



Lékařská
fakulta

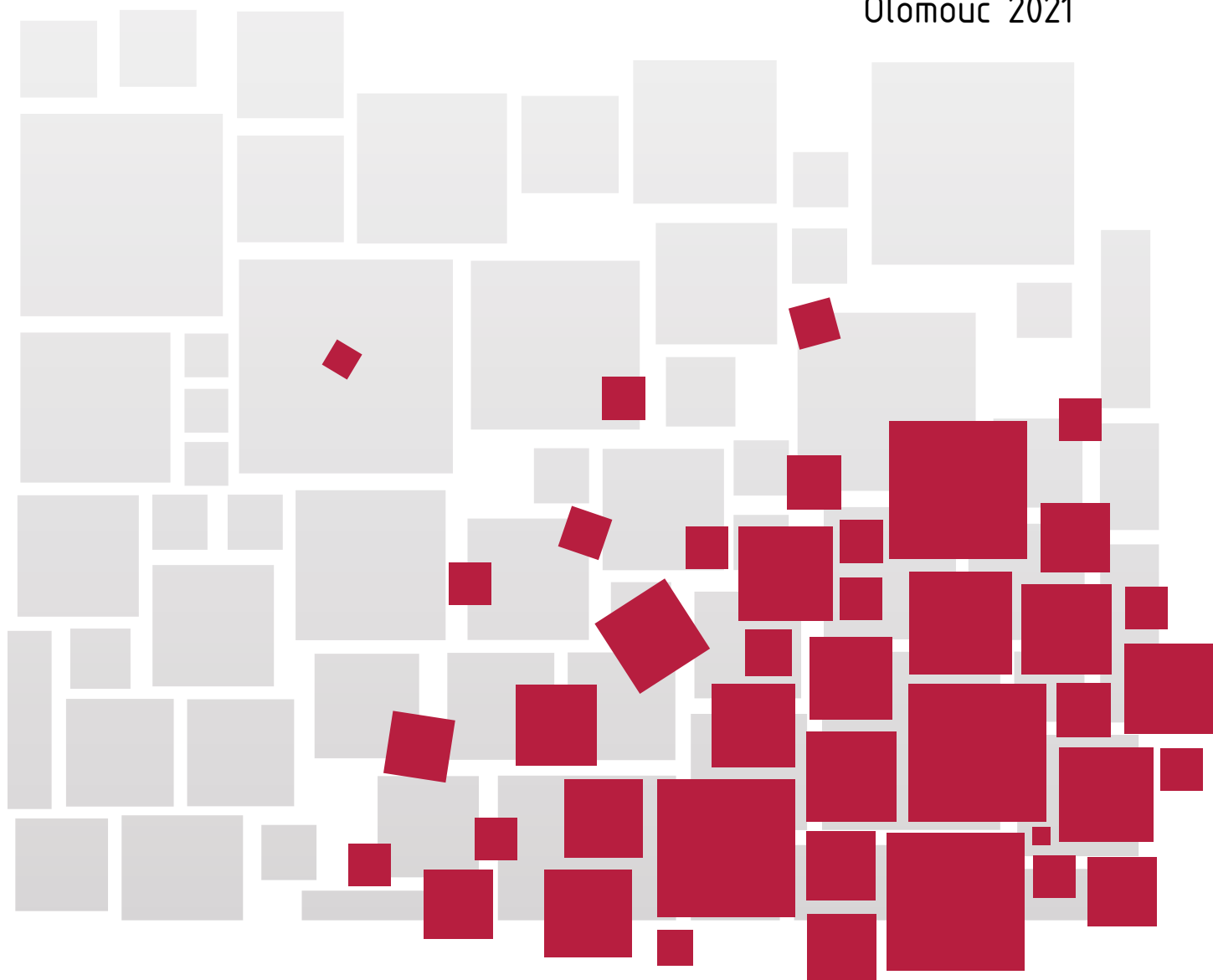
Univerzita Palackého
v Olomouci

PNEUMOLOGIE

PRO MAGISTRY A BAKALÁŘE

Monika Žurková, Petr Jakubec a kol.

Olomouc 2021



Autoři:

MUDr. Monika Žurková, Ph.D., Klinika plicních nemocí a tuberkulózy, FN a LF UP Olomouc

MUDr. Petr Jakubec, Ph.D., Klinika plicních nemocí a tuberkulózy, FN a LF UP Olomouc

MUDr. Samuel Genzor, Ph.D., Klinika plicních nemocí a tuberkulózy, FN a LF UP Olomouc

MUDr. Juraj Kultán, Klinika plicních nemocí a tuberkulózy, FN a LF UP Olomouc

Doc. MUDr. Milan Sova, Ph.D., Klinika plicních nemocí a tuberkulózy, FN a LF UP Olomouc

Prof. MUDr. Miroslav Heřman, Ph.D., Radiologická klinika, FN Olomouc

Doc. Ing. Eva Kriegová, Dr., Ústav Imunologie FN a LF UP Olomouc

MUDr. Stanislav Losse, Klinika plicních nemocí a tuberkulózy, FN a LF UP Olomouc

Doc. Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D., Katedra fyzioterapie, Fakulta tělesné kultury, UP v Olomouci

PhDr. Lia Hubáčková, Oddělení klinické psychologie, FN Olomouc

Recenze: prof. MUDr. František Kopřiva, Ph.D., Dětská klinika FN Olomouc

prof. MUDr. Jana Skříčková, CSc., Klinika nemocí plicních a TBC, FN Brno

Neoprávněné užití tohoto díla je porušením autorských práv a může zakládat občanskoprávní, správněprávní, popř. trestněprávní odpovědnost.

Technická spolupráce: Zdeňka Langová

1. vydání

© Monika Žurková, Petr Jakubec, Samuel Genzor, Juraj Kultán, Milan Sova, Miroslav Heřman, Eva Kriegová, Stanislav Losse, Kateřina Neumannová, Lia Hubáčková, 2021

© Univerzita Palackého v Olomouci, 2021

ISBN 978-80-244-5986-8 (online: iPDF)

ISBN 978-80-244-5985-1 (tištěná kniha)

ISBN 978-80-244-5987-5 (online: ePUB)

Tato e-kniha byla zakoupena na vydavatelstviupol.cz, další šíření je zakázáno.

Obsah

1 Úvod	5
1.1 Význam studia pneumologie pro bakaláře a magistry	5
1.2 Anatomie dýchacího ústrojí	5
1.3 Fyziologie dýchacích cest	7
1.4 Anomálie respiračního ústrojí	12
2 Základní vyšetřovací metody	16
2.1 Anamnéza	16
2.2 Fyzikální vyšetření	17
2.3 Funkční vyšetření	19
2.4 Zobrazovací vyšetřovací metody	24
3 Intervenční vyšetřovací metody	29
3.1 Bronchoskopie	29
3.2 Torakoskopie	33
3.3 Mediastinoskopie	34
3.4 Punkční techniky v pneumologii	34
4 Záněty respiračního ústrojí	36
4.1 Chronická obstrukční plicní nemoc	36
4.2 Astma bronchiale	41
4.3 Jiné záněty průdušek	45
4.4 Pneumonie	47
4.5 Nozokomiální a oportunní infekce	52
4.6 Infekce koronavirem SARS-CoV-2 (nemoc COVID-19)	55
4.7 Tuberkulóza	57
4.8 Intersticiální plicní procesy	59
5 Nitrohruční nádory	64
5.1 Karcinom plic	64
5.1.1 Malobuněčný karcinom plic	69
5.1.2 Nemalobuněčný karcinom plic	70
5.2 Jiné maligní nádory dolních dýchacích cest	71
5.3 Nezhoubné nádory dýchacích cest	72
5.3.1 Mezenchymální nádory	72
5.3.2 Epiteliální nádory	73

5.4	Nádory pohrudnice.....	73
5.4.1	Solitární fibrózní tumor pleury	73
5.4.2	Maligní pleurální mezoteliom	74
5.4.3	Metastatické nádory pohrudnice	74
5.5	Sekundární plicní nádory	75
5.6	Nádory mezihrudí	75
6	Plicní syndromy.....	77
6.1	Hemoptýza	77
6.2	Atelektáza	79
6.3	Pneumotorax (PNO).....	79
6.4	Pleurální syndrom	80
6.5	Respirační insuficience (RI).....	83
6.6	Syndrom spánkové apnoe.....	84
7	Transplantace plic.....	86
8	Imunitní systém plic.....	87
8.1	Imunitní systém dýchacího ústrojí.....	87
8.2	Imunitní buňky v dýchacích cestách.....	88
8.2.1	Buňky nespecifické imunity.....	88
8.2.2	Buňky antigenně specifické imunity.....	90
8.2.3	Další buňky, které se účastní imunitních procesů v plicích	91
9	Plicní rehabilitace	92
9.1	Vstupní vyšetření.....	92
9.2	Edukace.....	93
9.3	Fyzioterapie	93
9.4	Ostatní složky plicní rehabilitace.....	95
9.5	Monitorování efektu plicní rehabilitace.....	95
9.6	Závěr.....	95
10	Vliv psychiky na plicní onemocnění.....	96
11	Závěr	98
12	Obrazová příloha	99
13	Seznam literatury	108
14	Seznam použitých zkratk.....	111

1 Úvod

1.1 Význam studia pneumologie pro bakaláře a magistry

Onemocnění respiračního systému patří k nejčastějším a nejzávažnějším chorobám postihujícím naši populaci. V současné době v důsledku globalizace, znečištění ovzduší, chronického stresu a dalších neduhů moderní civilizace jejich počet dále vzrůstá. Na druhé straně se však díky rozvoji medicíny výrazně zlepšila diagnostika těchto nemocí, objevují se nové léky a možnosti nefarmakologické léčby. Vytvářejí se nové metody a postupy komplexní léčby, které zlepšují celkovou péči jak o hospitalizované, těžce postižené pacienty s omezenou hybností, tak i o nemocné ošetřované ambulantně. Díky tomu dochází u těchto nemocných k prodloužení délky života, ale hlavně i jeho kvality.

Oblast respirační medicíny je i součástí bakalářských a magisterských studií, která jsou plnohodnotným vysokoškolským studiem specificky zaměřených oborů souvisejících se zdravotnickou praxí. Výuka je zaměřena na ošetrovatelství, léčebnou rehabilitaci, fyzioterapii, kinezioterapii, laboratorní vyšetření, management ve zdravotnictví apod. Jsou vychováváni kvalifikovaní fyzioterapeuti, rentgenoví laboranti, zdravotní sestry, porodní asistentky a další odborníci ve zdravotnické a sociální péči. Ve všech uvedených oborech se vyučuje pneumologie jako jedno z odvětví vnitřního lékařství. Předkládané skriptum by mělo být základním materiálem pro studium tohoto předmětu. Dalšími zdroji informací mohou být přednášky, semináře, praktika a také samostatné studium doporučené literatury.

1.2 Anatomie dýchacího ústrojí

Dýchací cesty se dělí na dva oddíly, a to horní a dolní dýchací cesty. Rozhraní oddílů tvoří hrtan, konkrétně hlasová štěrbin. Do horních dýchacích cest patří dutina nosní, dutina ústní a hltan. Dolní dýchací cesty jsou tvořeny průdušnicí, bronchy a bronchioly. Perifernější části tvoří plicní parenchym – schéma dělení bronchů (obrázek 1).

Dutina ústní se skládá z předsíně (poloměsíčitého prostoru mezi rty a tvářemi na jedné straně, zuby a dásněmi na druhé straně) a z vlastní dutiny ústní. Tato je proti dutině nosní ohraničena tvrdým a měkkým patrem, dno tvoří svaly probíhající od dolní čelisti k jazylce. Téměř celá ústní dutina je vyplněna jazykem.

Dutina nosní má na průřezu přibližně trojúhelníkovitý tvar a je nosní přepážkou rozdělena na dvě zpravidla nestejně velké části. Z obou laterálních stěn vybíhají do dutiny tři nosní skořepky, které rozdělují dutinu nosní na menší oddíly – průchody nosní.

Hltan je trubice přibližně nálevkovitého tvaru, na průřezu v předozadním směru oploštělá. Sáhá od baze lební k dolnímu okraji prstencové chrupavky. Dorzálně naléhá na krční páteř, ventrálně komunikuje s dutinou nosní, s dutinou ústní a s hrtanem.

Hrtan je chrupavkami ohraničený prostor nasedající na horní část průdušnice. Jeho stěny tvoří mohutná štítová chrupavka a prstencová chrupavka. Na dorzální plochu ventrální části štítové chrupavky se upínají vazy hlasové, směřující dorzálně k hlasivkovým chrupavkám a tvořící hlasovou štěrbinu proměnlivé šíře, přibližně šípovitého tvaru s bází uloženou dorzálně. Na stejnou plochu je také připevněna epiglottis (**příklopka hrtanová**).

Průdušnice sahá od dolního okraje hrtanu k bifurkaci, což je větvení na pravou a levou hlavní průdušku (bronchus). Obvykle má délku kolem 12–13 cm a průsvit 12–15 mm. Trachea zdravých osob má na průřezu přibližně okrouhlý tvar. Hlavní karina je předělem mezi pravým a levým bronchiálním větvením. Pravý **hlavní bronchus** odstupuje pod menším úhlem, obvykle kolem 5–25° od podélné osy trachey, zatímco úhel odstupu levého hlavního bronchu bývá 30–45°. Délka pravé hlavní průdušky kolísá mezi 2–3 cm, levé mezi 4–5 cm. Dále pak pokračuje bronchiální větvení pravé a levé plice.

Anatomická skladba průdušnice a velkých bronchů je shodná. Vnitřní stěna je tvořena cylindrickým řasinkovým epitelem, ve kterém jsou uloženy bronchiální žlázy. V podslizničním vazivu probíhají podélně orientovaná elastická vlákna. Pod sliznicí je vrstva hladké bronchiální svaloviny, jejíž cirkulární uspořádání podmiňuje zúžení bronchu při kontrakci. Stěna průdušnice a velkých bronchů je vyztužena poloměsíčitými chrupavčitými prstenci, mezi jejichž dorzálními konci je rozepjata vazivová stěna. Počet těchto chrupavčitých prstenců se v průdušnici pohybuje kolem 15–20, v pravém hlavním bronchu je jich 6–8 a v levém 9–12. Dále do periferie chrupavky ztrácí svůj podkovovitý charakter a objevují se ve formě drobných chrupavčitých ostrůvků, v bronších menších než 1 mm již chrupavčité struktury mizí. Trachea a bronchy jsou uchyceny v řídkém vazivu, které je pohyblivě spojuje s okolními strukturami.

Hlavní bronchy se po vstupu do pravé a levé plice dále dělí na **bronchy lobární** (pojmenované podle jednotlivých laloků), **segmentální** a další. Mezi hlavními bronchy a alveoly lze napočítat až 23 bronchiálních větvení. Pravá plice je tvořena třemi a levá plice dvěma laloky (obrázky 2 a 3).

V **pravé plíci** z hlavního bronchu odstupuje horní lobární bronchus, který se dále dělí na tři segmentální bronchy – horní (B1), dorzální (B2) a ventrální (B3). V ose hlavního bronchu pokračuje po odstupu horního lobárního bronchu spojný bronchus, který se po 2–3 cm větví na střední lobární a dolní lobární bronchus. Střední lobární bronchus se dělí na laterální (B4) a mediální (B5) segmentální průdušku, dolní bronchus na dolní apikální (B6), mediální (B7), ventrální (B8), laterální (B9) a dorzální (B10) segmentální průdušku.

V **levé plíci** jsou poměry poněkud odlišné. Hlavní bronchus se dělí na horní a dolní lobární bronchus. V horním lobárním bronchu po krátkém průběhu (cca 1 cm) odstupuje lingula a poté se ascendentní větev vlastního horního bronchu dělí na horní a dorzální bronchus (obvykle společný odstup B1+2) a ventrální bronchus (B3). Lingula se větví na horní (B4) a dolní (B5) bronchus. V dolním lobárním bronchu, který pokračuje v ose hlavního bronchu, jsou poměry obdobné jako vpravo, pouze obvykle chybí mediální bronchus (B7). Je nutné zdůraznit, že mohou být velké individuální odchylky v lokalizaci a tvaru odstupu a průběhu i velkých bronchů a že v oblasti segmentálních a subsegmentálních bronchů je obvyklá variabilita vysokého stupně.

Struktura plicního parenchymu. Patří sem terminální bronchioly, respirační bronchioly, duktuly, sakuly a alveoly, jejichž skupiny tvoří plicní lalůčky (aciny). Plicí sklípky mají plochu asi 70–100 m². Vlastní prostor mezi plicními sklípkami a plicními kapilárami se nazývá **plicní intersticiem** a probíhá zde výměna krevních plynů. Intersticiem tvoří řídké pojivo ohraničené bazální membránou alveolu a na druhé straně bazální membránou endotelu kapiláry.

Plicní perfuze je zastoupena malým i velkým krevním oběhem. V plicích se malý oběh uplatňuje jako funkční (saturace krve kyslíkem) a velký oběh jako nutritivní (výživa a okysličení plic). Z pravého srdce vystupují plicní arterie, které sledují bronchiální větvení až do periferie, kde v oblasti alveolů vytvářejí hustou kapilární síť. Okysličená krev je sbírána do plicních vén, které probíhají nezávisle na průběhu bronchů v interlobulárních a intersegmentálních septech a ústí do levé srdeční síně. Z aorty odstupují bronchiální arterie, které tvoří nutritivní kapilární síť ve stěnách bronchů. V periferii anastomozují s řečištěm plicních arterií. Bronchiální vény odvádějí krev do pravého srdce.

V plicní tkáni jsou četné vzájemně anastomozující **mízní cévy**, které odvádějí lymfu do mízních uzlin. Tyto jsou často uloženy v oblasti bronchiálního větvení, pod hřebenem kariny, kterou při patologickém zvětšení rozšiřují. Soustava dalších lymfatických uzlin je podél trachey a v mediastinu.

1.3 Fyziologie dýchacích cest

Dýchací systém u člověka představuje složitý komplex struktur a funkčních mechanismů, které zajišťují výměnu plynů mezi vnějším prostředím a plicemi (tzv. **vnější dýchání**) a mezi vnitřním prostředím, tj. krví nebo tkáňovým mokem a tkáněmi (tzv. **vnitřní dýchání**). Výměnou plynů se rozumí především výměna kyslíku (O_2) a oxidu uhličitého (CO_2). Výměna plynů je pro člověka základní podmínkou pro zachování života, funkčnosti všech jeho systémů, orgánů a tkání. Kyslík je nezbytný pro veškeré oxidační děje v organismu, pomocí kterých se získává energie pro činnost všech buněk.

Pod pojmem dýchání se rozumí jednak mechanické změny hrudníku, které zajišťují periodický příjem a výdej určitého objemu vzduchu, důležité jsou zde však všechny integrující a adaptační mechanismy, které citlivě reagují na funkční stav a metabolickou úroveň všech systémů, orgánů a tkání přiměřenou dodávkou O_2 a odvodem CO_2 . Dýchání probíhá rytmicky a zcela automaticky nezávisle na naší vůli 16krát za minutu. V kterémkoliv okamžiku se ale může volně změnit frekvence či hloubka dýchání nebo se dýchání může zastavit. Aktivace dýchacího systému začíná prvním pláčem novorozence, naopak poslední lapavý vdech signalizuje začátek nástupu klinické smrti. Dýchací pohyby lze pozorovat již v průběhu nitroděložního vývoje – plod „nadechuje“ a „vydechuje“ plodovou vodu. Za jeden den projde plicemi asi 10–12 tisíc litrů vzduchu. Plocha plic je nesrovnatelně větší než plocha povrchu těla (kolem 80–100 m², ve srovnání s cca 1,5–2 m² povrchu lidského těla). Proto také dýchací systém představuje vstupní bránu pro rozličné škodliviny a mikroorganismy, které vyvolávají u člověka největší počet onemocnění. Pro doplnění – ještě větší celkový povrch má trávicí soustava – u dospělého člověka přibližně 200–300 m².

Základní funkce plic

Respirační funkce

- a) **plicní ventilace** – přísun vzduchu do plic ze zevního prostředí a opačně,
- b) **respirace** – výměna plynů mezi vzduchem v plicních sklípcích a krví v plicních kapilárách,
- c) **perfuze** – cirkulace krve v plicních kapilárách – dolní laloky jsou prokrveny lépe,
- d) **distribuce** – rovnoměrné rozdělení vzduchu k jednotlivým alveolům – horní laloky jsou ventilovány lépe,
- e) **vnitřní dýchání** – výměna plynů mezi krví a tkáněmi (probíhá i mimo plíce).

Nerespirační funkce

- a) nespecifické ochranné mechanismy,
- b) specifické imunitní mechanismy,
- c) metabolické a exkreční funkce,
- d) fonační funkce,
- e) přídatné funkce.

Zevní dýchání – ventilace

Uskutečňuje se v plicích, znamená výměnu vzduchu mezi okolním prostředím a prostorem v alveolech.

Mechanika dýchání

Hrudník a plíce jsou pružné struktury, které na sebe těsně naléhají. Plíce je obalena dvěma listy pleury. Na vnitřní straně hrudníku se nazývá pohrudnicí a na povrchu plíce poplicnicí. Mezi listy pleury je štěrbinka (tzv. interpleurální prostor) s malým množstvím tekutiny, která umožňuje snadné klouzání obou listů po sobě (přibližně 10–20 ml). Mezi oběma listy je negativní pleurální tlak. Ten vzniká proto, že retrakční síla plic se projevuje snahou plic se stahovat k sobě, zatímco pružnost hrudníku a činnost dýchacích svalů naopak umožňuje roztahování hrudního koše spolu s poklesem a oploštěním bránice. Na interpleurální prostor tedy působí protichůdně dvě síly a to vede k tomu, že tlak mezi listy pleury je negativní (-0,3 až -4 kPa). Dýchací ústrojí se chová jako sací čerpadlo. Při vdechu (inspiriu) je vzduch nasáván do plic a tlak v plicích se zmenšuje při roztahování hrudního koše. Při výdechu (expiriu) se naopak tlak v plicích vlivem retrakční síly zvětšuje ve srovnání s atmosférickým tlakem a vzduch je vytlačován z plic ven. Tento děj je při klidném dýchání pasivní. Při usilovném dýchání a při fyzické námaze jsou pak zapojeny taky expirační svaly, případně pomocné dýchací svaly (viz níže). Množství vzduchu, který se v plicích vyměňuje, závisí na činnosti dýchacího svalstva. Sama plíce se chová pasivně. Retrakční síla plic se projeví nejzřetelněji tehdy, když plíce splaskne, jakmile se dostane do pleurální dutiny vzduch a vznikne pneumotorax.

Dýchací svaly

Bránice – při klidném dýchání zajišťuje až 75 % objemových změn. Povrch bránice je asi 250 cm². Při klidném dýchání se bránice posouvá asi o 1,2 cm, při maximálním nádechu 7–10 cm směrem dolů. Při výdechu se bránice pasivně vrací do původní polohy, při usilovném výdechu je posouvána i tlakem břišních orgánů do dutiny hrudní. Maximální rychlost vzduchu je při vdechu asi 6 m/s, při výdechu 8 m/s. Při kašli dosahuje rychlost vzduchu asi 280 m/s.

Mezižeberní svaly jsou zevní a vnitřní. Zevní svaly zdvihají žebra nahoru a způsobují roztahování a zdvihání hrudníku při nádechu. Mezižeberní svaly vnitřní přitahují žebra dolů a podílí se zejména na aktivním výdechu.

Břišní svaly se uplatňují především při namáhavém dýchání, hyperventilaci, při kašli nebo kýchání. Pomocné dýchací svaly jsou svaly krku a hrudníku. Uplatňují se při namáhavé práci, při velkém sportovním výkonu, ale také u pacienta s dechovou nedostatečností, např. astmatika, při zvýšeném odporu dechových cest. Energetická potřeba dýchacích svalů je při klidném dýchání ve srovnání s celkovou spotřebou organismu nepatrná a činí asi 3 %. Podstatně větší práci musí proto svaly vy-

konat při chorobném zvýšení odporu dechových cest a snížené elasticitě plic či pružnosti hrudníku. Značné zvýšení práce dýchacích svalů je doprovázeno subjektivním pocitem dušnosti zvaným dyspnoe. Regulační mechanismy proto zajišťují takovou hloubku a frekvenci dýchání, při nichž je práce vynaložená na ventilaci co nejmenší. Nakonec však při dlouhotrvajícím zatížení adekvátní výměna plynů selže a vzniká respirační insuficience. Vhodně volený trénink dýchacích svalů (dechové cvičení) může do značné míry výkonnost dýchacích svalů zlepšit. Dýchací svaly též napomáhají venóznímu návratu krve k srdci a pomáhají při jiných funkcích dýchacího systému, jako je řeč, smích, zpěv.

Hladké svaly jsou přítomny ve stěně bronchů a bronchiolů a jsou důležité zejména z funkčního hlediska. Zajišťují průsvit bronchiálního stromu v těch místech, kde již nejsou stěny vyztuženy chrupavkou. Tonus hladkých svalů se periodicky mění. Při inspiriu se dýchací cesty rozšiřují a prodlužují, naopak při výdechu se zkracují a zužují. Tonus hladkých svalů je kontrolován a ovlivňován sympatickým a parasympatickým nervstvem. Proto látky zvyšující tonus sympatiku nebo snižující tonus parasympatiku usnadňují dýchání astmatikům.

Význam elasticity hrudníku a plic pro ventilaci

Síla, kterou musí dýchací svaly vyvinout při plicní ventilaci, závisí na dvou faktorech: na poddajnosti hrudníku a plic a na odporu dechových cest. Elasticita hrudníku závisí zejména na pružnosti elastických vláken svalů, šlach a vazů. Elasticita plic zase závisí na přítomnosti a stavu elastických vláken plicního parenchymu a na povrchovém napětí lokalizovaném na rozhraní alveolárního vzduchu a tenké vrstvičky tekutiny vystýlající vnitřní povrch alveolů. V průběhu inspirace u nemocných s rigidním hrudníkem (u kyfoskoliózy) nebo s fibrózními změnami parenchymu (u plicní fibrózy) musí dýchací svaly vynaložit mnohem větší úsilí.

Alveolus je možno přirovnat k mýdlové bublině. Při nafukování bubliny se zvětšuje její průměr, k nafukování je třeba stále menšího tlaku až do určité meze, kdy stěna bubliny již není schopna tlaku odolat a praskne. Alveolus fyziologicky nespaskne proto, že v jeho stěně jsou elastická vlákna a při výdechu brání kolabování alveolů lipoproteinový film vystýlající vnitřní povrch sklípků (surfaktant). Je složen z komplexu bílkovin a lipidů, které snižují povrchové napětí alveolu, udržují jeho optimální tvar nutný pro výměnu plynů a chrání jej před kolabováním – tzv. antiatelektatický efekt.

Změny ventilace

Klidové rytmické dýchání se nazývá eupnoe. Patologických stavů je celá řada:

- apnoe – zástava dechu, většinou v průběhu spánku (syndrom spánkové apnoe),
- hyperpnoe – prohloubené dýchání,
- hypopnoe – měkké dýchání,
- tachypnoe – zrychlené dýchání,
- bradypnoe – zpomalené dýchání,
- dyspnoe – namáhavé dýchání, zpravidla ústy, při těžkých chorobách plicních a srdečních, při acidóze, při chudokrevnosti,
- ortopnoe – extrémně namáhavé dýchání se zapojením všech pomocných dýchacích svalů.

Respirace

V klidu dospělý člověk vdechne asi 500 ml vzduchu jedním dechem (dechový objem). Za jednu minutu tak vdechne asi 250 ml kyslíku (O_2) a vydechne 200 ml oxidu uhličitého (CO_2). Tlakový rozdíl mezi napětím obou plynů je hnací silou pro difuzi plynů přes alveolokapilární membránu. Na začátku plicních kapilár pronikají molekuly CO_2 z krve do alveolů a CO_2 je vydechnut, naopak O_2 proudí z alveolů do kapilár a je rozváděn do celého těla. Difuzní dráha molekuly O_2 z alveolu do plazmy činí asi 1 mikrometr a další 1 mikrometr do nitra červené krvinky. Protože O_2 difunduje přibližně 20krát pomaleji přes membránu než CO_2 , jakékoliv narušení alveolokapilární membrány (blok), způsobí snížení paO_2 (parciálního tlaku kyslíku) v arteriální krvi. $PaCO_2$ se nesníží ani za patologických podmínek, protože rozpustnost a difuze jsou 20krát vyšší a k výměně CO_2 dochází již při malých tlakových rozdílech. Výměna plynů může být narušena např. při omezení průtoku krve kapilárou (plicní embolie), při ztluštění alveolokapilární membrány (plicní fibróza, edém plic při městnavém srdečním selhání atp.).

Vnitřní dýchání

Je výměna plynů mezi krví nebo tkáňovým mokem a tkáněmi. Do plic se přivádí ze všech orgánů krev, v níž je hodně CO_2 a málo O_2 . V plicích se krev zbavuje CO_2 a nasycuje se O_2 . Pak se zase vrací do orgánů, odevzdává jim kyslík, umožňuje získávání energie aerobní cestou a přijímá od nich CO_2 . Výměna plynů nastává jejich difuzí a závisí na rozdílech jejich napětí jednak v alveolárním vzduchu, jednak v různých orgánech a krvi protékající jejich vlásečnicemi. CO_2 difunduje snáze, proto dochází k jeho výměně již při malých tlakových rozdílech. Při úplném nasycení krve kyslíkem je v 1 litru krve 200 ml O_2 (= kyslíková kapacita krve), z tohoto množství je 197 ml vázáno na hemoglobin, 3 ml jsou rozpuštěny v tekutém prostředí krve. Obsah CO_2 v krvi je vyšší a činí asi 500 ml v 1 litru žilní krve. CO_2 je transportován zejména formou hydrogenuhličitanu v krevní plazmě (50 %), dále jako hydrogenuhličitan v erythrocytech (27 %), rozpuštěný v plazmě (12 %), navázaný na hemoglobin (karbaminohemoglobin – 11 %) a zbytek je navázaný na plazmatické proteiny. Nedostatek kyslíku v krvi je hypoxémie, v tkáních hypoxie, absolutní nedostatek kyslíku v tkáních se nazývá anoxie (není slučitelná s životem). Nedostatek CO_2 (u hyperventilace) se označuje hypokapnie, při poruše ventilační funkce plic se naopak CO_2 v krvi hromadí a vzniká hyperkapnie.

Nerespirační funkce plic

Nespecifické obranné mechanismy. Horní dýchací cesty vzduch zvlhčují, ohřívají, zachycují různé škodliviny, částičky prachu, mikroorganismy větší než 10 μm , na sliznici trachey, bronchů a bronchiolů se usazují částičky 0,5–5 μm , částice 0,3–0,5 μm pronikají do alveolů a jsou odstraňovány pomocí fagocytózy makrofágy. Působí zde také humorální antibakteriální složka jako je lysozym a laktoferin. Nejmenší částice se zpět vydechují.

Kašlací reflex je vagem řízené rychlé odstranění škodlivin a hlenu pomocí proudu vzduchu o rychlosti 120 m/s.

Kýchání je odstranění škodlivin podrážděním sliznice nosu.

Kratschmerův apnoický reflex je reflexní zástava dýchání při vdechnutí dráždivých látek – laryngo a bronchospasmus brání dalšímu vniknutí látek, má význam i při polykání. Po vykouření 1 cigarety trvá 20 minut reflexní bronchokonstrikce.

Ponořovací reflex vzniká drážděním sliznice nosu a chladových receptorů tváří. Je vyvolán reflexní zástavou dechu, která brání proniknutí vody do plic.

Očišťovací mechanismy. Na sliznici dýchacích cest je pohárkovitými buňkami a submukózními žlázkami produkován hlen, který odstraňuje částice v hleny rozpustné. Ty, které se nerozpustí, jsou zachyceny řasinkovým epitelem a odstraňovány tzv. mukociliární clearance rychlostí 4–20 mm/min. Částice se zachytí v horní viskózní vrstvě hlenu a jsou posunovány veslovitým pohybem cílů směrem do faryngu, kde jsou odstraněny polknutím nebo kašlem – 90 % částic zachycených na tracheobronchiální sliznici se odstraní během 1 hodiny. Utváření nosních průduchů způsobuje, že při vdechu proudí vzduch horními částmi nosních dutin, při výdechu naopak dolními. Čím hlubší je vdech, tím vyššími částmi nosních dutin vzduch proudí a to způsobuje, že se vzduch dostává do styku s větší plochou nosní sliznice – zde se zachycují hrubší prachové částice. Současně dochází ke zvlhčování a ohřívání vzduchu. Ohřívání a zvlhčování se děje zejména v nosohltanu, v adenoidní tkáni a v průdušnici.

Specifické imunitní mechanismy jsou humorální a buněčné. Mezi humorální patří produkce sekrečního IgA B-lymfocyty a plazmatickými buňkami. Mezi specifické buněčné patří interakce mezi T-lymfocyty a makrofágy spojená s reakcí na antigeny a produkcí cytokinů.

Exkretční funkce je odstraňování zplodin metabolismu, jako je metan a alkohol. Metabolická funkce je produkce surfaktantu a různých působků (serotonin, histamin, kinin, bradykinin atd.). Plíce se zúčastňují také regulace krevního tlaku produkcí angiotenzin konvertujícího enzymu (regulační osa renin–angiotenzin–aldosteron).

Fonační funkce plic je tvorba řeči a různých emočních zvukových projevů jako jsou křik, pláč, smích. V průběhu řeči dechový systém zabezpečuje současně dvě úlohy, a to dýchání a adekvátní výměnu plynů, a řídí činnost řečového aparátu. Řeč proto výměnu plynů nenarušuje.

Přídavné funkce plic ovlivňují krevní oběh a homeostázu. Negativní tlak v hrudníku zvyšuje venózní návrat k srdci. Malý plicní oběh slouží jako rezervoár krve – normálně je v plíci asi 1 200 ml krve, vleže o 400 ml více (zvýšení plnění levé komory). Respirační svaly břišní se účastní břišního lisu při mikci a porodu. Plíce se podílejí na udržení termoregulace, pH a výměny vody v těle.

Regulace dýchání

Nervový mechanismus mozkového kmene. Respirační centrum v prodloužené míše a v pontu vysílá automatické impulzy do periferie a prostřednictvím dýchacích a laryngeálních svalů zabezpečuje automatické dýchání a základní výměnu plynů. Toto centrum je ovlivňováno nadřazenými strukturami z hypotalamu a z mozkové kůry.

Chemoreceptory. Centrální v prodloužené míše reagují na změny tlaku CO_2 a pH v krvi a likvoru, periferní v glomus caroticum a glomus aorticum reagují na pO_2 a pCO_2 v krvi.

Při chronické retenci CO_2 ztratí centrální receptory citlivost na změny pCO_2 v prodloužené míše a hlavním stimulačním faktorem je pO_2 . Jestliže se v tomto stavu podá 100 % O_2 , může se stimulace dýchání zcela zastavit a nastává bezvědomí a smrt.

Reflexní mechanismy. Uskutečňují se prostřednictvím reflexů z periferie dýchacích cest, plic a svalů pomocí baroreceptorů. Heringův-Breuerův reflex řídí autoregulaci dýchání. Při rozepnutí plic se utlumí vdech cestou vagového nervu. Drážděním sliznice nosu atd. lze vyvolat kýchání a kašel, které patří mezi reflexní obranné mechanismy.