное дыхание у детей при физических нагрузках становится еще более частым и поверхностным. Это приводит к более низкой эффективности вентиляции легких, особенно у маленьких детей.

Организм подростка, в отличие от взрослого, быстрее достигает максимального уровня потребления кислорода, но и быстрее прекращает работу из-за неспособности долго поддерживать потребление кислорода на высоком уровне.

Произвольные изменения дыхания играют важную роль при выполнении ряда дыхательных упражнений и помогают правильно сочетать определенные движения с фазой дыхания (вдохом и выдохом).

Одним из важных факторов в обеспечении оптимального функционирования дыхательной системы при различного вида нагрузках является регуляция соотношения вдоха и выдоха. Наиболее эффективным и облегчающим физическую и умственную деятельность является дыхательный цикл, в котором выдох длиннее вдоха.

Список литературы

1. Н. И. Обреимова, А. С. Петрухин «Основы анатомии, физиологии и гигиены детей и подростков», Москва, 2000 г.
2. А. Г. Хрипкова, М. В. Антропова, Д. А. Фарбер «Возрастная физиология и школьная гигиена», Москва «Просвещение» 1990 г.
3. «Энциклопедия для детей. Человек» том 18 часть 1, Москва «Аванта+» 2001 г.
4. Е. И. Антоненко, Т. П. Степанова «Медицинская азбука», 1993 г.
5. Остапов Н. А., Бугаева С. В. «Детские болезни», 2003 г.
6. Романовский В. Е. «Клинический справочник фельдшера», 1995 г.