

**JANA SLAVÍKOVÁ
JITKA ŠVÍGLEROVÁ**

FYZIOLOGIE DÝCHÁNÍ

Fyziologie dýchání

doc. MUDr. Jana Slavíková, CSc.

MUDr. Jitka Švíglerová, Ph.D.

Recenzovali:

prof. MUDr. Martin Vízek, DrSc.

prof. MUDr. Pavel Sobotka, DrSc.

Vydala Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum

jako učební text pro Lékařskou fakultu UK v Plzni

Sazba DTP Nakladatelství Karolinum

První dotisk prvního vydání

© Univerzita Karlova v Praze, 2012

© Jana Slavíková, Jitka Švíglerová, 2012

Text neprošel jazykovou ani redakční úpravou nakladatelství

ISBN 978-80-246-2065-7

ISBN 978-80-246-2787-8 (online : pdf)



Univerzita Karlova v Praze
Nakladatelství Karolinum 2014

<http://www.cupress.cuni.cz>

Děkujeme prof. Martinovi Vízkovi, CSc., z Ústavu patologické fyziologie 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze a prof. Pavlovi Sobotkovi, DrSc., z Ústavu patologické fyziologie Lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Plzni za ochotu, se kterou se ujali recenze textu, za jeho pečlivé posouzení, kritický komentář a doporučené opravy v textu.

Dále chceme poděkovat MUDr. Ladě Eberlové z Ústavu anatomie Lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Plzni za cenné rady z oblasti anatomie a paní Ivaně Hajdúkové za výraznou pomoc při přípravě obrazové dokumentace a za její pečlivost a trpělivost, se kterou napomáhala vzniku tohoto učebního materiálu.

Jana Slavíková, Jitka Švíglerová

OBSAH

1. Úvod	9
2. ANATOMIE A FUNKCE DÝCHACÍCH CEST	11
3. PLICNÍ VENTILACE	14
3.1 Plicní tlaky	14
3.2 Výměna vzduchu mezi atmosférou a plicemi	14
3.3 Vztah mezi hrudní stěnou a plicemi	15
3.4 Dýchací svaly	16
3.5 Dechový cyklus	19
3.6 Poddajnost a smrštivost hrudníku a plic	21
3.7 Odpor respiračního systému	26
3.8 Dechová práce	27
3.9 Plicní objemy a kapacity	29
3.10 Hodnoty plicní ventilace, typy dýchání	34
3.11 Alveolární ventilace	35
4. VÝMĚNA PLYNŮ MEZI PLÍCEMI A KRVÍ	38
4.1 Atmosférický a alveolární vzduch	38
4.2 Krevní oběh v plicích	40
4.2.1 Struktura plicního řečiště	41
4.2.2 Objem krve v plicích	41
4.2.3 Krevní tlak v plicním řečišti	42
4.2.4 Průtok krve plicním řečištěm	43
4.3 Difuze plynů alveolokapilární membránou	45
4.3.1 Rozpustnost a molekulová hmotnost O_2 a CO_2	45
4.3.2 Tlakový gradient	46
4.3.3 Difuzní plocha	47
4.3.4 Difuzní dráha	47
4.4 Regionální rozdíly ventilace a perfuze	48

5.	TRANSPORT DÝCHACÍCH PLYNŮ MEZI PLÍCEMI A TKÁNĚMI	51
5.1	Transport kyslíku	51
5.1.1	Formy transportu kyslíku	51
5.1.2	Vazba kyslíku na hemoglobin	52
5.1.3	Uvolňování kyslíku z hemoglobinu	53
5.1.4	Pohyb kyslíku mezi plícemi a tkáněmi	54
5.1.5	Hemoglobin jako faktor stabilizace pO_2 v tkáních	55
5.1.6	Faktory ovlivňující vazebnou křivku hemoglobinu pro kyslík	56
5.2	Transport oxidu uhličitého	59
5.2.1	Difuze oxidu uhličitého z buněk do tkáňových kapilár	59
5.2.2	Formy transportu oxidu uhličitého	59
5.2.3	Vazebná křivka oxidu uhličitého	61
5.2.4	Uvolňování oxidu uhličitého z krve v plicích	61
5.2.5	Respirační kvocient	63
6.	REGULACE DÝCHÁNÍ	65
6.1	Respirační centra	65
6.1.1	Respirační centra v prodloužené míše	65
6.1.2	Respirační centra v pontu	67
6.2	Chemická regulace dýchání	68
6.2.1	Centrální chemosenzitivní oblast	68
6.2.2	Periferní chemoreceptory	70
6.3	Ovlivnění dýchání nervovými a dalšími nechemickými vlivy	73
6.3.1	Aferentace z dýchacích cest	73
6.3.2	Aferentace z baroreceptorů	74
6.3.3	Aferentace z proprioreceptorů	74
6.3.4	Ovlivnění z vyšších nervových center	75
6.3.5	Volní kontrola	75
6.3.6	Vliv tělesné teploty	75
7.	NERESPIRAČNÍ FUNKCE PLIC	76
8.	ZMĚNY DÝCHÁNÍ VE ZDRAVÍ A NEMOCI	79
8.1	Regulace dýchání při svalové práci	79
8.2	Hypoxie	80
8.3	Hyperoxie, léčba kyslíkem	81
8.3.1	Hyperoxie	81
8.3.2	Léčba kyslíkem	82
8.4	Otrava oxidem uhelnatým	83
8.5	Hypokapnie	84
8.6	Hyperkapnie	85

8.7	Pobyt ve vysoké nadmořské výšce	85
8.8	Potápění	88
8.8.1	Rizika potápění	88
8.8.2	Nemoc z dekomprese	89
Seznam zkratk		91

1. ÚVOD

Dýchací systém je v úzkém aktivním spojení se zevním prostředím. Zajišťuje příjem kyslíku z atmosféry a výdej oxidu uhličitého do atmosféry. Jedná se o trvalý děj, který začíná s prvním vdechem novorozence a končí smrtí jedince. Přívod kyslíku do organismu nelze přerušit na dobu delší než několik minut bez závažných následků, neboť zásoby kyslíku, které má organismus k dispozici po přerušení jeho přívodu, nejsou velké. Tvoří je kyslík v respiračních bronchiolích, alveolích, kyslík obsažený v krvi, rozpuštěný v tkáních a kyslík navázaný na myoglobin. Celkově tyto zásoby činí asi 1 l po klidném výdechu a téměř 2 l po hlubokém vdechu. Při klidové spotřebě 250 ml O_2 za 1 minutu představuje toto množství funkční rezervu na dobu asi 4–7 minut.

Člověk si existenci nepatrných zásob kyslíku vůbec neuvědomuje. Stálý přívod kyslíku do organismu je zajišťován zcela automaticky. Fyziologický mechanismus transportu kyslíku udržuje jeho nepřetržitou dodávku tkáním. Ta je neustále upravována bez vědomé kontroly tak, aby odpovídala aktuálním nárokům jednotlivých tkání na spotřebu kyslíku.

Převážná část kyslíku přijatého do organismu se spotřebuje k získávání energie z různých substrátů přijímaných v potravě. Menší část se spotřebuje při biochemických reakcích, při nichž je kyslík použit k syntéze některých látek.

Dýchací systém zajišťuje také tzv. nerespirační funkce. Sem patří např. fonace – vznik zvukového projevu a jeho formování, ochrana a obrana organismu před škodlivinami, čichání, regulace pH a endokrinní a metabolické funkce plic. Kromě toho slouží dýchací systém jako zásobárna krve a podílí se jako pomocný mechanismus na termoregulaci, defekaci a mikci.