



Михаил Борисович Ингерлейб
Все дыхательные гимнастики.
Для здоровья тех, кому за...
Серия «50+ здоровье»

Текст предоставлен правообладателем

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=4954736

Все дыхательные гимнастики: для здоровья тех, кому за... / М. Б. Ингерлейб.: Эксмо; Москва;

2013

ISBN 978-5-699-60272-8

Аннотация

Дыхание – это доступный и эффективный инструмент оздоровления в любом возрасте. Опытный терапевт и известный автор Михаил Ингерлейб отобрал все лучшие дыхательные методики, получившие одобрение российских врачей. Вы можете выбрать целую систему по душе или составить собственный комплекс из упражнений знаменитых авторов. Подходящие именно вам упражнения на дыхание укрепят диафрагму и поставят прививку против таких болезней цивилизации, как бронхиальная астма и болезни дыхательных путей, гипертония, остеохондроз, сахарный диабет, заболевания ЖКТ и полиартрит. Дышите – и будьте здоровы!

Содержание

От автора	6
От первого крика до последнего вздоха...	7
Часть 1 Дыхание – это совсем не просто!	11
Глава 1. Внешнее дыхание	13
Строение легких и грудной клетки	13
Дыхательные мышцы и механизм вдоха-выдоха	15
Дыхательные мышцы	15
Дыхательные движения	18
Процесс дыхания в цифрах	19
Легочные объемы	19
Мертвое пространство	20
Значение воздухоносных путей	21
Глава 2. Обмен газов в легких	22
Немного о кровообращении	22
Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха	23
Вентиляция альвеол	24
Обмен газов в альвеолах	25
Глава 3. Транспорт газов кровью	27
Транспорт кислорода	27
Количество кислорода в крови	28
Транспорт углекислого газа	28
Глава 4. Обмен газов в тканях	30
Глава 5. Клеточное дыхание	32
Законы биоэнергетики	32
Первый закон биоэнергетики	33
Второй закон биоэнергетики	33
Третий закон биоэнергетики	34
Функции клеточного дыхания	34
«Банковский счет» клетки	34
Чтобы жить, надо жить в тепле	35
Клетка делает себя сама	35
Убери за собой!	35
Глава 6. Параметры дыхания	37
Бессознательная регуляция дыхания	37
Чего не хватает в крови?	38
Рецепторы растяжения	39
Другие влияния нервной системы на дыхание	41
Контролируемые сознанием параметры дыхания	43
Формула дыхания – что это такое?	43
Выводы к части 1	47
Часть 2 Традиционные дыхательные гимнастики	50
Глава 7. Пранаяма – дыхательные упражнения индийской йоги	51
Суть и составляющие йоги	51
Основные физиологические и энергетические понятия йоги	53

Прана	53
Конец ознакомительного фрагмента.	55

Михаил Борисович Ингерлейб

Все дыхательные гимнастики: для здоровья тех, кому за...

Михаил Ингерлейб – лечащий врач с 23-летним стажем практической работы в научных и лечебных медицинских учреждениях, автор справочников, выдержавших 15 переизданий:

«Рецептурный справочник врача», «Медицинские анализы», «Жизненно важные лекарственные средства» – и других изданий медицинской тематики общим тиражом более 500 тыс. экземпляров.

От автора

Каждая книга, если смотреть на нее глазами автора, – это очень большое письмо. А письмо всегда пишется не просто так, от нечего делать, и не абы кому.

Когда возникла идея написать эту книгу – как путеводитель по дыхательным гимнастикам, – автор долго думал, кто будет ее читать, пытался определить, кому она нужна и даже необходима.

Определил.

И только тогда принялся за работу.

Как выяснилось, книги о дыхательных и прочих «экзотических» гимнастике пишутся обычно для:

- *искателей чудес*, запредельных возможностей организма, любителей всего необычного и загадочного, экспериментаторов и людей глубоко верующих (в Бога или автора какой-то методики);

- *людей больных*, разуверившихся в медицине классической и ищущих новых путей восстановления своего здоровья, а также *людей здоровых* (и желающих таковыми оставаться еще не один десяток лет) и ради сохранения здоровья проводящих на себе апробацию всех известных оздоровительных методик;

- *людей основательных*, желающих обо всем иметь собственное мнение и литературу подбирающих под стать собственному характеру – точную, ясную, удобную, подходящую для применения на практике.

Эта книга написана в большей степени именно для третьей категории читателей, то есть – четко, ясно, последовательно, с конкретными практическими инструкциями.

В нынешнем, третьем издании смысловое наполнение книги не изменилось – однако ряд моментов, трудных для усвоения, был переработан на основании переписки с заинтересованными читателями.

Эта книга совсем не сенсация – скорее наоборот «АНТИСЕНСАЦИЯ»: в ней только правда и совсем нет рекламных лозунгов и обещаний, благодарственных писем от чудесным образом выздоровевших и помолодевших читателей, которыми пестрят любые книги по «уникальным» авторским методикам. Можно составить свой комплекс из упражнений, рекомендованных разными авторами, или остановиться на какой-то одной, наиболее подходящей именно вам авторской методике. В любом случае, выбор за вами, читатель, а автор этой книги лишь постарался сделать его более простым и очевидным и избавил вас от покупки нескольких десятков книг по различным дыхательным гимнастикам.

От первого крика до последнего вздоха...

Такова уж общая черта человеческой природы – не обращать никакого внимания на предметы и явления близкие и привычные, как бы они не были важны. Отношение людей к собственному дыханию выступает почти абсолютным доказательством высказанного тезиса. Наш жизненный путь начинается с первого вдоха и длится до тех пор, пока мы... в состоянии дышать.

А мы на собственное дыхание не обращаем никакого внимания... Разве что стараемся его немного освежить, да и то потому, что реклама настаивает. Но стоит какому-нибудь «гуру» заставить нас прислушаться к собственному дыханию, и мы тут же поражаемся – как же мы раньше не замечали таких очевидных вещей, как же мы неправильно дышали до сих пор! Ну прямо в точности как та сороконожка, которую спросили, в каком порядке она переставляет ноги, а она задумалась, да и разучилась ходить.

Но ведь и вы, читатель, вполне благополучно дышите – самостоятельно и от самого рождения – и дожили под аккомпанемент вдохов и выдохов до момента, когда открыли эту книгу? Никто вас этому не учил, умение дышать пришло к вам «само по себе» и до сих пор не покидает. Только те, кто всерьез занимался спортом, слышали от своего тренера инструкции типа «вдох на каждый третий шаг» или «гребок на выдохе». Во всех остальных своих проявлениях ваше дыхание происходило без какого-либо контроля со стороны вашего сознания. Зачем же тогда нужны дыхательные упражнения, если все и так происходит вполне успешно? Тем не менее дыхательные упражнения нужны всем – хотя их необходимость и польза не очевидны на первый взгляд.

При этом самое парадоксальное – то, что дыхательные упражнения в том или ином виде присутствуют практически во всех спортивных, физкультурных и оздоровительных системах, а также в системах профессиональной подготовки водолазов, певцов и дикторов. Существуют и специальные дыхательные гимнастики: и как самостоятельные виды лечебной физкультуры, и как специальные разделы разных оздоровительных практик, например, йоги.

Более того, работа с дыханием лежит в основе мастерства в любом виде «рукоделия». Ритмичное дыхание лесоруба, гравера и ювелира также важно, как и ритмичное дыхание бегуна или пловца. Выражение «затаив дыхание» относится и к ситуации максимального напряжения внимания – и максимально точной работы. Управление дыханием лежит столь «глубоко» в функциях нашей нервной системы, что навык контроля над вдохом и выдохом в процессе профессиональной или спортивной деятельности почти автоматически означает переход на более высокий уровень квалификации. Поэтому и придумано столько различных методов дыхательных гимнастик, потому и конкурируют между собой разные «гуру». И ладно бы, если б эта конкуренция была честной и добросовестной...

Искушение сделать кому-то рекламу слишком велико: как ни откроешь руководство по какой-нибудь оздоровительной системе, как ни послушаешь очередного «пророка», так и хочется сказать, что «дыхание по... системе – самое правильное дыхание в мире!» (название системы можно вписывать произвольно).

Но вот для того, чтобы осложнить жизнь всяческих пророков и гуру существованием грамотных и въедливых слушателей и читателей, автор и писал эту книгу. Здесь собраны, с одной стороны, научно проверенные и достоверные сведения о процессах и механизмах человеческого дыхания, а с другой стороны – описание наиболее популярных комплексов дыхательных упражнений: как древних, так и современных систем в изложении, максимально близком к исходным текстам. К концу книги вам станет ясно и понятно, кто и сколько раз изобретал велосипед – простите, дыхательную гимнастику...

Но самое главное – к концу книги вы сможете ОСОЗНАННО и ВЗВЕШЕННО выбрать тот вид дыхательной гимнастики, который в наибольшей степени подходит для достижения поставленных вами целей, учитывая состояние вашего здоровья, особенности характера и образа жизни.

Вы все еще сомневаетесь, что именно эта книга вам очень нужна? Раздумываете, не купить ли книгу потоньше, не замахиваясь на детальное изучение многих дыхательных гимнастик? Конечно, выбирать вам, но порой сам процесс выбора литературы по дыхательным гимнастикам доходит до полного абсурда: к примеру, открываешь некое современное издание по Хатха-йоге и читаешь «как учит Йога (именно с большой буквы), жизнь без дыхания невозможна! Вам срочно необходимо освоить йоговское дыхание!» Да, все верно, дыхание – процесс жизненно важный, но ведь дышали мы, не зная ничего о йоге, от рождения до сего дня: в городе по чуть-чуть и неглубоко, а на природе с удовольствием и поглубже, с шумным вдохом и задержкой дыхания, причем без всяких методик – просто так захотелось.

...с одной стороны, научно проверенные и достоверные сведения о процессах и механизмах человеческого дыхания, а с другой стороны – описание наиболее популярных комплексов дыхательных упражнений: как древних, так и современных систем в изложении, максимально близком к исходным текстам. К концу книги вам станет ясно и понятно, кто и сколько раз изобретал велосипед – простите, дыхательную гимнастику...

Ну да и Бог с ней, с йогой и ее современными апологетами – они от избытка старания еще и не такое напишут. Но ведь они не знают других способов, кроме тех, которые включает йога. А вдруг вам больше подойдет какой-то другой комплекс упражнений, другое дыхание? Например, йоги говорят о необходимости насыщения организма кислородом, а «волевая ликвидация глубокого дыхания» К.П. Бутейко – оздоровительная система, основной постулат которой гласит, что все беды – от избытка кислорода и слишком глубокого дыхания.

Кто прав? Вряд ли кто-то вам ответит на этот вопрос – большинство энтузиастов любого метода дыхательной гимнастики почти фанатично верят в свою систему и ни в грош не ставят никакие другие. Чаще всего так происходит потому, что поклонники какой-то одной оздоровительной системы не имеют о других никакого представления, не имеют и необходимых медицинских и научных знаний, чтобы хотя бы представить себе механизм действия методики. Атак как большинство этих систем НИКАКИХ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРТИЗ И АПРОБАЦИЙ НЕ ПРОХОДИЛИ, то приходится верить этим «добрым людям» на слово. А в том, что касается собственного здоровья, верить «на слово» не очень хочется...

Большинство энтузиастов любого метода дыхательной гимнастики почти фанатично верят в свою систему и ни в грош не ставят никакие другие.

В целом дыхательная гимнастика – дело очень хорошее и нужное многим. Но метод этот очень специфический и рискованный – как и любое по-настоящему действенное и эффективное средство. Я не буду описывать все возможные процессы, которые происходят или могут произойти при нарушениях дыхания и бездумном экспериментировании. В этом деле, как и в любом другом, нужна голова. И здравый смысл.

В обычных условиях организм человека сам достаточно успешно регулирует все процессы жизнедеятельности. Так уж нас Природа создала. Поэтому для каждого отдельно взятого организма нет «правильного» или «неправильного» дыхания. Каждый человек дышит не так, как хочет, как ему полезно, не потому, что это «правильно» или «неправильно», а потому, что ТАК СЕЙЧАС нужно его организму, потому, что ТАК его организму выгоднее и проще обеспечить свое существование. Может быть, и неправильно дышать через рот, но как быть, если «настиг» насморк? Или плывешь с аквалангом? Дышать-то хочется все равно!

Инстинктивное дыхание выручает – но разум гибче и сильнее инстинкта. Разумное регулирование дыхания расширяет возможности и человеческого тела и человеческого разума.

Каждый дышит так, как нужно его организму, то есть в зависимости от состояния организма. Здоровый на все 100 % человек и дышит правильно, на все 100 %. И когда спит, и когда пашет. И даже тогда, когда дыхание как будто само собой замирает или учащается.

Но астматик, не вылечив свою астму, «правильно» дышать не может – мешает спазм дыхательных путей. Беременные женщины «правильно» дышать тоже не могут – ребенок «под сердцем» не дает диафрагме двигаться свободно. Они дышат так, как МОЖЕТ их организм. Неправильно – но так, как могут. И здесь разум тоже должен прийти на помощь.

И эта помощь будет в виде той или иной дыхательной гимнастики. Но опять же, разные гимнастики предполагают разные методы дыхания, которые иногда дают сходные, но чаще совершенно противоположные результаты.

Да и мнения о том, что и в какой последовательности нужно делать, у разных специалистов совершенно разные. Чисто теоретически только правильный выбор дыхательной гимнастики (а их много) может помочь в решении разных проблем. Только что и как выбирать?

Специальной (лечебной) дыхательной гимнастикой обычно хотят заниматься люди, у которых проблемы со здоровьем. И не только физическим. Психоэмоциональные проблемы с помощью дыхательных гимнастик решать тоже можно, конечно, опираясь на здравый смысл. Только понятно, что когда возникают проблемы, то и со здравым смыслом в этот момент не очень хорошо...

Сейчас дыхательные упражнения сплошь и рядом применяют на занятиях разными видами восточных гимнастик и боевых искусств, но гораздо чаще – в лечебных учреждениях как элемент лечебной физкультуры. Особенно рекомендуется дыхательная гимнастика для лежащих больных.

Только в больницах занятия проводят специалисты, знающие, *зачем, что, как и сколько можно и нужно* делать каждому больному и учитывающие рекомендации врача. А дыхательные упражнения на занятиях единоборствами и гимнастикой (в том числе и чисто дыхательной) предлагают, как правило, «специалисты», знающие то, как нужно дышать по той методике, которую они предлагают, а не то, как это должен делать каждый конкретный занимающийся и должен ли он это делать вообще. Пользы от такой гимнастики может быть меньше, чем вреда.

Специальной (лечебной) дыхательной гимнастикой обычно хотят заниматься люди, у которых проблемы со здоровьем. И не только физическим. Психоэмоциональные проблемы с помощью дыхательных гимнастик решать тоже можно, конечно, опираясь на здравый смысл. Только понятно, что когда возникают проблемы, то и со здравым смыслом в этот момент не очень хорошо...

Поэтому до начала занятий **ЛЮБЫМИ ДЫХАТЕЛЬНЫМИ УПРАЖНЕНИЯМИ** в составе **ЛЮБЫХ СИСТЕМ ИЛИ ТРЕНИНГОВ** необходимо точно определить, *что нужно именно вам* и что может предложить специалист, к которому вы обращаетесь.

Прежде чем перейти к чтению следующих глав, необходимо запомнить несколько тезисов, которые не привязаны ни к какой конкретной методике, но от этого их ценность только возрастает.

- Дыхание, будучи одним из важнейших процессов жизнеобеспечения, тем не менее, не является единственным и протекает не где-то в виртуальном пространстве, а в нашем собственном теле в тесной взаимосвязи с другими, не менее важными процессами.

- Дыхание – процесс многоуровневый, который включает в себя не только вдыхание и выдыхание воздуха, но и процессы газообмена, транспорта и т. д. Более подробно об этом мы будем говорить в первой части книги, которая посвящена всем этим процессам.

- Дыхание в первую очередь обеспечивает энергетические процессы. А энергетические процессы зависят в основном от двигательной активности. Поэтому лучшая дыхательная гимнастика – это аэробные упражнения. Но не клубно-танцевальные, а на природе, на свежем воздухе. Такая гимнастика сама по себе полезна взрослым и детям, больным и здоровым. А если к такой аэробике еще и специальные дыхательные упражнения подключить, и суставную гимнастику, и атлетику...

И самое главное:

Дыхательных гимнастик, а вернее методик дыхательной гимнастики очень много. Не хватайтесь за первую попавшуюся или модную, а узнайте у того, кто вам ее предлагает, какие еще методики он знает, чем они отличаются от других и почему именно вам предлагают то, что предлагают. В конце концов «откачивание» утопленников и искусственная вентиляция легких в состоянии клинической смерти – это тоже дыхательные гимнастики, хотя и пассивные. Соразмерьте пользу и затраченные усилия.

Не подвергайте собственное здоровье риску непроверенных методик!

Часть 1 Дыхание – это совсем не просто!

Человек не должен верить в то, чего не в состоянии постичь!
Абд-ру-шин «В свете истины»

Великий советский биолог Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский (1900–1981) говорил своим ученикам: *«То, что вы видите, является рядом феноменов – вот их вы можете описать, а механизмы действия – это плод вашего ума»*. Давайте последуем советам великих и пойдем именно этим путем – сначала опишем те феномены дыхания, существование которых не вызывает сомнений у современной науки. В силу своей объективности эти данные не имеют никакой «идеологической» заинтересованности в пользу какой-либо из описываемых далее систем, что дает нам основания для более взвешенного выбора вида дыхательной гимнастики, методики тренировок. Описания различных видов дыхательных гимнастик вы найдете в следующей части книги, но в любом случае ваш выбор должен основываться не только на вашем желании, ведь для подбора оздоровительной методики предварительно нужно объективно оценить:

цели, которые вы ставите перед собой, начиная выполнять те или иные дыхательные упражнения (улучшение здоровья или его сохранение; борьба с болезнями, психофизиологические или духовные цели и т. д.);

состояние вашего здоровья и возможности вашего организма (наличие хронических или острых заболеваний в стадии компенсации или обострения, возраст, индивидуальные особенности организма);

образ жизни (крупный мегаполис или сельская местность, время, которое вы можете посвятить занятиям, темп жизни и т. д.).

Учет целей, задач и возможностей необходим при планировании любых своих действий – от объявления войны до посещения супермаркета – и уж особенно при обращении к собственному здоровью.

С точки зрения современной науки о жизнедеятельности целостного организма – *физиологии* — **дыхание – это совокупность процессов, обеспечивающих потребление организмом кислорода и выделение углекислого газа.**

Поступление кислорода из атмосферы к клеткам нужно для биологического окисления органических веществ, в результате которого освобождается энергия, необходимая для жизни организма. В процессе биологического окисления образуется углекислый газ, избыток которого удаляется из организма. Прекращение дыхания ведет к гибели прежде всего нервных, а затем и других клеток организма. Кроме того, дыхание участвует в поддержании постоянства реакции жидкостей и тканей внутренней среды организма, а также температуры тела.

Физиологические процессы, которые мы будем рассматривать в этой части, в совокупности представляют собой то, что обычно мы называем дыханием.

Легко представить себе, как человек вдыхает воздух. Попадая в легкие, воздух отдает кислород и забирает из крови избыточный углекислый газ. Обогащенная кислородом кровь движется ко всем клеткам тела, где происходит обратный процесс – кровь отдает клеткам кислород и забирает углекислый газ. Клетки усваивают кислород и в результате уже молекулярных процессов используют его для поддержания собственной жизнедеятельности. Другими словами, дыхание человека включает такие *последовательные* процессы:

1) *внешнее дыхание* (вентиляция легких);

2) *обмен газов в легких* (между воздухом, находящимся в легких, и кровью капилляров малого круга кровообращения);

3) *транспорт газов кровью*;

4) *обмен газов в тканях* между кровью капилляров большого круга кровообращения и клетками человеческого тела;

5) *клеточное дыхание* (биологическое окисление в митохондриях клеток).

Именно в таком порядке мы и будем их рассматривать. Следует заранее предупредить, что, разбираясь с дыхательными процессами, нам придется поговорить о достаточно сложных вещах, но автор обещает приложить все старание, чтобы сделать этот процесс, насколько это возможно, более увлекательным. Обойтись без сложных материй, к сожалению, не удастся, иначе будет трудно понять, почему появились технологии оздоровления, основанные на выполнении дыхательных упражнений.

Глава 1. Внешнее дыхание

Внешнее дыхание, или вентиляция легких, – самый заметный процесс в цепи процессов дыхания. Чаще всего именно его описанием и удовлетворяются авторы пособий по дыхательным гимнастикам, упуская из виду то, для чего служит этот процесс и какие функции он должен выполнять. Но, отрывая этот процесс от последующих этапов «путешествия» кислорода и углекислого газа в организме, мы рискуем упустить очень важные моменты, поэтому постарайтесь прочитать эту главу как можно более внимательно и вдумчиво – приведенная в ней информация будет использована при описании различных дыхательных гимнастик, на одной из которых вы остановите свой выбор.

Чаще всего именно описанием внешнего дыхания и удовлетворяются авторы пособий по дыхательным гимнастикам, упуская из виду то, для чего служит этот процесс и какие функции он должен выполнять.

Строение легких и грудной клетки

Легкие представляют собой пористый орган, отдаленно напоминающий по своему строению скопление отдельных пузырьков или виноградную гроздь с огромным количеством ягод. Каждая «ягода» – это легочная альвеола (легочный пузырек), в которой происходит выполнение основной функции легких – газообмен. Между воздухом альвеол и кровью находится так называемый воздушно-кровяной барьер, образованный стенками альвеолы и кровеносного капилляра. Именно через этот барьер в кровь поступает кислород и удаляется углекислый газ.

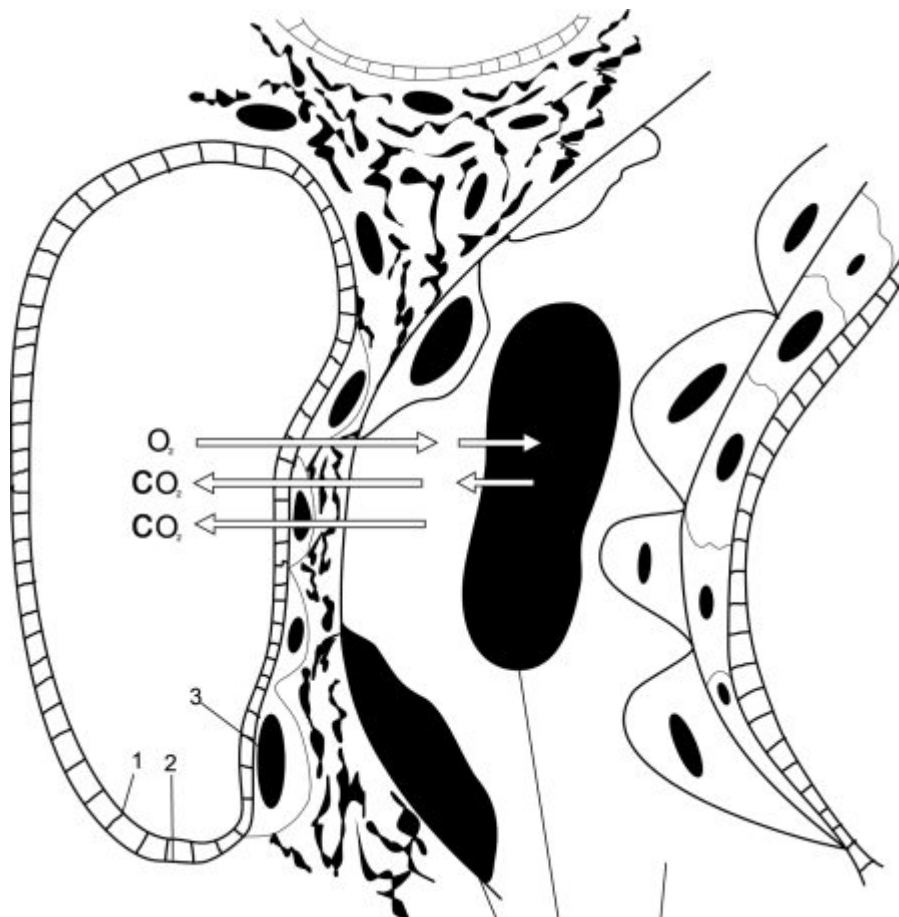


Рис. 1. Строение воздушно-кровяного барьера:

1 – просвет альвеол; 2 – сурфактант; 3 – альвеолоцит; 4 – эндотелиоцит; 5 – просвет капилляра; 6 – эритроцит в просвете капилляра. Стрелками показан путь кислорода и углекислого газа через аэрогематический барьер (между кровью и воздухом)

Воздух к альвеолам поступает по воздухоносным путям – *бронхам* и более мелким *бронхиолам* – которые переходят в *альвеолярные ходы*. Ветвление бронхов и бронхиол формирует доли (правое легкое имеет 3 доли – верхнюю, среднюю и нижнюю; левое – 2 доли – нижнюю и верхнюю). Доли легкого разделяются на сегменты – по 10 сегментов в каждой доле. Сегменты, в свою очередь, делятся на дольки – их около 80 в каждом сегменте. В обоих легких 600–700 млн. альвеол, дыхательная поверхность которых составляет от 40 м² при выдохе до 120 м² при вдохе.

Бронхи, как и трахея, имеют стенки с хрящевым основанием и поэтому достаточно жестки. Бронхиолы и альвеолы имеют мягкие стенки и поэтому могут *спадаться*, т. е. слипаться, как спущенный воздушный шарик, если в них не поддерживается некое давление воздуха.

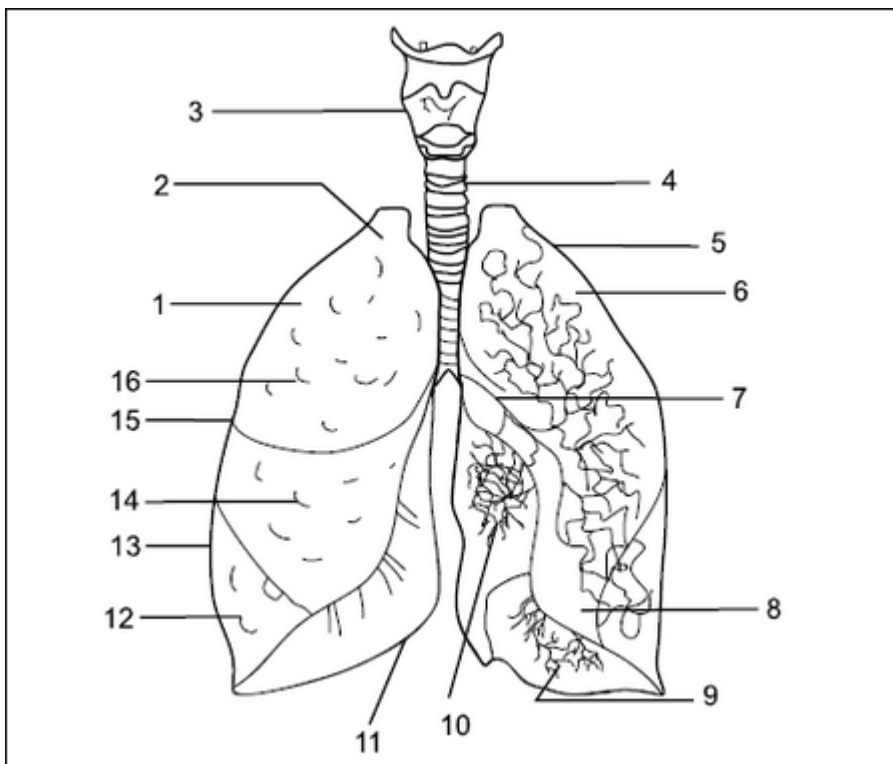


Рис. 2. Правое и левое легкие:

1 – правое легкое; 2 – верхушка легкого; 3 – гортань; 4 – трахея; 5 – левое легкое; 6 – верхняя доля; 7 – главный бронх левого легкого; 8 – нижняя доля; 9 – нижний край; 10 – сердечная вырезка; 11 – медиальный край правого легкого; 12 – нижняя доля; 13 – косая щель; 14 – средняя доля; 15 – горизонтальная щель; 16 – верхняя доля правого легкого

Чтобы такого слипания не произошло, легкие как единый орган со всех сторон покрыты плеврой – прочной герметичной оболочкой. Плевра имеет два слоя – два *листа*. Один листок плотно прилежит к внутренней поверхности жесткой грудной клетки, другой окружает легкие. Между ними находится *плевральная полость*, в которой поддерживается отрицательное давление, благодаря этому легкие находятся в расправленном состоянии.

Жесткий каркас грудной клетки составляют ребра, которые гибко (благодаря хрящам и суставам) присоединены к позвоночнику и суставам. Когда человек делает вдох и выдох, грудная клетка увеличивается и уменьшается в объеме, сохраняя при этом жесткость, необходимую для предохранения находящихся в грудной полости органов.

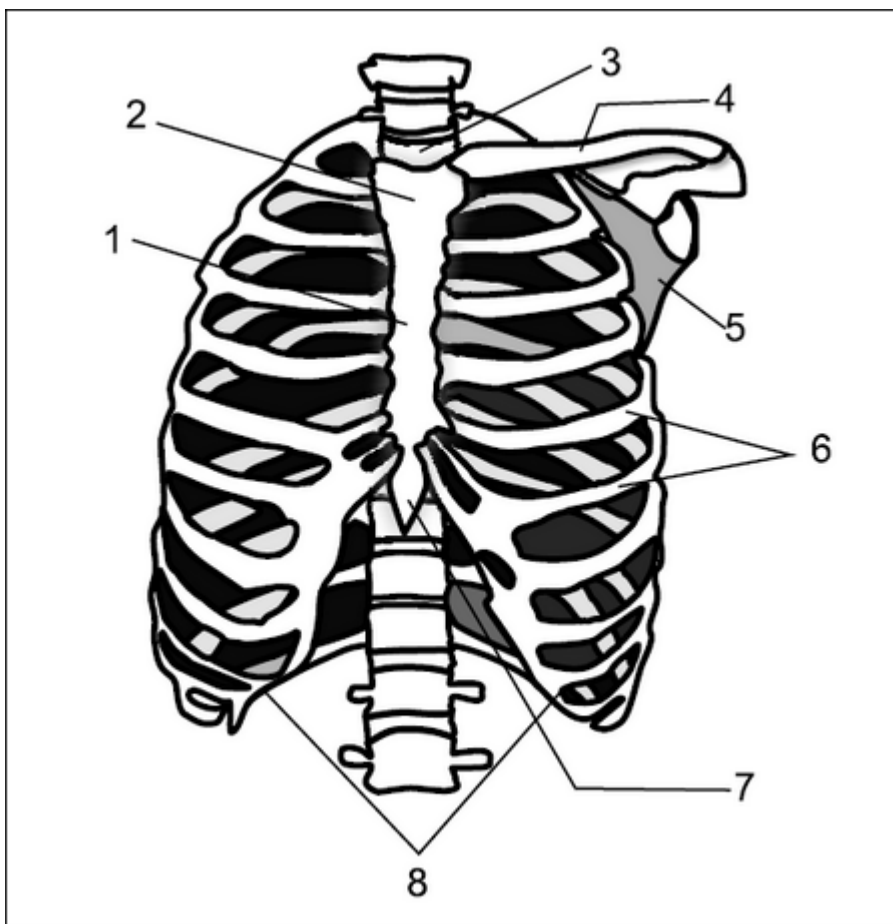


Рис. 3. Грудная клетка: 1 – тело грудины; 2 – рукоятка грудины; 3 – верхняя апертура грудной клетки; 4 – ключица; 5 – лопатка; 6 – ребра; 7 – мечевидный отросток грудины; 8 – реберная дуга

Дыхательные мышцы и механизм вдоха-выдоха

Все начинается с вдоха...

Для того чтобы вдохнуть воздух, человеку необходимо создать в легких давление более низкое, чем атмосферное. Чтобы выдохнуть – более высокое. Реально процесс вдоха-выдоха сводится к тому, что вдох обеспечивается увеличением объема грудной клетки, а выдох – его уменьшением. На первый взгляд, все просто. Но на самом деле, большая часть усилий, затрачиваемых при дыхании, расходуется на вдох – в обычных условиях выдох осуществляется автоматически, за счет упругости легких и силы тяжести.

Дыхательные мышцы

Усилие вдоха создают дыхательные мышцы вдоха (*инспираторные мышцы*). Знания об этих мышцах нам понадобятся чуть позже – когда мы будем рассматривать подготовку мышц тела к дыхательным упражнениям, поэтому постарайтесь запомнить информацию, которая приведена ниже.

Основной мышцей вдоха является *диафрагма* — мышечно-сухожильная перегородка между полостью грудной клетки и брюшной полостью.

В результате сокращения мышечных волокон наружных частей диафрагмы верхняя ее часть, включающая сухожильный центр, смещается вниз, при этом несжимаемые органы брюшной полости оттесняются вниз и в стороны, растягивая стенки брюшной полости. При спокойном вдохе купол диафрагмы опускается приблизительно на 1,5 см, соответственно увеличивается высота грудной полости. При этом нижние ребра слегка расходятся, увеличивая и обхват грудной клетки, что особенно заметно в нижних отделах.

Основной мышцей вдоха является диафрагма – мышечно-сухожильная перегородка между полостью грудной клетки и брюшной полостью.

Кроме диафрагмы, в процессе увеличения объема грудной клетки также принимают участие *наружные косые межреберные и межхрящевые мышцы*. Благодаря наклонному направлению волокон в этих мышцах нижние ребра более подвижны, чем верхние. Поэтому момент силы, определяющий движение рычагов, оказывается большим для нижних ребер (или хрящей, которыми они крепятся к груди и позвоночнику) – из-за этого нижнее ребро как бы «тянется» за верхним. В результате подъема ребер значительно увеличивается объем грудной клетки.

При очень глубоком и интенсивном дыхании или при повышении сопротивления вдыху в процесс увеличения объема грудной клетки включается ряд *вспомогательных дыхательных мышц*, которые могут поднимать ребра: *лестничные, большая и малая грудные, передняя зубчатая*. К вспомогательным мышцам вдоха относятся также мышцы, разгибающие грудной отдел позвоночника и фиксирующие плечевой пояс при опоре на отведенные назад руки (*трапецевидная, ромбовидные и др.*).

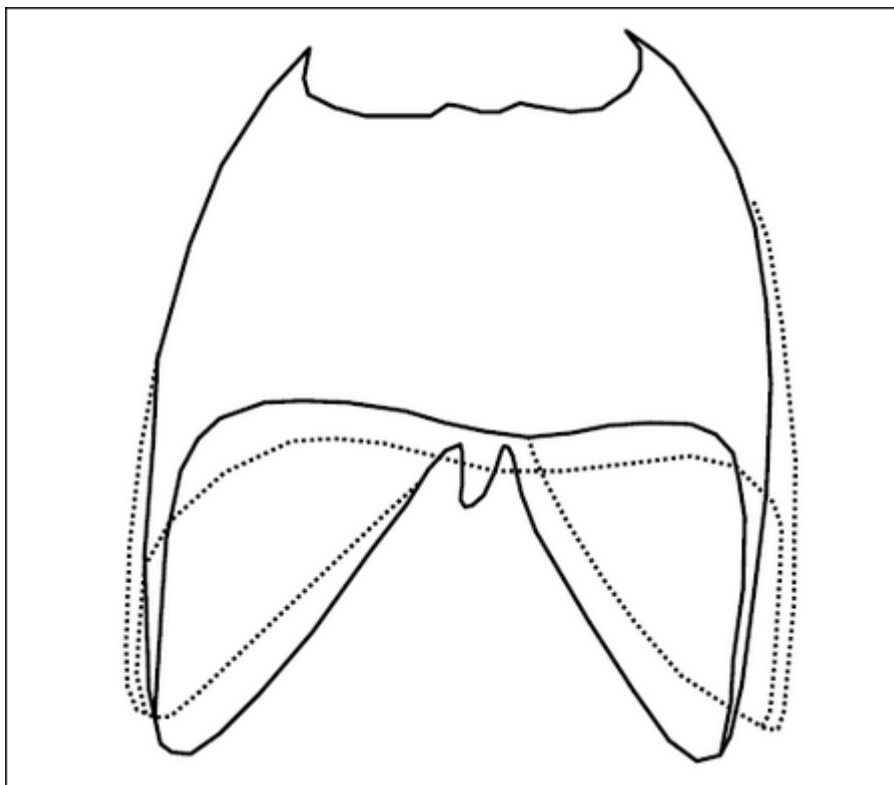


Рис. 4. Изменения объема грудной клетки и положения диафрагмы при спокойном вдохе (изображены контуры грудной клетки и диафрагмы, сплошные линии – выдох, пунктирные – вдох)

При очень глубоком и интенсивном дыхании или при повышении сопротивления вдоху в процесс увеличения объема грудной клетки включается ряд *вспомогательных дыхательных мышц*, которые могут поднимать ребра: *лестничные, большая и малая грудные, передняя зубчатая*. К вспомогательным мышцам вдоха относятся также мышцы, разгибающие грудной отдел позвоночника и фиксирующие плечевой пояс при опоре на отведенные назад руки (*трапецевидная, ромбовидные и др.*).

Как мы уже говорили, спокойный вдох протекает пассивно – на фоне практически ослабленных мышц. При активном интенсивном выдохе «подключаются» мышцы брюшной стенки (*косые, поперечная и прямая*), в результате чего объем брюшной полости уменьшается, в ней повышается давление, давление передается на диафрагму и поднимает ее. Вследствие сокращения *внутренних косых межреберных мышц* происходит опускание ребер и сближение их концов. К вспомогательным мышцам выдоха относятся также *мышцы, сгибающие позвоночник*.

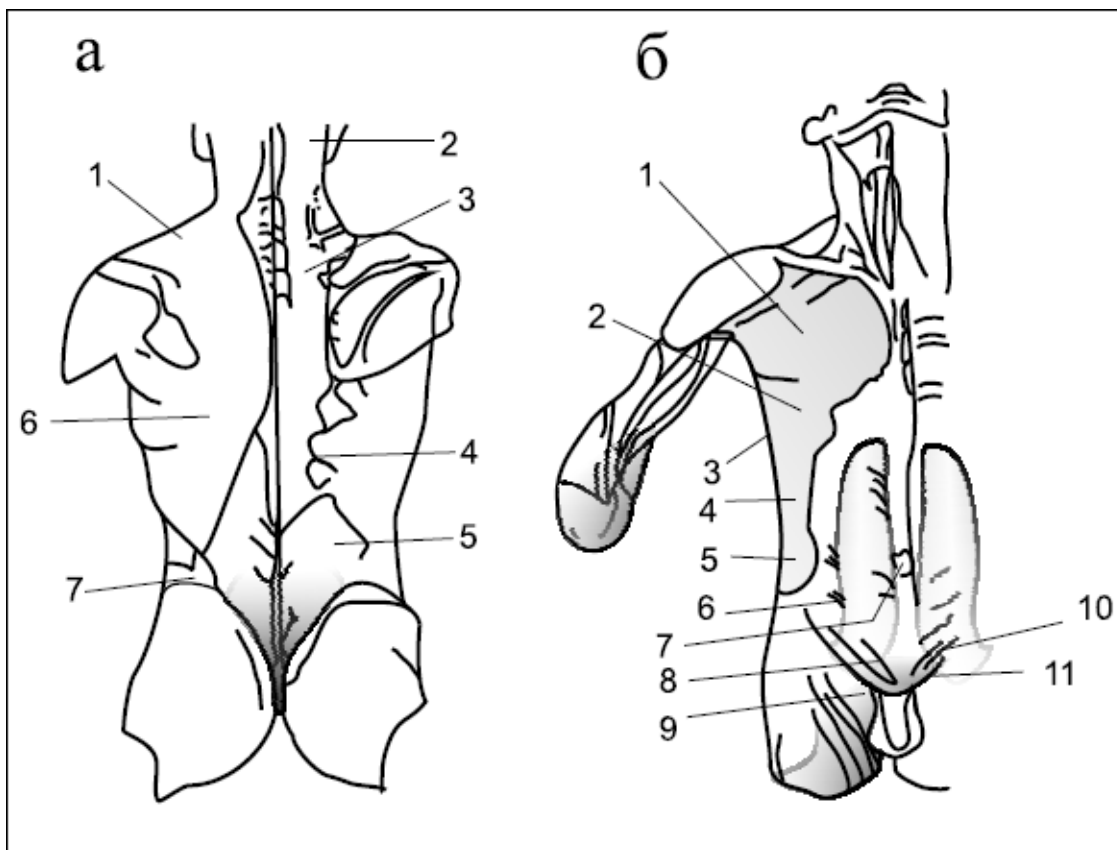


Рис. 5. Мышцы, принимающие участие в акте дыхания:

а: 1 – трапецевидная мышца; 2 – ременная мышца головы; 3 – большая и малая ромбовидная мышцы; 4 – нижняя задняя зубчатая мышца; 5 – пояснично-грудная фасция; 6 – поясничный треугольник; 7 – широчайшая мышца спины

б: 1 – большая грудная мышца; 2 – подмышечная полость; 3 – широчайшая мышца спины; 4 – передняя зубчатая мышца; 5 – наружная косая мышца живота; 6 – апоневроз наружной косой мышцы живота; 7 – пупочное кольцо; 8 – белая линия живота; 9 – паховая связка; 10 – поверхностное паховое кольцо; 11 – семенной канатик

Как вам уже известно, легкие и внутренние стенки грудной полости покрыты серозной оболочкой – *плеврой*.

Между листками висцеральной и париетальной плевры имеется узкая (5-10 мкм) щель, в которой находится серозная жидкость, по составу сходная с лимфой. Благодаря этому легкие постоянно сохраняют объем, находятся в расправленном состоянии.

Если в плевральную щель ввести иглу, соединенную с манометром, полученные данные покажут, что давление в ней ниже атмосферного. Отрицательное давление в плевральной щели обусловлено *эластической тягой легких*, т. е. постоянным стремлением легких уменьшиться в объеме.

Эластическая тяга легких обусловлена тремя факторами:

1. Упругостью ткани стенок альвеол вследствие наличия в них эластичных волокон.
2. Тонусом бронхиальных мышц.
3. Поверхностным натяжением пленки жидкости, покрывающей внутреннюю поверхность альвеол.

В плевральной щели в обычных условиях не бывает газов, при введении в плевральную щель некоторого количества воздуха он постепенно рассасывается. Если в плевральную щель попадает небольшое количество воздуха, образуется *пневмоторакс* – легкое частично спадается, но вентиляция его продолжается. Такое состояние называется *закрытым пневмотораксом*. Через некоторое время воздух из плевральной полости всасывается в кровь и легкое расправляется.

Отрицательное давление в плевральной щели обусловлено эластической тягой легких, т. е. постоянным стремлением легких уменьшиться в объеме.

При вскрытии грудной клетки, например при ранениях или внутригрудных операциях, давление вокруг легкого становится таким же, как атмосферное, и легкое спадается полностью. Его вентиляция прекращается, несмотря на работу дыхательных мышц. Такой пневмоторакс называется открытым. Двусторонний открытый пневмоторакс, если не оказать больному экстренную помощь, приводит к смерти. Необходимо либо срочно начать производить некусственное дыхание ритмическим нагнетанием воздуха в легкие через трахею, либо оперативно герметизировать плевральную полость.

Дыхательные движения

Физиологическое описание нормальных дыхательных движений, как правило, не соответствует движениям, которые мы наблюдаем у себя и своих знакомых. Мы можем увидеть как дыхание, обеспечиваемое в основном диафрагмой, так и дыхание, обеспечиваемое в основном работой межреберных мышц. И тот, и другой вид дыхания – в пределах нормы. Подключение мышц плечевого пояса чаще происходит при серьезных заболеваниях или очень интенсивной работе и почти никогда не наблюдается в нормальном состоянии, у относительно здоровых людей.

Дыхание, обеспечиваемое в основном за счет работы диафрагмы, более характерно для мужчин. В норме вдох сопровождается незначительным выпячиванием брюшной стенки, выдох – незначительным ее втягиванием. Это *брюшной тип дыхания в чистом варианте*.

Реже, но все же достаточно часто, встречается *парадоксальный*, или *обратный*, тип *брюшного дыхания*, при котором брюшная стенка на вдохе втягивается, а на выдохе выпячивается. Этот тип дыхания обеспечивается исключительно за счет сокращения диафрагмы, без смещения органов брюшной полости. Этот вид дыхания также чаще встречается у мужчин.

Для женщин характерен *грудной тип дыхания*, обеспечиваемый в основном за счет работы межреберных мышц. Такая особенность может быть связана с биологической готовностью женщины к материнству и, как следствие, с затрудненностью брюшного дыхания при беременности. При этом типе дыхания наиболее заметные движения совершают грудина и ребра.

Дыхание, в котором задействованы плечи и ключицы, обеспечивается за счет работы мышц плечевого пояса. Вентиляция легких при этом типе дыхания слабая, воздух поступает только в их верхнюю часть, поэтому такой *тип дыхания* называется *верхушечным*. У здоровых людей верхушечный тип дыхания практически не встречается, он развивается при серьезных заболеваниях (не только болезнях легких!), но для нас этот тип важен, так как используется во многих дыхательных гимнастике.

Процесс дыхания в цифрах

Легочные объемы

Понятно, что объем вдоха и выдоха может быть выражен в цифровых показателях. И в этом вопросе тоже есть несколько интересных, но малоизвестных фактов, знание которых необходимо для выбора того или иного вида дыхательной гимнастики.

При спокойном дыхании человек вдыхает и выдыхает около 500 мл (от 300 до 800 мл) воздуха; этот объем воздуха называется *дыхательным объемом*. Кроме обычного дыхательного объема при максимально глубоком вдохе человек может вдохнуть около 3 000 мл воздуха – это *резервный объем вдоха*. После обычного спокойного выдоха любой здоровый человек напряжением мышц выдоха способен «выдавить» из легких еще около 1 300 мл воздуха – это *резервный объем выдоха*. Сумма указанных объемов составляет *жизненную емкость легких*: $500 \text{ мл} + 3\,000 \text{ мл} + 1\,300 \text{ мл} = 4\,800 \text{ мл}$.

Как видно из расчетов, природа предусмотрела почти *десятикратный запас* по возможности «прокачивать» воздух через легкие. Сразу заметим – функциональный запас по «прокачиванию» воздуха (вентиляции легких) не совпадает с запасом по возможности потребления и транспорта кислорода.

Дыхательный объем— количественное выражение *глубины дыхания*.

Жизненная емкость легких – это максимальный объем воздуха, который может быть введен или выведен из легких в течение одного вдоха или выдоха. Жизненная емкость легких у мужчин выше (4 000-5 500 мл), чем у женщин (3 000-4 500 мл), она больше в положении стоя, чем в положении сидя или лежа. Физические тренировки способствуют увеличению жизненной емкости легких.

После максимального глубокого выдоха в легких остается довольно значительный объем воздуха – около 1 200 мл. Это *остаточный объем* воздуха. Большая его часть может быть удалена из легких только при открытом пневмотораксе. В спавшихся легких также остается некоторое количество воздуха (*минимальный объем*), оно задерживается в «воздушных ловушках», образующихся потому, что часть бронхиол спадается раньше альвеол.

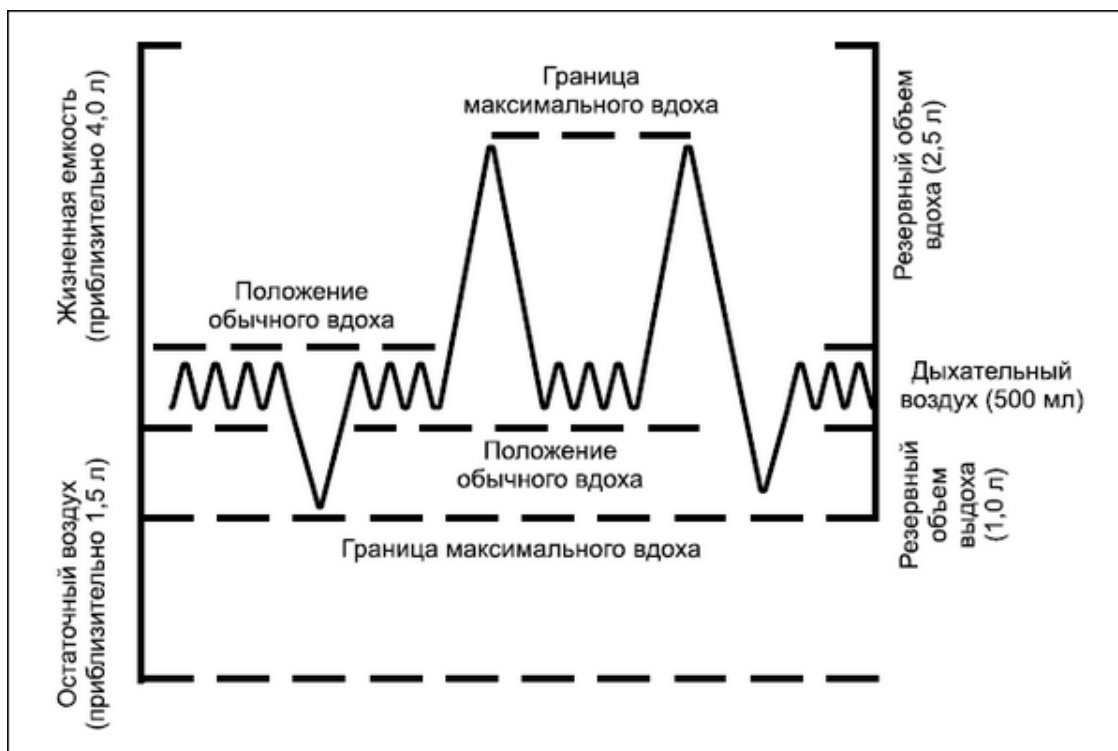


Рис. 6. Спирограмма – запись изменения легочных объемов

Максимальное количество воздуха, которое может находиться в легких, называется *общей емкостью легких*; оно равно сумме остаточного объема и жизненной емкости легких (в приведенном примере: $1\,200\text{ мл} + 4\,800\text{ мл} = 6\,000\text{ мл}$).

Объем воздуха, находящегося в легких в конце спокойного выдоха (при расслабленной дыхательной мускулатуре), называется *функциональной остаточной емкостью легких*. Она равна сумме остаточного объема и резервного объема выдоха (в использованном примере: $1\,200\text{ мл} + 1\,300\text{ мл} = 2\,500\text{ мл}$). Функциональная остаточная емкость легких близка к объему альвеолярного воздуха перед началом вдоха.

Вентиляция легких определяется объемом воздуха, вдыхаемого или выдыхаемого в единицу времени. Обычно измеряют *минутный объем дыхания*. При спокойном дыхании в минуту через легкие проходит 6–9 л воздуха. Вентиляция легких зависит от глубины и частоты дыхания, в состоянии покоя это, как правило, от 12 до 18 вдохов в минуту. Минутный объем дыхания равен произведению дыхательного объема на частоту дыхания.

Мертвое пространство

Воздух находится не только в альвеолах, но и в воздухоносных путях. К ним относятся полость носа (или рта при ротовом дыхании), носоглотка, гортань, трахея, бронхи. Воздух, находящийся в воздухоносных путях (за исключением дыхательных бронхиол), не участвует в газообмене, поэтому просвет воздухоносных путей называют *анатомическим мертвым пространством*. При вдохе последние порции воздуха входят в мертвое пространство и, *не изменив своего состава*, покидают его при выдохе.

Объем анатомического мертвого пространства около 150 мл (примерно $\frac{1}{3}$ дыхательного объема при спокойном дыхании). Значит, из 500 мл вдыхаемого воздуха в альвеолы поступает лишь 350 мл. В альвеолах в конце спокойного выдоха находится около 2 500 мл

воздуха, поэтому при каждом спокойном вдохе обновляется лишь $>1/7$ часть альвеолярного объема воздуха.

Значение воздухоносных путей

В понятие *воздухоносные пути* мы включаем носовую и ротовую полость, носоглотку, гортань, трахею и бронхи. В воздухоносных путях газообмен практически не производится, однако они необходимы для нормального дыхания. Проходя через них, вдыхаемый воздух претерпевает следующие изменения:

увлажняется;

согревается;

очищается от пыли и микроорганизмов.

С точки зрения современной науки наиболее физиологичным считается дыхание через нос: при таком дыхании очистка воздуха от пыли особенно эффективна – проходя через узкие и сложные по форме носовые ходы, воздух образует вихревые потоки, способствующие соприкосновению пылевых частиц со слизистой оболочкой носа. Стенки воздухоносных путей покрыты слизью, к которой прилипают содержащиеся в воздухе частицы. Слизь постепенно перемещается (7-19 мм/мин) по направлению к носоглотке за счет деятельности мерцательного эпителия полости носа, трахеи и бронхов. В слизи содержится вещество *лизоцим*, оказывающее смертоносное воздействие на болезнетворные микроорганизмы. При раздражении частицами пыли и накопившейся слизью рецепторов глотки, гортани и трахеи человек кашляет, а при раздражении рецепторов полости носа – чихает. Это *защитные дыхательные рефлексы*.

При раздражении частицами пыли и накопившейся слизью рецепторов глотки, гортани и трахеи человек кашляет, а при раздражении рецепторов полости носа – чихает. Это защитные дыхательные рефлексы.

Кроме того, вдыхаемый воздух, проходя через обонятельную зону слизистой оболочки носа, «приносит» запахи – в том числе и предупреждающие об опасности, вызывающие половое возбуждение (феромоны), запахи свежести и природы, возбуждающие дыхательный центр и оказывающие влияние на настроение.

На количество вдыхаемого воздуха и эффективность вентиляции легких влияет еще и такая величина как *просвет* (диаметр) *бронхов*. Эта величина может изменяться под действием многих факторов, часть из которых поддается контролю. Гладкая кольцевая мускулатура стенки бронхов суживает просвет. Мышцы бронхов находятся в состоянии тонической активности, возрастающей при выдохе. Мышцы бронхов сокращаются при увеличении парасимпатических влияний вегетативной нервной системы, под действием таких веществ как гистамин, серотонин, простагландины. Расслабление бронхов происходит при уменьшении симпатических влияний вегетативной нервной системы, под действием адреналина.

Частично перекрывать просвет бронхов может избыточное выделение слизи, возникающее при воспалительных и аллергических реакциях, а также инородные тела, гной при инфекционных заболеваниях и т. д. – все это, несомненно, будет отражаться на эффективности газообмена.

Глава 2. Обмен газов в легких

Немного о кровообращении

Предыдущий этап – этап *внешнего дыхания* – заканчивается на том, что кислород в составе атмосферного воздуха поступает в альвеолы, откуда он должен будет перейти в капилляры, «опутывающие» альвеолы густой сетью.

Капилляры соединяются в легочные вены, которые несут кровь, насыщенную кислородом, в сердце, а точнее, в левое предсердие. Из левого предсердия обогащенная кислородом кровь поступает в левый желудочек, а затем «отправляется в путешествие» по большому кругу кровообращения, к органам и тканям. «Обменявшись» с тканями питательными веществами, отдав кислород и забрав углекислый газ, кровь по венам поступает в правое предсердие, и большой круг кровообращения замыкается, начинается малый круг.

Малый круг кровообращения начинается в правом желудочке, откуда легочная артерия, разветвляясь и опутывая альвеолы капиллярной сетью, несет кровь на «зарядку» кислородом в легкие, а затем снова – по легочным венам в левое предсердие и так до бесконечности. Чтобы оценить эффективность и масштаб этого процесса, представьте, что время полного оборота крови составляет всего 20–23 секунды – весь объем крови успевает полностью «обежать» и большой, и малый круги кровообращения.

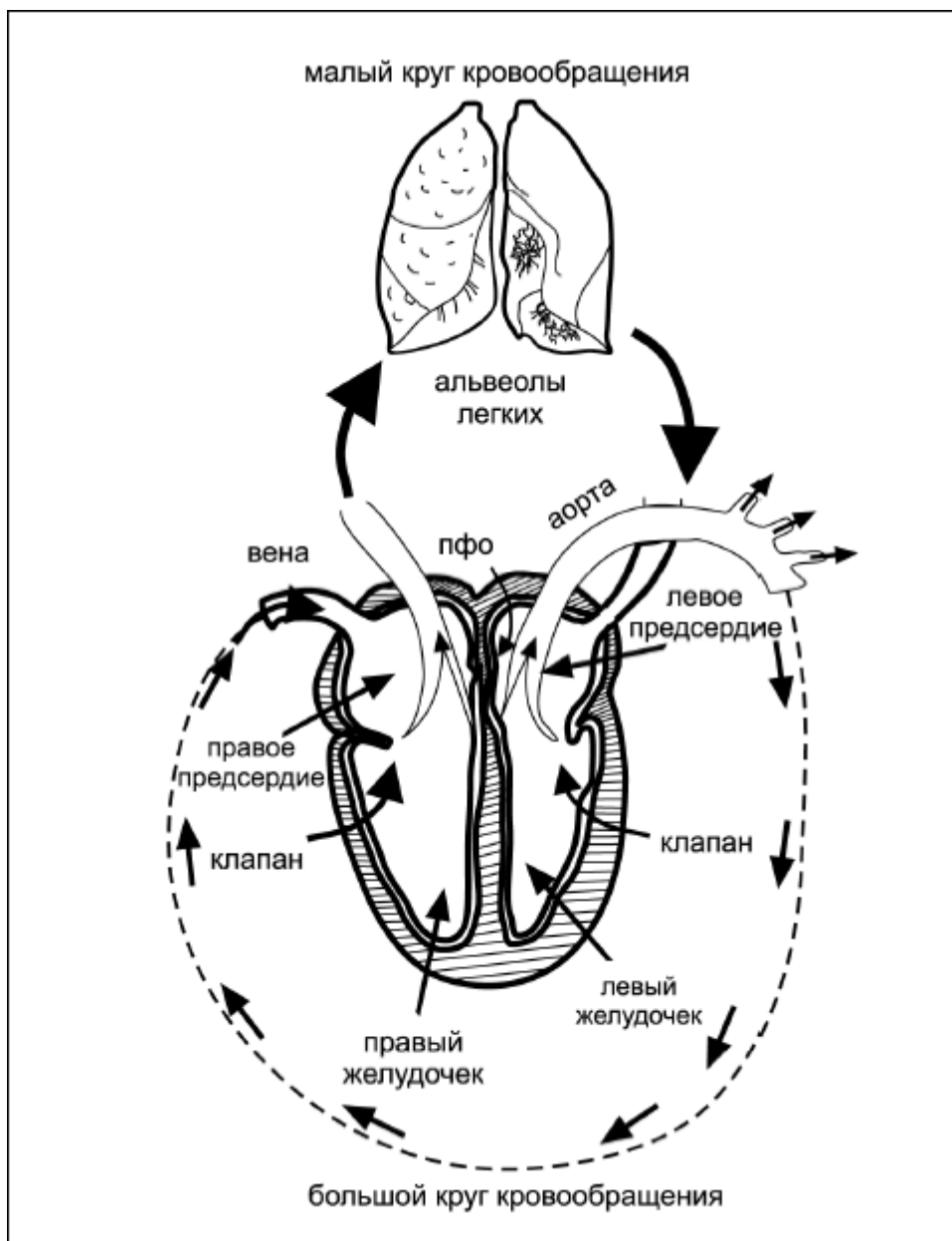


Рис 7. Схема малого и большого кругов кровообращения

Чтобы насытить кислородом столь активно меняющуюся среду, как кровь, необходимо учитывать следующие факторы:

количество кислорода и углекислого газа во вдыхаемом воздухе – т. е. его состав;

эффективность вентиляции альвеол – т. е. площадь соприкосновения, на которой происходит обмен газами между кровью и воздухом;

эффективность альвеолярного газообмена — т. е. эффективность веществ и структур, обеспечивающих соприкосновение крови и газообмен.

Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха

В обычных условиях человек дышит атмосферным воздухом, имеющим относительно постоянный состав (табл. 1). В выдыхаемом воздухе всегда меньше кислорода и больше

углекислого газа. Меньше всего кислорода и больше всего углекислого газа в альвеолярном воздухе. Различие в составе альвеолярного и выдыхаемого воздуха объясняется тем, что последний является смесью воздуха мертвого пространства и альвеолярного воздуха.

Таблица 1. Состав воздуха (в объемных %)

Воздух	Кислород	Углекислый газ	Азот и инертные газы
Вдыхаемый	20,93	0,03	79,04
Выдыхаемый	16,0	4,5	79,5
Альвеолярный	14,0	5,5	80,5

Альвеолярный воздух является внутренней газовой средой организма. От его состава зависит газовый состав артериальной крови. Регуляторные механизмы поддерживают постоянство состава альвеолярного воздуха. При спокойном дыхании состав альвеолярного воздуха мало зависит от фаз вдоха и выдоха. Например, содержание углекислого газа в конце вдоха всего на 0,2–0,3 % меньше, чем в конце выдоха, так как при каждом вдохе обновляется лишь $\frac{1}{7}$ часть альвеолярного воздуха. Кроме того, газообмен в легких протекает непрерывно, независимо от фаз вдоха или выдоха, что способствует выравниванию состава альвеолярного воздуха. При глубоком дыхании, из-за нарастания скорости вентиляции легких, зависимость состава альвеолярного воздуха от вдоха и выдоха увеличивается. При этом надо помнить, что концентрация газов «на оси» воздушного потока и на его «обочине» тоже будет различаться – движение воздуха «по оси» будет быстрее, а его состав будет приближаться к составу атмосферного воздуха. В верхней части легких альвеолы вентилируются менее эффективно, чем в нижних отделах, прилежащих к диафрагме.

Вентиляция альвеол

Газообмен между воздухом и кровью осуществляется в альвеолах, все остальные части легких служат только для «доставки» воздуха к этому месту, поэтому важна не общая величина вентиляции легких, а именно величина вентиляции альвеол. Она меньше вентиляции легких на величину вентиляции мертвого пространства.

Эффективность вентиляции альвеол (а следовательно, и газообмена) выше при более редком дыхании, чем при более частом.

Так, при минутном объеме дыхания, равном 8 000 мл, и частоте дыхания 16 раз в минуту *вентиляция мертвого пространства* составит

$$150 \text{ мл} \times 16 = 2400 \text{ мл.}$$

Вентиляция альвеол будет равна

$$8000 \text{ мл} - 2400 \text{ мл} = 5600 \text{ мл.}$$

При минутном объеме дыхания 8 000 мл и частоте дыхания 32 раза в минуту *вентиляция мертвого пространства* составит

$$150 \text{ мл} \times 32 = 4800 \text{ мл,}$$

а вентиляция альвеол

$$8000 \text{ мл} - 4800 \text{ мл} = 3200 \text{ мл,}$$

т. е. будет вдвое меньшей, чем в первом случае. Отсюда следует первый из практических выводов: *эффективность вентиляции альвеол (а следовательно, и газообмена) выше при более редком дыхании, чем при более частом.*

Величина вентиляции легких регулируется организмом таким образом, чтобы газовый состав альвеолярного воздуха был постоянным. Так, при повышении концентрации углекислого газа в альвеолярном воздухе минутный объем дыхания увеличивается, при снижении – уменьшается. Однако регуляторные механизмы этого процесса находятся, к сожалению, не в альвеолах. Глубина и частота дыхания регулируются дыхательным центром на основании информации о количестве кислорода и углекислого газа в крови. О том, как это происходит, мы более подробно поговорим в разделе «Бессознательная регуляция дыхания».

Обмен газов в альвеолах

Газообмен в легких осуществляется посредством диффузии кислорода из альвеолярного воздуха в кровь (около 500 л в сутки) и углекислого газа из крови в альвеолярный воздух (около 430 л в сутки). Диффузия происходит вследствие разности давления этих газов в альвеолярном воздухе и в крови.

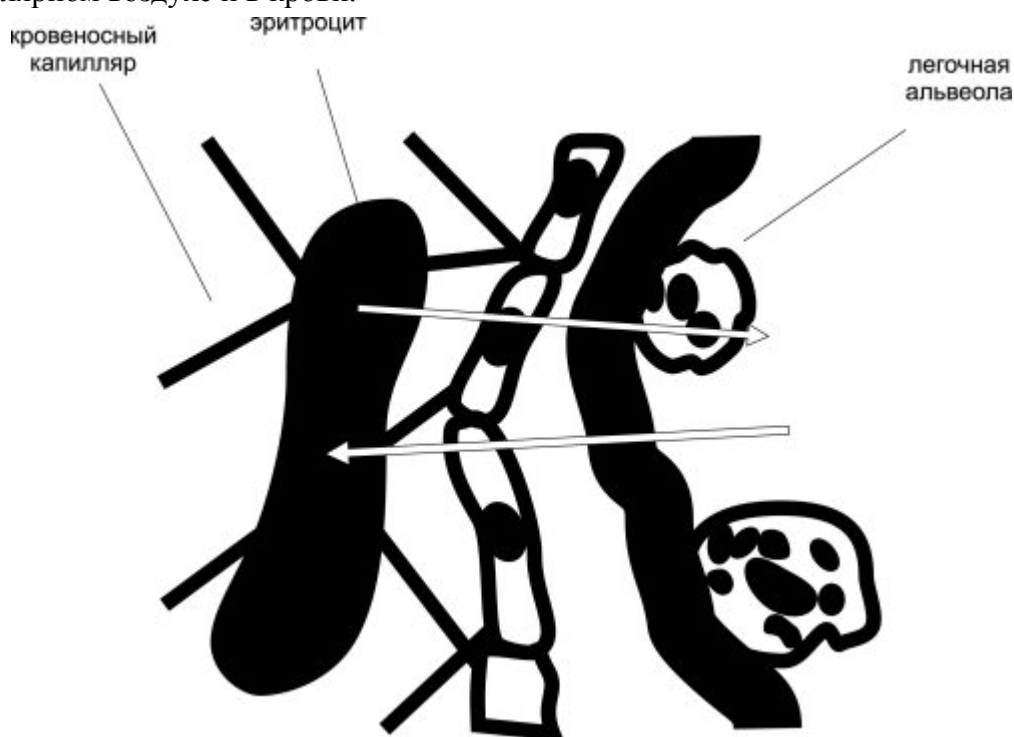


Рис. 8. Альвеолярное дыхание

Диффузия (от лат. *diffusio* – распространение, растекание) – взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга вследствие теплового движения частиц вещества. Диффузия происходит в направлении снижения концентрации вещества и ведет к равномерному распределению вещества по всему занимаемому им объему. Так, пониженная концентрация кислорода в крови ведет к его проникновению через мембрану воздушно-кровяного {аэро-гематического} барьера, избыточная концентрация углекислого газа в крови ведет к его выделению в альвеолярный воздух. Анатомически воздушно-кровяной барьер представлен легочной мембраной, которая, в свою очередь, состоит из эндотелиальных клеток капилляров, двух основных мембран, плоского альвеолярного эпителия, слоя *сурфактанта*¹. Толщина легочной мембраны всего 0,4–1,5 мкм.

¹ Сурфактант – поверхностно-активное вещество, которое облегчает диффузию газов. Нарушение синтеза сурфактанта клетками легочного эпителия делает процесс дыхания практически невозможным из-за резкого снижения (замедления) уровня диффузии газов.

Поступивший в кровь кислород и «принесенный» кровью углекислый газ могут находиться как в растворенном, так и в химически связанном виде – в виде непрочного соединения с гемоглобином эритроцитов. Эффективность транспорта газов эритроцитами напрямую связана с этим свойством гемоглобина, более подробно этот процесс будет рассмотрен в следующей главе.

Глава 3. Транспорт газов кровью

«Переносчиком» кислорода от легких к тканям и органам и углекислого газа от тканей и органов к легким является кровь. В свободном (растворенном) состоянии переносится настолько малое количество газов, что им можно смело пренебречь при оценке потребностей организма. Для простоты объяснения в дальнейшем будем считать, что основное количество кислорода и углекислого газа транспортируется в связанном состоянии.

Транспорт кислорода

Кислород транспортируется в виде оксигемоглобина. *Оксигемоглобин* — это комплекс гемоглобина и молекулярного кислорода.

Гемоглобин содержится в красных кровяных тельцах – *эритроцитах*. Эритроциты под микроскопом похожи на слегка приплюснутый бублик, дырку в котором забыли проткнуть до конца. Такая необычная форма позволяет эритроцитам лучше, чем шарообразным клеткам, взаимодействовать с кровью (за счет большей площади), ведь как известно, из тел, имеющих равный объем, шар имеет наименьшую площадь. Кроме того, эритроцит способен сворачиваться в трубочку, протискиваясь в узкий капилляр, добираясь в самые отдаленные «уголки» организма.

В 100 мл крови при нормальной температуре тела растворяется лишь 0,3 мл кислорода. Кислород, растворяющийся в плазме крови капилляров малого круга кровообращения, диффундирует в эритроциты, сразу же связывается гемоглобином, образуя оксигемоглобин, в котором кислорода 190 мл/л. Скорость связывания кислорода велика – время поглощения диффундировавшего кислорода измеряется тысячными долями секунды. В капиллярах альвеол (при соответствующих вентиляции и кровоснабжении) практически весь гемоглобин крови превращается в оксигемоглобин. Скорость диффузии газов «туда и обратно» значительно медленнее скорости связывания газов, из чего можно сделать второй практический вывод: *чтобы газообмен шел успешно, воздух должен «получать паузы», время, за которое успеет выровняться концентрация газов в альвеолярном воздухе и притекающей крови.*

Преобразование восстановленного (бескислородного) гемоглобина (*дезоксигемоглобина*) в окисленный (содержащий кислород) гемоглобин (*оксигемоглобин*) напрямую зависит от содержания растворенного кислорода в жидкой части плазмы крови, причем механизмы усвоения растворенного кислорода весьма эффективны и стабильны.

Чтобы газообмен шел успешно, воздух должен «получать паузы», время, за которое успеет выровняться концентрация газов в альвеолярном воздухе и притекающей крови.

Например, подъем на высоту 2 000 м над уровнем моря сопровождается снижением атмосферного давления с 760 до 600 мм рт. ст., парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе – с 105 до 70 мм рт. ст., а содержание оксигемоглобина снижается лишь на 3 % – несмотря на снижение атмосферного давления, ткани продолжают снабжаться кислородом.

В тканях, требующих для нормальной жизнедеятельности много кислорода (работающие мышцы, печень, почки, железистые ткани), оксигемоглобин «отдает» кислород очень активно, иногда почти полностью. И наоборот: в тканях, в которых интенсивность окислительных процессов мала (например, в жировой ткани), большая часть оксигемоглобина «не отдает» молекулярный кислород – уровень *диссоциации* оксигемоглобина низкий. Переход тканей из состояния покоя в активное состояние (сокращение мышц, секреция желез)

автоматически создает условия для увеличения диссоциации оксигемоглобина и увеличения снабжения тканей кислородом.

Способность гемоглобина «удерживать» кислород (*сродство гемоглобина к кислороду*) снижается при увеличении в крови концентрации углекислого газа и ионов водорода. Подобным же образом действует на диссоциацию оксигемоглобина повышение температуры.

Таким образом, становится понятно, как взаимосвязаны и сбалансированы друг относительно друга природные процессы. Изменение способности оксигемоглобина удерживать кислород имеет огромное значение для обеспечения снабжения им тканей. В тканях, в которых процессы обмена веществ протекают интенсивно, концентрация углекислого газа и ионов водорода увеличивается, а температура повышается. Это ускоряет течение обменных процессов и облегчает «отдачу» гемоглобином кислорода.

В волокнах скелетных мышц содержится «родственный» гемоглобину миоглобин. Он обладает очень высоким сродством к кислороду. «Ухватившись» за молекулу кислорода, он не отдает ее обратно в кровь.

Количество кислорода в крови

Максимальное количество кислорода, которое может связать кровь при полном насыщении гемоглобина кислородом, называется *кислородной емкостью крови*. Кислородная емкость крови зависит от содержания в ней гемоглобина.

В артериальной крови содержание кислорода лишь немного (на 3–4 %) ниже кислородной емкости крови. В обычных условиях в 1 л артериальной крови содержится 180–200 мл кислорода. Даже в случае, когда в экспериментальных условиях человек дышит чистым кислородом, количество кислорода в артериальной крови практически соответствует кислородной емкости. По сравнению с показателями, когда человек дышит обычным атмосферным воздухом, количество переносимого кислорода увеличивается мало (на 3–4%).

Венозная кровь в состоянии покоя содержит около 120 мл/л кислорода. Таким образом, проходя через капилляры, кровь отдает не весь кислород.

Часть кислорода, поглощаемая тканями из артериальной крови, называется *коэффициентом утилизации кислорода*. Для его вычисления делят разность содержания кислорода в артериальной и венозной крови на содержание кислорода в артериальной крови и умножают на 100, например:

$$(200 - 120) : 200 \times 100 = 40 \%$$

Коэффициент утилизации кислорода организмом, когда он находится в состоянии покоя, колеблется от 30 до 40 %. При интенсивной мышечной работе он повышается до 50–60 %.

Транспорт углекислого газа

Углекислый газ транспортируется кровью в трех формах. В венозной крови содержится около 58 объемных процентов (580 мл/л) CO_2 , причем из них лишь около 2,5 объемных процентов находятся в растворенном состоянии. Некоторая часть молекул CO_2 соединяется в эритроцитах с гемоглобином, образуя *карбгемоглобин* (около 4,5 объемных процента). Остальное количество CO_2 химически связано и содержится в виде солей угольной кислоты (примерно 51 объемный процент).

Углекислый газ является одним из самых частых продуктов химических реакций обмена веществ. Он непрерывно образуется в живых клетках и из них диффундирует в кровь тканевых капилляров. В эритроцитах он соединяется с водой и образует угольную кислоту ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$).

Этот процесс катализируется (ускоряется) в двадцать тысяч (!) раз ферментом *карбоангидразой*. Карбоангидраза содержится в эритроцитах, в плазме крови ее нет, соответственно, процесс соединения углекислого газа с водой происходит только в эритроцитах. Но этот процесс обратим, т. е. он может изменять свое направление. В зависимости от концентрации углекислого газа карбоангидраза катализирует и образование угольной кислоты, и расщепление ее на углекислый газ и воду (в капиллярах легких): $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$.

Благодаря вышеописанным процессам связывания концентрация CO_2 в эритроцитах невысока, поэтому все поступающие молекулы CO_2 продолжают диффундировать внутрь эритроцитов. Накопление ионов внутри эритроцитов сопровождается повышением в них осмотического давления. В результате увеличивается количество воды во внутренней среде эритроцитов, поэтому их объем в капиллярах большого круга кровообращения несколько увеличивается.

Гемоглобин имеет большее сродство к кислороду, чем к углекислому газу, поэтому в условиях повышения парциального давления кислорода карбогемоглобин превращается сначала в дезоксигемоглобин, а затем в оксигемоглобин. Кроме того, при превращении оксигемоглобина в гемоглобин увеличивается способность крови связывать двуокись углерода. Это явление носит название *эффекта Холдейна*. Гемоглобин служит источником катионов калия (K^+), необходимых для связывания угольной кислоты в форме углекислых солей – бикарбонатов.

Итак, в эритроцитах тканевых капилляров образуется дополнительное количество бикарбоната калия, а также карбогемоглобин. В таком виде двуокись углерода переносится к легким.

В капиллярах малого круга кровообращения концентрация двуокиси углерода снижается. От карбогемоглобина отщепляется CO_2 . Одновременно происходит образование оксигемоглобина, увеличивается его диссоциация. Оксигемоглобин вытесняет калий из бикарбонатов. Угольная кислота в эритроцитах (в присутствии карбоангидразы) быстро разлагается на H_2O и CO_2 – круг завершен.

Осталось сделать только одно примечание:

Угарный газ (CO) обладает большим сродством к гемоглобину, чем углекислый газ (CO_2) и кислород, поэтому отравления угарным газом столь опасны: вступая в устойчивую связь с гемоглобином, угарный газ блокирует механизм нормального транспорта газов, фактически «душит» организм. Жители больших городов, особенно владельцы автомобилей, постоянно вдыхают воздух с повышенной концентрацией угарного газа, причем кондиционеры не снижают его количество. Это приводит к тому, что даже достаточное количество полноценных эритроцитов в условиях нормального кровообращения не способно выполнять транспортные функции. Как результат – обмороки, сердечные приступы и даже внезапные смерти относительно здоровых людей в условиях автомобильных пробок.

Глава 4. Обмен газов в тканях

Наименьшая концентрация кислорода в тех внутренних средах организма, где его потребление максимально, – в митохондриях клеток, где кислород используется для процессов биологического окисления. Молекулы кислорода, освобождающиеся при прохождении по кровеносным капиллярам в результате диссоциации оксигемоглобина, движутся в направлении более низких величин концентрации кислорода. Концентрация кислорода в тканях зависит от многих факторов:

- скорости тока крови;
- просвета капилляров и расстояния между ними;
- расположения клеток по отношению к капиллярам;
- интенсивности окислительных процессов и т. д.

В тканевой жидкости, около капилляров, концентрация кислорода значительно ниже (20–40 мм рт. ст.), чем в крови. Особенно низка она в участках тканей, равноудаленных от соседних капилляров. При большой интенсивности окислительных процессов концентрация молекулярного кислорода в клетках может приближаться к нулю. Увеличение скорости кровотока резко повышает концентрацию кислорода в тканях. Например, увеличение скорости тока крови вдвое может повысить уровень содержания кислорода в нервной клетке на 10 мм рт. ст. Увеличению снабжения кислородом при интенсификации физиологических процессов способствует раскрытие резервных капилляров – тех капилляров, которые не используются при обычном режиме «работы» организма, наиболее масштабно этот процесс протекает в мышцах. Из всего вышесказанного можно сделать еще один – побочный, но очень важный практический вывод: *физическая работа за счет открытия резервных капилляров способствует «вымыванию» шлаков и улучшению газообмена в тканях, именно физическая работа является наилучшим физиологическим (т. е. – естественным) стимулятором этих процессов.*

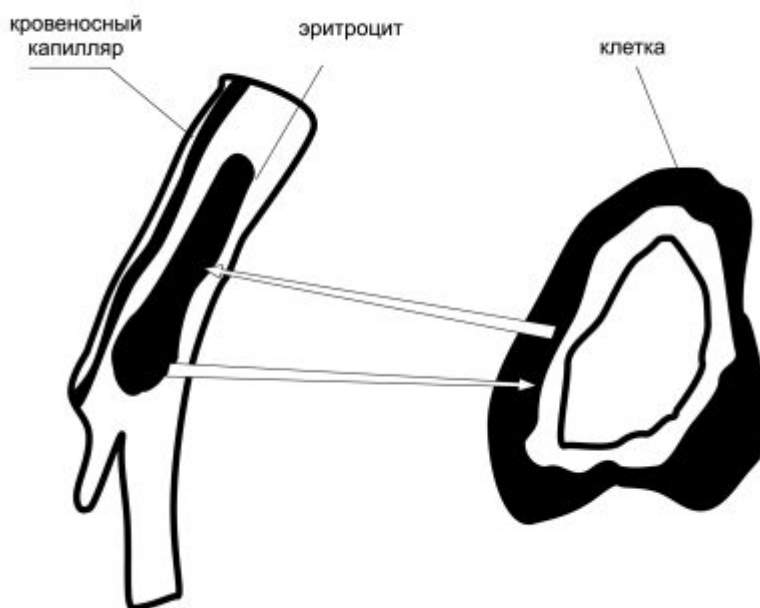


Рис. 9. Тканевое дыхание

Наибольшая концентрация углекислого газа (до 60 мм рт. ст.) отмечается в клетках в результате образования этого газа в митохондриях. В тканевой жидкости концентрация углекислого газа изменчива (в среднем 46 мм рт. ст.), а в артериальной крови составляет 40 мм рт. ст. Углекислый газ из клеток и межклеточной жидкости диффундирует по направлению снижения концентрации в кровеносные капилляры и транспортируется кровью к легким. Этот механизм мы разбирали в предыдущей главе.

Глава 5. Клеточное дыхание

Сложными, но верными в выбранном направлении тропами мы добрались до того момента, когда вам наконец станет ясно, для чего же столько хлопот – «тянуть» в глубь организма, к каждой его клеточке кислород, да еще и стараться, чтобы каждой клетке досталось, как при коммунизме, – не по труду, а по потребностям.

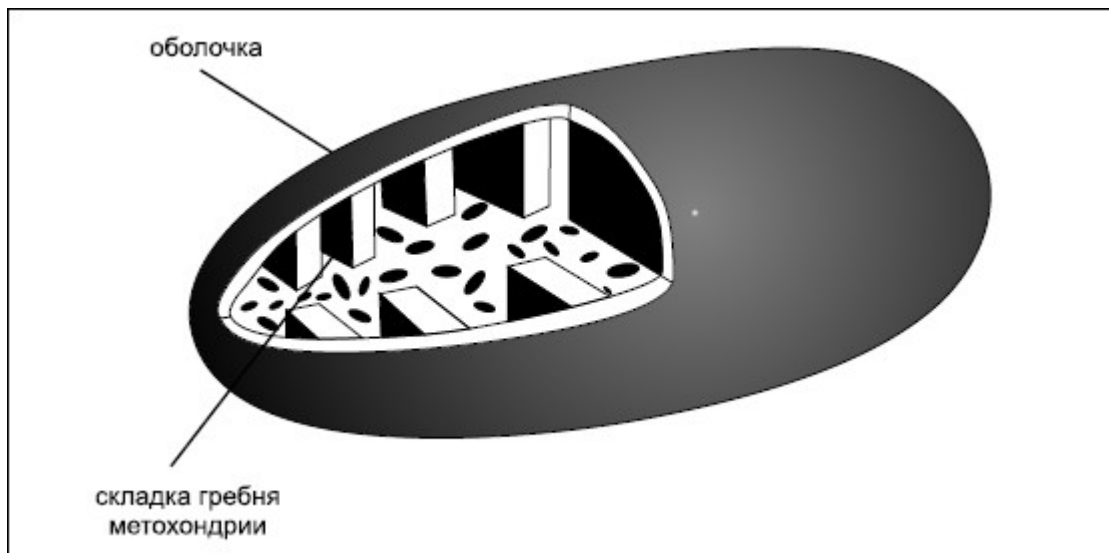


Рис. 10. Митохондрия

Ни для кого не секрет, что наше тело состоит из множества живых клеток – непохожих по своему строению, но работающих с одной целью – обеспечить своим существованием жизнедеятельность целого организма, являющегося материальной основой нашей Личности, который мы обычно называем телом. Однако, различаясь по своим функциям и строению, все клетки все же имеют общие черты – как люди, различающиеся как отдельные личности, но имеющие одинаковый набор внутренних органов (сердце, легкие, мозг и т. д.) и примерно одинаковый набор биологических потребностей (воздух, питание, тепло и т. д.). Эти закономерности в равной степени относятся как ко всему организму, так и к каждой его клетке, и в первую очередь любая клетка нашего тела нуждается в энергии. Эту энергию клетка получает путем окисления органических веществ, для процесса окисления необходим кислород – другими словами, клетка получает энергию в процессе *клеточного дыхания*. Но и здесь все совсем непросто.

Законы биоэнергетики

Клеточное дыхание присуще всем организмам, живущим в содержащей кислород среде. Этот процесс лежит в основе обеспечения потребностей клетки в энергии. Любая живая клетка удовлетворяет свои энергетические потребности за счет внешних ресурсов. Такими «внешними ресурсами» для клетки могут быть поступающие из внешней среды химические вещества или даже солнечный свет для растительных клеток, содержащих хлорофилл. Если говорить о потребностях живой клетки, то они складываются из различных процессов, каждый из которых требует энергии для своего совершения. Сами эти процессы, в свою очередь, необходимы для совершения отдельных видов полезной работы для нужд как самой клетки, так и целостного организма. Даже у простейших живых существ, какими являются бактерии, таких процессов насчитывается несколько десятков, и все они

нуждаются в энергетическом обеспечении. Что же в таком случае говорить о высокоспециализированных клетках человеческого тела – о нервных, железистых, мышечных клетках? Их «энергетические траты» значительно выше.

Любая живая клетка удовлетворяет свои энергетические потребности за счет внешних ресурсов.

Трудно себе представить, что Природа, стремящаяся к максимальной целесообразности действий любого организма, заложила для каждого из этих процессов отдельный механизм обеспечения энергией. Конечно, это не так. Как верно и точно заметил действительный член РАН В.П. Скулачев, «живая клетка располагает особой «энергетической валютой», играющей роль посредника между процессами запасаения энергии и ее траты».

В течение достаточно долгого времени ученые считали, что единственным видом такой «валюты» служат так называемые высокоэнергетические химические соединения, – в первую очередь, известный даже школьникам аденозинтрифосфат (АТФ). Однако современные исследования опровергли эту догму. Оказалось, что клетка располагает не одним, а тремя типами «энергетической валюты». Наряду с АТФ такую роль выполняют водородный (протонный) и натриевый потенциалы на биологических мембранах.

На основе полученных данных учеными были сформулированы *три закона биоэнергетики*. Кратко их суть сводится к следующим положениям:

Первый закон биоэнергетики

Живая клетка не использует внешние ресурсы для получения энергии, необходимой для обеспечения внутренних процессов, «напрямую». Клетка «конвертирует» энергию внешних ресурсов в одну из трех внутренних «энергетических валют»: АТФ, натриевый или протонный (водородный) потенциал, затем «валюта» расходуется на осуществление различных энергоемких процессов.

По еще одному меткому замечанию В.П. Скулачева, который дал подробное описание законов биоэнергетики, «клетка предпочитает денежное обращение, а не бартер». Простейшим примером запасаения энергии в «конвертируемой» форме может быть *гликолиз*, или расщепление углеводов до молочной кислоты с получением молекулы АТФ. Если затем АТФ используется, например, для совершения механической работы (у животных для мышечного сокращения), цепь процессов завершается расщеплением АТФ до АДФ и фосфата сократительным белком мышечной клетки (актомиозином). Если источником энергии для мышечной работы служит не гликолиз, а дыхание (что энергетически более выгодно), то есть окисление кислородом питательных веществ (например, углеводов), результатом также будет получение АТФ, но путь к нему будет более сложным.

Второй закон биоэнергетики

Живая клетка в результате эволюции приобрела способность использовать как минимум две «энергетические валюты»: водорастворимую (АТФ) и связанную с мембраной – натриевый или водородный потенциал.

Старая народная мудрость «не держи все яйца в одной корзине» находит подтверждение и на клеточном уровне. Если же использовать экономические выкладки и для дальнейших объяснений физиологических процессов, можно сказать, что клетка держит часть капитала в наличных деньгах, а часть в акциях, причем в двух разных банках.

Третий закон биоэнергетики

«Энергетические валюты» клетки могут превращаться одна в другую, поэтому получения хотя бы одной из них за счет внешних ресурсов достаточно для поддержания жизнедеятельности.

Вывод простой, сформулируем его с точки зрения «экономики клетки»: не важно, в какой «валюте» поступил доход. Главное, чтобы «валюта» была конвертируемая. Очень часто живая клетка располагает несколькими источниками энергии. Так, животные клетки могут использовать для энергообеспечения как дыхание, так и гликолиз – бескислородное извлечение энергии из органических веществ. Однако, как правило, даже в самых сложных случаях, какой-то один процесс доминирует в каждый конкретный момент времени и сменяется другим при изменении условий. В наиболее эволюционно «продвинутой» животной клетке есть все три вида «энергетической валюты», это увеличивает ее способность к выживанию и выполнению функций в организме.

Функции клеточного дыхания

Функции процесса клеточного дыхания достаточно разнообразны. В упрощенном виде они могут быть разделены на четыре группы:

1. Запасание «энергетической валюты» в конвертируемой форме (АТФ или протонного потенциала).
2. Выделение энергии в виде тепла.
3. Образование веществ, необходимых клетке для ее существования.
4. Удаление веществ, наличие которых во внутренней среде клетки нежелательно.

«Банковский счет» клетки

Если рассматривать процессы, происходящие в клетках, с позиций затраченных усилий и поглощенного кислорода, функция накопления «энергетической валюты» является, пожалуй, ведущей, основной функцией клеток. Поглощенный кислород используется для окисления субстратов дыхания (к примеру, глюкозы) в митохондриях клетки и получения на выходе этой реакции АТФ и протонный потенциал. Митохондрии в этом случае выступают и в роли «топок», и «энергогенераторов». Гидролиз АТФ в дальнейшем используется для различных целей – это своеобразная «наличность» клетки, которую она может использовать сразу или чуть позже, при возникновении потребности. Кислород для этого уже не нужен. Энергия гидролиза АТФ используется для обеспечения различных энергоемких процессов, таких как биосинтез веществ, мышечное сокращение и внутриклеточное движение, транспорт ионов через внешнюю мембрану клетки и т. д.

О солидных (в размерах целостного организма) масштабах этого процесса говорят весьма солидные цифры:

- митохондрии взрослого человека среднего роста и веса «перекачивают» через свои мембраны около 500 г ионов водорода в день, образуя протонный потенциал;
- за это же время в митохондриях производится около 40 кг (!) АТФ и такое же его количество утилизируется обратно в АДФ;

Сразу «бросающаяся в глаза» важность функции накопления «энергоносителей» и связанных с ней процессов формирует ошибочное представление, что роль дыхания в жизнедеятельности клетки исчерпывается участием кислорода в образовании АТФ. Однако существуют и другие функции клеточного дыхания. Наиболее очевидный пример – образование тепла в целях терморегуляции.

Чтобы жить, надо жить в тепле

Практически вся энергия, которую производят клетки, в конечном итоге превращается в тепло. Расщепляются синтезированные ранее вещества, кровь нагревается за счет трения о стенки кровеносных сосудов, тепло образуется и в результате протекания внутриклеточных процессов, сопряженных с расходом АТФ. Для сравнения, на совершение мышечной работы уходит всего около 20 % вырабатываемой организмом энергии, а все остальное ее количество – это «энергия тепла». Поэтому чтобы, например, согреться на холоде, организму, в принципе, не нужно подключать процессы дыхания. Иногда согревание так и происходит: дрожь на сильном морозе не что иное как мышечные сокращения, помогающие расщепить АТФ посредством актомиозина. Никакой полезной работы при этом не совершается, и вся энергия дыхания превращается в тепло. Однако такой способ вырабатывания тепла вряд ли можно назвать оптимальным, поскольку не достигается глобальная цель терморегуляции – вывести биологические процессы из зависимости от температуры окружающей среды.

Практически вся энергия, которую производят клетки, в конечном итоге превращается в тепло.

Неудивительно, что при адаптации к холоду у животных и человека дрожь постепенно исчезает, тепло начинает вырабатываться каким-то другим способом, при котором дыхание по-прежнему активировано, но мышечных сокращений не происходит.

Итак, рассмотрев энергетические функции дыхания, мы узнали о том, что энергия накапливается в форме протонного потенциала и АТФ или расходуется на выработку тепла. Мы убедились в альтернативности энергозапасующей и тепловыделяющей функций дыхания, которое образует либо АТФ, либо тепло. Обратите внимание на то, что речь идет опять-таки не о «прямом противопоставлении». Эти функции представляют собой две чаши одних весов, находящихся у живых организмов в состоянии неустойчивого равновесия. В таком же состоянии неустойчивого равновесия находится и процесс превращения АТФ в АДФ, а также процесс транспорта CO_2 и O_2 – направление процесса четко связано с концентрациями газов, т. е. против естественной разницы потенциалов идти не будет.

Теперь нам предстоит уже в более краткой и простой форме познакомиться с двумя другими функциями дыхания, отвечающими за «превращение» (синтез) веществ, а не выработку энергии.

Клетка делает себя сама

Метаболические процессы, жизненно необходимые для клетки, сопровождаются поглощением кислорода. При этом в итоге образуются те или иные полезные соединения. Поставленная задача (получение необходимых веществ) решается посредством сложной цепи реакций, часть из которых происходит в митохондриях. Когда речь идет о крупномасштабных превращениях веществ, например образовании углеводов из жиров, возникает закономерный вопрос о доступности необходимых запасов АТФ как «энергетической валюты». Этот процесс требует потребления большого количества кислорода, поскольку сахара содержат больше атомов кислорода, чем жир.

Убери за собой!

В процессе синтеза новых веществ и их распада внутри клетки образуются «остатки» (токсины), которые не могут быть использованы клеткой в дальнейшем. Многие

из таких остатков сами по себе опасны для клетки, при повышении их концентрации клетка может даже погибнуть.

Удалению из организма токсических соединений обычно предшествует их окисление кислородом, в результате чего образуются продукты, которые лучше растворяются в воде и потому могут быть быстрее выведены из организма через почки. Кислород доставляется, как мы уже разобрались, с воздухом, который мы вдыхаем.

Дыхание также участвует в «уборке» молочной кислоты – конечного продукта бескислородного (анаэробного) метаболизма. При тяжелой и продолжительной физической работе в мышцах заканчивается запас кислорода, единственным механизмом энергообеспечения становится анаэробный распад углеводов (гликолиз), завершающийся образованием молочной кислоты. Закисление межклеточной жидкости и клеточной цитоплазмы из-за накопления кислоты грозит распадом клеточных белков и массовой гибелью клеток, поэтому возникает проблема скорейшего удаления молочной кислоты после того, как работа уже выполнена. Это особенно существенно для клеток мышцы, которая находится в состоянии покоя, когда энергозатраты резко снижены (по сравнению с состоянием физической работы).

Кроме того, как это ни парадоксально, но одним из самых токсических продуктов, с которым сталкивается дышащая клетка, является сам кислород.

Именно поэтому клетка стремится поддерживать его концентрацию на минимальном уровне. Одним из механизмов, обеспечивающих эту функцию, оказывается опять-таки дыхание. Потребление кислорода дыхательными ферментами снижает количество кислорода в митохондриях и клетке в целом, тем самым предотвращая нежелательное действие кислорода как неспецифического окислителя многих клеточных компонентов.

Это говорит о том, как велика «прочность» нашего организма, если он продолжает функционировать, сохранив всего 10 % своего жизненного потенциала!

В середине 90-х годов XX века японским биохимиком Т. Озава было показано, что у 97-летней женщины около 90 % ДНК митохондрий – основного носителя информации о «правильности» протекания биохимических процессов – в клетках сердечной мышцы были безнадежно испорчены из-за окисления. Тем не менее клетки миокарда продолжали выполнять свою функцию...

Это говорит о том, как велика «прочность» нашего организма, если он продолжает функционировать, сохранив всего 10 % своего жизненного потенциала!

Глава 6. Параметры дыхания

Сделав «большой обзорный круг», подробно рассмотрев самые важные особенности процесса дыхания, мы вернулись к тому, с чего начинали – к внешнему дыханию. Пока не заработают мышцы и в легкие не поступит свежий воздух, не будет ни транспорта газов, ни клеточного дыхания. Да и нас с вами тоже не будет...

Но в большинстве случаев и большую часть своей жизни мы дышим, не обращая ни малейшего внимания на то, как мы это делаем. Значит, есть некий центр, который не только отвечает за автоматическое совершение этого процесса, но и поддерживает наше дыхание в равновесии с меняющимися условиями – физической нагрузкой, плотностью атмосферы, количеством поступающего кислорода или выделяющегося углекислого газа, уровнем обменных процессов в организме и даже настроением и эмоциями.

Структура, обладающая такой гибкостью и надежностью, есть – это *дыхательный центр центральной нервной системы*. Он контролирует соблюдение тех параметров внешнего дыхания, которые человек или вообще не может контролировать, или забывает контролировать в течение большей части своей жизни. Необходимо иметь хотя бы общее представление о деятельности дыхательного центра в тех ее проявлениях, которые не зависят от нашего сознания. Постараемся отдельно указать те параметры дыхания, которые мы сознательно можем изменять, ставя перед собой определенные цели.

Но в большинстве случаев и большую часть своей жизни мы дышим, не обращая ни малейшего внимания на то, как мы это делаем.

Бессознательная регуляция дыхания

Бессознательная регуляция дыхательного цикла осуществляется дыхательным центром примерно так же, как осуществляется регуляция сердечных сокращений. В нервной системе существует группа нервных клеток – *нейронов* – которые, как метроном, возбуждаются с некой постоянной частотой: порядка 15 раз в минуту. Это явление принято называть автоматизмом². Возбуждение этих нервных клеток передается двигательным нейронам дыхательной мускулатуры, посредством которых, собственно, и осуществляют вдох и выдох.

Возбудимость нейронов дыхательного центра – способность с определенной частотой создавать нервные импульсы – напрямую зависит от информации, которую они получают от своих «разведчиков» – рецепторов, сообщающих об успешности и достаточности дыхательных процессов.

Сама способность нейронов дыхательного центра к «автоматической» разрядке является основой спонтанного дыхания. Слабость этих нейронов и незрелость связей в мозгу иногда приводят к младенческой смертности во сне, когда у ребеночка (обычно – у недоношенного или гипотрофичного, с незрелой нервной системой) происходит спонтанная остановка дыхания. Сама по себе, без всяких внешних причин...

Существует две группы рецепторов, регулирующих дыхание:

² Кстати говоря, *нервный автоматизм* – это явление, которого не рекомендует касаться ни одна уважающая себя система управления телом. К примеру, «фокусы» индийских йогов-«факиров» с остановкой или замедлением сердечной деятельности производятся на таких запредельных вершинах искусства владения собственным телом, которые и не снились 99,999 % всех занимающихся. Всех остальных учителя йоги настойчиво предупреждают: «не старайтесь поставить под сознательный контроль частоту сердцебиений!». Автоматизм дыхательный имеет ту же природу и пытаться грубо вмешаться в его работу тоже не стоит – благо, что и без этого мы можем регулировать дыхание в весьма широких пределах.

• *хеморецепторы*, реагирующие на концентрацию газов, растворенных в крови и на концентрацию ионов водорода (кислотность среды – pH). Информация, которую поставляют эти рецепторы, и определяет в большей степени, чем другие факторы, дыхательную ритмику взрослого человека;

механорецепторы, реагирующие на растяжение легких и движение воздуха в воздухоносных путях. Их влияние на дыхательный ритм несколько меньше, чем рецепторов предыдущей группы.

Разобравшись с тем, как и какую информацию «приносят» рецепторы дыхательному центру, мы сможем понять, почему и каким образом возникают нарушения из-за неверной «расшифровки» мозгом этой информации и как «обмануть» эти структуры, чтобы сознательно достичь нужного нам эффекта.

Однако кроме рецепторов на деятельность дыхательного центра оказывают влияние и различные отделы нервной системы. Вы и сами, вероятно, замечали, что когда человек испытывает волнение и радость, дыхание изменяется, а при повышении температуры учащается? С этим мы тоже попробуем разобраться...

Чего не хватает в крови?

Давно установлено, что деятельность дыхательного центра зависит от состава крови, поступающей в мозг по общим сонным артериям. Эта деятельность, определяющая частоту и глубину дыхания, зависит, прежде всего, от концентрации растворенных в крови газов, и водородных ионов (т. е. кислотно-щелочного равновесия pH). Многочисленными экспериментами доказано, что ведущее значение в определении интенсивности вентиляции легких имеет концентрация углекислого газа в артериальной крови: именно *количество растворенного углекислого газа «создает запрос» на нужную величину вентиляции легких*.

Разобравшись с тем, как и какую информацию «приносят» рецепторы дыхательному центру, мы сможем понять, почему и каким образом возникают нарушения из-за неверной «расшифровки» мозгом этой информации и как «обмануть» эти структуры, чтобы сознательно достичь нужного нам эффекта.

Запомним, что *это безусловный рефлекс, а не сознательно выработанная привычка*. Организм может привыкнуть к сигарете перед сном и смириться с этой привычкой, но нельзя приучить его дышать меньше или больше, чем ему надо, – в этом вопросе привычки бессильны.

Артериальные хеморецепторы

Рецепторы, реагирующие на химический состав жидкостей организма, называются *хеморецепторами*. Представляющие для нас интерес хеморецепторы находятся в месте разделения сонной артерии на наружную и внутреннюю, а также на дуге аорты. В эти места кровеносного русла кровь прибывает сразу «на выходе» из левого желудочка сердца – максимально обогащенная кислородом и максимально избавившаяся от углекислого газа. Эти рецепторы стимулируются увеличением концентрации углекислого газа и снижением концентрации кислорода. Более важными для регуляции дыхания являются хеморецепторы сонных артерий. Аортальные хеморецепторы на дыхание влияют слабо и имеют большее значение для регуляции кровообращения.

Хеморецепторы сонных артерий и аортальных телец являются уникальными рецепторными образованиями, на которые снижение концентрации кислорода оказывает стимулирующее влияние: как только количество растворенного кислорода в притекающей крови начинает снижаться, рецепторы начинают активно «сигнализировать» об этом. Причем

заметьте – именно количество растворимого кислорода, а не переносимого гемоглобином эритроцитов (вы ведь помните, что эти показатели различаются более чем в 60 раз?!). *Здесь кроется возможность ошибки – любое нарушение клеточного состава крови или способности гемоглобина связывать кислород приведет к тому, что организм не среагирует на это!* Кроме того, хеморецепторы реагируют на повышение концентрации в артериальной крови растворенного (опять растворенного!) углекислого газа и изменение концентрации ионов водорода (изменение кислотно-щелочного равновесия).

Особенно резко реакция хеморецепторов усиливается в том случае, когда одновременно (!) происходит и повышение концентрации углекислого газа, и снижение концентрации кислорода. И наоборот – при избытке кислорода в крови чувствительность хеморецепторов к углекислому газу резко снижается. Чувствительность хеморецепторов к колебаниям газового состава крови очень высока: экспериментально доказано изменение их активности даже в зависимости от фаз вдоха и выдоха при глубоком и редком дыхании.

Хеморецепторы информируют дыхательный центр о газовом составе крови, направляющей к мозгу.

Центральные хеморецепторы

Как и любую другую жизненно важную для организма функцию, регуляцию дыхания природа дублирует многократно, как дублируют основные цепи разработчики военной и космической техники. Вариантом такого «резервного дублирования» является наличие центральных хеморецепторов, влияющих на дыхательный центр.

Как и любую другую жизненно важную для организма функцию, регуляцию дыхания природа дублирует многократно, как дублируют основные цепи разработчики военной и космической техники. Вариантом такого «резервного дублирования» является наличие центральных хеморецепторов, влияющих на дыхательный центр.

Центральные хеморецепторы были обнаружены в продолговатом мозге. В ходе проводимого эксперимента омывание этой области мозга раствором с пониженным рН резко усиливало дыхание. При увеличении рН раствора дыхание ослабевало. То же происходит при охлаждении этой поверхности или ее обработке местными анестетиками продолговатого мозга. Хеморецепторы расположены в тонком слое мозгового вещества на глубине не более 0,2 мм.

Центральные хеморецепторы оказывают более сильное влияние на деятельность дыхательного центра, чем периферические. Но при этом они менее способны к «тонкой регулировке» деятельности дыхательного центра и существенно изменяют вентиляцию легких. Так, снижение рН спинномозговой жидкости на 0,01 сопровождается увеличением вентиляции легких на 4 литра в минуту. При этом центральные хеморецепторы реагируют на «изменение обстановки» значительно медленнее, чем рецепторы сонных артерий (время реакции периферических хеморецепторов порядка 2–3 секунд, центральных – 20–30 секунд).

Однако сигналы, поступающие и от центральных, и от периферических хеморецепторов, являются необходимым условием нормальной ритмической активности дыхательного центра и соответствия вентиляции легких потребностям организма.

Рецепторы растяжения

Рецепторы растяжения легких. Возбуждение этих рецепторов возникает или усиливается при возрастании объема легких. Частота «информационных импульсов» рецепторов растяжения увеличивается при вдохе и снижается при выдохе. Чем глубже вдох, тем больше

частота импульсов, посылаемых рецепторами растяжения в дыхательный центр. В каждом легком около 1 000 рецепторов растяжения. Они расположены преимущественно в гладких мышцах стенок воздухоносных путей – от трахеи до мелких бронхов. В альвеолах и плевре таких рецепторов нет.

Увеличение объема легких косвенно стимулирует рецепторы растяжения. Непосредственным их раздражителем является внутреннее напряжение стенки воздухоносных путей, зависящее от разности давлений по обе стороны их стенки. С увеличением объема легких возрастает их эластическая тяга. Стремящиеся спадаться альвеолы растягивают стенки бронхов в радиальном направлении, поэтому возбуждение рецепторов растяжения зависит не только от объема легких, но и от эластических свойств легочной ткани, от ее растяжимости. Возбуждение рецепторов внелегочных воздухоносных путей (трахеи и крупных бронхов), находящихся в грудной полости, определяется в основном отрицательным давлением в плевральной полости, хотя также зависит и от степени сокращения гладкой мускулатуры их стенок.

Ирритантные рецепторы. Рецепторы с таким названием располагаются преимущественно в эпителии и подэпителиальном слое всех воздухоносных путей. Особенно много их в области корней легких. Ирритантные рецепторы обладают одновременно свойствами механо– и хеморецепторов. Они раздражаются при достаточно сильных изменениях объема легких, причем как при увеличении, так и при уменьшении. Однако импульсы ирритантных рецепторов возникают только на короткое время в форме всплеск, во время изменения объема. Таким образом эти рецепторы участвуют в корректировке процесса дыхания в режиме «быстрой адаптации». Поэтому иначе их называют быстро адаптирующимися механорецепторами легких. Ирритантные рецепторы также стимулируются частицами пыли или других вдыхаемых взвесей, накапливающейся в воздухоносных путях слизью.

Кроме того, раздражителями ирритантных рецепторов могут служить пары едких веществ (аммиак, эфир, двуокись серы, дым), а также некоторые биологически активные вещества, образующиеся в стенках воздухоносных путей, в особенности *гистамин*.

Раздражению ирритантных рецепторов способствует снижение растяжимости легочной ткани. Сильное возбуждение ирритантных рецепторов происходит при ряде заболеваний (бронхиальная астма, отек легких, пневмоторакс, застой крови в малом круге кровообращения) и обуславливает характерную одышку. Раздражение ирритантных рецепторов вызывает у человека неприятные ощущения, например, першение и жжение в горле.

При раздражении ирритантных рецепторов трахеи возникает рефлекторный кашель, а если раздражаются такие же рецепторы бронхов, то поступающая от рецепторов информация заставляет дыхательный центр укорачивать вдох и делать его более интенсивным. Кроме того, импульсы ирритативных рефлексов вызывают рефлекторное сужение бронхов.

Раздражение ирритантных рецепторов обуславливает фазное инспираторное возбуждение дыхательного центра в ответ на раздувание легких. Значение этого рефлекса заключается в следующем: спокойно дышащий человек периодически (в среднем 3 раза в час) глубоко вздыхает. Ко времени наступления такого «вздоха» нарушается равномерность вентиляции легких, снижается их растяжимость. Это способствует раздражению ирритантных рецепторов. На один из очередных вдохов наслаивается «вдох». Это ведет к расправлению легких и восстановлению равномерности их вентиляции.

J-рецепторы. Эти рецепторы находятся вблизи от капилляров малого круга кровообращения в ткани альвеол. Они стимулируются введением в малый круг кровообращения биологически активных веществ, а также химическими веществами, добавляемыми в виде паров к вдыхаемому воздуху. У здоровых животных и людей J-рецепторы находятся в состо-

янии слабого тонического возбуждения, но их значение в регуляции дыхания у здоровых животных и людей неизвестно. Полагают, что основной их раздражитель – увеличение объема интерстициальной жидкости в легочной ткани. Сильное и устойчивое во времени возбуждение J-рецепторов наблюдается при пневмониях, отеке легких, эмболии мелких сосудов легких, застое крови в малом круге кровообращения, т. е. в основном при повреждении легочной ткани.

При раздражении этих рецепторов возникает характерное частое и поверхностное дыхание (одышка), а также рефлекторное сужение бронхов. При заболевании легких и возникновении одышки имеет значение сочетанное раздражение J-рецепторов и ирритантных рецепторов.

Другие влияния нервной системы на дыхание

Влияние гипоталамуса на дыхание. *Гипоталамус* – это отдел мозга, который часто метко называют «главным диспетчером обменных процессов». В гипоталамусе расположены высшие регулятивные центры всех основных систем организма. Центры гипоталамуса оказывают наибольшее влияние на дыхание при общей защитной реакции организма, в частности при болевых раздражениях, во время физической работы, при эмоциональном возбуждении.

Центры терморегуляции, находящиеся в гипоталамусе, обеспечивают увеличение частоты дыхания при повышении температуры тела. При частом дыхании возрастает вентиляция мертвого пространства, что способствует теплоотдаче.

Влияние рецепторов верхних дыхательных путей.

На деятельность дыхательного центра оказывают влияние сигналы, которые исходят от рецепторов верхних дыхательных путей. При этом вдыхаемым потоком воздуха раздражаются рецепторы слизистой оболочки носа, преимущественно холодовые рецепторы. Для величины раздражения имеют значение температура вдыхаемого воздуха и испарение воды с поверхности слизистой оболочки, сопровождающееся ее охлаждением.

В меньшей степени раздражаются механорецепторы дыхательных путей. Импульсы от рецепторов слизистой оболочки полости носа, раздражаемых «слишком сильными» потоками воздуха, поступают в мозг и оказывают на дыхательный центр слабое тормозящее влияние.

Вдыхаемый воздух с примесью паров пахучих веществ раздражает обонятельные рецепторы, расположенные в верхних носовых ходах. В результате производятся рефлекторные короткие быстрые вдохи («принюхивание»), способствующие поступлению пахучих веществ к обонятельным рецепторам.

Раздражение рецепторов верхних дыхательных путей формирует ряд *защитных рефлексов*:

в результате действия воды на область нижних носовых ходов возникает рефлекторная остановка дыхания, предупреждающая попадание воды в дыхательные пути;

- дыхание тормозится во время глотания;
- дыхание тормозится при попадании в полость носа едких веществ, например паров аммиака;
- при попадании в гортань инородных частиц происходят рефлекторное смыкание голосовых связок и сужение бронхов, препятствующие попаданию инородных частиц в нижние дыхательные пути;
- раздражение слизистой оболочки воздухоносных путей накапливающейся слизью, пылью, инородными телами вызывает чиханье или кашель.

Чиханье обусловлено раздражением чувствительных окончаний в слизистой оболочке полости носа, кашель – раздражением рецепторов гортани и трахеи. Кашель и чиханье начинаются с глубокого вдоха, за которым следует смыкание голосовых связок. Затем происходит сокращение мышц выдоха, а голосовые связки расходятся.

Влияние артериальных рецепторов. Кроме упомянутых хеморецепторов, у места разветвления сонной артерии на наружную и внутреннюю находятся и рецепторы давления. Повышение артериального давления усиливает их раздражение. При этом одновременно с реакциями организма, направленными на снижение артериального давления, происходят торможение деятельности дыхательного центра и уменьшение вентиляции легких. При снижении артериального давления вентиляция легких, наоборот, несколько увеличивается.

Влияние проприорецепторов дыхательных мышц.

Дыхательные мышцы содержат разное количество рецепторов растяжения проприорецепторов.

В диафрагме рецепторов растяжения очень мало. В соответствии с этим рефлексы диафрагмы очень слабы и в регуляции дыхания существенного значения не имеют. Это не значит, что дыхательный центр не получает информацию об эффективности сокращения диафрагмы, так как от сокращения диафрагмы в значительной степени зависит увеличение объема легких, происходит раздражение их рецепторов, что оказывает очень большое влияние на деятельность дыхательного центра. Таким образом, обратная связь между дыхательным центром и диафрагмой осуществляется через рецепторы легких.

Межреберные мышцы и мышцы стенок живота, напротив, снабжены большим количеством рецепторов растяжения.

В условиях обычного дыхания *проприорецепторы дыхательных мышц* существенного значения в регуляции деятельности дыхательного центра не имеют. Отчетливое изменение активности дыхательного центра наблюдается лишь при необычных сильных и резких раздражениях проприорецепторов межреберных мышц. Например, интенсивное сдавливание грудной клетки может привести к преждевременному выключению вдоха.

Влияние коры больших полушарий мозга на дыхание. Регуляция дыхания – это ряд процессов, которые условно можно разделить на две группы. Прежде всего, это поддержание постоянного газового состава артериальной крови. Эту функцию выполняет в основном дыхательный центр – это *гомеостатическая регуляция*. Вторая группа – процессы, приспособляющие дыхание к изменяющимся условиям окружающей среды и жизнедеятельности организма. При любом таком изменении на дыхательный центр оказывают влияние сигналы, идущие из многих других структур центральной нервной системы – это *поведенческая регуляция*.

Практически каждый поведенческий акт человека сопровождается изменением частоты и глубины дыхания:

- изменение дыхания может быть вызвано разнообразными внешними воздействиями, в том числе световыми и звуковыми;
- изменение дыхания сопровождают психические процессы (мышление, внимание, эмоции);
- изменение дыхания происходит при речи и пении, во время которых движение воздуха через верхние дыхательные пути обеспечивает возникновение звуков;
- изменение дыхания происходит во время сна.

Но наиболее важные приспособительные изменения дыхания осуществляются посредством условных рефлексов. Например, за счет условнорефлекторных изменений осуществ-

ляется *опережающая регуляция дыхания*. Особенно четко она выражена у спортсменов в предстартовом состоянии. Физическая работа еще не началась, но дыхательная и другие вегетативные системы уже подготовлены к ее выполнению, в частности к увеличению доставки в организм кислорода и выведения двуокси углерода. Выработка подобных условных рефлексов возможна в процессе тренировки, систематического выполнения любой мышечной работы.

Контролируемые сознанием параметры дыхания

Перечислив в предыдущих разделах множество бессознательных механизмов регуляции дыхания, мы сами себя убедили в том, что на долю сознательной регуляции остается очень мало возможностей.

Хотя дыхание – это безусловная рефлекторная функция организма, вмешиваться в его ритм, прикладывая сознательные усилия, можно и нужно. Существуют несколько причин, обуславливающих целесообразность осознанного отношения к управлению дыханием.

На самом деле это не так...

Хотя дыхание – это безусловная рефлекторная функция организма, вмешиваться в его ритм, прикладывая сознательные усилия, можно и нужно. Существуют несколько причин, обуславливающих целесообразность осознанного отношения к управлению дыханием:

- **во-первых**, большинство людей дышит не так эффективно, как это возможно. А в процессе старения организма и из-за вредных привычек дыхание становится еще хуже;

- **во-вторых**, все релаксационные и медитативные техники начинаются с дыхательных упражнений;

- **в-третьих**, при выполнении любой высоко координированной деятельности требуется «согласование» между усилием, движением и дыханием – эти согласования доходят до вершин совершенства в танце, боевых искусствах, йоге, цигуне, большом спорте;

- **в-четвертых**, дыхание является удобным и, пожалуй, самым проходимым «мостом», соединяющим тело и психику, Сознание и Бессознательное.

Существует огромное, практически неограниченное количество рекомендаций по управлению дыханием, варьирующихся по:

- *школам* (различные направления цигуна, йоги, боевых искусств и т. д.);
- *целям* (постановка голоса, освоение техник единоборств, лечение, энергетические практики и т. п.);

- *индивидуальным особенностям* обучающегося (возраст, здоровье, степень «продвинутости»);

- *теоретическим положениям* учений о теле и психике человека.

Чтобы разобраться в огромном количестве рекомендаций, нужно привести их «к одному знаменателю». Именно в процессе поиска такого «знаменателя» родилось положение о формуле дыхания. Честно скажем, предпринятая автором попытка – не первая в этом направлении. Наша задача – не завоевать пальму первенства, а сделать результаты поиска и исследования максимально понятными и применимыми на практике.

Формула дыхания – что это такое?

Чтобы сопоставить рекомендации различных систем по наработке и управлению дыханием, нужно в первую очередь определить те параметры дыхания, которые:

- подлежат управлению сознанием;
- имеют принципиальное значение.

С этой точки зрения в первую очередь (в числе наиважнейших параметров) надо рассмотреть:

1) продолжительность фаз дыхания, их сочетание и кратность (вдох, выдох, задержка дыхания после вдоха, задержка дыхания после выдоха) — это количественная характеристика, которая должна опираться на *объективное* (в секундах), либо *субъективное* (в количествах ударов пульса) измерение временных интервалов³. Главное — не смешивать одно и другое!

2) глубину дыхания (минимальное — уровень одышки, поверхностное, рефлекторно оптимальное, глубокое, максимальное — уровень гипервентиляции);

3) участие различных отделов легких в процессе дыхания (верхушечное, грудное, брюшное, полное), а также, желательно, прямое или парадоксальное⁴ включение брюшной стенки;

4) использование рта и носа в процессе вдоха и выдоха;

5) работу голосовой щели во время дыхания (создание сопротивления вдоху или выдоху, произведение звуков на вдохе или выдохе);

6) использование других методов создания сопротивления потоку воздуха (перекрывание носовых ходов пальцами или приспособлениями, вдох или выдох через приспособление, использование артикуляционного аппарата для создания такого сопротивления)⁵ — с точки зрения их присутствия или отсутствия в фазе вдоха и выдоха;

7) наличие вибрационного компонента⁶ и его звучание;

8) соотношение фаз и глубины дыхания с конкретными позами, движениями, минимумом или максимумом физических усилий.

После некоторых размышлений было решено последний параметр не вносить в формулу, а указывать отдельным примечанием к конкретному двигательному, а не дыхательному упражнению. Но важность этой характеристики именно для дыхания очень велика!

Свести воедино эти значения было непросто. Результат тяжелого творческого процесса представлен вашему вниманию в виде таблицы.

Таблица 2. Сводные параметры внешнего дыхания и их условные «формульные» обозначения

³ И субъективная и объективная оценка имеют свои преимущества. Объективная оценка помогает «отследить» абсолютные достижения (к примеру— контрольную задержку в методике К.П. Бутейко), субъективная оценка позволяет тоньше и аккуратнее дозировать собственные усилия, ставя «эталон» для измерений другой физиологически изменяемый показатель и точнее «балансируя» на грани тренировочной нагрузки.

⁴ См. главу 1. «Внешнее дыхание», раздел «Дыхательные движения», с. 30.

⁵ Причем эти же методы могут характеризовать дополнительные усилия для формирования задержки дыхания (зажимание носа, заглатывания языка, прижатие подбородка и т. д.).

⁶ Этот параметр требует отдельного пояснения. Использование некоторых методик требует «пропевать» отдельные звуки, звуко сочетания или наборы слов с целью получения ощущения вибрации в определенных нервных или энергетических центрах. Понятно, что в этом случае эффект гимнастики выходит за рамки чисто «дыхательного эффекта». И хотя сам механизм этих эффектов и их происхождение мы не обсуждаем в этой книге, его наличие обязательно надо отмечать.

Основные параметры цикла дыхания	Условные обозначения параметров	Степенные обозначения параметров			Фазы цикла дыхания			
					Вдох	Задержка дыхания после вдоха	Выдох	Задержка дыхания после выдоха
Продолжительность фаз дыхания, их сочетание и кратность	П (продолжительность)	Шкала отсчета	Субъективная (С)	8С	2С	8С	2С	
			Объективная (О)					
Глубина дыхания	Г (глубина)	Минимальное (1)			3		3	
		Поверхностное (2)						
		Оптимальное (3)						
		Глубокое (4)						
		Максимальное (5)						
Участие различных отделов легких в процессе дыхания	В (включение)	Верхушечное (1)		Прямое (П) Обратное (О)	3П		3П	
		Грудное (2)						
		Брюшное (3)						
		Полное (4)						
Использование рта и носа в процессе вдоха и выдоха	И (использование)	Рот (1)			1		2	
		Нос (2)						

Основные параметры цикла дыхания	Условные обозначения параметров	Степенные обозначения параметров	Фазы цикла дыхания			
			Вдох	Задержка дыхания после вдоха	Выдох	Задержка дыхания после выдоха
Работа голо- совой щели во время дыхания	С (смыкание)	Присутствует (+)	-		-	
		Отсутствует (-)				
Используй- вание других методов создания со- противления потоку воздуха	Д (другие методы)	Присутствует (+)	-		-	
		Отсутствует (-)				
Наличие ви- брационного компонента	З (звук)	Присутствует (+)	-		-	
		Отсутствует (-)				

Соответственно, записанная «в строку» формула дыхания примера, приведенного в таблице, выглядит следующим образом:

$$\Phi_{\text{пример}} = \text{П}8:2:8:2\text{С/ГЗ/ ВЗП/И1-2/С-/Д-/З-}$$

Если записать ее словами, то данная формула подразумевает дыхание, где вдох и выдох продолжительностью 8 ударов пульса перемежаются задержками на 2 удара пульса. Вдох в этом случае производится через нос, а выдох через рот. Тип дыхания – брюшной, прямого типа, оптимальной (комфортной) глубины. Формула, конечно, выглядит не так наглядно, как таблица, но зато она более компактна и удобна при составлении планов.

Выводы к части 1

Давайте в нескольких словах подведем промежуточные итоги. Не будем перечислять те физиологические процессы, о которых вы впервые узнали (или освежили свои знания) в процессе чтения первой части книги. Давайте обратим внимание не на сами процессы дыхания, а на их последовательность, и попробуем определить – какие из этих процессов подлежат *полностью* сознательному волевому контролю и регулированию, какие из них мы можем контролировать *опосредованно* и какие механизмы нашего тела и сознания должны быть задействованы для этого, а какие процессы мы *регулировать сознательно не можем*, то есть достигнуть их изменения мы можем только в результате «многоступенчатых комбинаций», включающих как сознательные, так и рефлексорные механизмы. Кроме того, надо будет оценить и то *время*, в течение которого мы сможем получить необходимый нам результат. Разобравшись в этих вопросах, нам будет легче планировать свои действия при использовании той или иной методики дыхательной гимнастики для своих целей. А для тех читателей, кому в голову придет такая мысль, и для конструирования собственных методик. В их руках и сейчас находятся все необходимые инструменты, нужно только научиться ими владеть.

А теперь – краткие выводы. Их пока относительно немного.

1. Кислород – необходимое зло!

Зная о свойственной нашим согражданам тяге к крайностям, можно быть уверенным, что наиболее слабонервная

часть читателей уже прикидывает, как оставшуюся часть своей жизни будет жить, вдыхая кислород совсем помаленьку.

Но на самом-то деле, без кислорода никуда! Отказ от полноценного потребления кислорода чем-то напоминает позицию недалекой барышни в автомобиле: бензин и воняет, и чадит дымно, и пятна оставляет, а что с синтетикой делает – и вовсе беда! Только никуда не поедет автомобиль без бензина...

Так и *мы без кислорода никуда* – все процессы энергетического обеспечения клеток, идущие без участия кислорода, еще менее «приятны»:

- во-первых, они гораздо менее эффективны с точки зрения энергообеспечения, чем процесс клеточного дыхания – нерациональное хозяйствование получается;
- во-вторых, разрушающее воздействие на клетку продуктов бескислородного обмена будет если не сильнее разрушающего действия свободных радикалов (кислородных остатков), то уж никак не слабее;
- в-третьих, для того чтобы удалять эти токсичные продукты из клетки, опять-таки нужен кислород – мы все эти процессы рассмотрели в главе о клеточном дыхании;
- в-четвертых, лучший способ борьбы с накоплением избытка свободного кислорода в клетке – а именно на нее он производит негативное воздействие – это своевременное его потребление дыхательными ферментами митохондрий. А с ними все тоже не просто – если клетка не трудится постоянно и «изо всех сил», количество митохондрий в ней снижается. За ненадобностью. Поэтому вывод напрашивается прямо по Заболоцкому: «Не позволяй душе лениться!» Придется добавить – и телу тоже. Постоянная нагрузка – залог здоровья клетки. А здоровье всего организма начинается именно со здоровья этих «кирпичиков» нашего тела.

2. Углекислый газ – такой же наш друг, как инспектор ГАИ!

С одной стороны, никто не любит инспектора ГАИ – анекдоты удивительно точно отражают народную позицию по отношению к этому социальному классу. С другой стороны –

убери сотрудников ГАИ с дороги, и тут же любители лихой езды и просто плюющие на правила устроят на дороге такой беспредел, что нормальному человеку хоть из дому не выходи!

Так и *углекислый газ* – *вроде бы и неприятное соединение, а свою роль в организме выполняет исправно:*

- именно концентрация растворенного CO_2 в крови является основным сигналом, на который реагируют хеморецепторы, регулирующие деятельность дыхательного центра;
- наличие CO_2 играет едва ли не решающую роль в работе буферной системы крови, регулирующей кислотно-щелочное равновесие внутренней среды организма – а большинство клеточных и тканевых систем могут нормально функционировать только в достаточно узком диапазоне отклонений pH;
- разница концентраций CO_2 и O_2 в тканях и альвеолярном воздухе является основой альвеолярного и тканевого дыхания – диффузия газов происходит только из области с большей концентрацией молекул в область с меньшей и никак иначе. Нет перепада концентраций – нет движения;
- углекислый газ в атмосфере нам практически не нужен, мы и сами его вырабатываем достаточно в результате если не 99 % обменных процессов, так 98,5 % уж точно.

3. Регулировать можно только то дыхание, которое мы слышим

Сознательной регуляции поддаются только процессы внешнего дыхания и то лишь в некоторых пределах. Однако по мере увеличения тренированности эти границы могут весьма расширяться. Подробно об этих изменяемых характеристиках рассказано в главе 6.

4. Дышим через альвеолы

Влиять на процессы альвеолярного обмена мы можем единственным способом – обеспечивая адекватную вентиляцию легких, т. е., опять же, через внешнее дыхание. При этом глубокое, ритмичное и неторопливое дыхание производит тот же эффект, что и поверхностное.

Главные условия правильного дыхания с точки зрения альвеолярного обмена:

- чтобы процесс вдоха-выдоха достаточно эффективно вентилировал альвеолы ВСЕЙ легочной ткани – в противном случае в невентилируемых альвеолах происходит застой, создаются условия для развития заболеваний;
- процесс вдоха-выдоха должен быть эффективен в плане замены альвеолярного воздуха на атмосферный, недопустимо гонять туда-сюда по «мертвым пространствам» одну и ту же порцию воздуха, как это зачастую происходит при частом поверхностном дыхании;
- процесс вдоха-выдоха должен проходить по естественным физиологическим воздухоносным путям – через нос и носоглотку (во всяком случае, большая часть атмосферного воздуха должна поступать в организм именно через нос). Обонятельные рецепторы и механорецепторы бронхов и верхних дыхательных путей должны получать необходимую импульсацию – в противном случае за ненадобностью перестает нормально работать эпителий воздухоносных путей. Стоит ли упоминать о роли обоняния в эмоциональной жизни? Даже на человека, который заявляет, что не чувствует запахов, они оказывают огромное влияние.

5. Транспорт напрямую регуляции не поддается

Процессы транспорта газов кровью сознательной регуляции не поддаются – они определяются эффективностью кровообращения, количеством и полноценностью эритроцитов и содержащегося в них гемоглобина. Эти показатели регулируются только изменением образа жизни, лечением, питанием и так далее...

6. Наши клетки разберутся без наших решений

Процессы клеточного дыхания и внутриклеточного обмена так же не поддаются регуляции сознанием. Но облегчить жизнь клеток все-таки можно: во-первых, за счет поддержания в относительной чистоте внутренних сред организма (это – разговор особый), а во-вторых, поддерживая в тонусе функциональные клетки – не давая им терять митохондрии от безделья.

7. Излишества вредны

Странная получается картина: кислород – это или хорошо или плохо, глубокое дыхание – это или хорошо или плохо, углекислый газ – или яд или друг...

Но как можно забывать, что находящиеся в «противовесе» процессы должны быть сбалансированы! Избыток кислорода вреден так же, как и его недостаток. Избыток энергии вреден так же, как и ее недостаток. И болезненные состояния могут быть как «с недостатком энергии», так и «с избытком энергии». И выбор метода борьбы (особенно если мы выбираем в качестве такого метода дыхательную гимнастику) должен это учитывать В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ! То есть в первую очередь в любом деле, особенно в том, что касается здоровья, нужна сила разума.

Человек должен хранить свое тело как вверенное ему достояние, стремясь к здоровой гармонии духа и тела.

Часть 2 Традиционные дыхательные гимнастики

В этой части мы рассмотрим самые древние, проверенные временем и надежные системы – Йогу и Цигун. Эти методы верно служат человечеству уже многие тысячелетия (без малейшего преувеличения!) и давно доказали свою эффективность. Опасения вызывает только позиция некоторых современных популяризаторов, стремящихся то ли по незнанию, то ли по каким-то корыстным соображениям упростить и выхолостить⁷ эти эффективные, но достаточно сложные системы. Особенно стремление упростить, а часто и извратить методики свойственно современным «фитнес-инструкциям», как западным, так и отечественным.

Первоисточники, содержащие информацию о Йоге и Цигуне, о даосской Йоге – «алхимии бессмертия», – были гораздо более сдержанны в том, что касалось описания самих методик и конкретных рекомендаций. Описания техник ВСЕГДА сводили воедино дыхание, медитативный образ и самосовершенствование (духовный рост) адепта, а зачастую еще и голосовые (вибрационные) компоненты.

К примеру, рекомендации йога Рамачараки производить вдох через Иду, а выдох через Пингалу в рекомендациях современных авторов превратились во «вдох через левую ноздрю, а выдох – через правую». Но у Рамачараки Ида и Пингала – это каналы (Нади), проходящие слева и справа от Сушумны – места обитания Кундалини, т. е. канала спинного мозга. Это понятия не анатомические, а энергетические. Как вы считаете, идентичны ли эти рекомендации?

Древние и не очень (начала XX века) руководства по йоге, к примеру, просто пестрят предупреждениями: «Это упражнение не стоит осваивать без руководства Учителя!». В современных пособиях этот факт, а следовательно, и само предупреждение, к сожалению, опускается как несущественный.

⁷ Я не сомневаюсь, что все читатели прекрасно помнят основной смысл глагола «холостить».

Глава 7. Пранаяма – дыхательные упражнения индийской йоги

Суть и составляющие йоги

Йога – явление настолько древнее, что трудно себе вообразить, кто и когда ее придумал и начал применять на практике. При этом нельзя сказать, что идеи Йоги за несколько тысячелетий стали широко распространенными и общепринятыми. Как показывает опыт общения, у большинства современных людей мнение о Йоге либо слишком положительно-восторженное, либо чрезмерно критическое. Среднюю позицию занимают те, кто заявляет, что просто не знает, что такое Йога. Поэтому придется сказать несколько слов о самой сути этого учения, а затем уже перейти непосредственно к упражнениям.

Йога – явление настолько древнее, что трудно себе вообразить, кто и когда ее придумал и начал применять на практике.

Термин «Йога», означающий на санскрите «связь, единение, сосредоточение, усилие, обуздание», встречается в текстах, восходящих еще к устной традиции IX–VII вв. до н. э. (!)

В самом общем смысле Йога – это теория и методология управления психикой и психофизиологией человека в целях достижения *высших психических состояний*. При этом под высшими психическими состояниями подразумевается состояние религиозного озарения или духовного экстаза. В этом смысле Йога представляет собой неотъемлемую часть всех философских и религиозных систем древней и средневековой Индии, рассматривается в них как важнейшее средство реализации этических и религиозных идеалов, высшим из которых является полное освобождение человека от пут материального существования.

Невероятно трудно всеобъемлющее йогическое мировоззрение свести к нескольким кратким положениям, но это удалось авторам «Большой советской энциклопедии». По их мнению, основными идеями Йоги являются:

- *параллелизм микрокосма* (человеческой психофизиологии) и *космического тела Вселенной*, означающий, что любые осознанные стремления человека к переустройству самого себя находят соответствие в игре космических сил;

- *постепенность овладения* человеком практикой самоизменения;
- *возможность управления* через психику биологическими телами и неживыми предметами;

- *потенциальное наличие и возможность развития* в любом живом существе особой *йогической силы*, способной кардинально изменять естественный миропорядок.

Из этих основных идей вытекают основные понятия и упражнения Йоги:

- *подчинение функций и отправлений тела – яма* (управление дыханием, температурой, пищеварением, сердечно-сосудистой деятельностью и т. д.);

- *фиксированное в определенной позе положение тела – асана:*

- созерцание фиксированного* (реального или мыслимого) *объекта – охавана*¹

- *состояние транса*, характеризующееся резким изменением ментального и эмоционального состояния, – *дхьяна*;

равновесно-сосредоточенное состояние психики, в котором она приобретает свойства необратимости психических процессов – *самадхи*.

На основе идей и понятий Йоги развилась особая система анатомо-физиологических представлений о циркуляции жизненной энергии в организме (*кундалини-шакти*) и о концентрации ее в функционально важных центрах тела (*чакрах*). Особое развитие Йога полу-

чила в тантристских сектах и школах индуизма, а также в буддизме махаяны – там Йога приобрела своеобразный «дальневосточный окрас». Это направление мы рассмотрим в разделе «Даосская традиция» следующей главы.

Рассматривать положения даосской Йоги отдельно необходимо потому, что, разделяя общие идеи Йоги, ее буддийская, китайско-японская, ветвь, опирается на иные представления о физиологии организма. Если в индийской Йоге источником такого представления является «Аюрведа» как учение о физическом и энергетическом строении организма, то на Дальнем Востоке сложилась своя физиологическая теория, в основе которой лежат постулаты традиционной китайской медицины, – теория не менее древняя и, пожалуй, даже более развитая, чем аюрведическая.

Особый интерес представляет тибетская традиция – как медицинская, так и «гимнастическая» – которая органично сочетает постулаты китайской и индийской физиологических теорий.

В новое и новейшее время получили развитие некоторые школы классической индуистской Йоги, наиболее видными представителями которой являлись Вивекананда (конец XIX в.) и Йогананда (40-50-е гг. XX в.). Этими Учителями было выведено положение о «восьмеричном пути» – восьми ступенях пути самореализации: *яма*, *нияма*, *вьяяма* и *асаны* совершенствуют тело и интеллект, *пранаяма* и *пратьяхара* концентрируют энергию, которая ставится под контроль сознания *дхьяной* и *самадхи*. Вначале обуздание тела и психики, затем полный контроль и управление своим организмом и энергией.

Кратко опишем ступени Йоги (опуская для краткости специфическую терминологию):

Яма – универсальные моральные заповеди – «великие клятвы, выработанные в человеческом обществе»: ненасилие, правдивость, неприсвоение чужого, воздержание, подавление зависти и жадности и пр.

Нияма – правила самоочищения (чистота внутренняя и внешняя⁸) и искоренение «шести основных зол»: страсти, злости, жадности, слепого увлечения, гордости, зависти.

Вьяяма – динамические упражнения, разрабатывающие самые мелкие суставы до максимальных амплитуд, какие только позволяет строение человеческого тела. По учению йогов, гибкость, эластичность тканей организма, подвижность суставов, четкая сбалансированная работа внутренних органов в конечном счете определяют уровень здоровья и фактический (биологический) возраст человека.

Асаны включают в основном статические упражнения для профилактики и лечения различных заболеваний; в результате происходят качественные изменения на всех уровнях, начиная с физического и до духовного. Асаны постепенно приводят в равновесие тело, разум и дух. Они дарят здоровье, красоту, силу, твердость, легкость, успокоение нервов и ровное радостное настроение.

Пранаяма⁹ – это сознательное продление вдоха, задержка вдоха и выдоха. Вдох – это акт получения первозданной энергии, праны. Задержка – акт консервации этой энергии. С выдохом приглушаются мысли и эмоции и прана распределяется по жизненно важным органам. Задержка после выдоха – акт успокоения нервов, умиротворения. Таковы четыре стадии дыхания Йоги. Практика пранаямы развивает контроль над эмоциями, сильную волю, здоровое тело и четкое мышление.

⁸ Причем под внутренней чистотой в этом случае подразумевается чистота мыслей и устремлений, а очищение внутренней среды организма (очищение желудка, очищение кишечника, очищение носа и носовых пазух и т. д.) – это все же «чистота внешняя».

⁹ Обратите внимание, при этом тысячелетиями (!) проверенном подходе Пранаяма является не «пятым пунктом» оздоровительной программы, а ПЯТОЙ СТУПЕНЬЮ развития. Прыгать на следующую ступень можно только будучи к этому готовым физически и психически. Иначе расшибиться можно!

Прагьяхара — раздел, обучающий контролю над мыслями и чувствами. С началом изучения этой практики вы переходите к чисто психическим аспектам Йоги.

Дхарана – сосредоточение на одном объекте или явлении. Мысли текут спокойно, а напряжение минимально. Если такое состояние продолжается длительное время, оно переходит в **дхьяну**. Когда состояние **дхьяны** продолжается длительное время без перерыва, оно сливается с **самадхи**, в котором ученик (*садхака*) теряет свою индивидуальность в объекте медитации. Он перестает осознавать свое тело, дыхание, мысли, всего себя. Он находится в бесконечном умиротворенном мире. Достигнув этого состояния, как считают йоги, садхака и становится Просветленным.

Опыт психофизиологических практик Йоги, позволявших поддерживать жизнеспособность человеческого организма в условиях крайнего дефицита жизненных средств и в экстремальных режимах функционирования нервной, эндокринной и дыхательной систем, с большим интересом изучается современной клинической медициной, экспериментальной психологией и физиологией.

Автору приходилось встречаться с человеком, который «рвался» преподавать йогу детям-дошкольникам, имея за плечами только (!) недельные курсы, которые проводил какой-то инструктор-гастролер из сопредельной «Ридной Украины», и искренне возмущался, что органы образования усомнились в глубине его знаний. Требовать от таких «популяризаторов» соблюдения хотя бы «универсальных моральных заповедей» было бы наивно. Поэтому – будьте осторожны!

К сожалению, в последние годы большее распространение получил «коммерческий» подход к продвижению этих знаний «в массы». Разнообразные краткосрочные курсы и занятия, к примеру, «фитнес-йогой» порождают у людей непросвещенных излишнюю уверенность в глубине своих знаний и ложное представление о простоте и универсальности предлагаемых методов. Автору, к примеру, приходилось встречаться с человеком, который «рвался» преподавать йогу детям-дошкольникам, имея за плечами только (!) недельные курсы, которые проводил какой-то инструктор-гастролер из сопредельной «Ридной Украины», и искренне возмущался, что органы образования усомнились в глубине его знаний. Требовать от таких «популяризаторов» соблюдения хотя бы «универсальных моральных заповедей» было бы наивно. Поэтому – будьте осторожны!

Основные физиологические и энергетические понятия йоги

Прана

Свами Шивананда говорил, что Прана – это совокупность энергетических потоков Вселенной. Йогины считают, что Вселенная состоит из Акаши – эфира и Праны – энергии. Процесс взаимодействия Праны и Акаши порождает все существующие материальные формы.

Употребляя слово Прана с большой буквы, йогины имеют в виду совокупность всех энергетических потоков Вселенной, а прана с маленькой буквы означает непосредственные проявления этих потоков. Поэтому Прана – это универсальная энергия, а прана – это конкретные проявления универсальной энергии, с которыми взаимодействует человеческая сущность.

Напрашивается вопрос: почему термин «Прана» употребляется в терминологии Йоги чаще, чем термин «энергия»? Для нас, современных людей материалистической культуры Запада, энергия – понятие менее глобальное, а порой и слишком материальное. Наше пони-

мание сущности энергии слишком ограничено и утилитарно. Воздух, вода, продукты питания, солнечный свет являются лишь носителями праны. Прана пронизывает все наше тело, она – истинный источник жизни, потому что без Праны жизнь невозможна. Жизненная активность – это всего лишь характерная тонкая форма Праны, заполняющей Вселенную. Рассматривая вопросы дыхания, мы пока не выходили за рамки западных теорий, поэтому, возможно, вам сложно перестроиться на совершенно другое мировоззрение. Постарайтесь отбросить стереотипы, забыть все, что вы знаете об энергии, и воспринять информацию, пока не анализируя ее.

Учителя Йоги говорят, что праническая энергия накапливается и преобразовывается в нервной системе, а именно – в области солнечного сплетения. Йогин, накопивший запас праны благодаря регулярным занятиям, может управлять ею. Таким образом, йога дает возможность открыть и использовать источник жизни.

Что такое Пранаяма?

Что же означает слово Пранаяма? Это слово происходит от слияния двух санскритских корней – «прана» и «аяма», которые можно перевести как *длина, растяжение, задержка и контроль*. Отсюда вытекает важное положение йогической философии: *Пранаяма – это возможность контроля Праны человеческим существом*. Необходимо сделать акцент на словосочетании «человеческое существо». Именно «человеческое существо», «человеческая Личность» а не «человеческий организм» является той сущностью, которая может управлять Праной.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.