АНАТОМИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И ГИГИЕНА ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ И ГОЛОСОВОГО АППАРАТА

Значение органов дыхания в жизнедеятельности и развитии организма. Органы дыхания осуществляют газообмен между атмо­сферным воздухом и организмом. Ё легких кислород из воздуха, поглощаемого при вдохе, переходит в кровь и доставляется в клетки. Здесь большая часть кислорода связывается с углеродом и водородом которые выделяются в процессе обмена веществ из высокомолекулярных органических соединений, входящих в состав клеток. Образующиеся при этом углекислый газ и водяные пары удаляются из легких при выдохе. Меньшая часть кислорода входит в состав клеток организма. Энергия, освобождающаяся при расщеплении органических веществ, используется для жизнедея­тельности, для восстановления разрушающихся клеток и развития организма. Дыхание разделяют на внешнее, или легочное — газообмен между атмосферным воздухом и кровью, и внутреннее, или ткане­вое газообмен между кровью и тканями, обеспечивающий обмен веществ в клетках. Без дыхания жизнь человека невозможна; через короткое время после его прекращения останавливается сердце и начинается раз­рушение организма, в первую очередь клеток нервной системы. Особенно велико значение дыхания для растущего организма де­тей, так как рост и развитие осуществляются в результате интен­сивного обмена веществ. Химический состав атмосферного воздуха и его значение для здоровья. Вдыхаемый воздух состоит (в % к общему объему) из кислорода — – 20,95 %, углекислого газа — 0,03—0,04 %, азота — 79,02% и водяных паров — 0,47%. Кроме того, в нем в небольших количествах содержатся гелий, озон, водород и другие газы. Со­держание кислорода в воздухе относительно постоянно; оно изме­няется только при подъеме на большие высоты или в герметически изолированных помещениях. Озон (О3) образуется из кислорода при электрических разрядах, например во время грозы и при ультрафиолетовой радиации; он обеззараживает воздух. Допустимое для здоровья предельное содержание СО2, при котором уже должны быть приняты меры для его снижения, — не свыше 0,1%. 155 Окись углерода (СО) опасна для жизни; признаки отравления появляются при содержании 0,01, а максимально переносимое со­держание— 0,02 объемного процента. Азот не оказывает влияния на здоровье, но при повышении его давления выше 8 атмосфер он производит наркотическое дей­ствие. Примеси аммиака и сероводорода, появляющиеся в воздухе при гниении органических веществ, содержащих азот, требуют улучшения его состава, так как могут вызвать отравление. Допу­стима концентрация пыли в воздухе не свыше 2 мг/м3, сернистого ангидрида — 0,05 мг/м3. В чистом воздухе жилых помещений со­держится в 1 м3 летом до 1500, а зимой до 4500 микроорганизмов. Количество водяных паров в воздухе зависит от его темпера­туры. При определении влажности воздуха учитывается содержа­ние водяных паров в г/м3. Различают абсолютную влажность — количество водяных паров при данной температуре, максимальную влажность — предельное количество водяных паров и относитель­ную влажность — процентное отношение абсолютной влажности к максимальной. Физиологическая относительная влажность — это процентное отношение абсолютной влажности при данной темпе­ратуре воздуха к максимальной влажности при температуре тела человека (37° С). В покое и при работе наиболее благоприятна для человека физиологическая относительная влажность воздуха 40—60% при температуре 16—18° С. Атмосферное давление воз­духа на уровне моря при температуре 0°С равно в среднем 1 кг/см2 поверхности тела, что соответствует давлению 760 мм рт. ст. Так как в среднем поверхность тела взрослого че­ловека 1,5 м2, то давление воздуха на поверхность его тела равно примерно 15 тыс. кг. Скорость движения воздуха (м/сек): при штиле — 0—0,5, тихом ветре — 0,6—1,7, легком — 1,8—3,3, слабом — 3,4—5,2, умерен­ном — 5,3—7,4, свежем — 7,5—9,8, сильном — 9,9—12,4. Чем выше местоположение над уровнем моря, тем больше скорость ветра. «Розой ветров» называют диаграмму повторяемости ветров раз­ных направлений, или румбов, в данной местности за определен­ный промежуток времени. «Роза ветров» учитывается при плани­ровке здания школы, спортивных сооружений и т. д. Атмосферный воздух в результате распада молекул содержит положительные и отрицательные ионы. Ионы оседают на пыли, на частицах тумана, образуя так называемые тяжелые ионы. Чем больше тяжелых ионов, тем сильнее загрязнен воздух. Основными источниками являются промышленные выбросы (газы, пары, дым). По мере увеличения высоты число ионов возрастает. Считается, что отрицательно ионизированный воздух оказывает благоприят­ное влияние на самочувствие и работоспособность, а положительно ионизированный — неблагоприятное. Ионизация воздуха в откры­той атмосфере вызывается ультрафиолетовой радиацией, радиоак­тивным излучением и т. д. В среднем количество ионов 400— 700 пар в 1 см3 воздуха, с преобладанием положительных. Радио­активность воздуха зависит от взрывов атомного и водородного 156 оружия. Наиболее опасны долгоживущие изотопы, которые накап­ливаются в организме. Среди них первое место по опасности зани­мает стронций-90, период полураспада которого почти 30 лет. В тех странах, где часто производятся взрывы ядерного оружия, его количество в воздухе во много раз больше. Рис. 62. Гортань, трахея и бронхи: / — подъязычная кость, 2 — щи­товидный хрящ, 3 — перстне­видный хрящ, 4 — трахея, 5 — левый бронх, 6 — развет­вления бронхов Строение органов дыхания и голосового аппарата. При дыхании с закрытым ртом воздух поступает в носовую полость, а с откры­тым — в ротовую полость. В образова­нии носовой полости участвуют кости и хрящи, из которых также состоит скелет носа. Большая часть слизистой оболочки носовой полости покрыта многорядным мерцательным цилиндрическим эпите­лием, в котором находятся слизистые железы, а меньшая часть содержит обо­нятельные клетки. Благодаря движению ресничек мерцательного эпителия пыль, попадающая с вдыхаемым воздухом, вы­водится наружу. Полость носа делится носовой перегородкой пополам. В каж­дой половине имеется по три носовые раковины — верхняя, средняя и нижняя. Они образуют 3 носовых хода: верх­ний— под верхней раковиной,средний — под средней раковиной и нижний — между нижней раковиной и дном носо­вой полости. Вдыхаемый воздух посту­пает через ноздри и после прохождения по носовым ходам каждой половины но­совой полости, выходит из нее в носо­глотку через два задних отверстия — хоаны. В носовую полость открывается носослезный канал, по которому выводится избыток слез. К носовой полости прилегают прида­точные полости, или пазухи, соединен­ные с ней отверстиями: верхнечелюст­ная, или гайморова, — в теле верхней челюсти, клиновидная — в клиновидной кости, лобная — в лобной кости и решетчатый ла­биринт— в решетчатой. Вдыхаемый воздух, соприкасаясь со слизистой оболочкой по­лости носа и придаточных полостей, в которой имеются много­численные капилляры, согревается и увлажняется. Носоглотка является верхним отделом глотки, который прово­дит воздух из носовой полости в гортань, прикрепленную к подъязычной кости. Гортань составляет начальную часть соб­ственно дыхательной трубки, продолжающейся в трахею, и одно­временно функционирует как голосовой аппарат (рис. 62). Она состоит из трех непарных и трех парных хрящей, соединенных 157 связками. К непарным относятся щитовидный, перстневидный и надгортанный хрящи, к парным— черпаловидные, рожковидные и клиновидные. Основной хрящ —перстневидный. Узкой своей ча­стью он обращен кпереди, а широкой — к пищеводу. Сзади на перстневидном хряще расположены, симметрично с правой и левой стороны, подвижно сочлененные с его задней частью два черпаловидных хряща треугольной формы. При сокращении мышц, оття­гивающих назад наружные концы черпаловидных хрящей, и рас­слаб лени и межхрящевых мышц происходит поворот этих хрящей вокруг оси и широкое раскрытие голосовой щели, необходимое для вдоха. При сокращении мышц между черпаловидными хрящами и натяжении связок голосовая щель имеет вид двух туго натяну­тых параллельных мышечных валиков, препятствующих току воз­духа из легких. Истинные голосовые связки расположены в сагиттальном на­правлении от внутреннего угла соединения пластинок щитовидного хряща к голосовым отросткам черпаловидных хрящей. В состав истинных голосовых связок входят внутренние щиточерпаловидные мышцы. Между степенью натяжения голосовых связок и давлением воздуха из легких устанавливается определенное соотно­шение. Чем сильнее смыкаются связки, тем сильнее давит на них выходящий из легких воздух. Эта регуляция осуществляется мыш­цами гортани и имеет значение для образования звуков. Следова­тельно, гортань является одновременно и органом дыхания, и голосовым аппаратом. При глотании вход в гортань закрывается надгортанником. Слизистая оболочка гортани покрыта многорядным мерцательным эпителием, а голосовых связок — многослой­ным плоским эпителием. В слизистой оболочке гортани расположены разнообразные рецепторы, воспринимающие тактильные, температурные, химиче­ские и болевые раздражения; они образуют две рефлексогенные зоны. Часть рецепторов гортани располагается поверхностно, где слизистая оболочка покрывает хрящи, а другая часть — глубоко в надхрящнице, в местах прикрепления мышц, в заостренных ча­стях голосовых отростков. Обе группы рецепторов находятся на пути вдыхаемого воздуха и участвуют в рефлекторной регуляции дыхания и в защитном рефлексе закрытия голосовой щели. Эти рецепторы, сигнализируя также об изменениях положения хрящей и сокращениях мышц, участвующих в голосообразовании, рефлекторно регулируют голосообразование. Существует еще и третья зона однообразных рецепторов, рас­полагающихся на пути выдыхаемого воздуха и раздражаемых колебаниями давления воздуха на выдохе, которая участвует в го­лосообразовании вместе с рецепторами первой и второй зон и осо­бенно с глубокими рецепторами. Большая часть центростремитель­ных нервных волокон, передающих импульсы из рецепторов гор­тани, находится в верхнем гортанном нерве, а меньшая— в нижнем гортанном, или возвратном, нерве. Оба нерва являются ветвями 158 блуждающих нервов. Симпатические нервы иннервируют мышцы гортани, слизистые железы и кровеносные сосуды. Гортань переходит в дыхательное горло, или трахею, которая у взрослого имеет длину 11 —13 см и состоит из 15—20 полуколец из гиалинового хряща, соединенных перепонками из соединитель­ной ткани. Сзади хрящи не замкнуты, поэтому пищевод, распола­гающийся позади трахеи, может при глотании входить в ее про­свет. Слизистая оболочка трахеи покрыта многорядным мерца­тельным эпителием, реснички которого, так же как и реснички мерцательного эпителия гортани, создают в сторону глотки ток жидкости, выделяемой железами; он удаляет пылевые частицы, осевшие из воздуха. Мощное развитие эластических волокон пре­пятствует образованию складок слизистой оболочки, уменьшаю­щих доступ воздуха. В волокнистой оболочке, расположенной кнаружи от хрящевых полуколец, находятся кровеносные сосуды и нервы. Трахея разветвляется на два главных бронха; каждый из них входит в ворота одного из легких и делится на три ветви в правом легком, состоящем из трех долей и две ветви в левом легком, со­стоящем из двух долей. В свою очередь эти ветви распадаются на более мелкие. Стенка крупных бронхов имеет такое же строе­ние, как и трахея, но в ней расположены хрящевые замкнутые кольца, а в стенке мелких бронхов есть гладкие мышечные во­локна. Наиболее мелкие бронхи—диаметром до 1 мм, называ­ются бронхиолами. Внутренняя оболочка бронхов состоит из мер­цательного эпителия. Каждая бронхиоля входит в дольку легких (доли легких состоят из сотен долек). Бронхиоль в дольке де­лится на\_12—18 концевых бронхиолей, а концевые — на альвеоляр­ные бронхиолы. И, наконец, альвеолярные бронхиолы разветвля­ются на альвеолярные ходы, состоящие из альвеол. Толщина эпителиального слоя альвеолы 0,004 мм. К альвеолам прилегают капилляры. Через стенки альвеол и капилляров совершается га­зообмен. Число альвеол приблизительно 700 млн. Общая поверх­ность всех альвеол у мужчины — до 130 м2, а у женщины до 103,5 м2. Снаружи легкие покрыты воздухонепроницаемой серозной оболочкой, состоящей из соединительной ткани — легочной, или висцеральной, плеврой, которая переходит в плевру, покрываю­щую изнутри грудную полость — пристеночную, или париетальную, плевру. Механизм дыхания. В акте дыхания легкие участвуют пассивно; они не могут расширяться и сжиматься активно, так как в них нет мускулатуры. Поступление воздуха в легкие при вдохе и уда­ление его при выдохе происходит в результате увеличения и умень­шения объема грудкой клетки благодаря сокращению и расслаб­лению дыхательных мышц, играющих в акте дыхания активную роль. Спокойный вдох вызывается сокращением вдыхательных мышц: диафрагмы, наружных межреберных и межхрящевых. Усиленный вдох вызывается сокращением диафрагмы, трех пар лестничных мышц, грудино-ключично-сосцевидных, поднимателей 159 ребер, наружных межреберных и межхрящевых, задних верхних зубчатых, поднимателей лопаток, широких мышц спины, трапецие­видных, большой и малой грудных. При вдохе сокращение дыха­тельных мышц приводит к увеличению размеров грудной клетки в переднезаднем и поперечном направлениях за счет поднятия и расхождения ребер и в вертикальном направлении за счет со­кращения диафрагмы (рис. 63). Сокращение дыхательных мышц: 1) преодолевает тяжесть грудной клетки, 2) производит эластическое скручивание ребер­ных хрящей, 3) опускает брюшные внутренности и эластически растягивает брюшную стенку. Вдох короче выдоха приблизительно в полтора раза. Спокойный выдох происходит при расслаблении /7 Рис. 63. Положение грудной клетки при выдохе (А) и вдохе (Б) и диафрагмы при выдохе (а), обычном вдохе (б) и глубоком вдохе (в) дыхательных мышц. При выдохе: 1) грудная клетка вследствие своей тяжести опускается, 2) реберные хрящи вследствие прекра­щения их скручивания распрямляются, и ребра опускаются книзу, 3) внутрибрюшное давление выпячивает расслабленную диа­фрагму кверху. В результате происходит уменьшение всех разме­ров грудной клетки. Усиленный выдох вызывается сокращением внутренних межре­берных мышц, наружного и частично среднего отдела крестцово-остистых, задних нижних зубчатых, косых и прямой мышц живота. В результате больше, чем при спокойном выдохе, уменьшаются размеры грудной клетки, увеличивается давление в брюшной по­лости и выпячивается купол диафрагмы. Легкие следуют за движениями грудной клетки: при вдохе они эластически растягиваются, а при выдохе сжимаются. Растягива­ние легких при увеличении размеров грудной клетки происходит благодаря отрицательному давлению в грудной полости между листками висцеральной и париетальной плевры. Еще после пер­вого крика при рождении легкие растягиваются воздухом и не 160 возвращаются в исходное сжатое состояние, как у плода. Так как грудная клетка растет быстрее легких, то по мере роста организма легкие все больше растягиваются и в них остается «воздух даже после самого усиленного выдоха. А растянутые легкие, вследствие обилия в них эластических волокон, стремятся вернуться в исход­ное состояние. Поэтому эластическая тяга легких всегда направ­лена к сжатию — от грудной клетки внутрь. Эта эластическая тяга легких к сжатию увеличивается при вдохе, так как при вдохе лег­кие еще больше растягиваются. Величина эластической тяги лег­ких вычитается из атмо­сферного давления. Рис. 64. Изменения давления в дыхательных путях и в плевральной полости во время вдоха и выдоха: / — давление в дыхательных путях, 2 —давление в плевральной полости Следует учесть, что груд­ная полость, в которой на­ходятся легкие, не сообщает­ся с окружающей средой; она герметически замкнута. В результате при спокойном вдохе давление между лист­ками плевры меньше атмо­сферного на 4,5 мм рт. ст., а при спокойном выдохе — на 3 мм рт. ст. При усилен­ном вдохе оно может стано­виться меньше атмосферно­го до 50 мм рт. ст. и больше (рис. 64). Так как давление внутри легких вследствие их сообщения с окружаю­щей средой равно атмо­сферному, а давление сна­ружи легких, между лист­ками плевры, меньше атмо­сферного, то более высокое давление внутри легких все­гда прижимает висцераль­ный листок плевры к париетальному, и легкие у здорового чело­века не отходят от стенок грудной клетки. Если произошел про­кол грудной клетки и наружный воздух поступает в капиллярную щель между листками плевры, обычно заполненную плевральной жидкостью, легкое на стороне прокола несколько сжимается, пе­рестает следовать за движениями грудной клетки, и на стороне прокола дыхание прекращается. Проникновение воздуха в груд­ную полость называется пневмотораксом. Если отверстие в груд­ную полость закрывается, то через некоторое время воздух, про­никший в грудную полость, рассасывается и легкое вновь начи­нает раздуваться — дыхание восстанавливается. Легочная вентиляция. У взрослого человека частота дыхатель­ных движений грудной клетки в покое в среднем равна 16 в ми­нуту (от 12 до 24). В покое взрослый человек вдыхает и выдыхает 6 Сг И, Гальперин 1R1 около 500см3 воздуха, из которых в альвеолы поступает примерно 350 см3, а 150 см3 остаются в так называемом мертвом простран­стве— носоглотке, ротовой полости, гортани, трахее и бронхах, а следовательно, не участвуют в газообмене с кровью. После спо­койного вдоха можно сделать максимальный усиленный вдох и набрать в легкие еще примерно 1500 см3, а если до этого макси­мального (резервного) вдоха сделать максимальный выдох, то в легкие поступит еще примерно 1500 см3 (резервный объем вы­доха). Дыхательный и резервные объемы воздуха вместе состав­ляют жизненную емкость легких, равную 3—4 дм3. Но так как рост легких отстает от роста грудной клетки, то, как упоминалось, даже после максимального выдоха в легких остается приблизительно 1 дм3 (остаточный воздух). Резервный объем выдоха и остаточный объемы воздуха вместе составляют альвеолярный воздух, количе­ство которого примерно 2500 см3. К альвеолярному объему воздуха при спокойном вдохе добавляется дыхательный. Отношение дыха­тельного объема к альвеолярному называется коэффициентом ле­гочной вентиляции и характеризует величину, на которую обнов­ляется воздух в легких при каждом спокойном вдохе. Этот коэф­фициент составляет примерно 1/7 (350:2500). Чем сильнее выдох и чем глубже последующий вдох, тем больше газообмен в легких. При умножении числа дыханий в минуту на дыхательный объем получается минутный объем дыхания, равный у мужчины 6—8 дм3, а у женщины — 3—5 дм3. При повышении интенсивности обмена веществ коэффициент легочной вентиляции и минутный объем воздуха возрастают. Газообмен в легких и тканях. Во время вентиляции воздуха в легких происходит изменение химического состава и физических свойств поступающего в них атмосферного воздуха. В сухом воз­духе при температуре 0° С и давлении 760 мм рт. ст., выдыхаемом взрослым человеком при спокойном дыхании, содержится 16,4% кислорода, 4,1% углекислого газа и 79,5% азота. Однако при тем­пературе 37° С альвеолярный воздух насыщен водяными парами, давление которых при этой температуре составляет 50 мм рт. ст. Поэтому давление газов в альвеолярном воздухе равно 710 мм (760—50), содержание в нем кислорода 14—14,5%, углекислого газа 5,3—6% и азота 80—80,5%. Для газообмена между альвеолярным воздухом и венозной кровью, притекающей в капилляры легких, имеет значение раз­ница в них парциальных давлений кислорода и углекислого газа. Парциальное давление кислорода, или та часть давления, которая приходится на его долю из общего давления альвеолярного воз­духа, составляет 102—110 мм рт. ст., а в венозной крови 37— 40 мм рт. ст. Вследствие этой разницы давлений в 70 мм рт. ст. кислород диффундирует из альвеолярного воздуха через стенки альвеол и капилляров в венозную кровь, превращая ее в артери­альную. Парциальное давление углекислого газа в венозной крови 47 мм рт. ст., а в альвеолярном воздухе — 40 мм рт. ст. Вследст- 162 р02- 159мм рт ст. ш л вне этой разницы давления в 1 мм рт. ст. углекислый газ диффун­дирует из венозной крови в альвеолярный воздух и удаляется из организма при выдохе (рис. 65). Благодаря изменениям частоты и глубины дыхания парциальное давление углекислого газа в аль­веолярном воздухе относительно постоянно, а парциальное давле­ние кислорода в альвеолярном воздухе уменьшается пропорцио­нально падению его парциального давления во вдыхаемом воз­духе, например, при подъеме на большую высоту. Для сохранения жизни человека достаточно разности парциального давления кис­лорода в альвеолярном воздухе и венозной крови в несколько мм рт. ст., а углекислого газа — в 0,03 мм. В капиллярах тканей кислород из артериаль­ной крови диффундирует через их стенки и мем­браны клеток внутрь клеток и во внеклеточ­ное вещество благодаря разности давления в 100 мм рт. ст. и больше, так как в результате об­мена веществ давление кислорода в тканях до­ходит до нуля. А давле­ние углекислого газа в тканях в результате об­мена веществ повышает­ся до 60—70 мм рт. ст. Поэтому углекислый газ Рис 65 Обмен газов через стенку альвеолы диффундирует через мем­браны клеток и стенки капилляров в венозную кровь, где его давление равно 47 мм рт. ст. Транспорт газов. Кислород, поглощаемый венозной кровью в капиллярах легких, соединяется с восстановленным ге­моглобином и переносится артериальной кровью в ткани в виде оксигемоглобина, соединенного со щелочным радикалом, т. е. соли оксигемоглобина. Оксигемоглобин, как кислота, нейтрализован щелочным радикалом, поэтому реакция крови при ее обогащении кислородом не изменяется. В тканях соль оксигемоглобина распадается — кислород отда­ется тканям. Образующийся при этом восстановленный гемогло­бин не в. состоянии удержать щелочной радикал, отбираемый уг­лекислотой, которая образовалась в результате окисления веществ в тканях. В соединении со щелочными радикалами, т. е. в виде нейтральных солей (бикарбонатов), образуемых в крови, углекис­лота поступает из тканей в легкие. В результате соединения кис­лот, образовавшихся в тканях при окислительных процессах, со щелочными радикалами, т. е. их превращения в соли, реакция 163 крови сохраняется на относительно постоянном уровне. В капил­лярах легких бикарбонаты распадаются при участии фермента карбоангидразы, отдавая оксигемоглобину свой щелочной ради­кал. После отдачи щелочного радикала остаток бикарбонатов превращается в углекислый газ и водяные пары, удаляемые из легких с выдыхаемым воздухом. Следовательно, транспорт газов кислорода и углекислого газа производится кровью в виде солей, содержащих эти газы в связанном состоянии. Регуляция дыхания. Сокращения дыхательных мышц вызы­ваются двигательными нервами, выходящими из спинного мозга. Нейроны грудобрюшного нерва, вызывающие сокращение диа­фрагмы, находятся у человека в 3-м и 4-м шейных сегментах спинного мозга, а нейроны межреберных нервов — в груд­ных сегментах. Но деятельность всех нейронов двигательных нервов дыхатель­ных мышц координируется особой груп­пой нейронов, расположенных: в продол­говатом мозге на дне IV желудочка и в верхней части варолиева моста. Эта группа нейронов входит в состав дыха­тельного центра (рис. 66). После отде­ления спинного мозга от дыхательного центра дыхание прекращается. Рис. 66. Дыхательный центр: / — регуляцря выдоха, 2 — ре­гуляция вдоха Существует нервная и химическая ре­гуляция дыхания. Нервная регуляция дыхания вызывается притоком к дыха­тельному центру центростремительных импульсов из рецепторов плевры, легких и рецепторов дыхательных мышц. Эти импульсы поступают в дыхательный центр по центростремительным нервным волокнам, проходящим в блуждающих нервах. Во время вдоха механическое раздраже­ние рецепторов, вызванное растягиванием легких и плевры и со­кращением вдыхательных мышц, рефлекторно вызывает по двига­тельным нервам торможение сокращений вдыхательных мышц из дыхательного центра, а при выдохе, наоборот, механическое раз­дражение рецепторов при растяжении расслабленных мышц и сжатии легких и плевры рефлекторно вызывает сокращение вды­хательных мышц. Таким образом, при вдохе дыхательный центр вызывает выдох, а при выдохе — вдох. В лобных долях больших полушарий находятся высшие нерв­ные центры, регулирующие деятельность дыхательного центра посредством безусловных и условных рефлексов. Рефлекторное изменение дыхания происходит также при раз­дражении рецепторов кожи, обоняния, вкуса, слуха, зрения. Однако нервная саморегуляция дыхания имеет особое значение, так как она совершается в течение всей жизни при бодрствовании и во время сна. Она предупреждает чрезмерное растяжение легких при 164 вдохе. Защитное значение имеет также раздражение рецепторов слизистой оболочки органов дыхания пылью или слизью, вызываю­щее кашель — судорожные выдыхательные движения при закры­той голосовой щели. Раздражение рецепторов носоглотки некото­рыми газообразными веществами, например парами аммиака, вызывает защитное рефлекторное сужение бронхов, а раздражение рецепторов носоглотки пылью вызывает чихание — глубокий вдох, а затем быстрый, очень сильный выдох при закрытом рте. Раздражение рецепторов дуги аорты и каротидного синуса повышением кровяного давления вызывает рефлекторную задержку дыхания, а уменьшение кровяного давления усиливает дыхание. Дыхательный центр возбуждается также химическим раздраже­нием этих рецепторов при увеличении содержания углекислоты в крови, что усиливает дыхание. После выключения нервной регуляции дыхания перерезкой обоих блуждающих нервов, по которым поступают в дыхательный центр центростремительные импульсы, рефлекторно регулирующие дыхательные движения грудной клетки, дыхание не прекращается, так как сохраняется химическая регуляция дыхания. Она состоит в том, что дыхательный центр возбуждается изменением химиче­ского состава притекающей к нему крови. Главный возбудитель деятельности дыхательного центра — самое незначительное повы­шение концентрации водородных ионов в крови при поступлении в нее кислот, образующихся в процессе обмена веществ в тканях. В возбуждении дыхательного центра особенно велика роль угле­кислоты. В мясной пище содержится много кислот, поэтому ее потребление усиливает дыхание. Наоборот, в растительной пище содержится много щелочей и ее потребление уменьшает дыхание. Незначительное увеличение содержания углекислого газа во вды­хаемом воздухе вызывает усиление дыхания. Поэтому в гермети­чески замкнутом пространстве вследствие накопления в нем угле­кислого газа наступает одышка — учащение и углубление дыхания. Произвольная длительная задержка дыхания невозможна, так как накопившиеся в крови углекислота и другие кислоты вызы­вают сильное раздражение дыхательного центра и усиленное ды­хание. Наоборот, усиленное дыхание, понижая содержание угле­кислоты в крови, приводит к последующей задержке дыхания до накопления в крови определенного содержания углекислоты. Недостаток кислорода в крови (гипоксемия), сопровождаю­щийся накоплением в крови углекислоты и других кислот, воз­буждает дыхательный центр. Недостаток кислорода в крови, не сопровождающийся накоплением в ней углекислоты и других кис­лот, не только не возбуждает дыхательный центр, а даже сни­жает его возбудимость. Поэтому недостаток кислорода во вдыха­емом воздухе (гипоксия), снижение содержания кислорода в крови в случаях нарушения кровообращения, недостаток количества крови, отравления, например угар, угрожают жизни. Дыхание при мышечной деятельности. Интенсивный обмен ве­ществ в сокращающихся мышцах приводит к накоплению в них 165 кислот (угольной, молочной и фосфорной), а следовательно, к воз­буждению дыхательного центра. Поэтому вентиляция легких уве­личивается при мышечной деятельности во много раз и тем больше, чем выше ее интенсивность. У тренированных взрослых спортсме­нов минутный объем дыхания при интенсивной работе может до­стигать 100—120 дм3, например во время плавания, и до 150 дм3 при беге на средние дистанции. У тренированных людей при интенсивной мышечной работе дыхание становится очень глубоким, достигая 2/3 жизненной ем­кости, что резко увеличивает коэффициент вентиляции легких до 4/5—9/10 при меньшем учащении дыханий по сравнению с нетрени­рованными. Глубокое дыхание обеспечивает значительно большую диффузию газов через альвеолы, чем поверхностное. У нетрени­рованных при интенсивной мышечной работе, дыхание учащается, но остается неглубоким, поэтому вентиляция легких и диффу­зия газов через альвеолы значительно меньше, чем у трениро­ванных. Максимальное количество кислорода, поглощенного в минуту, называется кислородным потолком. У нетренированных взрослых людей кислородный потолок не больше 2—3,5 дм?, а у тренирован­ных он достигает 5—6 дм3, но так как потребность в кислороде при работе максимальной интенсивности повышается в 20—25 раз, образуется кислородный долг, который погашается благодаря усиленному дыханию только после окончания работы, например, при беге на короткие дистанции. Во время длительной, очень интенсивной мышечной работы вследствие нарушения внутриклеточного обмена в результате кис­лородного долга, приводящего к несоответствию деятельности дви­гательного аппарата и работы внутренних органов, а также к тор­можению двигательных нервных центров, особенно в связи с рез­ким усилением притока к ним центростремительных импульсов из двигательного аппарата, может наступить состояние, называемое «мертвой точкой». Для «мертвой точки» характерны очень силь­ная одышка, затруднение дыхания, учащение сердечной деятель­ности, повышение кровяного давления, ощущение стеснения в гру­ди. Она преодолевается усилием воли, т. е. восстановлением деятельности нервных центров головного мозга; наступает «второе дыхание», исчезают одышка, стеснение в груди, дыхание стано­вится ровным и спокойным. Во время мышечной деятельности кровоснабжение легких уве­личено. Но гребля, лазание, подъем больших тяжестей, некоторые виды труда вызывают натуживание — закрытие голосовой – щели после вдоха и задержку дыхания при сокращении выдыхательных мышц. Во время натуживания вследствие сильного возрастания давления в грудной полости увеличивается кровяное давление в кровеносных сосудах легких, приток крови к сердцу и легким значительно уменьшается и переполняются кровью сосуды боль­шого круга. При натуживании может наступить потеря сознания в результате уменьшения притока крови к головному мозгу. 166 Установлено, что не только изменение химического состава крови в результате повышения обмена веществ оказывает влияние на дыхание, но и механические и химические раздражения рецеп­торов двигательного аппарата во время движений и работы, рефлекторно изменяют деятельность дыхательного центра и внутри­тканевое дыхание. Одновременно и центростремительные импульсы, поступающие из дыхательного аппарата, изменяют деятельность скелетных мышц. Усиление дыхания вызывает учащение ритмичных движений и усиление мышечной работы. Во время натуживания и выдоха сила мышц максимально увеличивается, а во время вдоха — уменьшается. Следовательно, движения, требую­щие наибольших мышечных усилий, должны сочетаться с натуживанием или с выдохом. Функция голосового аппарата. Образование звуков речи про­исходит благодаря одновременному сокращению всех мышечных волокон голосовых связок в ритме, равном частоте голоса. При среднем голосе из продолговатого мозга по возвратным нервам к мышцам голосовых связок поступают залпы центробежных импульсов с ‘частотой 500 в 1 сек, но эта частота может возра­стать— до 1000 в 1 сек. При разговорной речи высота голоса поддерживается наименьшим напряжением голосовых связок: у мужчин в тонах от «а» до «е», у женщин и детей на октаву выше. Голосовой регистр зависит от частоты центробежных им­пульсов, поступающих к мышечным волокнам голосовых связок, т. е. от частоты их сокращений, например, при альте число их колебаний 170—183 в 1 сек. Однако имеет значение и длина голо­совых связок. Чем меньше длина голосовых связок, тем выше голос.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ И ГОЛОСОВОГО АППАРАТА ДЕТЕЙ Строение органов дыхания детей. Строение полости носа и зева. В первые дни жизни дыхание затруднено, так как носовые отверстия узки, а нежная слизистая оболочка носа, бога­тая кровеносными и лимфатическими сосудами, набухает. Подслизистая оболочка очень слабо развита. Придаточные полости носа у новорожденных еще не развиты и начинают появляться в пер­вые годы жизни. Гайморова полость у новорожденных почти отсут­ствует, начинает увеличиваться только с двух лет и достигает пол­ного развития в период смены зубов. Слезно-носовой канал ново­рожденного короткий, в носоглотке много лимфатических сосудов. В первые месяцы жизни нижний носовой ход отсутствует. Лобная пазуха появляется только на втором году и как и хоаны оконча­тельно формируется к 15 годам. Объем носовой полости с возра­стом увеличивается примерно в 2,5 раза. Железы новорожденного в полости носа и зева рыхлые и отно­сительно большего объема. Миндалины неразвиты; они разви­ваются в первые годы жизни, заметно увеличиваются к 4—5 годам, затем их рост замедляется, снова ускоряется к 9—10 годам и окон­чательно замедляется к 18 годам. К 14—16 годам размеры небных, язычной, глоточной и трубных миндалин относительно больше, чем у взрослых. Глоточная минда­лина начинает уменьшаться примерно с 12 лет и к 16—20 годам сохраняются только небольшие ее остатки. У детей 2—3 лет гло­точная миндалина часто увеличивается настолько, что закрывает носоглоточные отверстия. Это препятствует нормальному дыханию и вынуждает ребенка дышать ртом. Так как у детей слизистая оболочка носа легко и часто набу­хает при воспалении, то при узости верхних дыхательных путей это приводит к выключению дыхания носом, имеющего большое гигиеническое значение. Хрящи носа, гортани и трахеи у новорож­денных мягкие, что также иногда затрудняет дыхание. Строение трахеи и бронхов детей. Трахея располо­жена у детей выше, чем у взрослых. Верхний конец трахеи у де­тей 6—13 лет находится на уровне 5—6-го шейных позвонков, а у взрослых — 8-го шейного позвонка. Длина трахеи с возрастом увеличивается параллельно росту тела. Ее длина от нижнего края гортани до деления на бронхи (см) у новорожденного 3—4; в 5 лет — 5,6; 10 лет — 6,3; 15 лет — 7,45; у взрослых — 9—12. По­перечное сечение трахеи и бронхов детей значительно уже. Сли­зистая оболочка трахеи и бронхов нежна и богата кровеносными и лимфатическими сосудами, поэтому пыль и микробы проникают в нее по сравнению со взрослыми легче, мышечная ткань и эласти­ческие волокна слабо развиты. Хрящи мягки. Бронхи растут осо­бенно быстро на первом году жизни, левый бронх отстает в росте от правого, длина и поперечное сечение которого во всех возра­стах больше. Строение легких у детей. С возрастом вес и размеры легких увеличиваются. Вес обоих легких равен (г): у новорожден­ного—57; в 1—2 года —225; 5—6 лет —350; 9—10 лет —395; 15—16 лет — 690; а у взрослых почти 1 кг. Вес правого легкого во всех возрастах превышает вес левого. Объем легких (см3): у но­ворожденного— 70, в 1 год — 270, 8 лет — 540, 12 лет —680, у взрослого — 1400. Рост легких с возрастом происходит главным образом за счет увеличения количества, а также объема альвеол. Количество аль­веол у новорожденного в 3 раза меньше, чем у взрослого. Дыха­тельная поверхность альвеол у детей всех возрастов, и особенно у новорожденных, в раннем детстве и у младших школьников относительно больше по сравнению со взрослыми. К 7 годам диа­метр альвеол в 2 раза больше, чем у новорожденного, а к окон­чанию развития — в 3 раза. С возрастом нижняя граница легких спускается на 1—2 ребра. В легких детей меньше эластических волокон, особенно вокруг альвеол. Между дольками легких и между альвеолами распола­гается много рыхлой соединительной ткани, богатой кровеносными сосудами и лимфатическими щелями. Чем младше ребенок, тем сравнительно крупнее капилляры в легких и тем больше развита в них капиллярная сеть. У детей большое крово- и лимфообращение в легких; количество крови, протекающей через легкие в еди­ницу времени, у детей по сравнению со взрослыми относительно велико. Благодаря обильному развитию капилляров легких и от­носительно большей поверхности их соприкосновения с относи­тельно большей поверхностью альвеол у детей повышен газообмен между кровью и альвеолярным воздухом. Это обеспечивает им бо­лее интенсивный обмен веществ, необходимый растущему орга­низму. Плевра приобретает такое же строение как у взрослых к 7 годам. Для развития легких и грудной клетки у детей имеют значение систематические физические упражнения на открытом воздухе: игры, легкая атлетика, плавание, гребля, лыжный и конькобежный спорт, применяемые в соответствии с возрастом и полом. Особенно развивают дыхательный аппарат спортивные игры. Гимнастика способствует его развитию в меньшей степени. Диафрагма расположена у детей выше, чем у взрослых. С воз­растом она опускается. Средостение также относительно больше, а дыхательные мышцы развиты слабее. В раннем детстве ребра мягки и располагаются горизонтально, а верхние ребра даже слегка направлены вверх. С б месяцев ребра начинают опускаться. В раннем детстве грудная клетка обладает эластичностью и подат­ливостью. Изменение типа дыхания у детей. Тип дыхания новорожденных мальчиков и девочек брюшной (диафрагмальный). С возрастом сагиттальный диаметр грудной клетки уменьшается, а фронталь­ный увеличивается. Следовательно, грудная клетка из положения вдоха переходит в положение выдоха, что создает переход от брюшного к грудному (реберному) типу дыхания. Когда ребенок начинает ходить и его тело из горизонтального принимает верти­кальное положение, тип дыхания становится смешанным, грудо­брюшным. С 3—7 лет все более отчетливо выступает грудной тип дыхания, а начиная с 8—10 лет начинают проявляться половые различия: у мальчиков преобладает брюшной тип дыхания, а у де­вочек— грудной. Частота и глубина дыхания у детей. В первые месяцы жизни дыхание нерегулярное, ритм его неравномерный, паузы между вдо­хом и выдохом неравные, глубокие вдохи сменяются поверхност­ными. Неравномерность ритма и глубины дыхания у новорожден­ных объясняется широким распространением возбуждения в цент­ральной нервной системе, отсутствием координации возбуждения и торможения. Постепенно в раннем детстве и в младшем школьном возрасте дыхание становится регулярным, равномерным. Частота дыхания в покое с возрастом постепенно. уменьшается. Число дыханий в минуту (по А. Ф. Туру): новорожденных — 40—60, 7—12 мес.— 30—35, 2—3 года —25—30, 5—6 лет —около 25, 10—12 лет — 20-22, 14— 15 лет — 18—20. До 8 лет частота дыхания в покое у мальчиков больше, чем у девочек, а в начале периода полового созревания становится больше у девочек, и это превышение частоты дыхания сохраняется в течение всей жизни. Во время сна дыхание у детей становится более редким. Дыхательный центр детей легко возбуждается, дыхание значи­тельно учащается при психических воздействиях, небольших физи­ческих упражнениях, незначительном повышении температуры тела и внешней среды. Сила выдыхательных мышц больше, чем вдыхательных. У девочек она увеличивается до 12—13 лет, а у маль­чиков—во всех возрастах. Выдыхательные мышцы обладают также наибольшей выносливостью. Она одинакова у мальчиков и девочек, но затем у девочек она возрастает с 10—11 до 13—14 лет, а у мальчиков —с 12—13 до 16—17 лет. Сила и выносливость дыхательной мускулатуры у школьников, занимающихся в спор­тивных секциях, на 50—60% больше, чем у не занимающихся. Абсолютный и относительный объем дыхания у детей. Дыха­ние новорожденных поверхностное, но постепенно становится все более глубоким. Абсолютный дыхательный объем во время сна в среднем (см3) новорожденного около 20, к концу 1-го года —80, к 5 годам —215, к 12 годам —375, у взрослых —от 300 до 600. Абсолютный минутный объем дыхания новорожденного равен (см3) 650—700, к концу 1-го года —2600, к 5 годам —5800, к 12 го­дам — 7000—9000, к 14—15 годам —6400. Абсолютный минутный объем дыхания у детей с 5 лет значительно больше, чем у взрослых. К 12 годам он примерно в 2 раза больше, чем у взрослых. Абсолютный минутный объем дыхания увеличивается соответ­ственно повышению обмена веществ. Относительный минутный объем дыхания (см3 на 1 кг веса тела) уже у новорожденных более чем в 2 раза превышает минут­ный объем дыхания на 1 кг веса взрослого человека. Относитель­ный минутный объем дыхания в покое у детей 5—6 лет равен при­мерно 200 см3 на 1 кг веса тела, у подростков 14—15 лет— 1.30 см2. Большой относительный минутный объем у детей зависит от того, что при почти одном и том же дыхательном объеме (см\* на 1 кг веса) частота дыхания у детей в 3—4 раза больше, чем у взрослых. Вентиляция легких и газообмен у детей. Вентиляция легких у детей на 1 кг веса значительно больше и обусловливает больший газообмен, который соответствует интенсивному обмену веществ, обеспечивающему рост и развитие детей. Вследствие усиления легочной вентиляции с возрастом увели­чивается количество кислорода, поступающего в легкие в 1 мин в составе вдыхаемого воздуха. У детей 5—6 лет оно равно в сред нем (см3) 760; у подростков— 1200; у взрослых— 1140. Количество кислорода, поступающего в легкие и альвеолы, значительно превышает то, которое потребляется в покое. У детей 5—6 лет в легкие поступает в 6 раз больше кислорода, а в аль­веолы в 3,8 раза больше, чем потребляется в покое, у подростков его больше в 5,3 и 3,8 раз, а у взрослых —в 4,8 и 3,6 раз. 170 I Потребление кислорода в младенческом периоде в 2,5—3 раза больше на 1 кг веса тела и в 1,5 раза больше на единицу поверх­ности тела, чем у взрослых. Такое потребление кислорода обеспе­чивает высокий обмен веществ и быстрый рост в течение первого года жизни. Для обмена веществ имеет значение также то, что в раннем детстве у детей содержится относительно больше гемо­глобина в крови и до трех лет он обладает большим сродством к кислороду. Таблица 4 Содержание кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе У детей (%) Возрастные особенности газообмена связаны с различиями в регуляции щелочно-кислотного равновесия. Например, у ре­бенка 5 лет в выдыхаемом воздухе примерно в 3 раза меньше углекислого газа, чем у взрослых. С возрастом содержание кислорода в выдыхаемом воздухе уменьшается, а содержание углекислого газа увеличивается (табл. 4). Возраст (годы) Кислород- Углекислый газ 4-5 19,0-18,7 1,5-1,8 6—7 18,4—18,0 2,1—2,5 12—13 17,4-17,2 3,1—3,3 14—15 16,4 4,1 У маленьких детей вследствие поверхностного дыхания венти­ляция легких менее эффективна, чем у взрослых. На каждый дц3 потребленного кислорода и вы­дыхаемого углекислого газа ре­бенок больше вентилирует лег­кие, чем взрослый. В выдыхае­мом воздухе у него больше кис­лорода и меньше углекислого газа, так как большая часть ды­хательного объема состоит из мертвого пространства, а следовательно из атмосферного воздуха, и только меньшая часть из альвеолярного воздуха. Более высокое содержание кислорода в альвеолярном воздухе детей не увеличивает его поглощение кровью, которое зависит от способности гемоглобина связывать кислород. Более высокое процентное содержание кислорода в выдыхае­мом воздухе у детей обусловлено тем, что у них переход кисло­рода в кровь в альвеолах меньше, чем у взрослых. Например, в 6 лет процент использования кислорода в легких равен 3,3, а в 17 лет — 4,3. У новорожденного процент использования кис­лорода в легких в 2 раза меньше, чем у взрослого человека. Чем младше дети, тем меньше поглощается кислорода в лег­ких. При затруднениях дыхания насыщение крови кислородом уменьшается у детей значительно раньше, чем у взрослых. На­пример, при дыхании в замкнутом пространстве с объемом воздуха, равным жизненной емкости, уровень насыщения крови кис­лородом у детей снижается в 2 раза быстрее. Чем младше дети, тем менее экономно для потребления кислорода в покое исполь­зуется у них легочная вентиляция и сердечная деятельность. Дети 5—6 лет поглощают 100 см\* потребляемого кислорода из 3,3 дм3 воздуха, поступившего в легкие, подростки—14—15 лет — из 2,8 дм3, а взрослые — из 2,3 дм\*. Во время одного дыхания дети 171 5—б лет потребляют 5,5 см5 кислорода, подростки 14—15 лет 14 см3, а взрослые — 21,5 см3. Во время одного сердечного цикла дети 5—6 лет поглощают 1,2 см3, подростки 14—15 лет — 2,6 см3, а взрослые — 4 см3 кислорода. Более низкое содержание углекислого газа в выдыхаемом воз­духе свидетельствует о том, что в раннем возрасте у детей наи­большая нейро-гуморальная возбудимость дыхательного центра и, следовательно, наиболее низкий порог раздражения дыхатель­ного центра углекислым газом крови. С возрастом нейро-гуморальная возбудимость дыхательного центра уменьшается. Эта высокая возбудимость дыхательного центра к действию на него углекислого газа обуславливает относительно большую вентиляцию легких и больший относительный, а с 5 лет и абсо­лютный минутный объем дыхания. А увеличенная вентиляция легких, производимая весьма значительной работой дыхательной мускулатуры, способствует росту и развитию грудной клетки детей. У детей младших возрастов относительная вентиляция легких больше. У новорожденных вентиляция легких (в см3 на 1 кг веса тела) почти в 4 раза больше по сравнению с 17-летними: у ново­рожденных—400, а в 5—6 лет —200—210; в 7—170, в 8—10 — 160, в 11—13—130—145, в 14—125, в 15—17—110. На 1 м2 по­верхности тела вентиляция в легких новорожденных в 2,5 раза выше, чем у 17-летних. Чем старше дети, тем выше у них обмен веществ в покое, что приводит к увеличению потребления кислорода и выделения угле­кислого газа. Диффузия обоих газов в альвеолах через увеличи­вающуюся с возрастом общую поверхность альвеол возрастает. Так как интенсивность окислительных процессов в покое на 1 кг веса тела с возрастом снижается, то газообмен в легких на 1 м2 и на 1 кг веса тела уменьшается с возрастом. Растяжимость легочной ткани возрастает по мере увеличения вентиляции легких. Чем моложе ребенок, тем меньше растяжи­мость, или тем больше эластичность легочной ткани, и следова­тельно, больше величина работы, затрачиваемой на преодоление эластической тяги легочной ткани. Эта работа у детей 8 лет в 2,5 раза больше, чем у взрослых. С возрастом эластичность легких уменьшается, поэтому и работа по преодолению ее тоже уменьшается. С возрастом уменьшается также работа, затрачиваемая на пре­одоление сопротивления дыхательных путей прохождению тока воздуха, так как увеличивается диаметр бронхов. Вследствие мень­шего диаметра бронхов у детей 4—5 лет сопротивление воздуш­ному потоку в дыхательных путях в 4—5 раз больше, чем у взрос­лых, в 6—7 лет в 3—4 раза и с 8 до 15 лет оно только в 1,5—2 раза больше. Относительно большая работа, затрачиваемая малень­кими детьми на дыхательные движения, приводит к систематиче­ским упражнениям силы и выносливости дыхательной мускула­туры. 172 Возрастные изменения жизненной емкости легких. Жизненная емкость легких измеряется у детей, начиная с 4 лет, так как ребе­нок более раннего возраста не может выполнить процедуру ее измерения. При прочих равных условиях она тем меньше, чем менее растяжима легочная ткань. С возрастом жизненная емкость легких увеличивается. В сред­нем, по Н. А. Шалкову, она равна у мальчиков (см3) в 4 года — 1100, 5—6 лет—1200, 7 лет—1400, 9 лет—1700, 11 лет —2100, 12—13 лет —2200, 14 лет — 2700, 15 лет —3200, 16 лет —4200. У девочек она во всех возрастах ниже: с 6 до 15 лет — на 100— 300 см3, а с 15 лет —на 500—1400 см3 (рис. 67). Жизненная ем­кость легких увеличивается пропорционально росту тела. На каж­дые 5 см роста она увеличивается в среднем на 400 см3. Величина жизненной емкости зависит также от типа дыхания (наибольшая при грудобрюшном типе). С 5 до 17 лет остаточный объем равен в среднем 20— 25% от общей емкости легких. Возрастные изменения ды­хания при мышечной деятель­ности. Дети дышат менее эко­номно, чем взрослые, не толь­ко в покое, но особенно при мышечной работе. Во время мышечной деятельности венти­ляция легких возрастает. Чем младше ребенок, тем больше она увеличивается за счет учащения дыхательных движений грудной клетки, а не углубления дыхания. У детей раннего возраста абсо­лютный дыхательный объем во время мышечной деятельности почти не увеличивается. С годами у ребенка все больше преобла­дает углубление дыхания во время мышечной деятельности, а от­носительное значение учащения дыхания для увеличения вентиля­ции легких с возрастом уменьшается. Чем старше дети, тем больше в начале мышечной деятельности учащаются дыхание и пульс. Частота пульса достигает максималь­ных значений и становится устойчивой раньше частоты дыхания. У тренированных детей больше максимальная объемная ско­рость вдоха и выдоха, меньше сопротивление току воздуха в брон­хах, больше растяжимость легких, больше сила и выносливость дыхательных мышц. С возрастом увеличивается максимальная вентиляция легких при мышечной деятельности в минуту (дм3): в 6—7 лет — 40—42 8-9 лет —42—46, 10—11 лет —48—55, 12—13 лет —61, 14— 15 лет — 68—75, 16—17 лет —73—81. В начале натуживания резко увеличивается частота сердечных сокращений и продолжает постепенно расти по мере его продол­жения, но в редких случаях после прекращения учащения сердеч­ных сокращений во время натуживания происходит резкое урежение пульса до исходного уровня и ниже. 173 Мышечная деятельность увеличивает минутный объем дыха­ния пропорционально ее интенсивности. Тренированные дети вы­полняют физическую работу при менее значительном увеличе­нии вентиляции легких, чем нетренированные, они могут повы­сить минутный объем дыхания до более высокого уровня. У тре­нированных детей при физических упражнениях в 14—15 лет почти также увеличивается вентиляция легких как у взрослых, а в 10—12 лет это увеличение вентиляции гораздо меньше. Чем старше дети, тем больше влияние тренировки на вентиляцию легких. При равных условиях у детей и подростков, систематически занимающихся физическими упражнениями и спортом, жизненная о/ /о 1050 950 850 750 650 емкость легких больше, чем у не­тренированных. У тренированных подростков она доходит до 3—4 дц3, превышая должную на 30—40%. Особенно увеличивают жизненную емкость легких виды спорта, разви­вающие выносливость (бег, плава­ние, лыжи, гребля и др.). 8-9 10-11 12-13 14-15 16-17 Возраст, годы Ркс. 68. Отношение потребления кислорода при максимальной работе к его потреблению в покое: / — мальчики, 2 — девочки С возрастом у детей увеличи­вается также максимальное потреб­ление кислорода при мышечной деятельности, причем различие между тренированными и нетрени­рованными не так велико, как у взрослых. Особенно резко повы­шается максимальное потребление кислорода в 14—18 лет (рис. 68). У подростков в начале периода полового созревания предел потреб­ления кислорода при интенсивной мышечной деятельности ограничен максимальным усилением ды­хания. Юноши и девушки 14—17 лет более чувствительны к гипоксии при мышечной деятельности по сравнению со взрослыми. При ги­поксии сердечная деятельность у них больше усиливается и больше нарушается деятельность головного мозга. У детей раннего воз­раста быстрее после мышечной деятельности восстанавливается исходный уровень потребления кислорода; с возрастом умень­шается способность его восстановления во время мышечной дея­тельности. При относительно одинаковой мощности мышечной работы кислородный долг с годами увеличивается, а мощность производимой работы повышается менее интенсивно, чем потреб­ление кислорода. Кислородный долг на 1 кг веса тела у детей стар­шего возраста по сравнению с младшим больше. После окончания кратковременной мышечной деятельности газообмен детей школьного возраста выше, чем во время нее, а кис­лородный долг достигает 90% и больше по отношению к кисло- 174 родному запросу. Такой кислородный долг, возбуждающий обмен веществ, дети хорошо переносят. С возрастом повышается экономизация дыхания в покое и при мышечной деятельности, особенно у тренированных, у которых частота дыхания меньше, а устойчивость к гипоксии больше, чем у нетренированных. Особенности строения гортани и функции голосового аппарата детей. Гортань быстро растет в первый год жизни, ее рост усили­вается в 5—6 лет и особенно интенсивно она увеличивается в 10— 14 лет. До 3 лет ее величина и форма одинаковы у мальчиков и девочек, а после 3 лет у девочек она становится относительно меньше и короче, закругляясь впереди, у мальчиков она относи­тельно больше и впереди заостряется. Половые различия гортани отчетливо выступают с 10 лет. Ее рост заканчивается в 20—30 лет. Наибольший рост фронтального и сагиттального размеров гортани и истинных голосовых связок происходит на первом году жизни и в 14—17 лет. До 5 лет голосовые (внутренние щиточерпаловидные) мышцы отсутствуют, вместо них имеется соединительная ткань, содержащая отдельные мышечные волокна, которые про­никают из наружных щиточерпаловидных мышц. С 5 лет начинают быстро развиваться голосовые связки и самостоятельные голосовые мышцы. К 7 годам голосовые мышцы располагаются в средней части голосовых связок, но еще не дохо­дят до их свободного края, а к 11 —12 годам ускоряется рост голо­совых связок, и внутренние щиточерпаловидные мышцы полностью отделены от наружных. С 12 лет голосовые связки у мальчиков длиннее, чем у девочек. По сравнению с длиной тела гортань де­тей относительно длиннее и уже, чем у взрослых, и расположена выше, что позволяет ребенку одновременно дышать и глотать. Сли­зистая оболочка гортани детей богата кровеносными сосудами и железками. У детей рефлексогенные зоны гортани начинают образовы­ваться на первом году. До 5 лет первая и вторая зоны не обособ­лены, а третья зона не концентрирована, как у взрослого, а зани­мает всю слизистую оболочку до трахеи. С 5 лет начинается раз­деление двух первых рефлексогенных зон и формирование третьей. С 7 лет они уже разделены и с возрастом все больше обособ­ляются, рецепторы дифференцируются и увеличивается их количе­ство. Удлинение голосовых связок с возрастом, особенно у под­ростков мужского пола в период полового созревания, сопровож­дается переходом голоса на более низкий регистр. Длина голосовых связок мальчиков и девочек (см); в 2 года — 0,8; 6 лет—1,0; 10 лет—1,3; 14 лет—1,3 и 1,2; 16 лет—1,65 и 1,5; 20 лет — 2,4 и 1,6. У детей звуки речи выше, чем у взрослых. У новорожденного диапазон голоса в 1—2 ноты, в 5 лет — 4—6 то­нов, в 12— 1,5 октавы. Голос при пении до наступления мутации (перелома голоса) отличается узостью диапазона, который почти не различается 175 у мальчиков и девочек. У детей в 4—5 лет он равен 4 тонам, 6— 8 лет — 5—6,5, 9’—11 лет — б—8,5,12—15 лет — 8—9 тонов. Перелом голоса наступает с 11 —12 лет до 18—19 лет, у южан раньше, чем у северян, у девочек на 0,5—1 год раньше, чем у мальчиков. Дли­тельность этого периода от одного или нескольких месяцев до 2— 3 лет и даже 5 лет, в среднем 1,5—2 года, у мальчиков гортань увеличивается в 1,5 раза, а у девочек — на 1/3. Чем младше дети, тем меньше различия между разговорной и певческой речью. У детей 10—12 лет, как правило, тип дыхания при пении как в покое. С 12—15 лет легко усваиваются особенности дыхания при пении такие же как и при речи. От дыхания в покое оно отли­чается: произвольностью; быстрым, бесшумным вдохом; замед­ленным выдохом, продолжительностью в 8—12 раз больше вдоха; значительно, в 3—4 раза большим объемом вдыхаемого воздуха (до 2—2,5 дц3); дыханием через рот; максимальным расхожде­нием голосовых связок. Гигиена органов дыхания и голосового аппарата. Для ребенка особенно большое гигиеническое значение имеет носовое дыхание. Поверхность слизистой оболочки носа и носоглотки благодаря складкам достигает у взрослого человека почти 2 м2 и приблизи­тельно равна поверхности его кожи. У детей она также достигает величины поверхности кожи. Поэтому носовое дыхание обеспечи­вает: удаление мерцательным эпителием пыли, содержащейся во вдыхаемом воздухе; его согревание, что предохраняет детей от за­болеваний в холодное время года; сохранение зубной эмали от повреждения при резких сменах температуры, когда вдыхание хо­лодного воздуха производится через рот, и увлажнение сухого воз­духа. Кроме того, раздражение рецепторов носовой полости и носоглотки рефлекторно расширяет альвеолы и прилегающие к ним капилляры, что улучшает газообмен в легких. Для дыхания имеет значение нормальное развитие грудной клетки, что обеспе­чивается физическими упражнениями на открытом воздухе, пра­вильной позой, особенно во время сидения за партой в школе и за столом дома при приготовлении уроков, а также прямой осанкой при ходьбе и стоянии. Детям рекомендуются такие физические упражнения, которые хорошо сочетаются с дыханием. Так как дети иногда задерживают дыхание при мышечной деятельности, то нужно воспитывать уста­новку ритма дыхания в кратном отношении к ритму движения. Это имеет большое значение для выработки координации движений и дыхания. Глубокое ритмичное дыхание способствует физическому и умственному развитию ребенка, обеспечивая достаточное снаб­жение кислородом головного мозга, поэтому ритмические физиче­ские упражнения, сочетаемые с глубоким равномерным дыханием, ускоряют не только физическое, но и умственное развитие ребенка, способствуя улучшению газообмена в головном мозге. Во время напряженной умственной работы дети дышат нерав­номерно и иногда задерживают дыхание; следует перемежать на- 176 пряженную умственную работу с дозированными рациональными физическими упражнениями. Для гигиены дыхания большое значение имеет закаливание, предупреждающее заболевания органов дыхания. Детям надо воз­можно больше быть на свежем воздухе, желательно за городом, в лесу. Зимой дети дошкольного возраста должны находиться на свежем воздухе; с перерывами, не меньше 5 ч в сутки, кроме вет­реных морозных дней, когда температура понижается больше чем до —15° С. Младшим школьникам рекомендуется находиться на свежем воздухе не меньше 4 ч, а старшим — не меньше 3 ч в сутки. Большая перемена в школах должна проводиться на свежем воз­духе. Школьные и жилые помещения необходимо систематически проветривать, поддерживая в них свежий воздух. Детей нужно приучать летом спать при открытых окнах, а зимой — при откры­тых форточках или фрамугах. Курение наносит здоровью огромный вред, вызывая системати­ческое отравление. Исключительный вред курения подтверж­дается и тем, что у курильщиков рак легких бывает в 20 раз чаще. Дети не должны курить. Для нормального дыхания имеет значение покрой белья и одежды: узкая одежда стесняет движения грудной клетки, нару­шает дыхание, следовательно, газообмен в легких и обмен веществ, и тем самым задерживается рост и развитие детей. Сохранение и развитие голоса детей обеспечивается громкой декламацией с правильными ударениями и модуляцией и рацио­нальным обучением пению. В период полового созревания пение мальчиков и девочек должно быть резко ограничено, а при по­краснении и воспалении голосовых связок запрещается. Для ги­гиены голосового аппарата основное значение имеет соблюдение правил гигиены дыхания,