**ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ**

**Жизнедеятельность живого организма связана с поглощением им О2 и выделением СО2. Поэтому в понятие «дыхание» входят все процессы, связанные с доставкой О2 из внешней среды внутрь клетки и выделением СО2 из клетки в окружающую среду.**

**У человека различают дыхание: 1) внутреннее (клеточное, тканевое); 2) транспорт газов кровью или другими жидкостями тела; 3) внешнее (легочное). Фактически все звенья газотранспортной системы организма, включая регуляторные механизмы, призваны обеспечить концентрацию кислорода в клетках, необходимую для поддержания активности дыхательных ферментов.**

**Перенос О2 из альвеолярного воздуха в кровь и СО2 из крови в альвеолярный воздух происходит исключительно путем диффузии. Движущей силой диф-фузии является разница парциального давления О2 и СО2 по обеим сторонам альвеолокапиллярной мембраны. Кислород и углекислый газ диффундируют через слой тонкой пленки фосфолипидов (сурфактанта), альвеолярный эпителий, две основные мембраны, эндотелий кровеносного капилляра. Диффузионная способность легких для кислорода значительная. Это обусловлено большим количеством альвеол и их значительной газообменной поверхностью, а также небольшой толщиной (около 1 мкм) альвеолокапиллярной мембраны. Время прохождения крови через капилляры легких составляет около 1 с, напряжение газов в артериальной крови, которая оттекает от легких, полностью соответствует парциальному давлению в альвеолярном воздухе. Если вентиляция легких недостаточная и в альвеолах увеличивается содержание СО2, то уровень концентрации СО2 сразу же повы-шается в крови, что приводит к учащению дыхания.**

**В легких кровь из венозной превращается в артериальную, богатую О2 и бедную СО2. Артериальная кровь поступает в ткани, где в результате беспрерывно проходящих процессов используется О2 и образуется СО2. В тканях напряжение О2 близко к нулю, а напряжение СО2 около 60 мм рт. ст. В результате разности давления СО; из ткани диффундирует в кровь, а О2 — в ткани. Кровь становится венозной и по венам поступает в легкие, где цикл обмена газов повторяется вновь.**

**Газы очень слабо растворяются в жидкостях. Так, только небольшая часть О2 (около 2 %) растворяется в плазме, а СО2 — 3—6%. Основная часть гемоглобина транспортируется в форме непрочного соединения гемоглобина, который содержится в эритроцитах. В молекулу этого дыхательного пигмента входят специфический белок — *глобин* и простетическая группа — *гем,* которая содержит двухвалентное железо. При присоединении кислорода к гемоглобину образуется *оксигемоглобин,* а при отдаче кислорода — *дизоксигемоглобин.* Например, 1 г гемоглобина способен связать 1,36 мл газообразного О2 (при атмосферном давлении). Если учесть, что в крови человека содержится около 15 % гемоглобина, то 100 мл его крови могут перенести до 21 мл О2. Это так называемая *кислородная емкость крови.* Оксигенация гемоглобина зависит от парциального давления О2 в среде, с которой контактирует кровь. Сродство гемоглобина с кислородом измеря-ется величиной парциального давления кислорода, при которой гемоглобин насыщается на 50 % (Р50); У человека в норме она составляет 26,5 мм рт. ст. для артериальной крови.**

**Гемоглобин особенно легко соединяется с угарным газом СО (оксид углеро-да) с образованием *карбоксигемоглобина,* не способного к переносу О2. Его химическое сродство к гемоглобину почти в 300 раз выше, чем к О2. Так, при концентрации СО в воздухе, равной 0,1 %, около 80 % гемоглобина крови оказывается в связи не с кислородом, а с угарным газом. Вследствие этого в организме человека возникают симптомы кислородного голодания (рвота, головная боль, потеря сознания). Легкая степень отравления угарным газом является обратимым процессом: СО постепенно отщепляется от гемоглобина и выводится при дыхании свежим воздухом.**

**При концентрации СО, равной 1 %, через несколько секунд наступает ги-бель организма.**

**Углекислый газ обладает способностью вступать в разные химические свя-зи, образуя в том числе и нестойкую угольную кислоту. Это обратная реакция, которая зависит от парциального давления СО2 в воздушной среде. Она резко увеличивается под действием фермента *карбоангидразы,* который находится в эритроцитах, куда СО2 быстро диффундирует из плазмы. Около 4/5 углекислого газа транспортируется в виде гидрокарбоната НСО—3. Связыванию СО2 способствует снижение кислотных особенностей гемоглобина. Угольная кислота в тканевых капиллярах реагирует с ионами натрия и калия, образуя бикарбонаты (NaHCО-3, КНСО-3). Углекислый газ транспортируется к легким в физически растворенном виде и в непрочном химическом соединении в виде карбогемоглобина, угольной кислоты и бикарбонатов калия и натрия. Около 70 % его находится в плазме, а 30 % — в эритроцитах.**

**Координированные сокращения дыхательных мышц обусловлены ритмич-ной деятельностью нейронов дыхательного центра, который находится в продолговатом мозre. Кроме того, к звену аппарата регуляции дыхания относятся хеморецепторные и механорецепторные системы, обеспечивающие нормальную работу дыхательного центра в соответствии с потребностями организма в обмене газов. К *дыхательным нейронам* относятся нервные клетки, импульсная активность которых изменяется в соответствии с фазами дыхательного цикла. Различают *инспираторные нейроны,* которые активны только в фазе вдоха, и *экспираторные,* активные во время выдоха. Активность дыхательных нейронов зависит также от импульсов, исходящих от хемо-и механорецепторов дыхательной системы. Основным регулятором активности центрального дыхательного механизма является афферентная сигнализация о газовом составе крови, которая поступает от центральных (бульбарных) и периферических (артериальных) хеморецепторов.**

**Главный стимул, который управляет дыханием, — высокое содержание СО2 (гиперкапния) в крови и в неклеточной жидкости мозга. Чем сильнее возбуждение бульбарных хемочувствительных структур и артериальных хеморецепторов, тем выше происходит вентиляция. Незначительное влияние на регуляцию дыхания оказывает гипоксия. Стимулирует дыхание сочетание гиперкапнии и гипоксии; интенсификация окислительных процессов ведет не только к увеличению поглощения из крови кислорода, но и к возрастанию в ней углекислого газа и кислых продуктов обмена.**

**Механорецепторы дыхательной системы, во-первых, участвуют в регуляции параметров дыхательного цикла — регуляции глубины вдоха и его продолжительности; во-вторых, эти рецепторы являются рецепторами рефлексов защитного характера — кашля. К механорецепторам относятся рецепторы растяжения легких, иритантные, юкстаальвеолярные, рецепторы верхних дыхательных путей и проприорецепторы дыхательных мышц. Рецепторы растяжения легких находятся в основном в гладкомышечном слое стенок трахеобронхиального дерева и чувствительны к давлению и растяжению. Иритантные рецепторы расположены в эпителиальном и субэпителиальном слоях стенок воздухоносных путей. Они чувствительны к частицам пыли, слизи, химических веществ, а также реагируют на резкие изменения объема легких (спадение). Юкстаальвеолярные рецепторы локализуются в интерстиции легких вблизи альвеолярных капилляров и дают начало немиелинизированным С-волокнам, которые идут в блуждающий нерв. Эти рецепторы чувствительны к ряду биологически активных веществ (никотину, гистамину и др.). Рецепторы верхних дыхательных путей являются в основном источником защитных рефлексов (кашель, чиханье, глотание). Проприорецепторы дыхательных мышц контролируют деятельность этих мышц под влиянием центральных дыхательных нейронов.**

**Таким образом, в регуляции дыхания участвуют различные по характеру и местонахождению как нервные, так и гуморальные структуры, которые создают оптимальные условия для газообмена.**

**Человек в состоянии покоя вдыхает и выдыхает около 500 мл воздуха. Этот объем воздуха называется *дыхательным.* Если после спокойного вдоха сделать усиленный дополнительный вдох, то в легкие может поступить еще 1500 мл воздуха. Такой объем называют *резервным объемом вдоха.* После спокойного выдоха при максимальном напряжении дыхательных мышц можно выдохнуть еще 1500 мл воздуха. Этот объем носит название *резервного объема выдоха.* После максимального выдоха в легких остается около 1200 мл воздуха — *остаточный объем.* Сумма резервного объема выдоха и остаточного объема составляет около 250 мл — функциональную остаточную емкость легких (альвеолярный воздух). Жизненная емкость легких — это в сумме дыхательный объем воздуха, резервный объем вдоха и резервный объем выдоха (500 + 1500 + 1500).**

**Жизненную емкость легких и объем легочного воздуха измеряют при по-мощи специального прибора — *спирометра* (или *спирографа).***

**Дыхание изменяется при повышенном или пониженном атмосферном дав-лении. Так, при работе под водой на глубине (водолазы, акванавты) необходимо доставить дыхательную смесь, которая бы соответствовала гидростатическому давлению на данной глубине, иначе дыхание будет невозможным. При увеличении глубины на каждые 10 м давление возрастает на 1 атм (0,1 мПа). Таким образом, на глубине 100 м человеку необходима дыхательная смесь, превышающая атмосферное давление приблизительно в 10 раз. Пропорционально возрастает и плотность этой смеси, что создает дополнительное препятствие для дыхания. Поэтому на глубине более 60—80 м в крови и тканях людей растворяется большое количество газов, в том числе и азота. При быстром переходе от повышенного давления к нормальному в организме человека образуется много газовых пузырьков из азота, которые закупоривают капилляры и нарушают кровообращение. По-степенное снижение давления в декомпрессионной камере способствует выведению азота через легкие.**

**Для предупреждения отрицательного влияния азота на организм человека азот полностью или частично заменяют гелием, плотность которого в 7 раз мень-ше, чем у азота.**

**Нахождение человека на больших высотах сопровождается снижением пар-циального давления кислорода во вдыхаемом воздухе и альвеолярном газе. Так, на высоте 4000 м над уровнем моря давление атмосферное О2 и альвеолярное О2 снижается более чем в 1,5 раза в сравнении с нормой. При этом у человека может наблюдаться недостаточное обеспечение кислородом организма, особенно головного мозга, проявляющееся одышкой, нарушениями центральной нервной системы (головная боль, тошнота, бессонница) и др. Индивидуальная устойчивость организма человека в полной мере зависит от его адаптации. Однако на высоте 7000—8000 м, где атмосферное и альвеолярное давление Од падает почти втрое, дыхание считается небезопасным для жизни без употребления газовой смеси с ки-слородом.**