

# **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПАТОЛОГИИ**

*Учебное пособие*

2-е издание, стереотипное

Допущено Межвузовским редакционно-издательским  
экспертным советом по медицинской литературе Санкт-Петербурга  
в качестве учебно-методического пособия  
для факультетов подготовки врачей медицинских вузов

Санкт-Петербург  
СпецЛит  
2016

Авторский коллектив:

*Дергунов Анатолий Владимирович* — доктор медицинских наук, профессор кафедры патологической физиологии Военно-медицинской академии (ВМедА) им. С. М. Кирова;

*Леонтьев Олег Валентинович* — доктор медицинских наук, профессор кафедры патологической физиологии ВМедА им. С. М. Кирова;

*Парцерняк Сергей Александрович* — доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской и госпитальной терапии Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова;

*Цыган Василий Николаевич* — доктор медицинских наук, профессор, ученый секретарь, заведующий кафедрой патологической физиологии ВМедА им. С. М. Кирова;

*Святов Дмитрий Иванович* — кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры патологической физиологии ВМедА им. С. М. Кирова;

*Лавинская Наталья Николаевна* — кандидат медицинских наук, доцент, преподаватель кафедры патологической физиологии ВМедА им. С. М. Кирова;

*Морозова Марина Геннадиевна* — кандидат биологических наук, заведующая клинико-диагностической лабораторией Санкт-Петербургского ГУЗ «Городская поликлиника № 87», врач высшей квалификационной категории;

*Ионцев Вячеслав Игоревич* — кандидат медицинских наук, старший ординатор клиники госпитальной хирургии ВМедА им. С. М. Кирова;

*Сорокин Николай Васильевич* — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры госпитальной терапии Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова

Рецензент:

*Петрищев Николай Николаевич* — доктор медицинских наук, профессор кафедры патофизиологии Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И. П. Павлова, заслуженный деятель науки РФ

**Физиологические показатели человека при патологии** : учебное пособие / А. В. Дергунов, О. В. Леонтьев, С. А. Парцерняк [и др.]. — Санкт-Петербург : СпецЛит, 2016. — 223 с. — ISBN 978-5-299-00828-9

Пособие предназначено для студентов медицинских вузов и содержит материалы для практической отработки теоретических знаний на занятиях по патологической физиологии. Книга может представлять интерес для практикующих врачей.

УДК 616-092

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные сокращения .....	4
Введение .....	11
<b>Глава 1.</b> Физиологические параметры системы дыхания в норме и при ее патологии .....	12
<b>Глава 2.</b> Физиологические показатели сердечно-сосудистой системы и их изменения при патологии .....	36
<b>Глава 3.</b> Показатели системы крови и их колебания при заболеваниях .....	78
<b>Глава 4.</b> Физиологические показатели системы пищеварения и их изменения при ее патологии .....	107
<b>Глава 5.</b> Физиологические показатели водно-солевого обмена, кислотно-основного состояния и системы выделения, их изменения при патологических состояниях организма .....	128
<b>Глава 6.</b> Физиологические показатели деятельности нервной системы в норме и их изменения при патологии .....	146
<b>Глава 7.</b> Показатели, характеризующие деятельность эндокринной системы в норме и при патологических состояниях .....	152
<b>Глава 8.</b> Иммунопатология (аллергия, аутоиммунные заболевания, иммунодефициты) .....	163
Приложения .....	186
<i>Приложение 1</i> .....	186
<i>Приложение 2</i> .....	193
<i>Приложение 3</i> .....	204
<i>Приложение 4</i> .....	208
<i>Приложение 5</i> .....	211
<i>Приложение 6</i> .....	215
<i>Приложение 7</i> .....	219
<i>Приложение 8</i> .....	222

## УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АВ	— альвеолярная вентиляция (см. $V_a$ )
АД	— артериальное давление (см. ВР)
АДГ	— антидиуретический гормон
АД <sub>макс</sub>	— максимальное давление в аорте
АД <sub>мин</sub>	— минимальное давление в аорте
АДФ	— аденозиндифосфорная кислота
АЗКЦ	— антителозависимая клеточная цитотоксичность
АКТГ	— адренкортикотропный гормон
АЛТ	— аланинаминотрансфераза
АМК	— азот мочевины крови
АНС	— автономная нервная система
АСТ	— аспаратаминотрансфераза
АТ	— антитела
АТФ	— аденозинтрифосфат
АФК	— активные формы кислорода
БАВ	— биологически активные вещества
БКП	— продукция хлористоводородной кислоты в период базальной секреции
ВАШ	— визуальная аналоговая шкала
ВИП	— вазоактивный интестинальный пептид
ВНС	— вегетативная нервная система
ВСП	— внутрисистолический показатель
ВССЦ	— временная структура сердечного цикла
ГБ	— гипертоническая болезнь
ГГТП	— $\gamma$ -глутамилтранспептидаза
ГЗТ	— гиперчувствительность замедленного типа
ГК	— глюкокортикоиды
ГКГС	— главный комплекс гистосовместимости
ГнРГ	— гонадотропин-рилизинг-гормон
ГНТ	— гиперчувствительность немедленного типа
ГО	— глобулярный объем
ДАД	— диастолическое артериальное давление (см. DBP)
ДВС	— диссеминированное внутрисосудистое свертывание
ДВС-синдром	— синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови
ДГР	— дифференциальная грудная реограмма
ДГЭА	— дегидроэпиандростерон
ДЖЕЛ	— должная жизненная емкость легких
ДКВ	— дыхательный коэффициент времени

ДКГ	— доплерокардиограмма
ДЛ	— диффузионная способность легких
ДЛА	— давление в легочной артерии
ДМВЛ	— должная максимальная вентиляция легких
ДО	— дыхательный объем
ЖЕЛ	— жизненная емкость легких (см. SVC)
ЖКТ	— желудочно-кишечный тракт
ЗСЛЖ	— задняя стенка левого желудочка
ИБС	— ишемическая болезнь сердца
ИВЛ	— искусственная вентиляция легких
ИЛ (IL)	— интерлейкин (см. IL)
ИНМЖ	— индекс напряжения миокарда желудочков
ИРА	— индекс респираторной адаптации
ИРИ	— иммунорегуляторный индекс
ИРПЖ	— индекс работы правого желудочка (см. RVSWI)
ИРТ	— интегральная реография тела
ИФН	— интерферон
КДИ УО	— коэффициент дыхательных изменений ударного объема
КИ O <sub>2</sub>	— коэффициент использования кислорода
КК	— концентрационный коэффициент
КОС	— кислотно-основное состояние
КПД	— коронарное перфузионное давление (см. CPP)
КРГ	— кортикотропин-релизинг-гормон
КрФ	— креатинфосфат
КС	— кортикостероиды
КТ	— компьютерная томография
КФ	— клубочковая фильтрация
КФК	— креатинфосфокиназа
Л	— лейкоциты
ЛГ	— лютеинизирующий гормон
ЛДГ	— лактатдегидрогеназа
ЛЖ	— левый желудочек
ЛПВП	— липопротеины высокой плотности
ЛПЛ	— липопротеинлипаза
ЛПНП	— липопротеины низкой плотности
ЛПОНП	— липопротеины очень низкой плотности
ЛС	— лекарственные средства
МВЛ	— максимальная вентиляция легких (см. MVV)
МКБ	— мочекаменная болезнь
МКМЖ	— механический коэффициент миокарда желудочка
МКП	— продукция хлористоводородной кислоты после максимальной стимуляции гистамином

ММ	— молекулярная масса
МОД	— минутный объем дыхания
МОК	— минутный объем кровообращения
МРСА	— медленно реагирующая субстанция анафилаксии
МТ	— масса тела
НА	— норадреналин
НАДН	— никотинамидадениндинуклеотид
ОВВП	— объем внеклеточного водного пространства
ОЕЛ	— общая емкость легких, л
ОИВП	— объем интерстициального водного пространства
ОК	— объем крови
ООЛ	— остаточный объем легких
ОП	— объем плазмы
ОПН	— острая печеночная недостаточность
ОПСС	— общее периферическое сопротивление сосудов
ОПЭ	— объем потерянных эритроцитов
ОФВ	— объем форсированного выдоха
ОЦК	— объем циркулирующей крови
ОЦП	— объем циркулирующей плазмы
ОЦЭ	— объем циркулирующих эритроцитов
ОЭ	— объем эритроцитов
ПД	— пульсовое давление (см. РР)
ПЖ	— правый желудочек
ПМТ	— потеря массы тела
ПСДВ	— показатель скорости движения воздуха
РААС	— ренин-ангиотензин-альдостероновая система
РД	— резерв дыхания
РО <sub>вд</sub>	— резервный объем вдоха
РО <sub>выд</sub>	— резервный объем выдоха (см. ERV)
РТПХ	— реакция «трансплантат против хозяина»
РФ Н <sub>2</sub> О	— реабсорбируемая фракция воды
САД	— систолическое артериальное давление (см. SBP)
САК	— субарахноидальное кровоизлияние
САС	— симпатoadреналовая система
СВ	— сердечный выброс, или минутный объем сердца (см. CO)
СД	— сахарный диабет
СДД	— среднединамическое давление (см. MAP)
СЗП	— свежемороженая плазма
СИ	— сердечный индекс (см. CI)
СКВ	— системная красная волчанка (см. SLE)
СКП	— продукция хлористоводородной кислоты после суб- максимальной стимуляции

СОЭ	— скорость оседания эритроцитов
СПИД	— синдром приобретенного иммунодефицита
Т	— тромбоциты
ТКИД	— тяжелый комбинированный иммунодефицит
ТМС	— тормозная мюллера субстанция
ТПГДР	— тетраполярная грудная дифференциальная реограмма
ТТГ	— тиреотропный гормон
ТЭЛА	— тромбоэмболия легочной артерии
УЗИ	— ультразвуковое исследование
УО	— ударный объем (см. SV)
ФАВ	— физиологически активные вещества
ФЖЕЛ	— форсированная жизненная емкость легких (см. FVC)
ФКГ	— фонокардиограмма
ФНО	— фактор некроза опухоли
ФОЕ	— функциональная остаточная емкость (форсированный объем легких)
ФСГ	— фолликулостимулирующий гормон
ФЭ	— фракционная экскреция
ХОБЛ	— хроническая обструктивная болезнь легких
ХС	— холестерин
ЦВД	— центральное венозное давление
ЦИК	— циркулирующие иммунные комплексы
ЦНС	— центральная нервная система
ЧД	— частота дыхания (см. F)
ЧДД	— частота дыхательных движений
ЧМТ	— черепно-мозговая травма
ЧСС	— частота сердечных сокращений (см. HR)
ШИ	— шоковый индекс (индекс Альговера—Брубера)
ЩЖ	— щитовидная железа
Э	— эритроциты
ЭДКХ	— энергетически-динамический коэффициент Хегглина
ЭК	— эндотелиальная клетка
ЭКГ	— электрокардиограмма
ЭРХПГ	— эндоскопическая ретроградная холангиопанкреатография
ЭФ Н <sub>2</sub> О	— экскретируемая фракция воды
ЭФП	— электрофоретическая подвижность
ΔP	— разность парциального давления газа по обе стороны альвеолярно-капиллярной мембраны (аэрогематического барьера)
Δp	— пульсовое давление (разность между боковым и минимальным давлением)
АВ	— истинные (актуальные) бикарбонаты

BB	— buffer base — буферные основания
BE	— base excess — избыток или дефицит буферных оснований
BP	— blood pressure — артериальное давление (см. АД)
Ca <sub>O<sub>2</sub></sub>	— содержание кислорода в артериальной крови
Cc <sub>O<sub>2</sub></sub>	— содержание кислорода в легочной капиллярной крови
CI	— cardiac index — сердечный индекс (см. СИ)
CO	— cardiac output — сердечный выброс, или минутный объем сердца (см. СВ)
CPP	— coronary perfusion pressure — коронарное перфузионное давление (см. КПД)
CVI	— простой варибельный иммунодефицит
Cv <sub>O<sub>2</sub></sub>	— содержание кислорода в смешанной венозной крови
DBP	— diastolic blood pressure — диастолическое артериальное давление (см. ДАД)
DP <sub>эл. л.</sub>	— изменение давления эластической тяги легких
DV	— изменение легочного объема
E	— период изгнания крови из желудочков
EDC	— effective dynamic compliance — податливость легких и грудной клетки (комплайнс)
EDV	— end-diastolic volum — конечное диастолическое давление
EF	— ejection fraction — фракция выброса
ERV	— expiratory reserve volume — резервный объем выдоха (см. PO <sub>выд</sub> )
F	— frequency — частота дыхания (см. ЧД)
F <sub>ACO<sub>2</sub></sub>	— объемная доля углекислого газа в альвеолярной смеси газов
F <sub>AO<sub>2</sub></sub>	— объемная доля кислорода в альвеолярной смеси газов
FEF	— поток форсированного выдоха
Flow-Volume	— поток-объем
F <sub>UO<sub>2</sub></sub>	— объемная доля кислорода во вдыхаемом воздухе
FVC	— forced vital capacity — форсированная жизненная емкость легких (см. ФЖЕЛ)
Hb	— гемоглобин
HbA	— гемоглобин взрослого человека
HbF	— гемоглобин фетальный
HLK	— сердечно-легочный коэффициент
HR	— heart rate — частота сердечных сокращений (см. ЧСС)
IC	— inspiratory capacity — емкость вдоха

IL	– интерлейкин (см. ИЛ)
IRV	– inspiratory reserve volume – резервный объем вдоха ( $PO_{вд}$ )
l	– расстояние диффузии, т. е. толщина мембраны
MAC	– белковый комплекс
MAP	– mean arterial blood pressure – среднединамическое давление (см. СДД)
MV	– minute ventilation – минутная вентиляция (см. МОД)
MVV	– maximum voluntary ventilation – максимальная вентиляция легких (см. МВЛ)
NK	– лимфоциты
$Pa_{CO_2}$	– парциальное давление углекислого газа в альвеолярном воздухе
PAF	– фактор активации тромбоцитов
PEF	– peak expiratory flow – пиковый поток выдоха
$Pet_{CO_2}$	– парциальное давление углекислого газа во вдыхаемом воздухе
PIF	– peak inspiratory flow – пиковый поток вдоха
PP	– pulse pressure – пульсовое давление (см. ПД)
$R_{aw}$	– аэродинамическое сопротивление
PPP	– rate pressure product – произведение ЧСС и систолического артериального давления («двойное произведение»)
RVSWI	– right ventricular stroke work index – индекс работы правого желудочка (см. ИРПЖ)
SB	– стандартные бикарбонаты
SBP	– systolic blood pressure – систолическое артериальное давление крови (см. САД)
SLE	– системная красная волчанка (см. СКВ)
$S_m$	– время изгнания крови желудочком в аорту или легочную артерию
STPD	– стандартные физические условия
SV	– stroke volume – ударный объем (см. УО)
SVC	– spirograf vital capacity – жизненная емкость легких (см. ЖЕЛ)
T	– время полной инволюции сердца
$U_{osm}$	– осмотическая концентрация мочи
V	– объемная скорость диффузионного потока
$V_{внекл.}$	– объем внеклеточной воды
$V_{внутрикл.}$	– объем внутриклеточной воды

$V_{\text{л}}$	— объем легких
$V_{\text{общ. жидк.}}$	— объем общей жидкости организма
$V_{\text{сп}}$	— объем газа в емкости спирографа до момента под- ключения пациента
VA	— минутный объем альвеолярной вентиляции
$V_{\text{а}}$	— см. АВ
VC In	— inspiratori vital capacity — инспираторная ЖЕЛ
$V_{\text{CO}_2}$	— объем выделенного $\text{CO}_2$
$V_{\text{d}}$	— объем мертвого пространства
$V_{\text{F}}$	— объем фильтрационной воды в артериовеноз- ном капилляре
$V_{\text{H}_2\text{O}} \text{ норм.}$	— нормальный объем воды в организме
$V_{\text{H}_2\text{O}} \text{ факт.}$	— фактический объем воды в организме
$V_{\text{O}_2}$	— объем поглощенного $\text{O}_2$
VT (TV)	— tidal volum — дыхательный объем (см. ДО)

## ВВЕДЕНИЕ

Врачам общей практики, семейным и войсковым врачам необходимо знать принципиальные предпосылки, которые позволяют опытному клиницисту добиться успеха в диагностике больных.

При этом важно не только понимание современных концепций патогенеза заболеваний и травм, но и индивидуальный подход к обследованию и лечению. Нужно правильно использовать свои теоретические знания, уметь быстро ориентироваться в сложившейся конкретной обстановке, четко определять оптимальный алгоритм обследования и лечения, иметь представление о критических резервах организма, его адаптационных возможностях.

Особенности протекания заболеваний связаны с патофизиологическими механизмами изменения функционирования органов и систем. Их регистрация и грамотная интерпретация — залог правильной диагностики и лечения.

Для успешного выполнения своих обязанностей врачи должны четко ориентироваться в основных физиологических показателях здорового организма и знать их изменения при заболеваниях и патологических состояниях. Этим важным элементам деятельности врача и посвящено данное учебно-методическое пособие, которое предназначено систематизировать важные в практическом отношении сведения и помочь эффективно применять свои знания для своевременного оказания неотложной медицинской помощи и лечения больных.

*Н. Петрищев*

## Глава 1

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ В НОРМЕ И ПРИ ЕЕ ПАТОЛОГИИ

Дыхание — совокупность процессов, обеспечивающих потребление организмом кислорода и выделение оксида углерода.

Поступление кислорода из атмосферы к клеткам необходимо для биологического окисления органических веществ, в результате которого освобождается энергия, поддерживающая жизнедеятельность организма. Прекращение дыхания ведет к гибели прежде всего нервных, а затем и других клеток.

Дыхание — это газообмен между организмом и окружающей средой, поглощение кислорода и выделение углекислого газа, транспорт этих газов внутри организма. Кроме того, дыхание участвует в поддержании постоянства реакций в жидкостях и тканях внутренней среды организма, а также температуры тела.

### Типы нарушения дыхания

**Тахипноэ** — увеличение частоты дыхательных движений (ЧДД) физиологического характера при физической нагрузке, а также в результате гипоксемии и гиперкапнии и локальных патологических процессов в области дыхательного центра.

**Одышка** — патологическое усиление дыхательной активности по частоте и/или объему, выражающееся дискомфортом дыхания. Различают инспираторный (ощущение нехватки воздуха, недостаточности или неполноты вдоха), экспираторный (затруднение выдоха) и смешанный тип одышки. Инспираторная одышка отмечается при заболеваниях сердца, сопровождающихся застоем крови в малом круге кровообращения, а также при поражении паренхимы легких (пневмония, интерстициальные заболевания легких, распространенные формы рака легкого). Экспираторный тип одышки отмечается при заболеваниях, сопровождающихся бронхиальной обструкцией (бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ)). Смешанный тип одышки имеет в своем составе и экспираторный, и инспираторный компонент.

**Гиперпноэ** — усиление вентиляции легких при полном соответствии продукции  $\text{CO}_2$  и нормальном  $\text{PO}_2$ , является отражением гиперметаболизма.

**Гипервентиляция** — повышенный объем легочной минутной вентиляции, не соответствующий продукции  $\text{CO}_2$ . Вымывание углекислоты приводит к гипокапнии и респираторному алкалозу.  $\text{PaO}_2$

возрастает незначительно (ограничение диффузии кислорода в легких), адекватного насыщения тканей кислородом не происходит, так как кривая диссоциации гемоглобина смещается влево. Нарастающий алкалоз, потребность скелетных мышц и миокарда в кислороде, снижение доставки кислорода (увеличение сродства гемоглобина к кислороду) приводят к развитию тканевой гипоксии. Гипервентиляция наблюдается при повышенных параметрах искусственной вентиляции легких (ИВЛ), метаболическом ацидозе, диабетической коме, острой почечной недостаточности, черепно-мозговой травме (ЧМТ).

**Гиповентиляция** — снижение вентиляции легких, недостаточной для выведения  $\text{CO}_2$ ;  $\text{PA}_{\text{CO}_2}$  и  $\text{Pa}_{\text{CO}_2}$  увеличиваются,  $\text{PA}_{\text{O}_2}$  и  $\text{Pa}_{\text{O}_2}$  снижаются, развивается респираторный ацидоз. Ингаляция 100 % кислорода уменьшает выраженность гипоксемии, но элиминация  $\text{CO}_2$  не меняется и респираторный ацидоз сохраняется. Наблюдается при угнетении дыхательного центра (воздействие барбитуратов, наркотических анальгетиков) и при нарушении функции аппарата внешнего дыхания (нарушение каркаса грудной клетки, выраженный болевой синдром после операций с торакальным или верхнеабдоминальным доступом, поражение задних рогов спинного мозга).

**Брадикапноэ** — снижение ЧД при нормальном или сниженном МОД. Наблюдается в результате метаболических или травматических нарушений деятельности дыхательного центра.

**Чейна–Стокса дыхание** (проявление нейрогенного нарушения респираторного контроля) — периодически волнообразно нарастающая глубина вдоха, достигающая максимума, затем постепенно уменьшающаяся и переходящая в апноэ, после чего подобный дыхательный цикл повторяется. Дыхание Чейна — Стокса, обусловленное поражением переднего мозга и изменением возбудимости дыхательного центра, наблюдается при уремической коме, передозировке наркотиков, травмах и опухолях головного мозга, энцефалите.

**Биотта дыхание** — равномерные и ритмичные дыхательные движения с периодами апноэ до 30 с и более. Наблюдается при поражении верхних отделов ствола головного мозга при ЧМТ, тяжелой гипоксии продолговатого мозга и является признаком снижения возбудимости дыхательного центра при интоксикации.

**Куссмауля дыхание** (дыхание «загнанного зверя») — судорожные шумные, прерывистые вдохи, сопровождающиеся раскрытием рта, подергиванием головы и гортани. Является признаком гипергликемической, печеночной, уремической комы, отравления метиловым спиртом, токсического действия метаболитов и токсинов.

**Центральная нейрогенная гипервентиляция** — частое, глубокое, ровное, «машинное» дыхание. Наблюдается при ЧМТ, при поражении гипоталамуса.

**Атактигеское дыхание** (описано Биоттом при тяжелом менингите) — нерегулярное дыхание, при котором глубокие и поверхностные вдохи чередуются в случайном порядке. Такой же случайный характер имеют и нерегулярные паузы, причем нельзя предсказать последующий ритм дыхания на основании оценки его предшествующего характера.

**Люмстеда дыхание** (гаспинг) проявляется медленным вдохом, инспираторной задержкой с последующим коротким выдохом. Причинами развития дыхания этого типа являются снижение тонуса структур дыхательного центра в области варолиева моста, а также полная или частичная блокада эфферентной импульсации по блуждающему нерву в область дыхательного центра. Наблюдается в результате поражения мезэнцефалобульбарного отдела ствола головного мозга, при циркуляторной гипоксии головного мозга, при тяжелой интоксикации центральной нервной системы (ЦНС) и в агональном периоде.

Для своевременной диагностики и лечения заболеваний легких врачу необходимо хорошо ориентироваться в физиологических показателях системы внешнего дыхания у здорового человека.

Рассмотрим основные процессы, происходящие в системе внешнего дыхания, и произведем расчет этих показателей.

### 1. Общая вентиляция.

Постоянство газового состава альвеолярного воздуха поддерживается адекватным уровнем легочной вентиляции. Объем вентиляции определяется глубиной дыхания, дыхательным объемом (ДО) и частотой дыхания (ЧД). Объем воздуха, вентилируемого легкими в течение 1 мин, называется минутным объемом дыхания (МОД), или общей вентиляцией:

$$\text{МОД} = \text{ДО} \times \text{ЧД},$$

где:

ДО — дыхательный объем, л;

ЧД — частота дыхания в 1 мин.

В покое у здоровых людей ДО составляет примерно 0,4–0,6 л, ЧД — 8–10 в 1 мин, а МОД — 5–6 л, обеспечивая потребление кислорода в количестве 0,2 л/мин.

Коэффициент использования кислорода определяется по формуле:

$$\text{КИ}_{\text{O}_2} = \text{фактическое потребление O}_2 \text{ (мл/мин)} : \text{МОД (л)},$$

где:

$\text{КИ}_{\text{O}_2}$  — коэффициент использования кислорода, мл;

МОД — минутный объем дыхания, л.

В норме  $KI_{O_2}$  составляет около 40 мл. Величина, обратная  $KI_{O_2}$ , называется вентиляционным эквивалентом (ВЭ). Он равен в норме 28, т. е. из каждых 28 мл вентилируемого воздуха организм утилизирует 1 мл кислорода.

2. *Максимальная вентиляция легких (МВЛ)* — максимальный объем воздуха, который может быть провентирирован за 1 мин при условии предельного увеличения глубины и скорости дыхания:

$$МВЛ = ДO_{\text{макс.}} \times ЧД_{\text{макс.}}$$

где:

$ДO_{\text{макс.}}$  — максимальный дыхательный объем, мл;

$ЧД_{\text{макс.}}$  — максимальная частота дыхания в мин.

Способы определения МВЛ:

- 1) возрастающая дозированная нагрузка;
- 2) вдыхание газовой смеси с повышенной (до 10 %) концентрацией углекислого газа;
- 3) форсированное дыхание с заданной глубиной и частотой;
- 4) произвольная гипервентиляция.

В клинике используется последний метод. Обследуемый в течение 10 с должен дышать с максимально возможной глубиной в оптимальном для себя ритме. Полученная величина приводится к 1 мин. МВЛ определяют с помощью спирографа, пневмотахографа или собирают выдыхаемый воздух в мешок Дугласа, с последующим измерением его объема газовыми часами.

За нормальную величину у людей среднего возраста принимают значения МВЛ 80–100 л/мин. У спортсменов — 120–150 л/мин, в отдельных случаях — 200 л/мин.

Для определения должной величины МВЛ используют формулы:

$$ДМВЛ = ДЖЕЛ \times 25 \text{ (для мужчин),}$$

$$ДМВЛ = ДЖЕЛ \times 26 \text{ (для женщин),}$$

где:

ДМВЛ — должная максимальная вентиляция легких, л/мин;

ДЖЕЛ — должная жизненная емкость легких, л.

В возрасте старше 50 лет коэффициенты уменьшаются на 2, становятся равными 23 и 24 соответственно.

Можно воспользоваться также следующей формулой:

$$ДМВЛ \text{ (л/мин)} = 1/2 \text{ ДЖЕЛ} \times 35.$$

Разница между МВЛ и МОД называется резервом дыхания (РД) ( $РД = МВЛ - МОД$ ).

*Учебное издание*

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ  
ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПАТОЛОГИИ**

*Учебное пособие*

2-е издание, стереотипное

Редактор *Медведев Н. В.*  
Корректор *Русанова Е. А.*  
Компьютерная верстка *Габерган Е. С.*

Подписано в печать 28.09.2016. Формат 60 × 88<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печ. л. 14,0. Тираж 1000 экз. Заказ №

ООО «Издательство „СпецЛит“».  
190103, Санкт-Петербург, 10-я Красноармейская ул., 15  
Тел.: (812) 495-38-94, 495-36-12  
<http://www.speclit.spb.ru>.

Отпечатано в типографии «L-PRINT»,  
192007, Санкт-Петербург, Лиговский пр., 201, лит. А, пом. 3Н