

## Оглавление

Предисловие .....	6
<b>ЧАСТЬ I. ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА .....</b>	<b>9</b>
Глава 1. Краткая история возникновения и развития лечебной физкультуры .....	11
Глава 2. Основы лечебной физической культуры .....	18
2.1. Лечебная физкультура (ЛФК) .....	18
2.2. Трудовая терапия (трудотерапия) .....	44
2.3. Мануальная терапия .....	54
2.4. Массаж .....	63
2.5. Сочетание массажа с активными и пассивными упражнениями на растяжение .....	114
2.6. Дистракционные методы лечения и массаж .....	118
Глава 3. Лечебная физкультура при заболеваниях сердечно-сосудистой системы .....	120
Глава 4. Лечебная физкультура при заболеваниях органов дыхания .....	141
Глава 5. Лечебная физкультура при заболеваниях органов пищеварения .....	159
Глава 6. Лечебная физкультура при травмах и заболеваниях центральной и периферической нервной системы .....	168
Глава 7. Лечебная физкультура в гинекологии и акушерстве .....	198

Глава 8. Лечебная физкультура в травматологии и ортопедии .....	224
Глава 9. Лечебная физкультура в хирургии .....	272
Глава 10. Лечебная физкультура при заболеваниях почек и мочевыводящих путей .....	293
Глава 11. Лечебная физкультура при заболеваниях желез внутренней секреции и расстройствах обмена веществ .....	301
<b>ЧАСТЬ II. ВРАЧЕБНЫЙ КОНТРОЛЬ</b> .....	309
Глава 12. Краткая история возникновения и развития врачебного контроля .....	310
Глава 13. Виды и классификация физической работы .....	315
13.1. Энергетика при мышечной деятельности .....	315
13.2. Виды и классификация физической работы .....	320
Глава 14. Цели и задачи спортивной медицины .....	322
Глава 15. Влияние больших физических нагрузок на опорно-двигательный аппарат (ОДА) и функциональное состояние спортсменов .....	328
Глава 16. Исследование и оценка физического развития .....	337
16.1. Наружный осмотр (соматоскопия) .....	338
16.2. Антропометрия (соматометрия) .....	345
Глава 17. Исследование сердечно-сосудистой системы и оценка физической работоспособности .....	368
Глава 18. Исследование функции дыхания и оценка физической работоспособности .....	445
Глава 19. Исследование и оценка центральной и периферической нервной системы .....	473
Глава 20. Биохимические методы исследования и оценка физической работоспособности .....	495
Глава 21. Врачебный контроль за лицами различного возраста и пола, занимающимися физкультурой и спортом .....	504
21.1. Врачебный контроль за школьниками и юными спортсменами .....	504
21.2. Врачебный контроль за физическим воспитанием студентов .....	509
21.3. Врачебный контроль за лицами среднего и пожилого возраста .....	509

21.4. Врачебный контроль за женщинами, занимающимися физкультурой и спортом .....	513
Глава 22. Самоконтроль спортсмена .....	517
Глава 23. Антидопинговый контроль .....	521
Глава 24. Отбор и ориентация в спорте .....	526
Глава 25. Акклиматизация (климатическая и временная) .....	530
Глава 26. Реабилитация инвалидов-спортсменов .....	536
26.1. Особенности тренировок и восстановления физической работоспособности у инвалидов-спортсменов .....	538
26.2. Влияние гиподинамии (гипокинезии) на состояние здоровья и физическую работоспособность инвалида .....	539
26.3. Тестирование инвалидов-спортсменов .....	541
26.4. Ампутация конечностей .....	543
26.5. Травмы спинного мозга .....	546
26.6. Полиомиелит .....	548
26.7. Детские церебральные параличи (ДЦП) .....	549
26.8. Слепые и слабовидящие .....	550
Краткий словарь медицинских терминов .....	552
Список литературы .....	569
Приложение 1. Комплексы физических упражнений при некоторых заболеваниях .....	574
Приложение 2. Физиологические показатели в норме .....	590

## Глава 6

# Лечебная физкультура при травмах и заболеваниях центральной и периферической нервной системы

Нервная система управляет деятельностью различных органов и систем, составляющих целостный организм, осуществляет его связь с внешней средой, а также координирует процессы, происходящие в организме в зависимости от состояния внешней и внутренней среды. Она осуществляет координирование кровообращения, лимфотока, метаболические процессы, которые в свою очередь влияют на состояние и деятельность нервной системы.

Нервную систему человека условно подразделяют на центральную и периферическую. Во всех органах и тканях нервные волокна образуют чувствительные и двигательные нервные окончания. Нервные волокна, или рецепторы, обеспечивают восприятие раздражения из внешней или внутренней среды и преобразуют энергию раздражителей (механических, химических, термических, световых, звуковых и др.) в процесс возбуждения, передающийся в ЦНС. Двигательные нервные окончания передают возбуждение от нервного волокна к иннервируемому органу.

Известно, что высшие двигательные центры находятся в так называемой двигательной зоне коры головного мозга — в передней центральной извилине и прилегающих областях. Нервные волокна из указанного района коры головного мозга проходят через внутреннюю капсулу, подкорковые области и на границе головного и спинного мозга совершают неполный перекрест с переходом большей их части на про-

тивоположную сторону. Поэтому при заболеваниях головного мозга двигательные нарушения наблюдаются на противоположной стороне: при поражении правого полушария мозга парализуется левая половина тела, и наоборот. Далее нервные волокна спускаются в составе пучков спинного мозга, подходя к двигательным клеткам, мотонейронам передних рогов спинного мозга. Мотонейроны, регулирующие движения верхних конечностей, лежат в шейном утолщении спинного мозга (уровень V—VIII шейных и I—II грудных сегментов), а нижних конечностей — в поясничном (уровень I—V поясничных и I—II крестцовых сегментов). К тем же спинальным мотонейронам направляются и волокна, идущие от нервных клеток ядер узлов основания — подкорковых двигательных центров головного мозга, из ретикулярной формации ствола мозга и мозжечка. Благодаря этому обеспечивается регуляция координации движений, осуществляются произвольные (автоматизированные) и подготавливаются произвольные движения. Волокна двигательных клеток передних рогов спинного мозга, входящие в состав нервных сплетений и периферических нервов, заканчиваются в мышцах (рис. 6.1).

Любой двигательный акт происходит при передаче импульса по нервным волокнам из коры головного мозга к передним рогам спинного мозга и далее к мышцам. При заболеваниях нервной системы (травмах спинного мозга) проведение нервных импульсов затрудняется, и возникает нарушение двигательной функции мышц. Полное выпадение функции мышц называется параличом (плегией), а частичное — парезом.

По распространенности параличей различают моноплегии (отсутствие движений в одной конечности — руке или ноге), гемиплегии (поражение верхней и нижней конечности одной стороны тела — правосторонняя или левосторонняя гемиплегия), параплегии (нарушение движений в обеих нижних конечностях называется нижней параплегией, в верхних — верхней параплегией) и тетраплегию (паралич всех четырех конечностей). При поражении периферических нервов возникает парез в зоне их иннервации, получивший название соответствующего нерва — например, парез лицевого нерва, парез лучевого нерва и т. д. (рис. 6.2).

В зависимости от локализации поражения нервной системы возникают периферический или центральный паралич (парез).

При поражении двигательных клеток передних рогов спинного мозга, а также волокон этих клеток, идущих в составе нервных сплетений и периферических нервов, развивается картина периферического

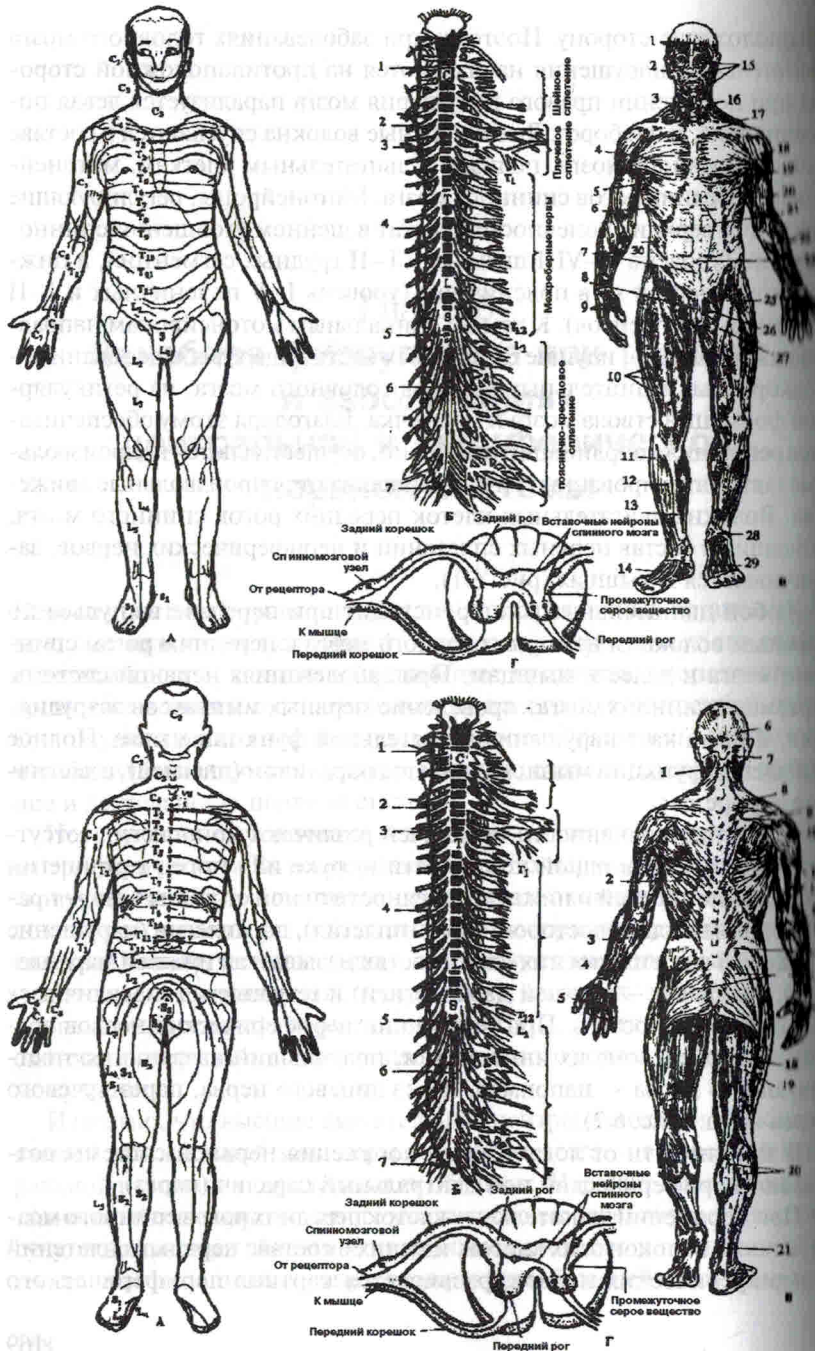


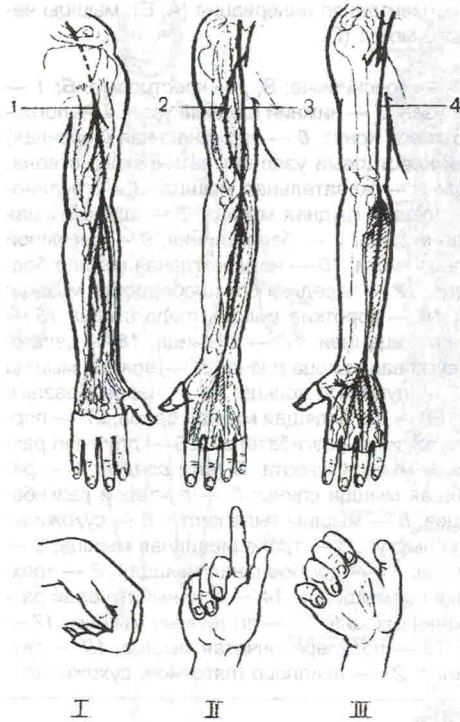
Рисунок 6.1. Границы дерматомов и сегментарная иннервация (А, Б); мышцы человека (В); поперечный разрез спинного мозга (Г).

С<sub>1-8</sub> — шейные; Т<sub>1-12</sub> — грудные; L<sub>1-5</sub> — поясничные; S<sub>1-5</sub> — крестцовые. **Б:** 1 — лобный узел; 2 — срединный шейный узел; 3 — нижний шейный узел; 4 — пограничный симпатический ствол; 5 — мозговой конус; 6 — терминальная (конечная) петля мозговой оболочки; 7 — нижний крестцовый узел симпатического ствола. **(вид спереди):** 1 — лобная мышца; 2 — жевательная мышца; 3 — грудно-ключично-сосцевидная мышца; 4 — большая грудная мышца; 5 — широчайшая мышца спины; 6 — передняя зубчатая мышца; 7 — белая линия; 8 — семенной яичник; 9 — сгибатель большого пальца кисти; 10 — четырехглавая мышца бедра; 11 — длинная малоберцовая мышца; 12 — передняя большеберцовая мышца; 13 — длинный разгибатель пальцев; 14 — короткие мышцы тыла стопы; 15 — икроножные мышцы; 16 — подкожная мышца шеи; 17 — ключица; 18 — дельтовидная мышца; 19 — грудина; 20 — двуглавая мышца плеча; 21 — прямая мышца живота; 22 — мышцы предплечья; 23 — пупочное кольцо; 24 — червеобразные отростки; 25 — широкая фасция бедра; 26 — приводящая мышца бедра; 27 — портняжная мышца; 28 — удерживатель сухожилий-разгибателей; 29 — длинный разгибатель пальцев; 30 — наружная косая мышца живота. **В (вид сзади):** 1 — затылочная мышца головы; 2 — широчайшая мышца спины; 3 — локтевой разгибатель запястья; 4 — разгибатель пальцев; 5 — мышцы тыла кисти; 6 — сухожильный шлем; 7 — наружный затылочный выступ; 8 — трапециевидная мышца; 9 — лопатки; 10 — дельтовидная мышца; 11 — ромбовидная мышца; 12 — трехглавая мышца плеча; 13 — медиальный надмыщелок; 14 — длинный лучевой разгибатель запястья; 15 — грудопоясничная фасция; 16 — ягодичные мышцы; 17 — мышцы ладонной поверхности кисти; 18 — полуперепончатая мышца; 19 — двуглавая мышца; 20 — икроножная мышца; 21 — ахиллово (пяточное) сухожилие

(плечевого) паралича, для которого характерно преобладание симптомов нервно-мышечных выпадений: ограничение или отсутствие произвольных движений, уменьшение силы мышц, снижение мышечного тонуса (гипотония), сухожильных, периостальных и кожных рефлексов (гипорефлексия) или их полное отсутствие. Нередко также наблюдается снижение чувствительности и нарушения трофики, в частности, атрофия мышц.

Для правильного определения степени выраженности пареза, а в случаях легкого пареза — иногда и для его выявления, важна количественная оценка состояния отдельных двигательных функций: тонуса и силы мышц, объема активных движений. Имеющиеся методы позволяют сравнивать между собой и эффективно контролировать результаты восстановительного лечения в условиях поликлиники и стационара.

Для исследования тонуса мышц используют тонусометр, сила мышц измеряется кистевым динамометром, объем активных движений измеряется с помощью угломера (в градусах).



**Рис. 6.2.** Нервы верхних конечностей (1 — лучевой нерв; 2 — кожно-мышечный нерв; 3 — срединный нерв) и внешний вид кисти при поражении нерва (I — кисть при поражении лучевого нерва; II — кисть при поражении срединного нерва; III — кисть при поражении локтевого нерва)

Одним из важнейших симптомов центрального паралича является выраженное повышение тонуса мышц (мышечная гипертония), из-за чего такой паралич часто называют спастическим. Для большинства пациентов с центральными параличами при заболевании или травме головного мозга характерна поза Вернике—Манна: плечо приведено (прижато) к туловищу, кисть и предплечье согнуты, кисть повернута ладонью вниз, а нога разогнута в тазобедренном и коленном суставах и согнута в стопе. Это отражает преимущественное повышение тонуса мышц-сгибателей и пронаторов в верхней конечности и разгибателей — в нижней.

При нарушении корково-подкорковых связей с ретикулярной формацией мозгового ствола или повреждении входящих двигательных путей в спинном мозге и активации вследствие этого функции спинальных мотонейронов в результате заболевания или травмы головного мозга возникает синдром центрального спастического паралича. Для него, в отличие от периферического и центрального «вялого» параличей, характерно повышение сухожильных и периостальных рефлексов (гиперфлексия), появление патологических рефлексов, возникновение при попытке произвольного действия здоровой или парализованной конечности таких же движений (например, отведение плеча кнаружи при сгибании предплечья паретичной руки или сжатие в кулак парализованной кисти при подобном же произвольном движении здоровой кисти).

При повреждениях и заболеваниях нервной системы возникают расстройства, которые резко снижают работоспособность больных, нередко приводят к развитию вторичных паралитических деформаций и контрактур, отрицательно влияющих на опорно-двигательную функцию. Общими при всех повреждениях и заболеваниях нервной системы являются ограничение амплитуды движений, снижение мышечного тонуса, вегетотрофические расстройства и пр.

Глубокое понимание механизмов патологии нервной системы является залогом успеха реабилитационных мероприятий. Так, при дисковом радикулите происходит ущемление нервных волокон, вызывающее боль, при инсульте перестают функционировать определенные зоны двигательных нервных клеток, поэтому большую роль играют механизмы адаптации.

В реабилитации имеют значение компенсаторно-приспособительные реакции организма, для которых характерны следующие общие черты: нормальные физиологические отправления органов и тканей (их функций); приспособление организма к окружающей среде, обеспечиваемое перестройкой жизнедеятельности за счет усиления одних и одновременного ослабления других его функций; они разворачиваются на единой, стереотипной материальной основе в виде непрерывного варьирования интенсивности обновления и гиперплазии клеточного состава тканей и внутриклеточных структур; компенсаторно-приспособительные реакции нередко сопровождаются появлением своеобразных тканевых (морфологических) изменений.

Развитие восстановительных процессов в нервной ткани происходит под влиянием сохранных функций, то есть идет перестройка нервной ткани, изменяется количество отростков нервных клеток, их разветвлений на периферии; также идет перестройка синаптических связей и компенсация после гибели части нервных клеток.

Процесс восстановления нервной системы происходит в нервных клетках, нервных волокнах и в структурных элементах тканей за счет восстановления проницаемости и возбудимости мембран, нормализации внутриклеточных окислительно-восстановительных процессов и активизации ферментных систем, что приводит к восстановлению проводимости по нервным волокнам и синапсам.

Реабилитационный режим должен быть адекватен тяжести заболевания, которая оценивается степенью нарушения приспособительной активности. Учитывается уровень поражения ЦНС и периферической нервной системы. Важны такие факторы, как возможность самостоятельно передвигаться, обслуживать себя (выполнять рабо-

## Глава 18

### Исследование функции дыхания и оценка физической работоспособности

*Дыхание* — это единый процесс, осуществляемый целостным организмом и состоящий из трех неразрывных звеньев: а) внешнего дыхания, то есть газообмена между внешней средой и кровью легочных капилляров; б) переноса газов, осуществляемого системами кровообращения; в) внутреннего (тканевого) дыхания, то есть газообмена между кровью и клеткой, в процессе которого клетки потребляют кислород и выделяют углекислоту. Основу тканевого дыхания составляют сложные окислительно-восстановительные реакции, сопровождающиеся освобождением энергии, которая необходима для жизнедеятельности организма.

Работоспособность человека (в частности, спортсмена) определяется в основном тем, какое количество кислорода ( $O_2$ ) забрано из наружного воздуха в кровь легочных капилляров и доставлено в ткани и клетки. Указанные выше три системы дыхания тесно связаны между собой и обладают взаимной компенсацией. Так, при сердечной недостаточности наступает одышка, при недостатке  $O_2$  в атмосферном воздухе (например, в среднегорье) увеличивается количество эритроцитов — переносчиков кислорода, при заболеваниях легких наступает тахикардия.

*Система внешнего дыхания* состоит из легких, верхних дыхательных путей и бронхов, грудной клетки и дыхательных мышц (межреберные, диафрагма и др.).

Внешнее дыхание обеспечивает обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью легочных капилляров, то есть насыщение веноз-

ной крови кислородом и освобождение ее от избытка углекислоты, что свидетельствует о взаимосвязи функции внешнего дыхания с регуляцией кислотно-щелочного равновесия. В физиологии дыхания функцию внешнего дыхания разделяют на три основных процесса — вентиляцию, диффузию и перфузию (кровоток в капиллярах легких).

Под вентиляцией следует понимать обмен газа между альвеолярным и атмосферным воздухом. От уровня альвеолярной вентиляции зависит постоянство газового состава альвеолярного воздуха.

Альвеолярная вентиляция равна разности между объемом дыхания в минуту и объемом «мертвого» пространства, умноженной на число дыханий в минуту. Объем вентиляции зависит, прежде всего, от потребности организма в кислороде при выведении определенного количества углекислого газа, а также от состояния дыхательных мышц, проходимости бронхов и пр. Не весь вдыхаемый воздух достигает альвеолярного пространства, где происходит газообмен. Если объем вдыхаемого воздуха равен 500 мл, то 150 мл остается в «мертвом» пространстве, и за минуту через дыхательную зону легких в среднем проходит  $(500 - 150 \text{ мл}) \cdot 15$  (частота дыхания) = 5250 мл атмосферного воздуха. Эта величина называется альвеолярной вентиляцией. «Мертвое» пространство возрастает при глубоком вдохе, его объем зависит также от массы тела и позы обследуемого.

Диффузия — это процесс пассивного перехода кислорода из легких через альвеолярно-капиллярную мембрану в гемоглобин легочных капилляров, с которыми кислород вступает в химическую реакцию.

Перфузия (орошение) легких кровью по сосудам малого круга. Об эффективности работы легких судят по соотношению между вентиляцией и перфузией. Указанное соотношение определяется числом вентилируемых альвеол, которые соприкасаются с хорошо перфузируемыми капиллярами. При спокойном дыхании у человека верхние отделы легкого расправляются полнее, чем нижние. При вертикальном положении тела нижние отделы перфузируются кровью лучше, чем верхние.

Легочная вентиляция повышается параллельно увеличению потребления кислорода, причем при максимальных нагрузках у тренированных лиц она может возрасти в 20–25 раз по сравнению с состоянием покоя и достигать 150 л/мин и более. Такое увеличение вентиляции обеспечивается возрастанием частоты и объема дыхания, причем частота может увеличиться до 60–70 дыханий в минуту, а дыхательный объем — с 15 до 50% жизненной емкости легких (Monod H., Pettier M., 1973).

В возникновении гипервентиляции при физических нагрузках важную роль играет раздражение дыхательного центра в результате высокой концентрации углекислого газа и водородных ионов при высоком уровне молочной кислоты в крови.

Гипервентиляция, вызываемая физическими нагрузками, всегда ниже максимальной вентиляции, и увеличение диффузной способности кислорода в легких во время работы также не является предельным. Поэтому, если отсутствует легочная патология, дыхание не ограничивает мышечную работу.

Важный показатель — потребление кислорода — отражает функциональное состояние кардиореспираторной системы. Существует связь между факторами циркуляции и дыхания, влияющими на объем потребляемого кислорода.

Во время физических нагрузок потребление кислорода значительно увеличивается. Это предъявляет повышенные требования к работе сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Поэтому кардиореспираторная система при мышечной работе подвержена изменениям, которые зависят от интенсивности физических нагрузок.

Исследование функции внешнего дыхания в спорте позволяет наряду с системами кровообращения и крови оценить функциональное состояние спортсмена и его резервные возможности.

Исследование начинают со сбора анамнеза, затем переходят к осмотру, перкуссии и аускультации. Осмотр позволяет определить тип дыхания, установить наличие или отсутствие одышки (особенно при тестировании) и т. п. Определяют три типа дыхания: грудной, брюшной (диафрагмальный) и смешанный. При грудном типе дыхания на вдохе заметно поднимаются ключицы и происходит движение ребер. При этом типе дыхания объем легких возрастает главным образом за счет движения верхних и нижних ребер. При брюшном типе дыхания увеличение объема легких происходит в основном за счет движения диафрагмы — на вдохе она опускается вниз, несколько смещая органы брюшной полости. Поэтому стенка живота на вдохе при брюшном типе дыхания слегка выпячивается. У спортсменов, как правило, смешанный тип дыхания, где участвуют оба механизма увеличения объема грудной клетки.

Перкуссия (поколачивание) позволяет определить изменение (если оно есть) плотности легких. Изменения в легких являются обычно следствием некоторых заболеваний (воспаление легких, туберкулез и др.).

Аускультация (выслушивание) определяет состояние воздухоносных путей (бронхов, альвеол). При различных заболеваниях органов дыха-

ния прослушиваются весьма характерные звуки — различные хрипы, усиление или ослабление дыхательного шума и т. д.

Исследование внешнего дыхания проводят по показателям, характеризующим вентиляцию, газообмен, содержание и парциальное давление кислорода и углекислого газа в артериальной крови, и по другим параметрам.

Для исследования функции внешнего дыхания пользуются спирометрами, спирографами и специальными аппаратами открытого и закрытого типа. Наиболее удобно спирографическое исследование, при котором на движущейся бумажной ленте записывается кривая — спирограмма (рис. 18.1). По этой кривой, зная масштаб шкалы аппарата и скорость движения бумаги, определяют следующие показатели легочной вентиляции: частоту дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), максимальную вентиляцию легких (МВЛ), остаточный объем легких (ОО), общую емкость легких (ОЕЛ). Кроме того, исследуется сила дыхательной мускулатуры, бронхиальная проходимость и др.

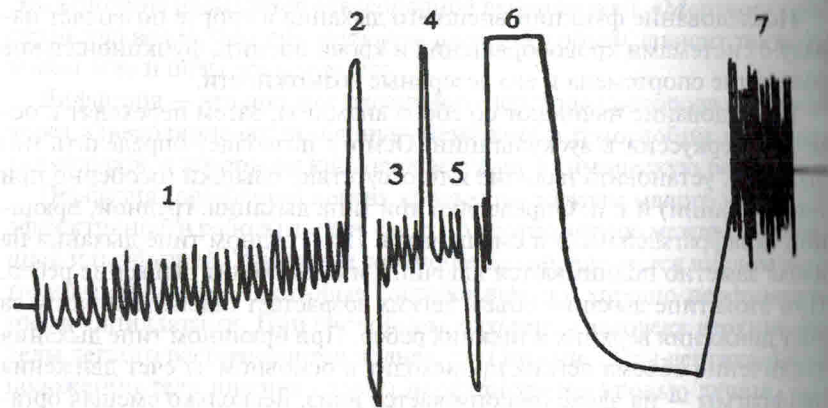


Рис. 18.1. Спирограмма: 1 — МОД; 2 — ЖЕЛ; 3 — дыхательный объем (ДО); 4 — резервный объем вдоха; 5 — резервный объем выдоха; 6 — проба Тиффно—Вотчала; 7 — МВЛ

Легочная вентиляция связана с функцией дыхательных мышц (рис. 18.2). Движения легких совершаются в результате сокращения дыхательных мышц в сочетании с движениями частей грудной клетки и диафрагмы. Дыхательные мышцы — это те мышцы, сокращение которых изменяет объем грудной клетки.

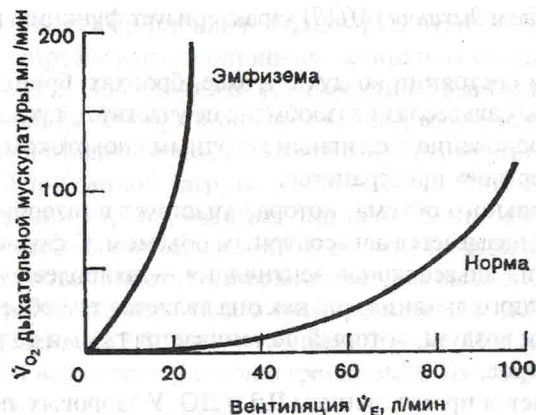


Рис. 18.2. Потребление кислорода дыхательными мышцами в норме и при патологии (эмфиземе легких)

Вдох создается расширением грудной клетки (полости) и всегда является активным процессом. Обычно главную роль во вдохе играет диафрагма. При усиленном вдохе сокращаются дополнительные группы мышц.

Выдох в покое происходит пассивно вследствие постепенного снижения активности мышц, создающих условия для вдоха. Расслабление связанных с дыханием мышц придает грудной клетке положение пассивного выдоха. При усиленном выдохе в дополнение к другим мышечным группам действуют внутренние межреберные мышцы, а также брюшные мышцы.

Объем легких при вдохе не всегда одинаков. Объем воздуха, вдыхаемый при обычном вдохе и выдыхаемый при обычном выдохе, называется дыхательным воздухом (ДВ).

*Остаточный воздух (ОВ)* — объем воздуха, оставшийся в не возвратившихся в исходное положение легких.

*Частота дыхания (ЧД)* — количество дыханий в 1 мин. Определение ЧД производят по спирограмме или по движению грудной клетки. Средняя частота дыхания у здоровых лиц — 16–18 в минуту, у спортсменов — 8–12. В условиях максимальной нагрузки ЧД возрастает до 40–60 в 1 мин.

*Глубина дыхания, или дыхательный объем (ДО)* — объем воздуха спокойного вдоха или выдоха при одном дыхательном цикле. Глубина дыхания зависит от роста, веса, пола и функционального состояния спортсмена. У здоровых лиц ДО составляет 300–800 мл.



*Минутный объем дыхания (МОД)* характеризует функцию внешнего дыхания.

В спокойном состоянии воздух в трахее, бронхах, бронхиолах и в неперфузируемых альвеолах в газообмене не участвует, так как не приходит в соприкосновение с активным легочным кровотоком — это так называемое «мертвое» пространство.

Часть дыхательного объема, которая участвует в газообмене с легочной кровью, называется альвеолярным объемом. С физиологической точки зрения альвеолярная вентиляция — наиболее существенная часть наружного дыхания, так как она является тем объемом вливаемого за 1 мин воздуха, который обменивается газами с кровью легочных капилляров.

МОД измеряется произведением ЧД и ДО. У здоровых лиц ЧД составляет 16–18 в минуту, а ДО колеблется в пределах 350–750 мл, у спортсменов ЧД — 8–12, а ДО — 900–1300 мл. Увеличение МОД (гипервентиляция) наблюдается вследствие возбуждения дыхательного центра, затруднения диффузии кислорода и др.

В покое МОД составляет 5–6 л, при напряженной физической нагрузке может возрастать в 20–25 раз и достигать 120–150 л в 1 мин и более. Увеличение МОД находится в прямой зависимости от мощности выполняемой работы, но только до определенного момента, после которого рост нагрузки уже не сопровождается увеличением МОД. Даже при самой тяжелой нагрузке МОД никогда не превышает 70–80% от уровня максимальной вентиляции. Расчет должной величины МОД основан на том, что у здоровых лиц из каждого литра провентилированного воздуха поглощается примерно 40 мл кислорода. Это так называемый коэффициент использования кислорода — КИ. Его можно рассчитать по формуле:

$$\text{Должный МОД} = \text{должное потребление кислорода} : 40,$$

а должную величину поглощения кислорода рассчитывают по формуле:

$$\text{должный основной обмен (в ккал)} : 7,07,$$

где должный основной обмен определяют по таблицам Гаррис—Бенедикта (табл. 18.1); 7,07 — число, полученное при умножении калорийной ценности 1 л кислорода (4,91 ккал) на число минут в сутках (1440 мин) и деленное на 1000.

*Вентиляционный эквивалент (ВЭ)* называется соотношением между МОД и величиной потребления кислорода. В состоянии покоя 1 л

кислорода в легких поглощается из 20–25 л воздуха. При тяжелой физической нагрузке вентиляционный эквивалент увеличивается и достигает 30–35 л. Под влиянием тренировки на выносливость вентиляционный эквивалент при стандартной нагрузке уменьшается. Это свидетельствует о более экономном дыхании у тренированных лиц. С возрастом ВЭ при данной нагрузке увеличивается. Восстановление МОД после нагрузки у тренированных лиц происходит быстрее.

*Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)* состоит из дыхательного объема, резервного объема вдоха и резервного объема выдоха. ЖЕЛ зависит от пола, возраста, размера тела и тренированности. ЖЕЛ составляет в среднем у женщин 2,5–4 л, у мужчин — 3,5–5 л. Под влиянием тренировки ЖЕЛ возрастает, у хорошо тренированных спортсменов она достигает 8 л.

Абсолютные значения ЖЕЛ мало показательны из-за индивидуальных колебаний. При оценке состояния обследуемого рекомендуется рассчитывать «должные» величины.

Для расчета ДЖЕЛ используют формулу Anthony и Vernath (1961), в основу которой положена величина основного обмена (ккал/24 ч). Ее находят по таблицам Гаррис—Бенедикта соответственно полу, возрасту и массе тела. ДЖЕЛ = величина основного обмена (ккал) × *k*, где *k* — коэффициент (2,3 у женщин, 2,6 — у мужчин). Величину основного обмена (ккал) определяют по таблицам Гаррис—Бенедикта, где находят фактор роста (Б) и фактор веса (А). Сумма А + Б и есть должная величина основного обмена. Должный основной обмен, как и ЖЕЛ, зависит от пола, возраста, роста и веса, легко определяется по специальным таблицам и выражается в килокалориях. Для выражения отношения в процентах фактической ЖЕЛ к должной пользуются формулой:

$$\frac{\text{фактическая ЖЕЛ}}{\text{должная ЖЕЛ}} \times 100.$$

ЖЕЛ считается нормальной, если составляет 100% должной величины. Для оценки ДЖЕЛ можно пользоваться номограммой (рис. 18.3, 18.4). ЖЕЛ выражается в процентах к ДЖЕЛ.

*Общая емкость легких (ОЕЛ)* представляет собой сумму ЖЕЛ и остаточного объема легких, то есть того воздуха, который остается в легких после максимального выдоха и может быть определен только косвенно. У молодых здоровых лиц 75–80% ОЕЛ занимает ЖЕЛ, а остальное приходится на остаточный объем. У спортсменов доля ЖЕЛ в структуре ОЕЛ увеличивается, что благоприятно отражается на эффективности вентиляции.