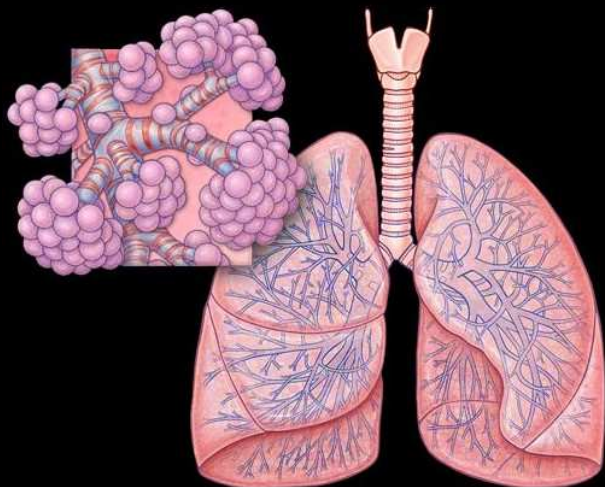


Kurz: Patofyziológia 2
Špeciálna patofyziológia
1995 - 2022



Respiračný systém 1

Roman Beňačka, MD, PhD
Ústav Patofyziológie, Lekárska fakulta
Universita P.J. Šafárika, Košice



Základy fyziológie dýchania

Úlohy dýchania

- **Výmena dýchacích plynov**

- vdychovanie O_2 do organizmu a vydychovanie CO_2 (čo je prioritné ?)
- v klúde človek nevníma ani slabšiu hypoxiu (fajčiari); ale už mierna kumulácia CO_2 vyvoláva hyperpnoe; náhly pokles O_2 -> bezvedomie

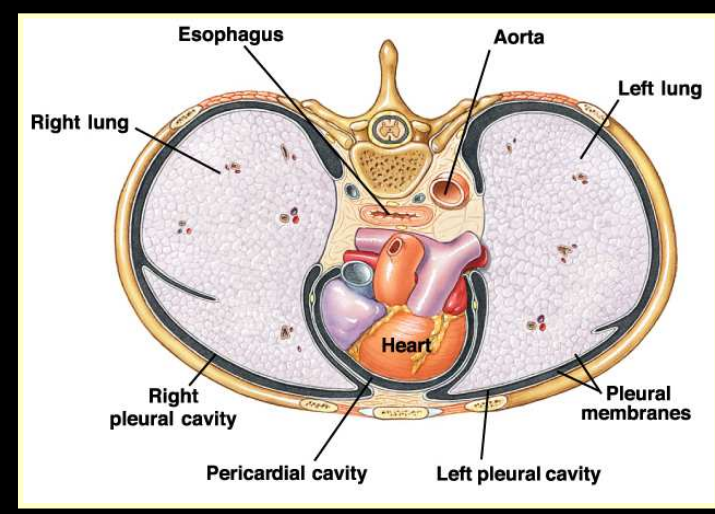
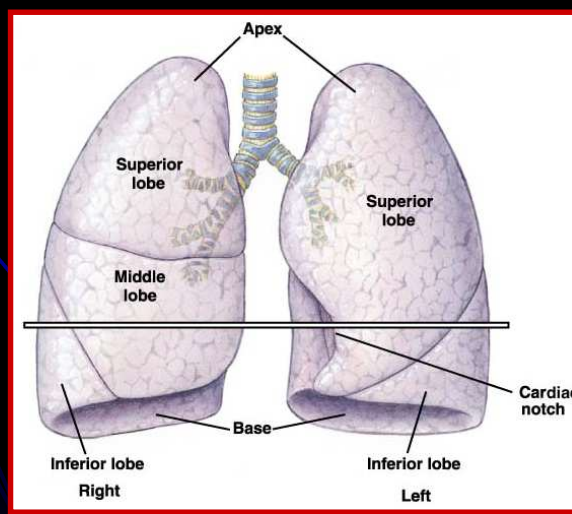
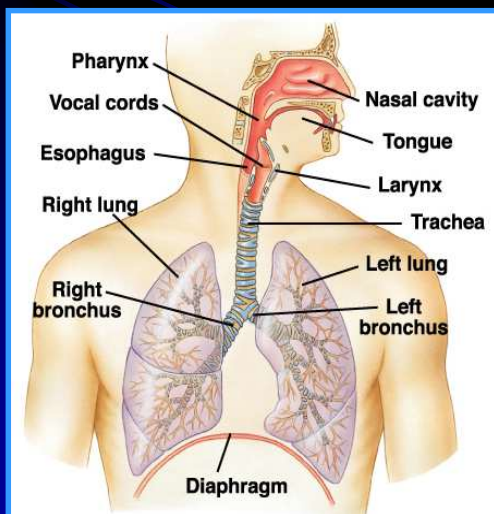
- **Regulácia vody v tele**

- vydychovanie H_2O (2.miesto po obličkách aj u človeka, kde sa voda významne stráca potením)

- **Regulácia vnútorného prostredia** - pH (zásadný význam)

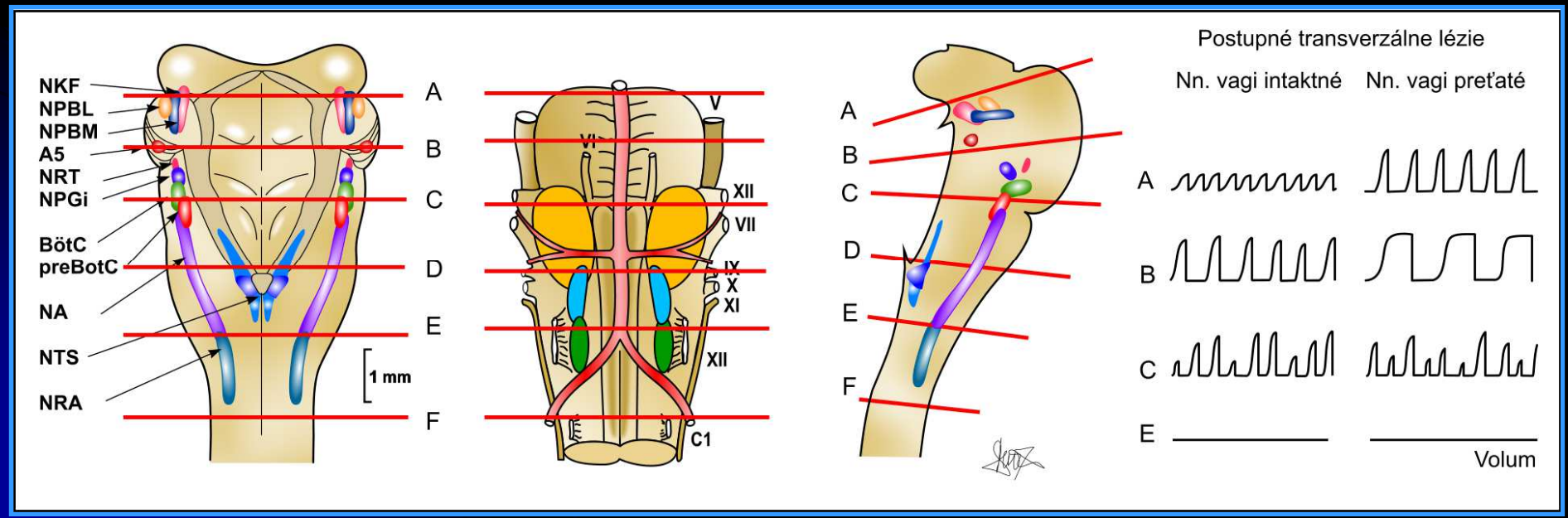
- vydychovanie kyselín vo forme $CO_2 \leftarrow H_2CO_3 \leftarrow H^+ + HCO_3^-$

- **Získaná imunitná odpoveď** – najväčšia prezentačná oblasť pre antigény, chemické látky a patogény z okolia (kvapôčková infekcia, vírenie prachu) opomínaný význam



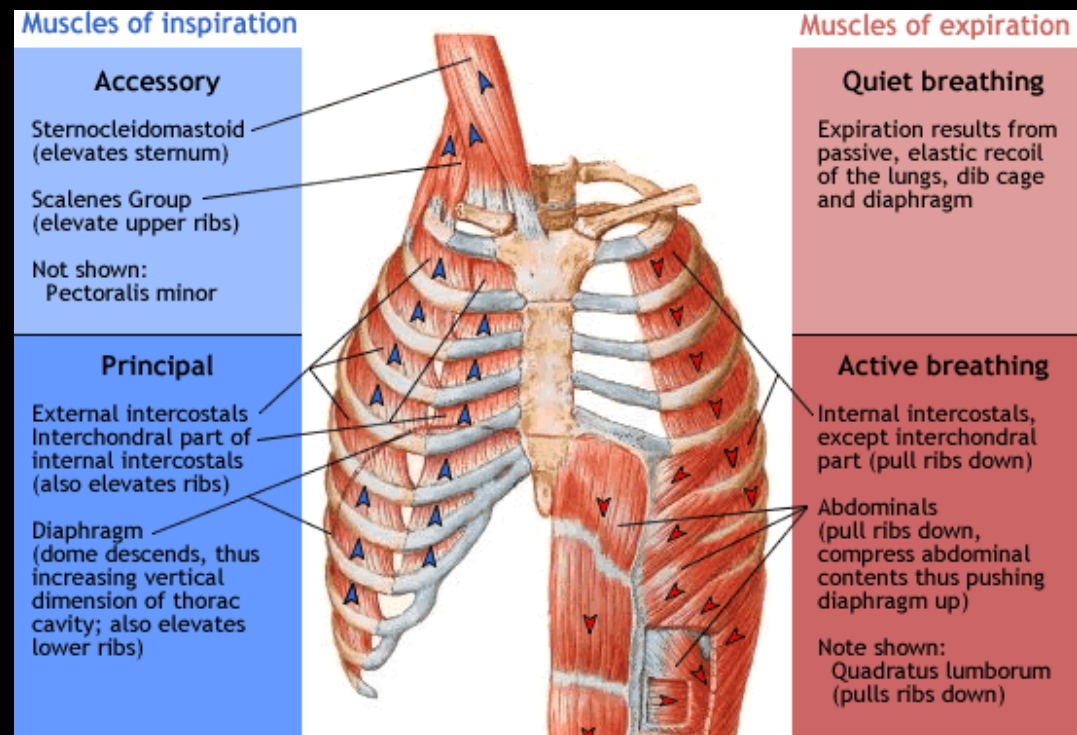
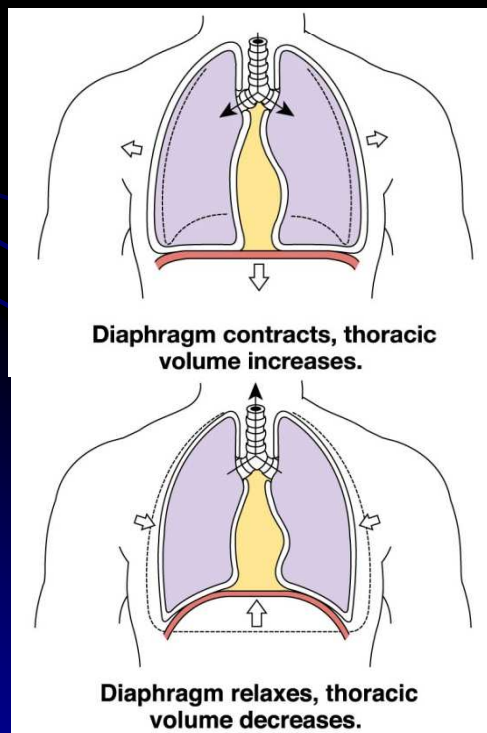
KLASICKÉ POZNATKY Z PRAXE A EXPERIMENTÁLNE ZISTENIA

- Respirácia je síce vitálna ale skeletomotorická funkcia → mimoriadna variabilita vzoru participuje na stabilizácii trupu (nervosvalové ochorenia)
- Bazálna respiračná eurpnická rytmogénéza prebieha v kaudálnom kmeni – **ventrolaterálna rostrálna predĺžená miecha**; nezávislé generátory rytmu a vzoru
- Modulácia respirácie afrentnými podnetmi: **dorzálna medulla, rostrálny most**
- Modulácia respirácie **vo vzťahu k bdelosti, spánku**: **kaudálny most**;
- Behaviorálne vplyvy: **mezencefalická, cerebelárna diencefalická, kortikálna úroveň**
- Tonický a fázický vplyv **chemorecepce a tzv. bdelostného stimulu**



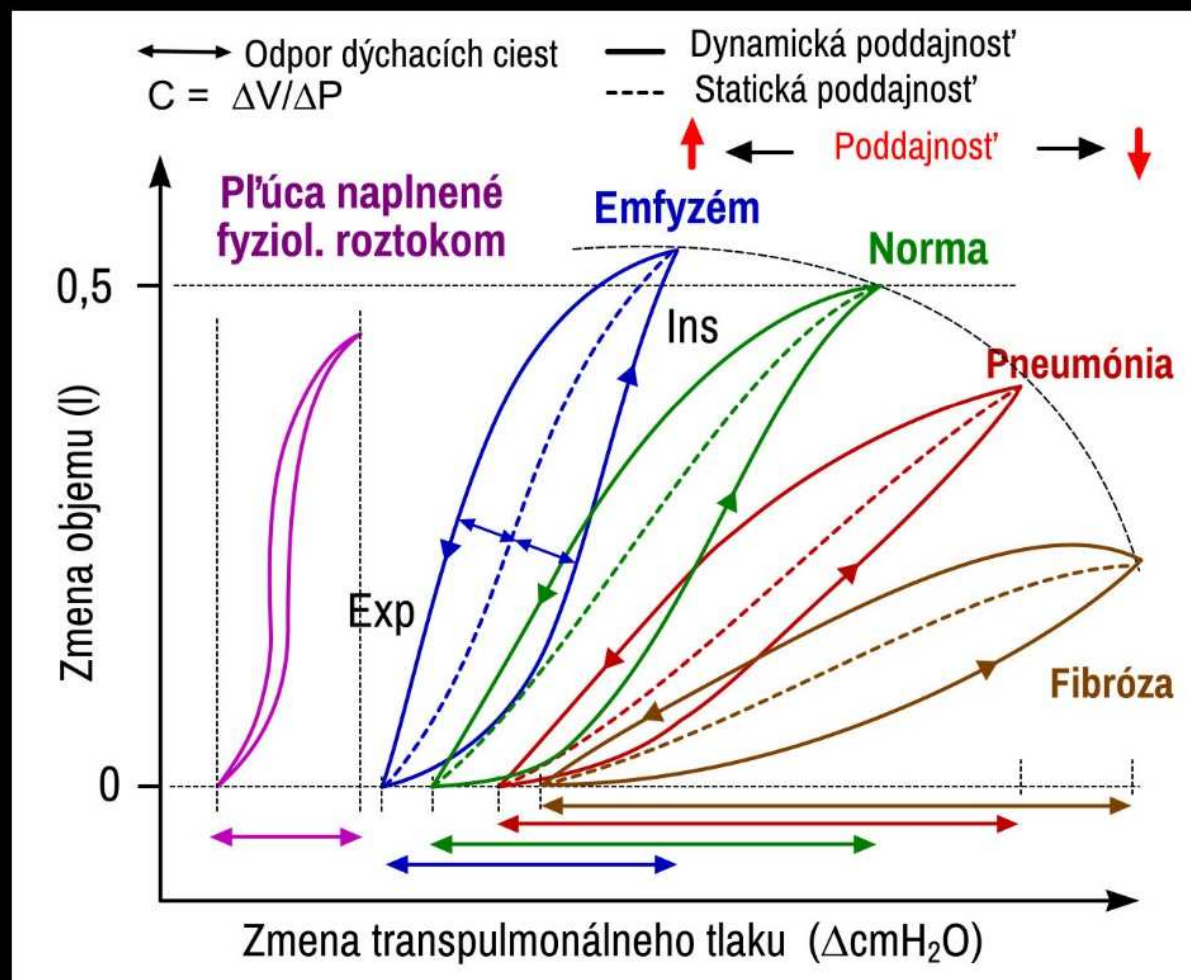
Dýchanie - svalstvo

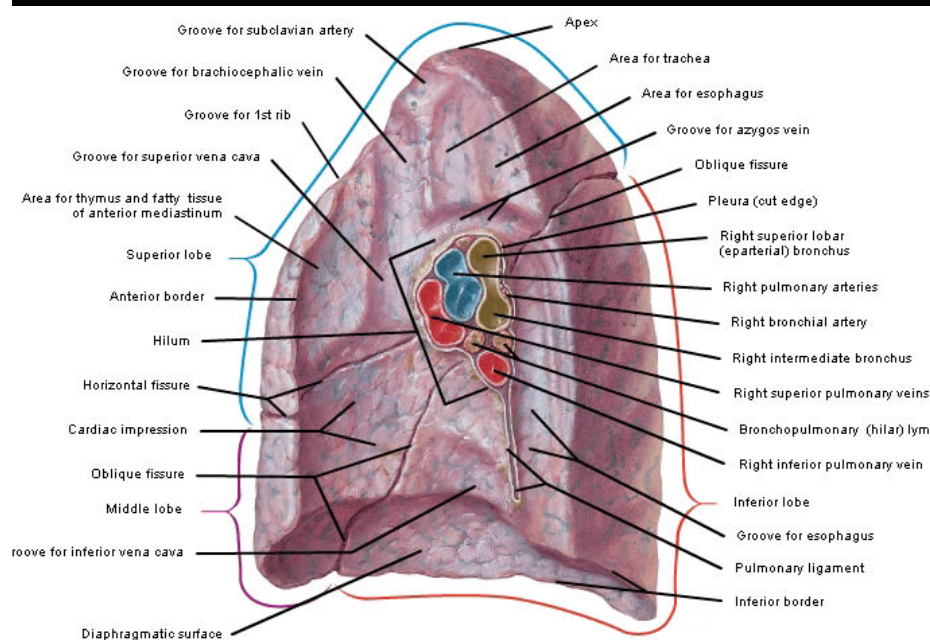
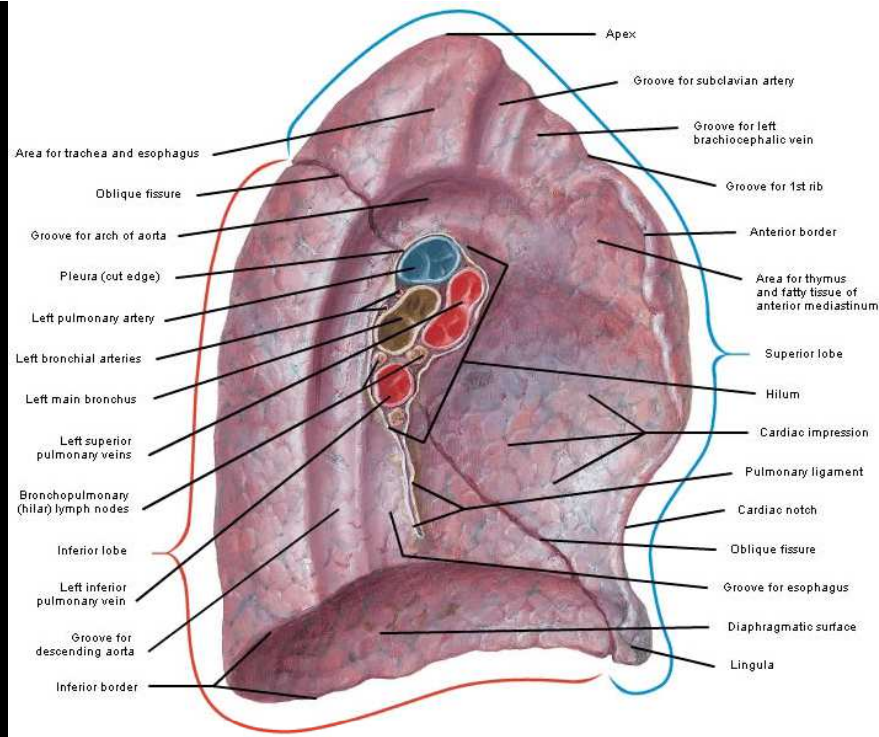
- Dýchanie je vitálna ale nie vegetatívna funkcia; umožňujú ho periodické pohyby **priečne pruhovaných svalov** – hlavné svaly – pumpa = bránica (nenahraditeľná); pomocné svaly = akcesórne (svaly krky, hrudníka, brucha)
- **Bránica** ← n. phrenicus (C4-C6), Interkostálne svaly inspiračné (externi), expiračné (interni)
- Ochorenia postihujúce skeletálne svaly postihujú aj dýchanie → (poruchy neuromuskulárneho prenosu – myastenia gravis, účinok myorelaxancií, poruchy svalov – myopatie, neuromuskulárna paralýza – sy. dolného motoneurónu)



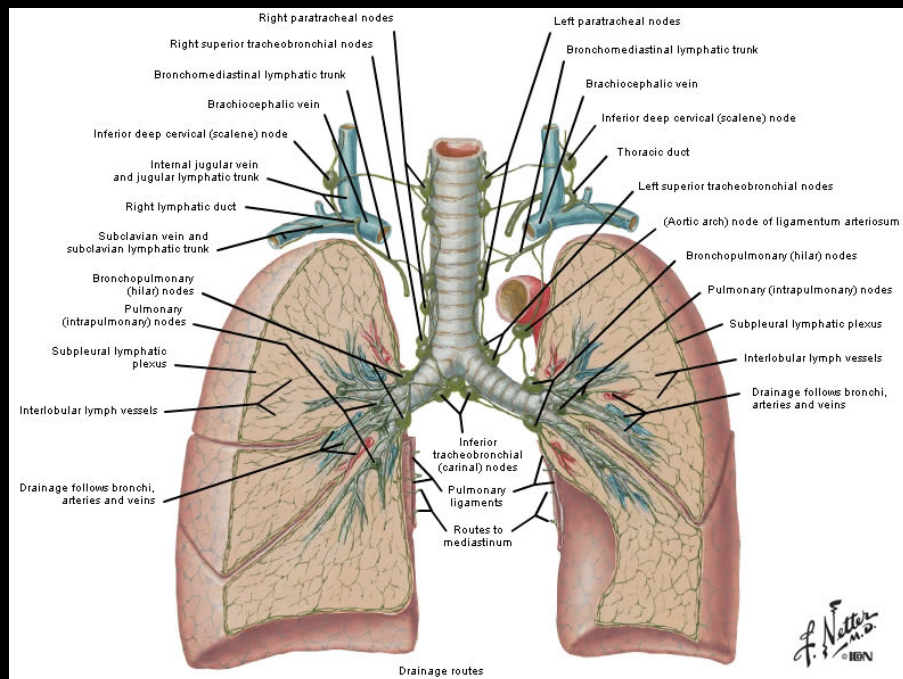
Elasticita, distenzibilita

- **Elasticita (recoil)**- tendencia k návratu do kludového objemu účinkom elastickej stromy pľúcneho tkaniva
- **Kompliance (distenzibilita)** – tendencia pľúc k expanzii pleurálnym podtlakom; podporovaná je účinkom surfaktantu – zabraňuje kolapsu alveol
- Pľúca majú výdatnú lymfatickú drenáž, ktorá pomáha odsávať možný transudát;
- peribronchiálne a paratracheálne lymf. uzliny - bariéra pre šírenie pat., budovanie imunity

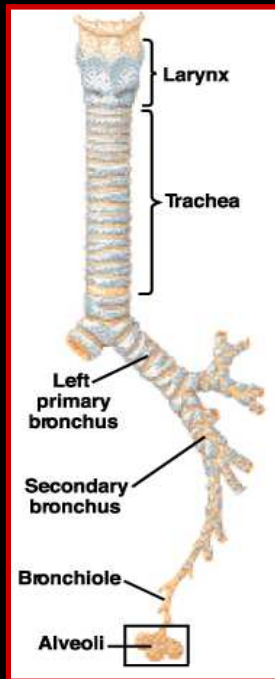




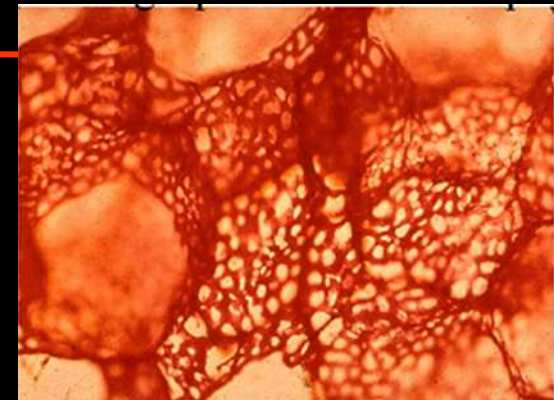
- Respirácia je síce vitálna ale **skeletomotorická**
- Bazálna respiračná eurpnická rytmogénéza preb
- **rostrálna predĺžená miecha**; nezávislé generát
- Modulácia respirácie afrentnými podnetmi: **dorza**
- Modulácia respirácie **vo vzťahu k bdelosti, spá**
- Behaviorálne vplyvy: **mezencaľická, cerebelá**
- Tonický a fázický vplyv **chemorecepce a tzv. b**

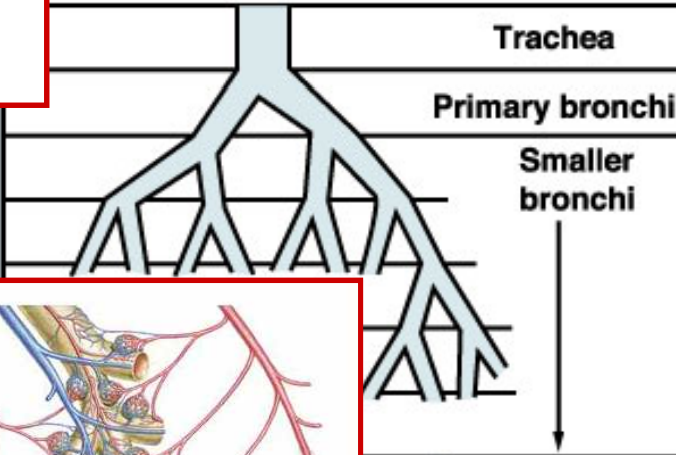
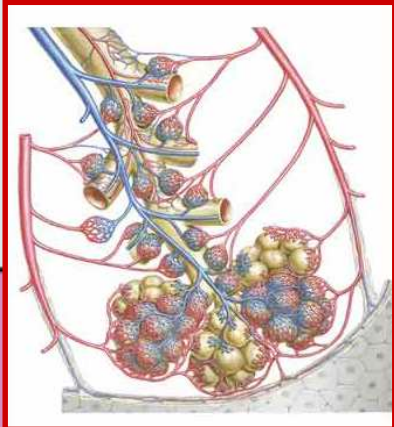


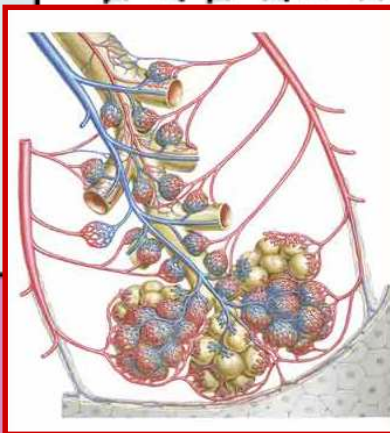
Dýchacie cesty

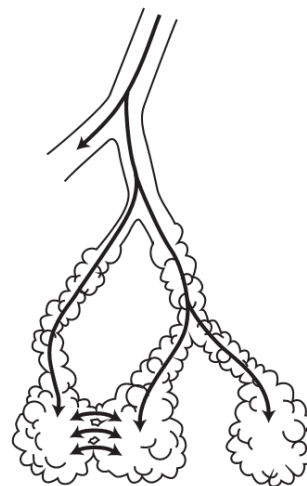
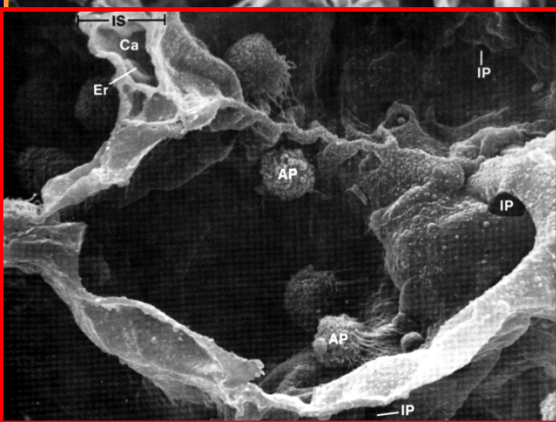
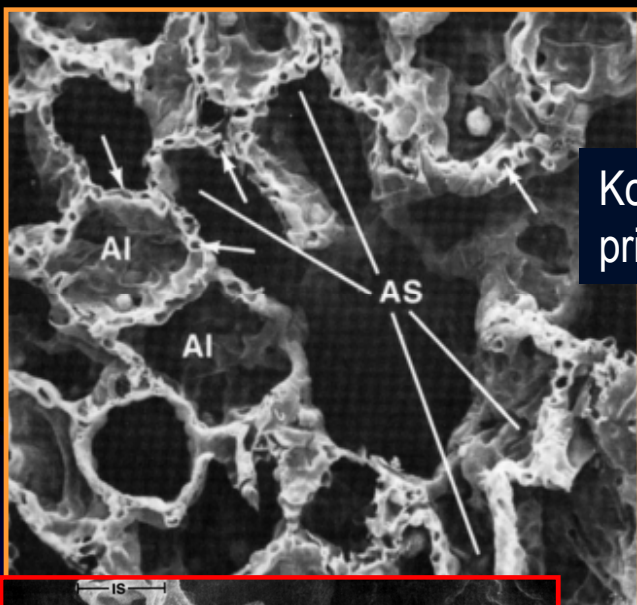
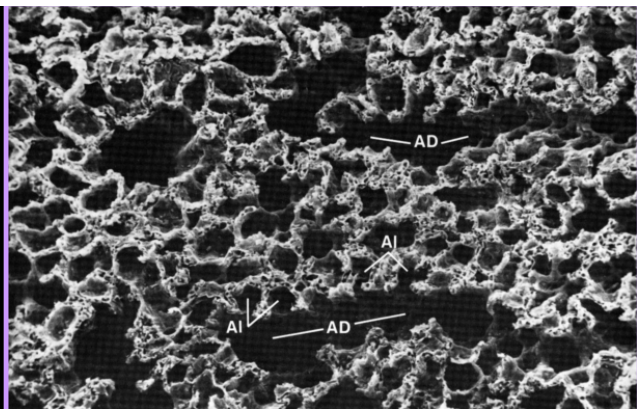


- Alveolárna difúzna plocha - 300 mil.; 70-130 m² (tenisový kurt)
- Perfúzna redundancia – 1000 kapilár /1 alveol (výmena plynov i pri slabej ventilácii a tachypnoe)

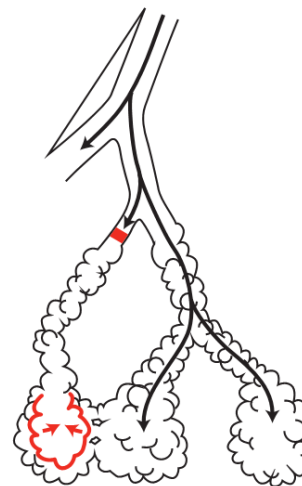


		Name	Division	Diameter (mm)	How many?	Cross-sectional area (cm)
Conducting system		Trachea	0	15-22	1	2.5
		Primary bronchi	1	10-15	2	↓
		Smaller bronchi	2	1-10	4	
			3			
			4			
			5			
	6-11		1×10^4			
	Bronchioles	12-23	0.5-1	2×10^4 ↓ 8×10^7	100 ↓ 5×10^3	
	Alveoli	24	0.3	$3-6 \times 10^8$	$>1 \times 10^6$	
	Exchange surface					

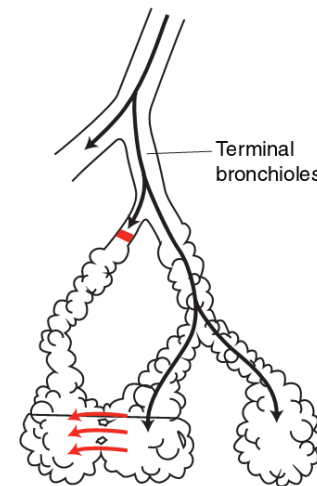




A Normal ventilation

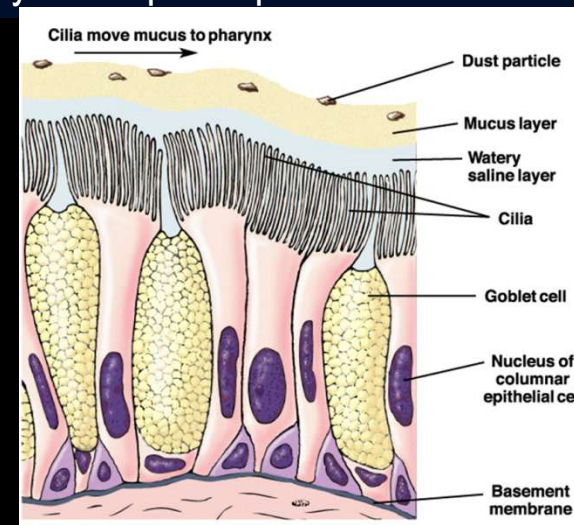
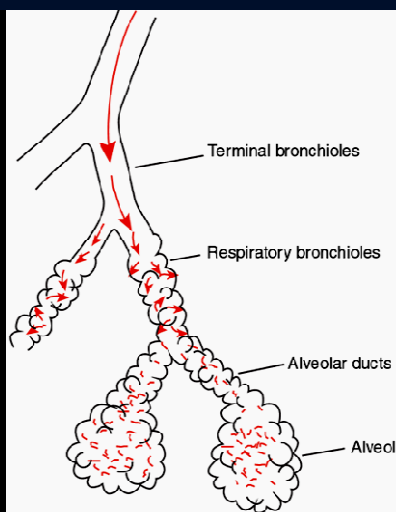


B Blockage leading to potential collapse of alveoli



C Collateral flow through pores of Kohn works against

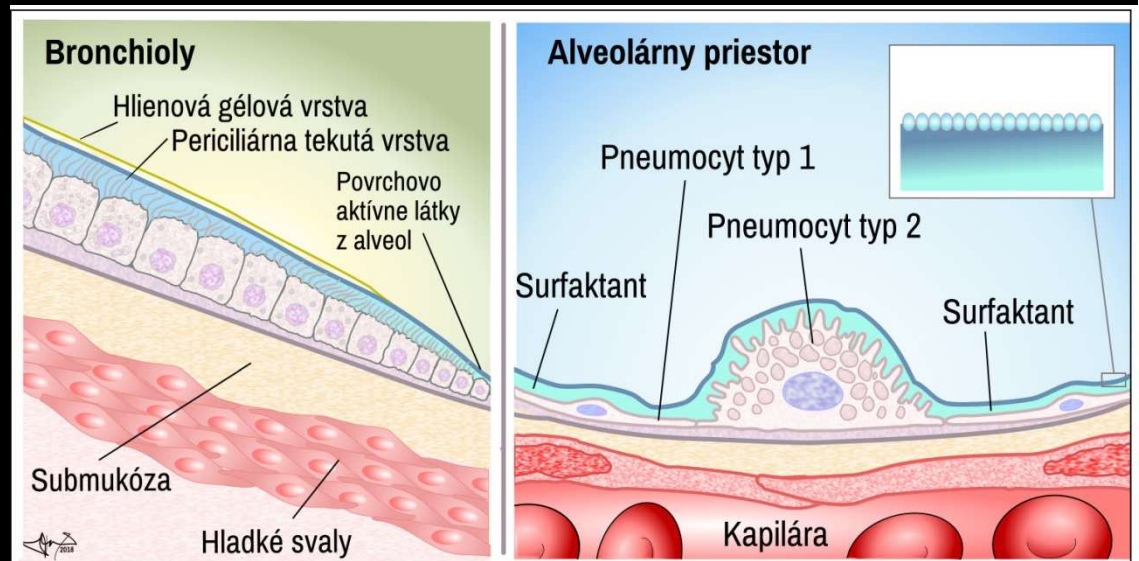
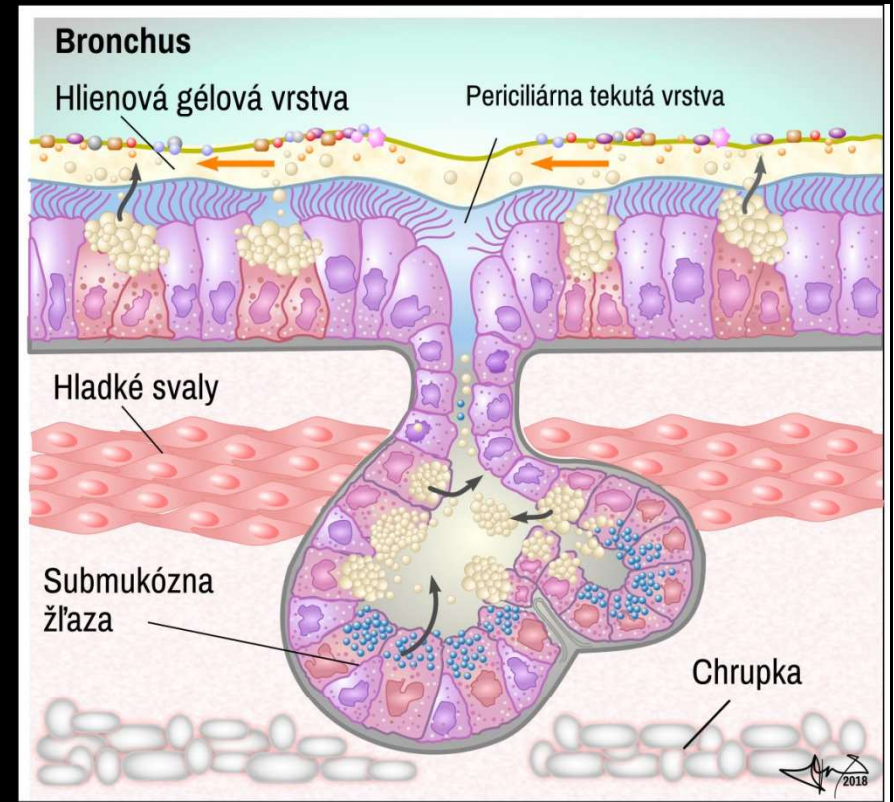
Kohnove póry – spojenie dovoľujúce priechod medzi alveolárnymi priestormi.. Ochrana pred alveolárnym kolapsom pod miestom obštrukcie

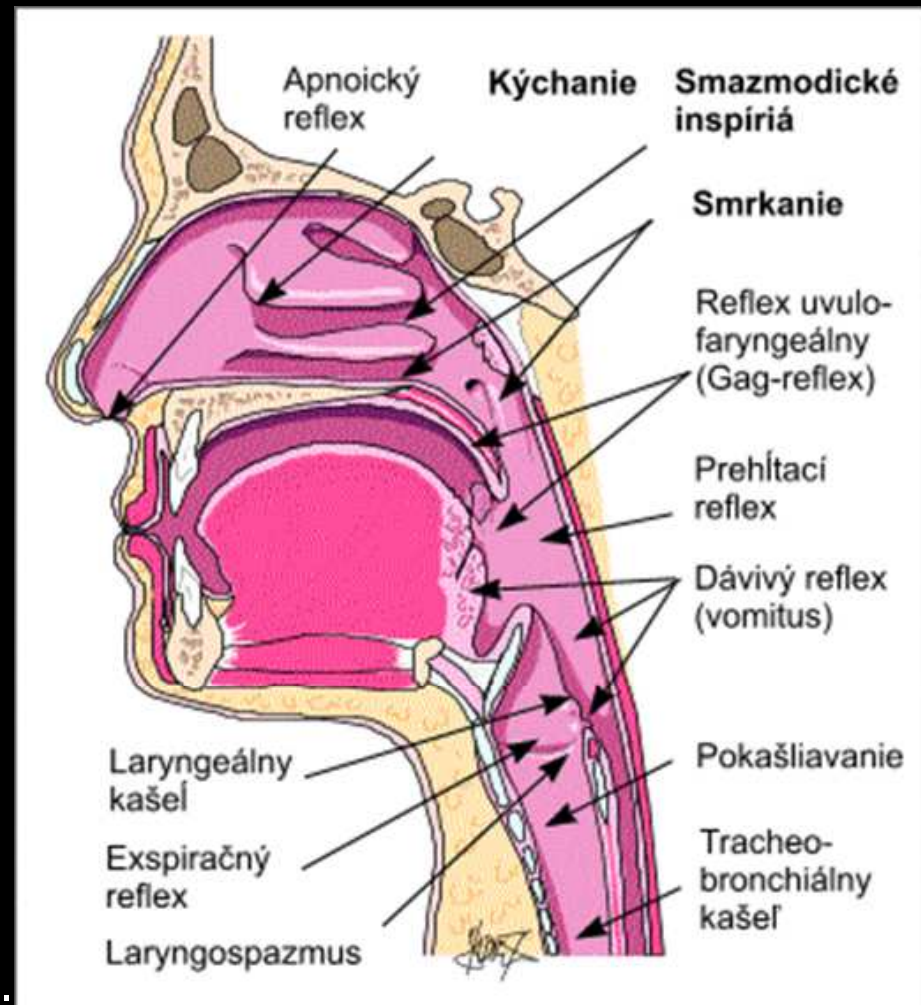
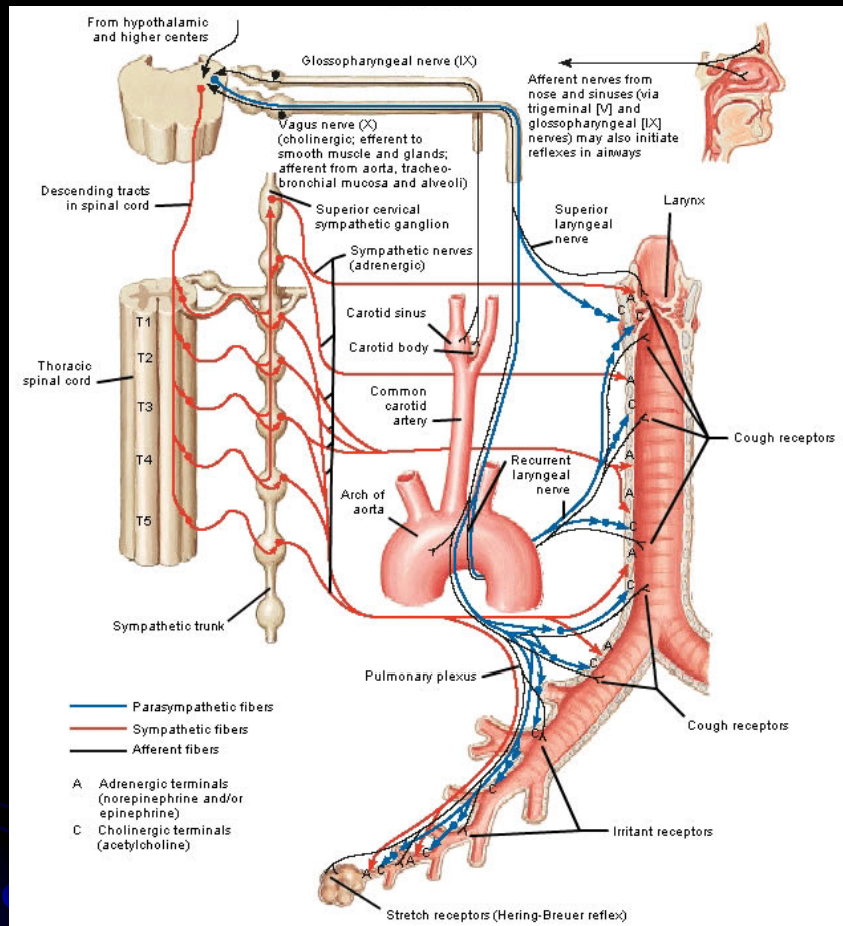


Prechodová oblasť pľúc = vzduchová turbulencia pri prechode z terminálnych chronchiolov do oblasti alveolárných duktov a alveolárných terminálov – výrazný pokles rýchlosti prúdu, depozícia mikropartikul

Očistné mechanizmy

- **Nosový filter** - chlpy v nose (vibrissae) + lepkavý hlien zachytávajú častice $>10\text{ }\mu\text{m}$) + turbíny (turbulentné prúdenie vzduchu $\rightarrow$ častice sa usádzajú na sliznici).
- **Sliznično-ciliárny aparát** (mukociliárny klírens
sliznica ciest je pokrytá *hlienovou vrstvou* (gel hore + elektrolyt dole).; *Riasinky (cílie)* na povrchu epitelu synchronizované kývanie ($10\text{--}20\times/1\text{s}$) smerom k hltanu $\rightarrow$ posun $\sim 5\text{--}20\text{ mm/min}$ $\rightarrow$ do hltana.
- **Kýchanie** (sneezing) reflex; podráždenie nosovej sliznice $\rightarrow$ prudký výdych cez nos,
- **Smrkanie (sniffing)** $\rightarrow$ prehltávanie
- **Kašeľ (bronchiálny + lungeálny)**
výdych s rýchlosťou vzduchu 200 km/h
- Sy. lenivých cílií (vrodená porucha),
- Cystická fibróza (AR, Cl^- transportér)
- Fajčenie, dráždivé plyny



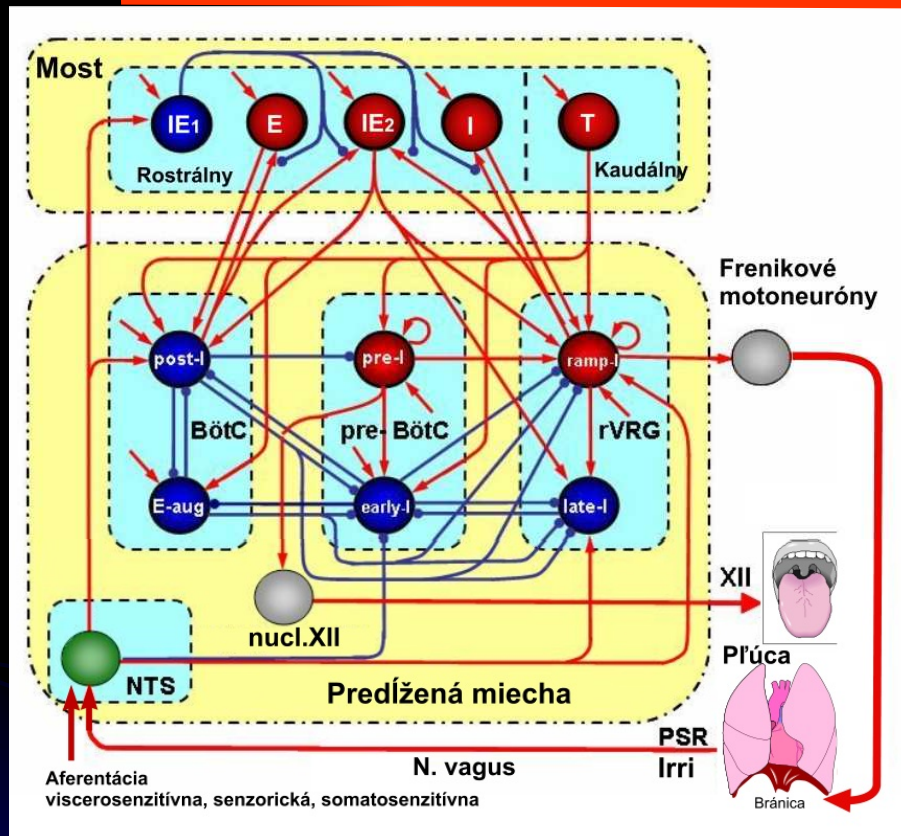


Inervácia: - n. V, n. IX, n. X a jeho vetvy n. laryng. rec. a laryng. sup.; cervikálny a hrudný sympatikus

Aferentácia: - receptory rozpätia pľúc, Dráždivé receptory, J- receptory, Nociceptory, mechanoreceptory, polymodálne chemoreceptory, pH-receptory

- Apnoické reflexy, Kretchmer
- Smrkanie, kýchanie,
- Pokašliavanie - priedušnica, hrtan
- Kašeľ laryngeálny, tracheo-bronchiálny

5. Aferentný feedback + VNS

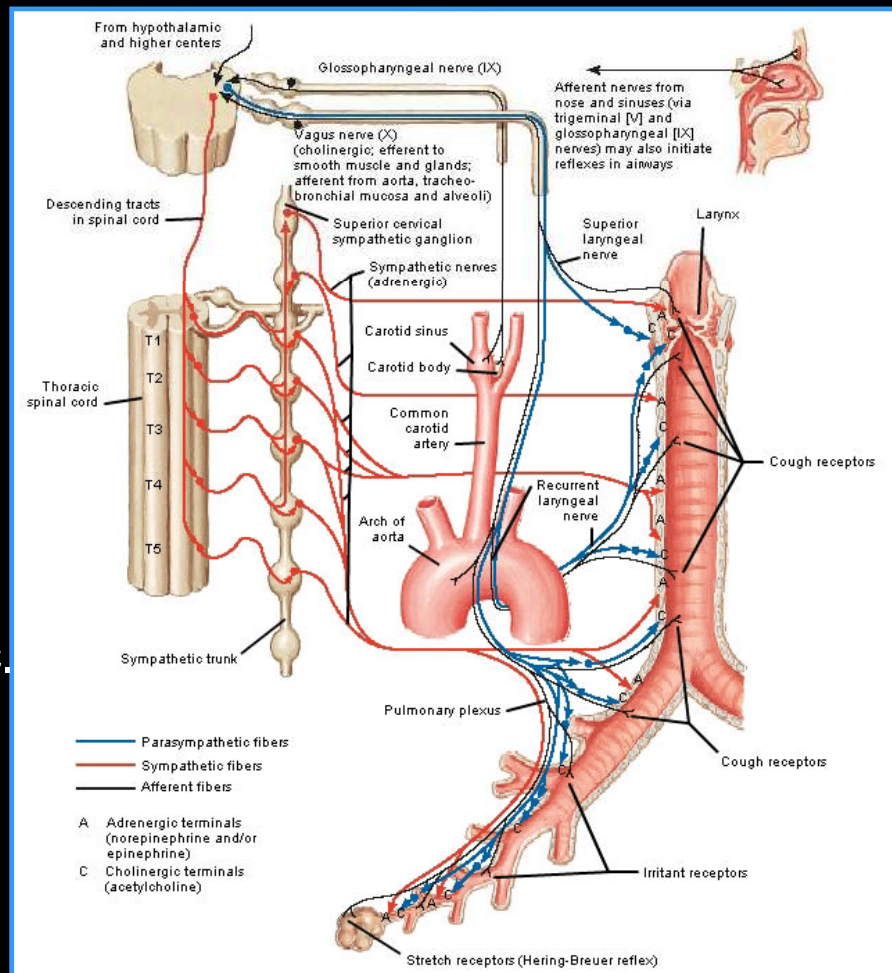


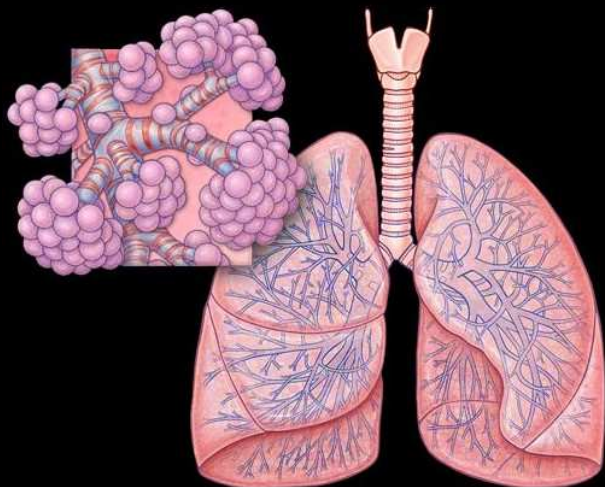
Aferentácia: Pľúca: mechanoreceptory: PSR (rec. rozpätia pľúc, IRR (dráždivé rec.), J- rec., polymod. chemorec., nociceptory,

- Proprioceptory: svaly, kĺby, hrudný kôš
- HDD: mechano-, chemo-receptory,

Inervácia:

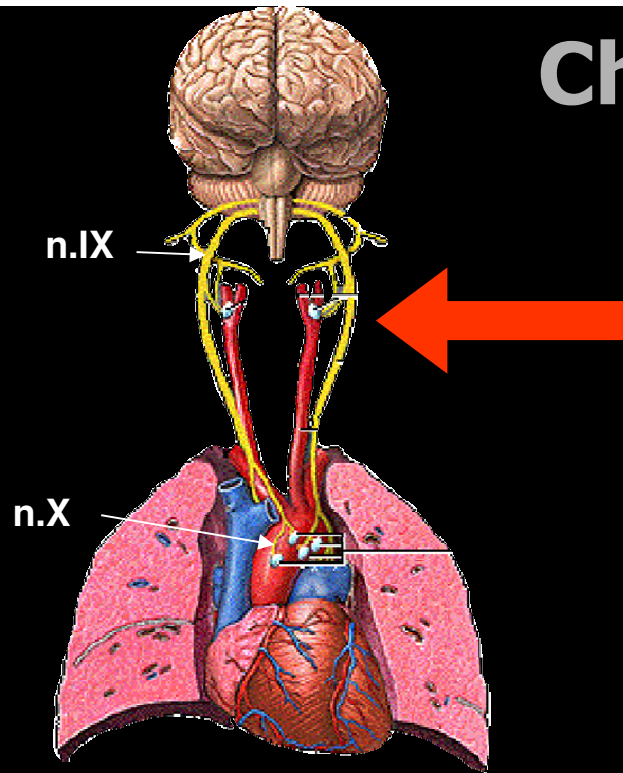
- n. V, n. IX, n. X a jeho vetvy n. laryng. rec. a laryng. sup.
- cervikálny a hrudný sympatikus





Chemická stimulácia

Chemorecepcia pri regulácii dýchania



Periférne O_2 – receptívne mechanizmy

- karotické receptory (pO_2 , pCO_2 , pH)

prietok 2l/ min/100 g; stimulácia pri $P_aO_2 < 60$ mmH

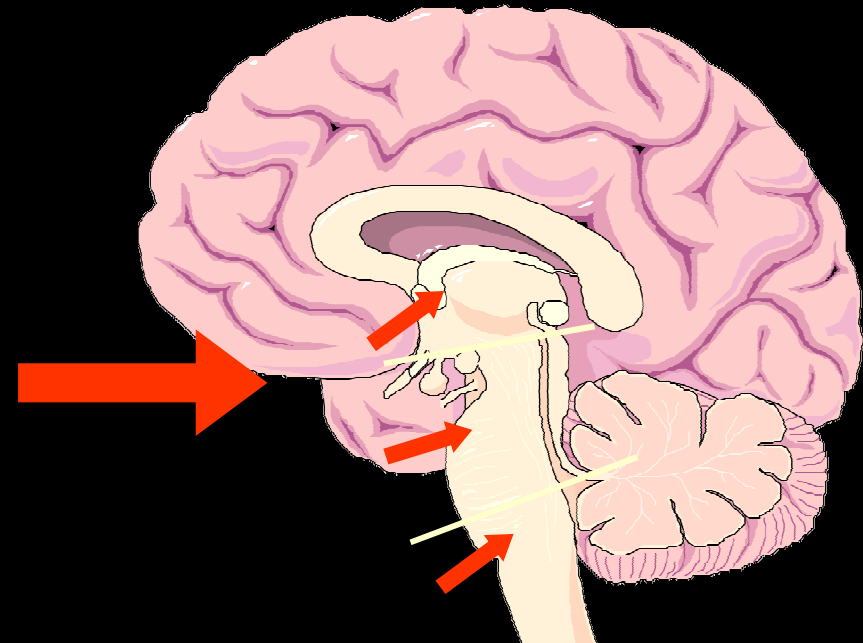
aditívneacidóza a hyperkapnia

- aortálne receptory (pO_2 , pCO_2)

- arteriálne O_2 senzory (pO_2 , pH)

- pulmonálne senzory (pO_2 , pH)

- diencefalické štruktúry *Tenney a Ou (1976)* *Horn a Waldrop (1997)*
- chemosenzitívne neuróny laterálnej RF medulla obl. (O_2 , ?pH) *Arita et al. (1988)*
- RF kaudálnej a rostrálnej časti mosta *St.John (1977)*, *Edelman et. al (1991)*
- nucl. raphe *Millhorn et al. (1980,1984)*
- **PreBötzingero** *Solomon et al. (2000)*



CO₂ - CHEMORECEPCIA

- CO₂ má zásadný význam pre udržanie dýchania –20- 25 mmHg.
- CO₂ stimuluje respiráciu asi do 60% max. voluntárnej hyperventilácie

- **Centrálny systém (70-80% odpovede)**

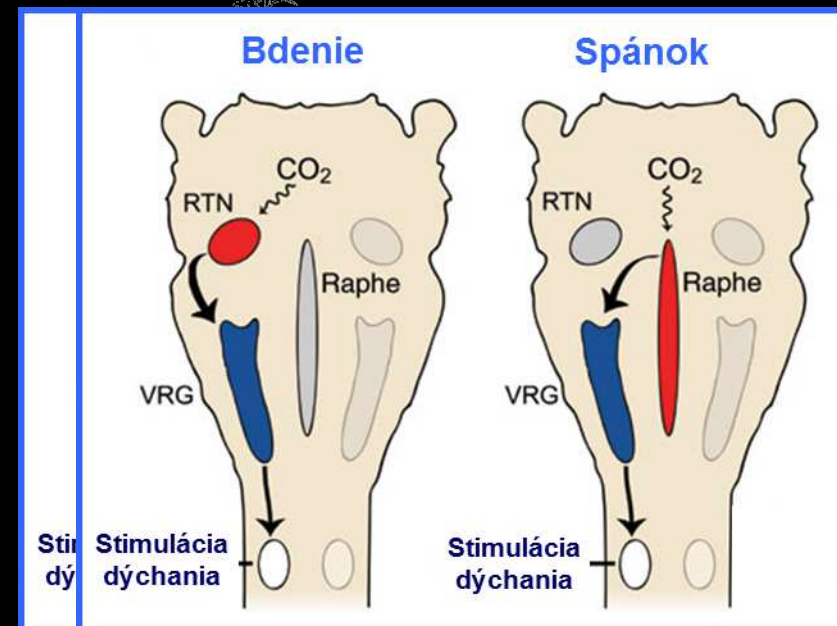
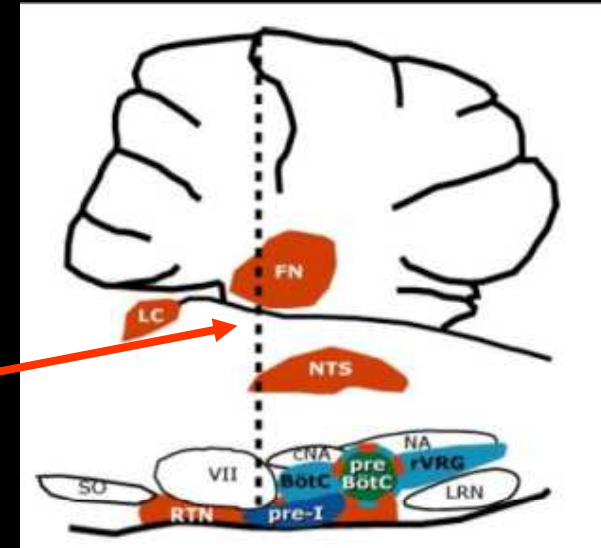
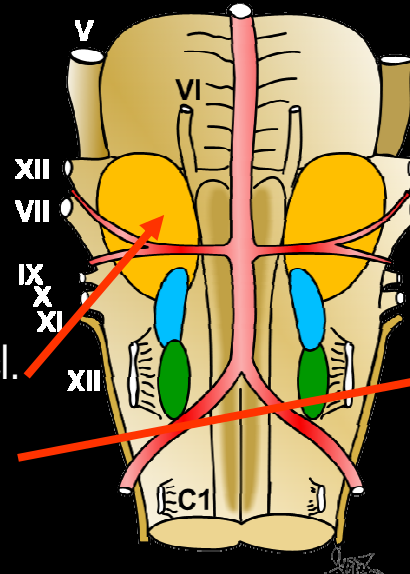
-distribovaný VLM, nucl. raphe (5-HT), nucl. retrotrapezoideus, locus coeruleus, RVLM, preBot, nucl. fastigii cerebelli - **permanentná tonická stimulácia** (apnoický prah 20-25 mmHg)

detekcia interstiálneho pH pH senzitivity proteíny

- **Periférna recepcia (20-30% odpovede)**

-karotické chemisenzory (detekcia CO₂ + pH), stav alveolárnej ventilácie, karbémia, systémového metabolizmu - **rýchla fázická stimulácia pri náhlych zmenách CO₂**; tonická stimulácia pri normálnom CO₂ a pH

-(Nattie 2006)



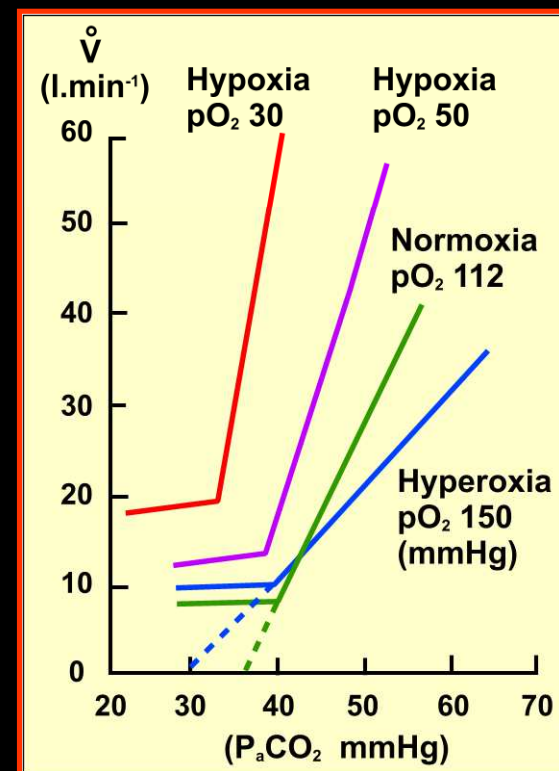
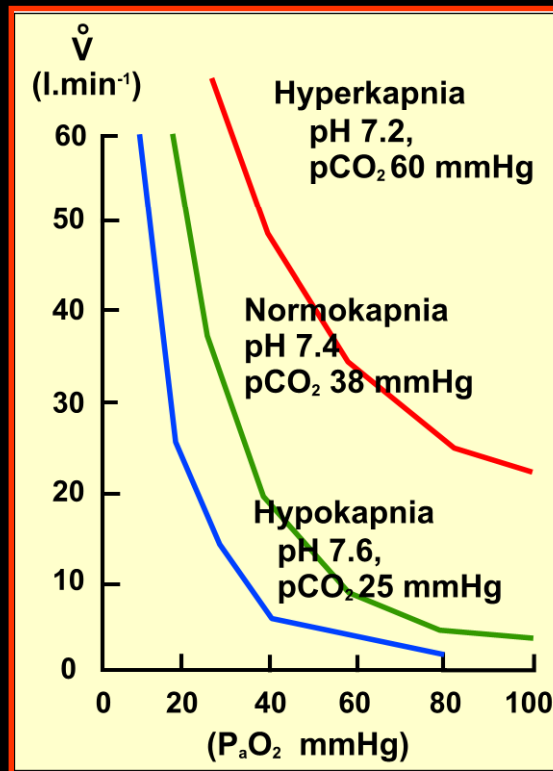
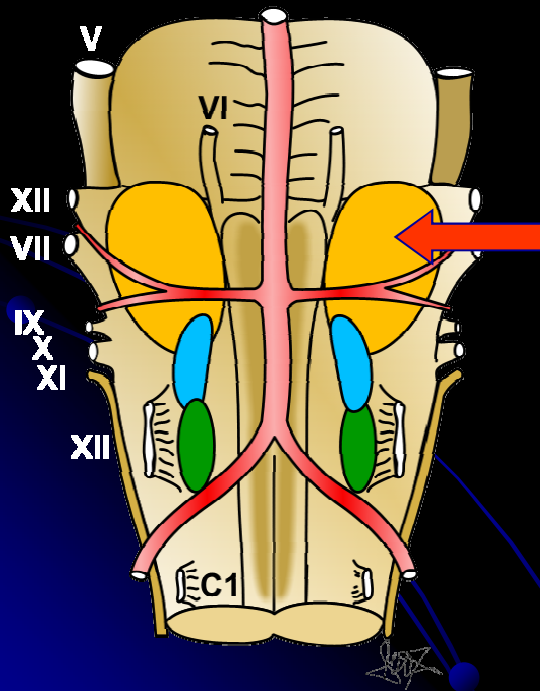
Ovplyvnenie dýchania cestou CO_2

- CO_2 má zásadný význam pre udržanie dýchania – pokles pod 20 mmHg vedie k apnoe (receptory v predĺženej mieche),
- Hypoxia stimuluje dýchanie pri poklese pod 60 mmHg.

$\text{CO}_2 \rightarrow \text{O}_2$

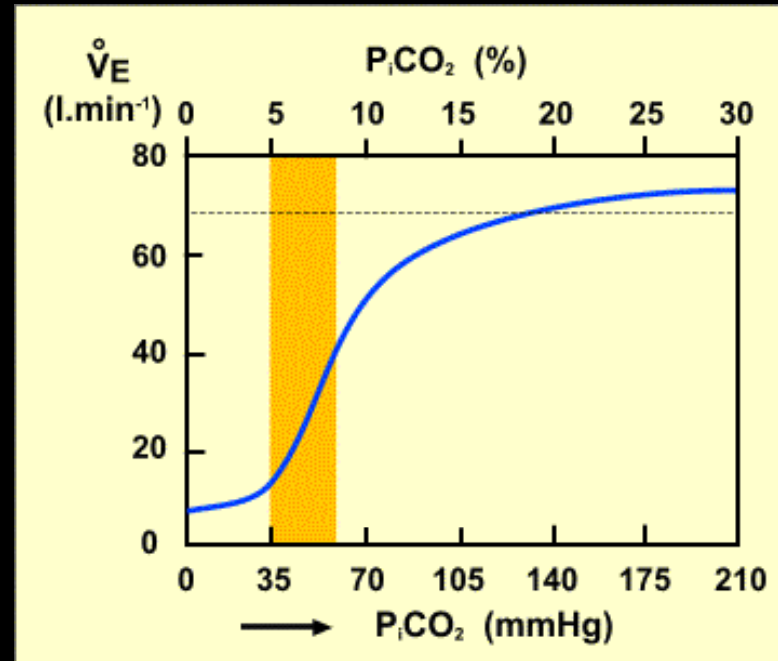
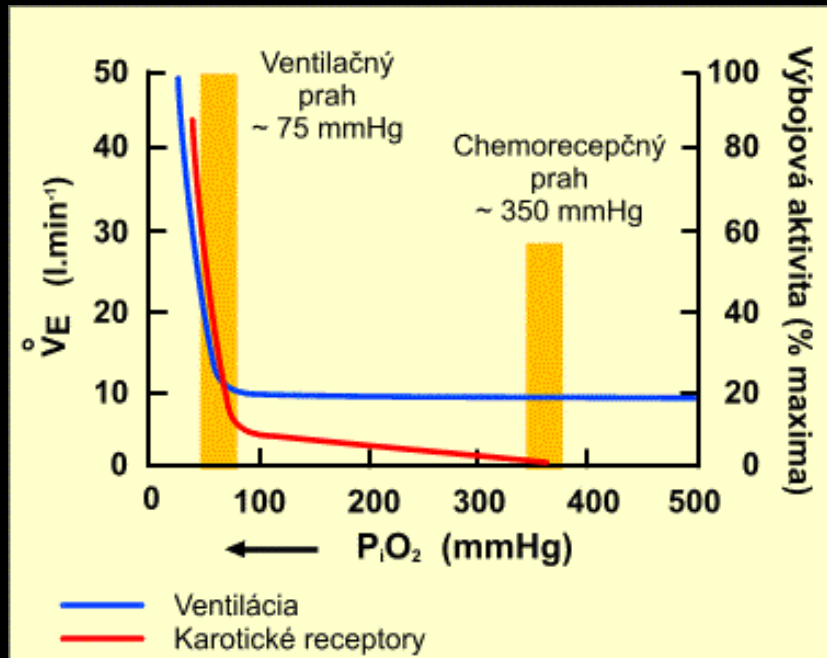
$\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$

Centrálne pH/ CO_2 – senzitivne mechanizmy



Millhorn a Eldridge (1986), Schlaefke (1987), Nattie (1998)

Závislosť dýchania od O_2 a CO_2

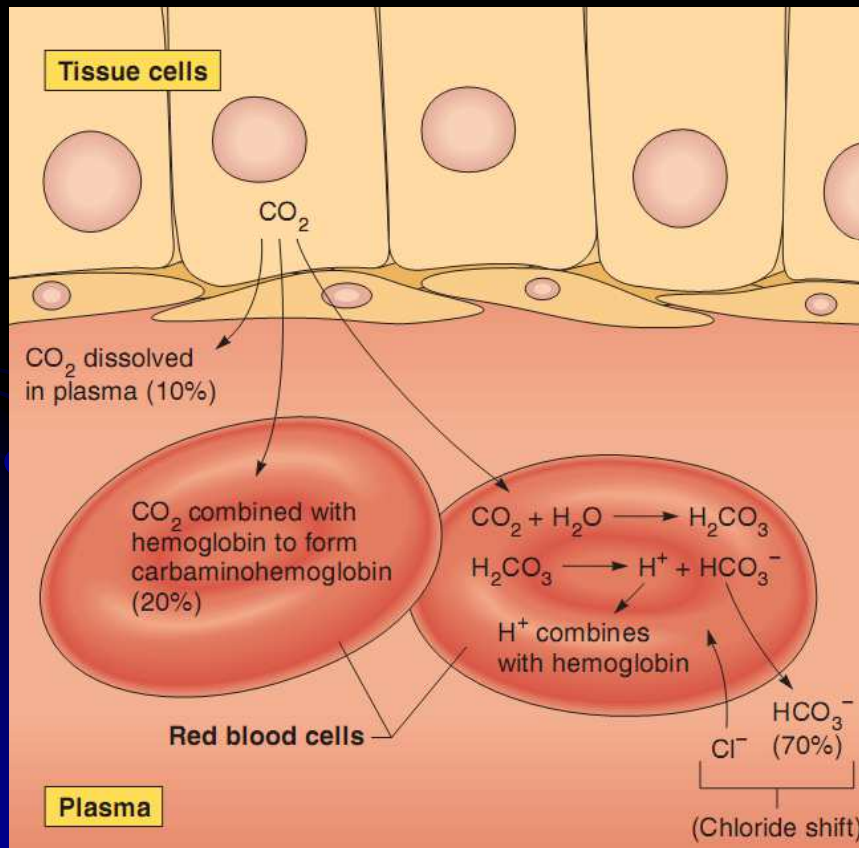


- Minutový objem je hyperbolickou funkciou vdychovaného O_2
- Ventilačný prah O_2 odpovede - strmý nárast ventilácie s poklesom O_2 ($P_{aO_2} \sim 70$ mmHg)
- O_2 - chemorecepčný prah: začiatok aktivácie chemoreceptorov, bez ventilačnej odpovede ($P_{aO_2} \sim 95$ mm Hg)

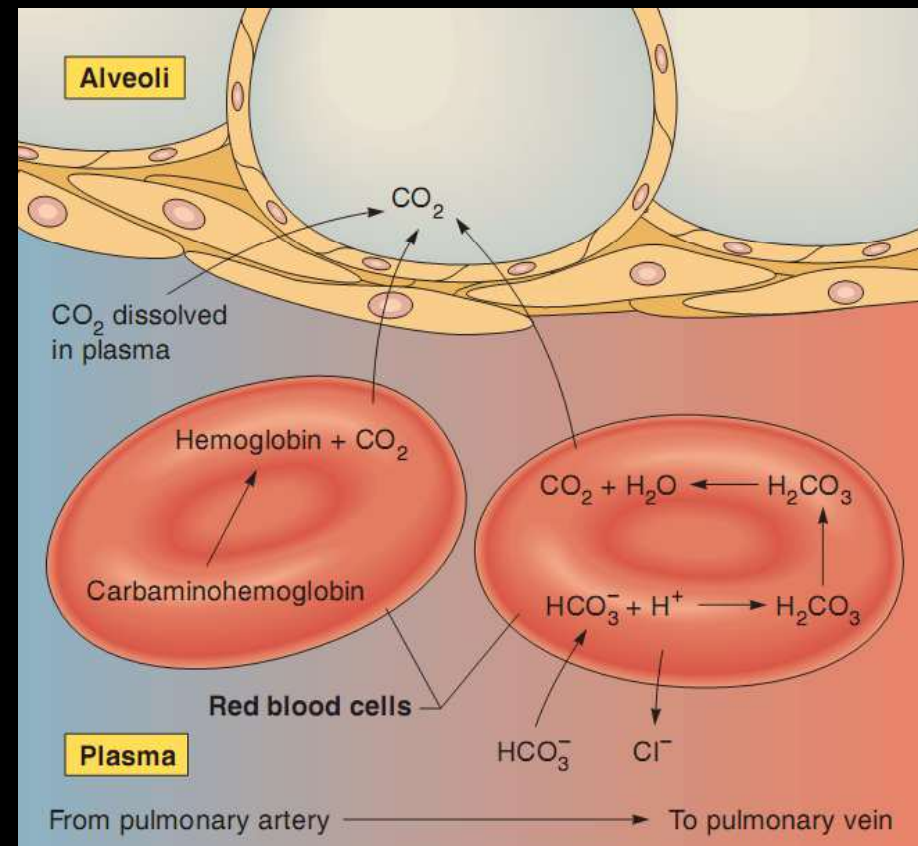
- Minutový objem je sigmoidálnou funkciou vdychovaného CO_2
- CO_2 dokáže stimulovať respiráciu asi do 60% maximálnej vountárnej hyperventilácie
- CO_2 senzitivita = strmý nárast v rozsahu 5%-7% P_{iCO_2} ($6 l \cdot min^{-1}$ na 1% CO_2); senzitivita na CO_2 sa znižuje v spánku

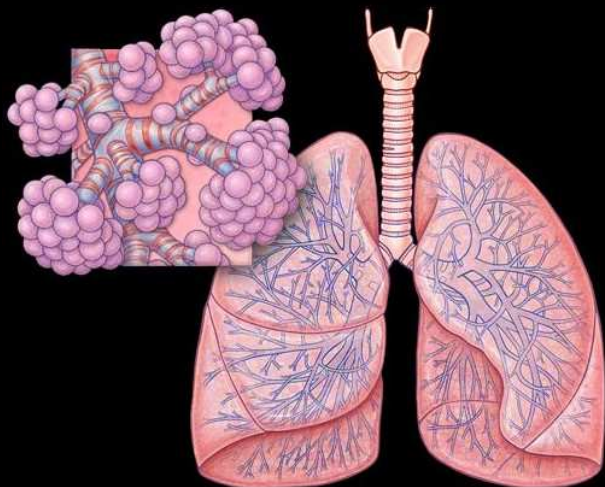
Úloha dýchania v acido-bázickej rovnováhe

Transport CO_2 z tkanív do krvi



Transport CO_2 z krvi do pľúc



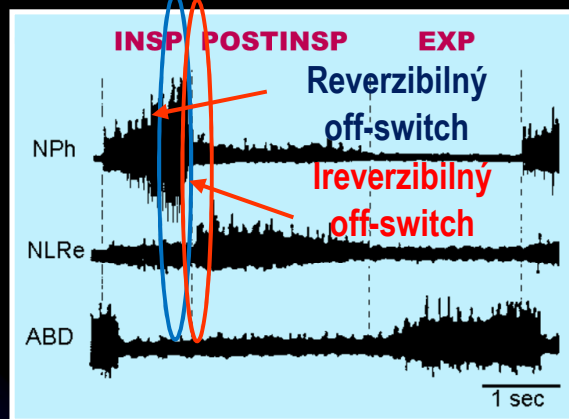


Tvorba respiračního rytmu – Zmeny a poruchy

NORMÁLNY EUPNOICKÝ VZOR

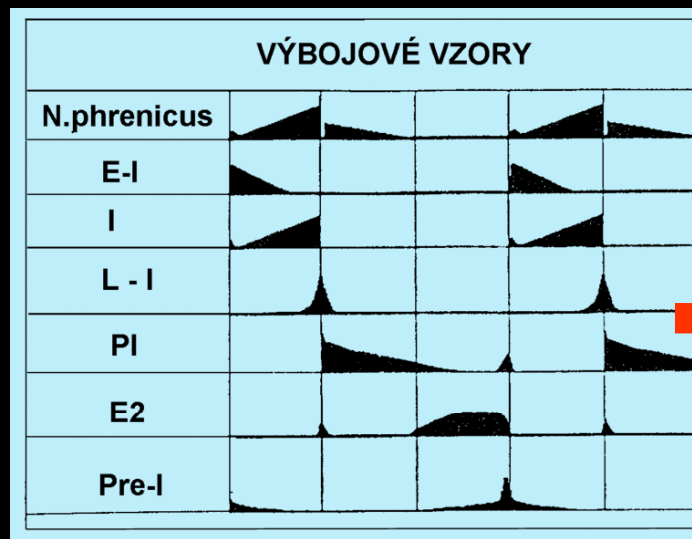
3- fázový vzor

Neuromuskulárne fázy
respiračného rytmu



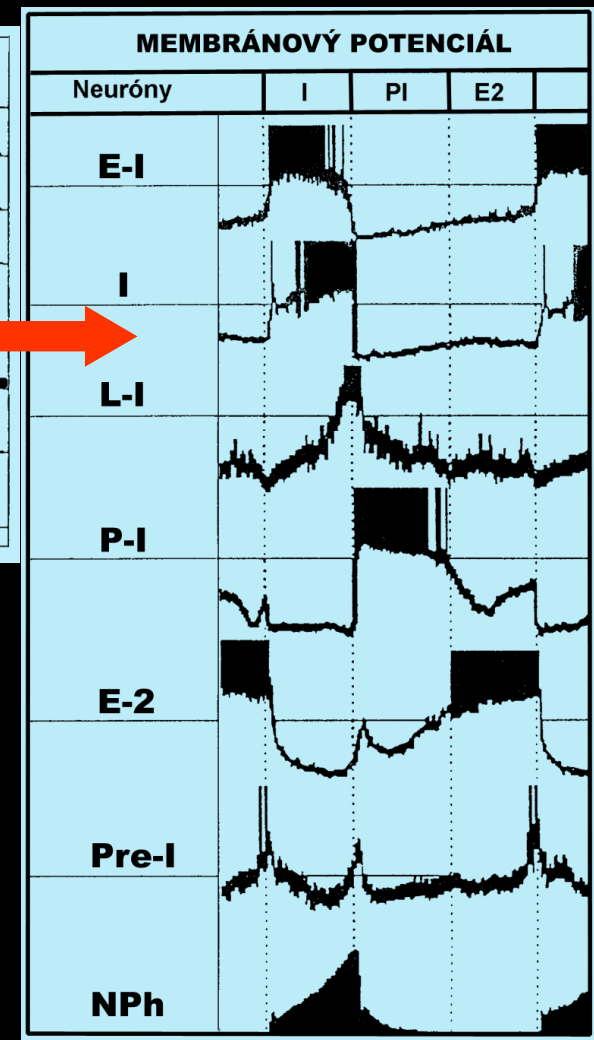
- Nádych - svah (I1) a modifikovateľná časť (I2)
- Zadržanie dychu (larynx) – uzáver; náplň pľúc (E1)
- Výdych – aj spevnenie brucha a hrudníka (E2) 0

- 2 ventilačné fázy inšpírium - exspírium
- 3 neuromuskulárne fázy nádyh – zadržanie dychu - výdych

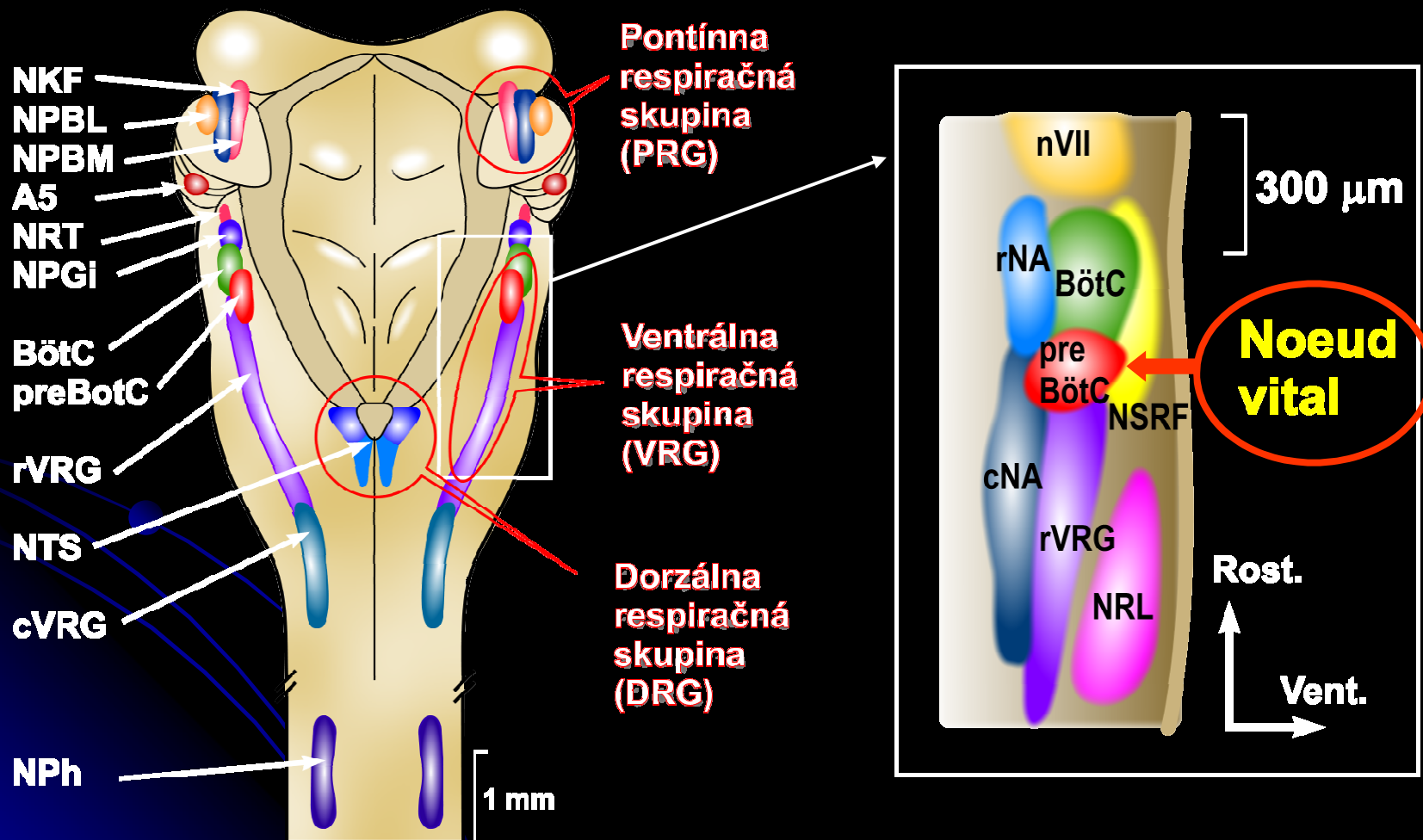


Fázovo-aktivované neuronálne typy

- E-I včasné inspiračné neuróny
- I (I-ramp, I-all) inspiračné neuróny
- L-I neskoré inspiračné neuróny
- P-I post-inspiračné neuróny
- E2 neuróny aktívneho exspíria
- Pre-I pre-inspiračné neuróny



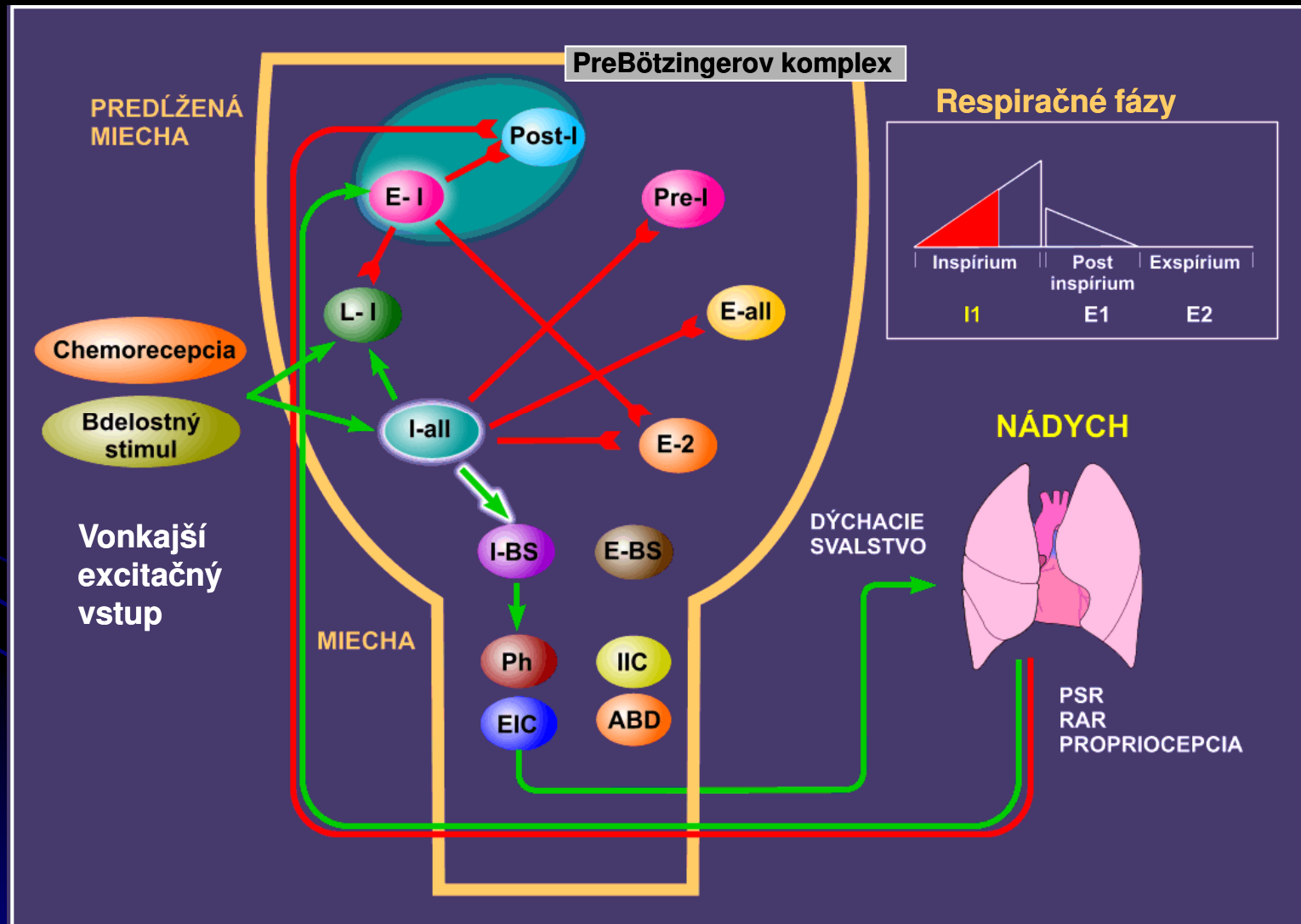
Kmeňová regulácia dýchania



Richter et al. 1993, 1997

Rekling a Feldman: Annu. Rev. Physiol., 60,1998

1. Excitačný vstup modulovaný inhibičnými synaptickými väzbami



2. Pacemaker v pre-Bötzingerovom komplexe

preBotC neuróny miesto tvorby respiračného rytmu cicavcov a chemorecepcie

Typ 1: N. rytmogénne (excitačné) (neurokinín receptor 1 pre SP) μ -opiát (+) senzitívne, tvorba PPE(-) (proenkefalin) menšie rostrálne, propriobulbárne (pre Insp) (Guyenet 2002)

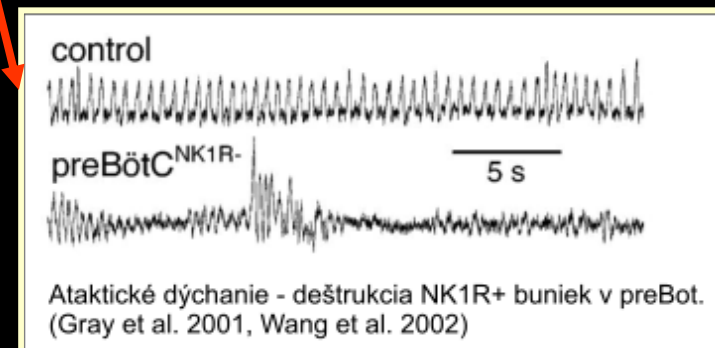
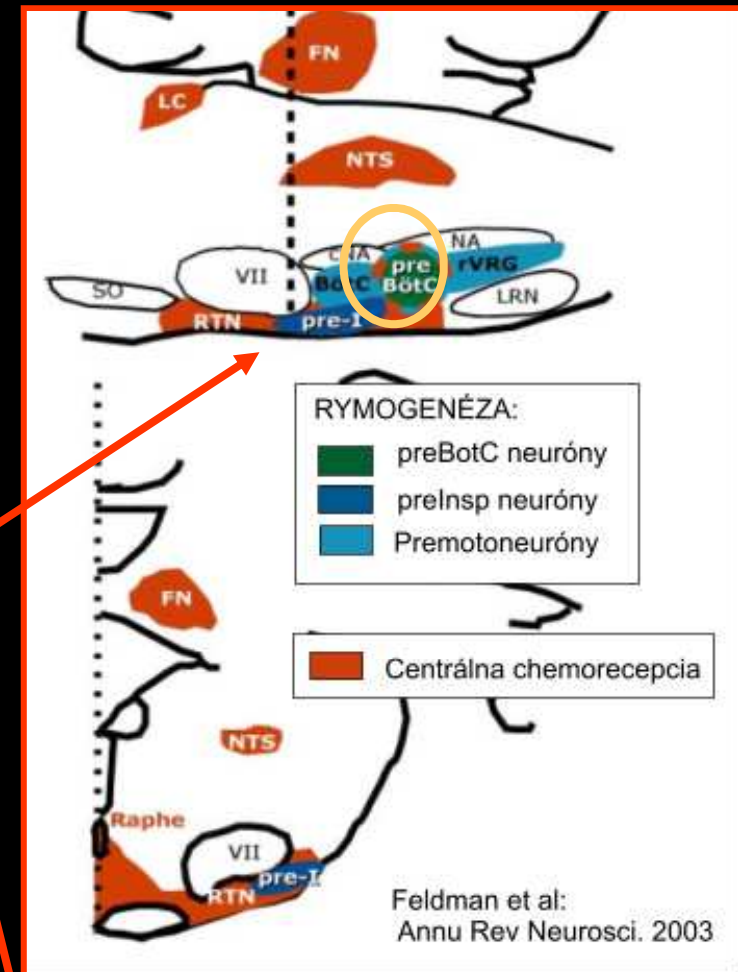
Typ 2: Sledovače, amplifikátory receptory: NK1R(+), μ -opiát (-); tvorba PPE(+) (rôzne vzory) - väčšie, kaudálne, bulbospinálne, I-AUG (Gray et al. 2001)

Typ 3: nonNK1R

Pacemakery v preBötC - persistentný sodíkový kanál (INaP) (Del Negro et al. 2001, Reikling & Feldman 1998)

Cd²⁺-senzitívne/hypoxia-senzitívne/riluzole-insenzitívne (Thoby-Brisson & Ramirez 2000)

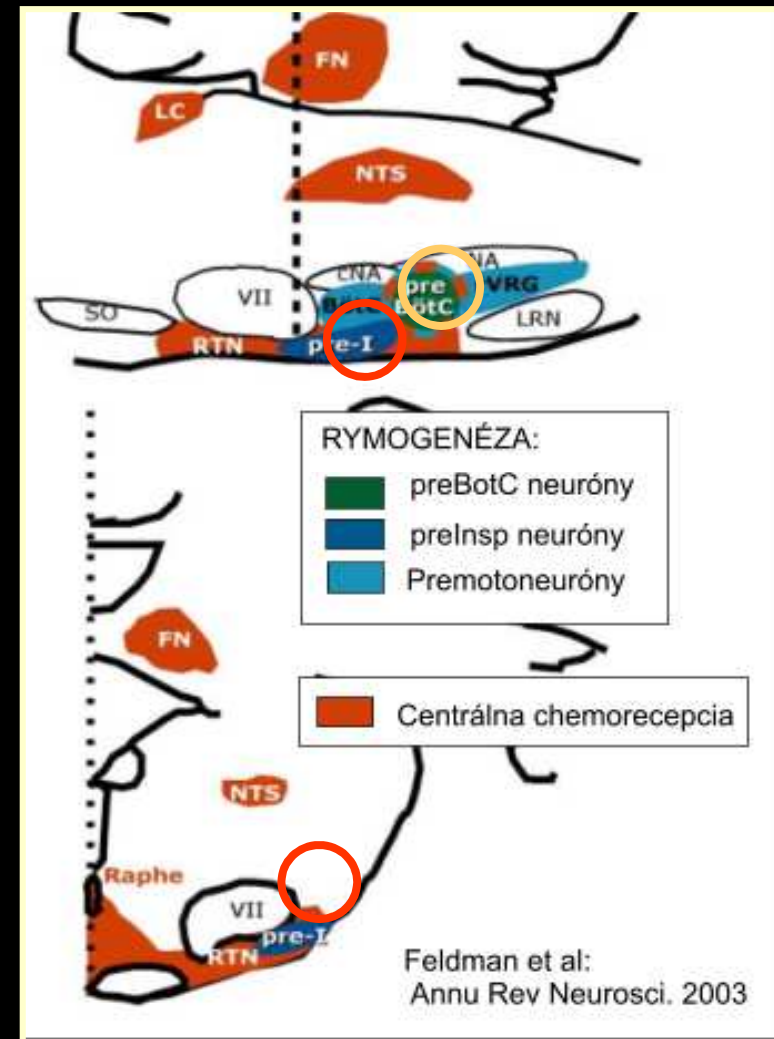
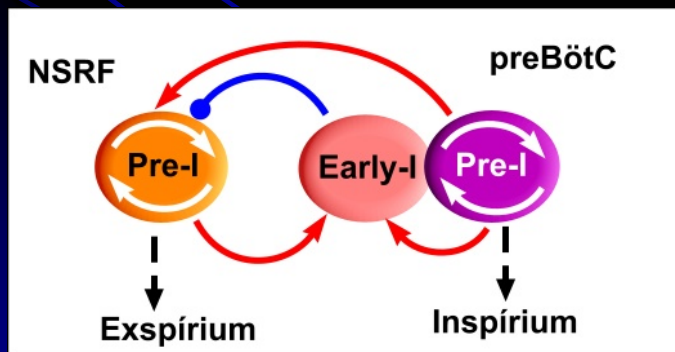
Cd²⁺-insenzitívne/hypoxia-insensitive/riluzole-sensitive zodpovedné za gasping (Ramirez et al. 2002)



3. Duálny generátor rytmu

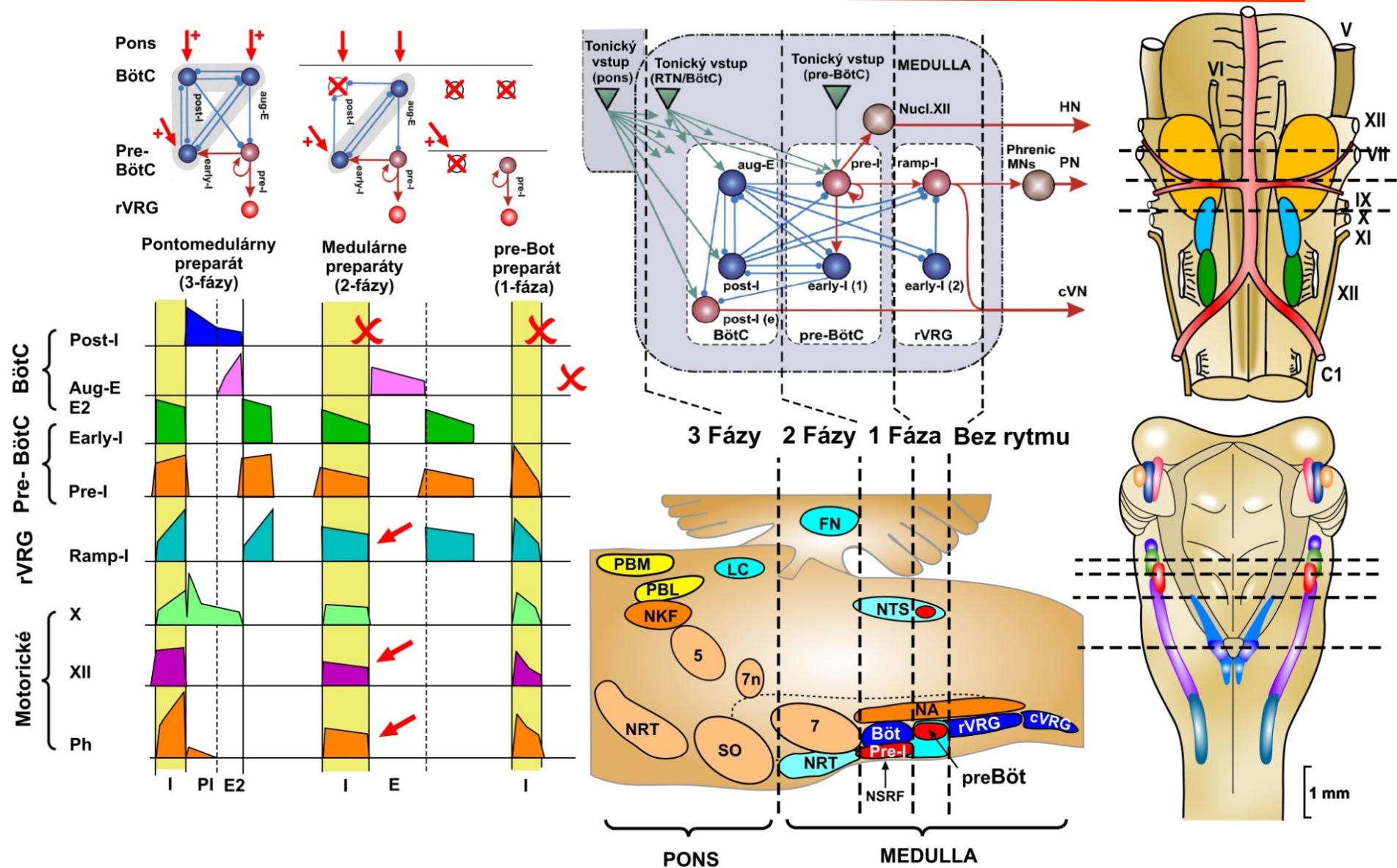
Parafaciálna respiračná skupina (pFRG)

- ventrálne a rostrálne od preBötC pri ventrálnom povrchu **nuc. subretrofacialis**
pre-I/ post-I (expiračná aktivita)
- μ -opiát insenzitívne pacemakery (*Onimaru a Homma 1988*) (nie sú suprimované anestéziou) (*Ballayni et al. 1999*)
- kandidát na alternatívny rytmus zdroj expiračnej aktivity: abdominálne svaly, faciálne, faryngeálne
- **pre - BötC** riadi inspirium; **pFRG** riadi expírium
(*Janczewski & Feldman, 2006*)

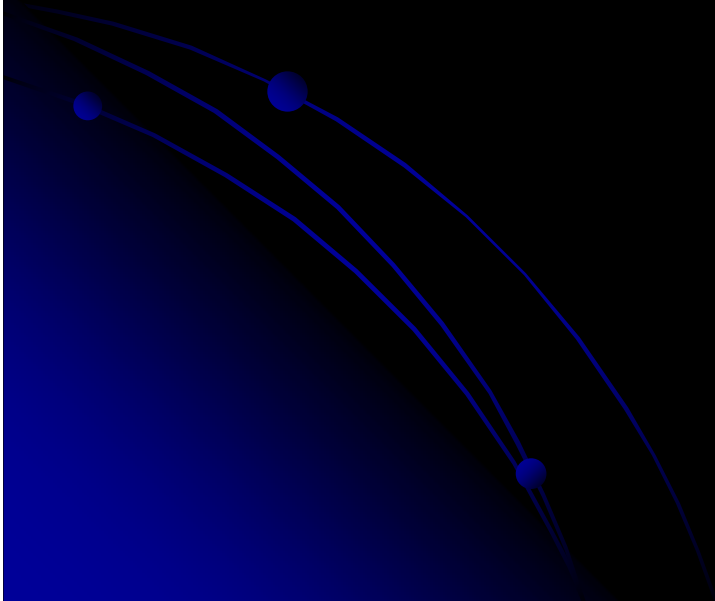


Janczewski & Feldman : Distinct rhythm generators for inspiration and expiration in the juvenile rat. J Physiol 570.2: 407–420, 2006

4. Ponto-medulárna regulácia



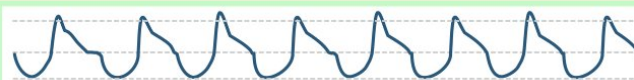
Chemorecepcia a acidobázická regulácia



Poruchy respiračného rytmu - Dysrytmie

Adaptívne a kompenzačné zmeny dýchania

EUPNOE (NORMOPNOE) 12- 20 d/min



dospelý 12-20 c/min,
dieťa 15-30 c/min
novorodenec 25-50 c/min

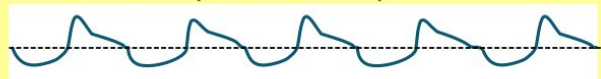
1. NOMOMORFNÉ ZMENY

TACHYPNOE (> 20 c/min)



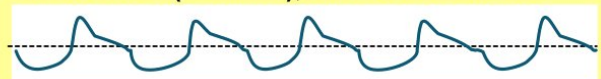
- Lieky spôsobujúce respir. útlm, intoxikácie
- Panika, bolesť, metab. alkalóza

BRADYPNOE (< 10-12 c/min)



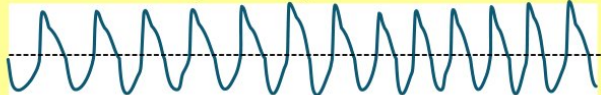
- Lieky spôsobujúce respir. útlm (morfín)

HYPOPNOE (< 6l/min), HYPOVENTILÁCIA



- Lieky, sedatíva, barbituráty, opiáty
- Ochorenia CNS

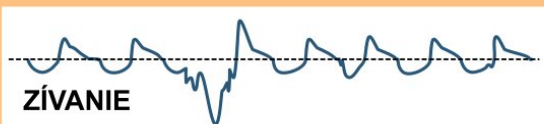
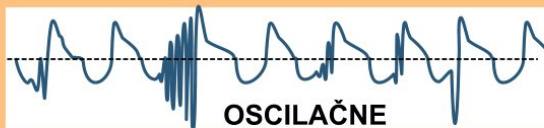
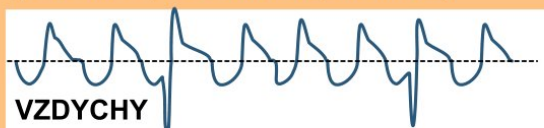
HYPERPNOE (> 8l/min), HYPERVENTILÁCIA



- pulmonálne patologické zmeny;
- difúzne supratentoriálne metabol. vplyvy

2. HETEROMORFNÉ ZMENY

**PREHLBENÉ DYCHY (NÁDYCHY)
(VZDYCHY, OSCILÁCIE, ZÍVANIE)**



- hypoxia, antiatelektatické, dysbal, vent/perf.

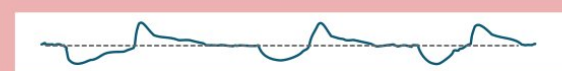
HYPOVENTILAČNÉ

SHALLOW BREATHING (PLYTKÉ)



- medulárne tegmentum, laterálna medulla

CENTRÁLNA HYPOVENTILÁCIA (CNHy)



- medulárne tegmentum, laterálna medulla,
- medulárny infarkt (Wallenbergov sy.) a pod

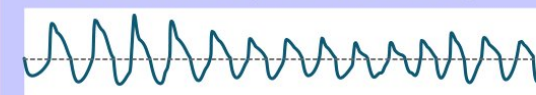
3. PRAVIDELNÉ NEAPNOICKÉ HYPERVENTILAČNÉ

**CENTRÁLNA NEUROGÉNNA
HYPERVENTILÁCIA (CNH) (> 40 c/min)**



- mezencephalon, rostrálny most

OBŠTRUKTÍVNE (AIR- TRAPPING)



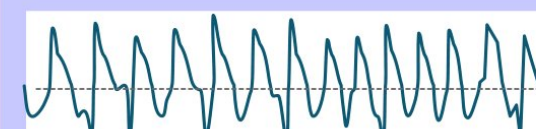
- CHOBPCH, astma a pod.

ACIDOTICKÉ (KOMPENZAČNÉ)



- laktát, ketolátky, renálna acidóza

KUSSMAULOVE DÝCHANIE

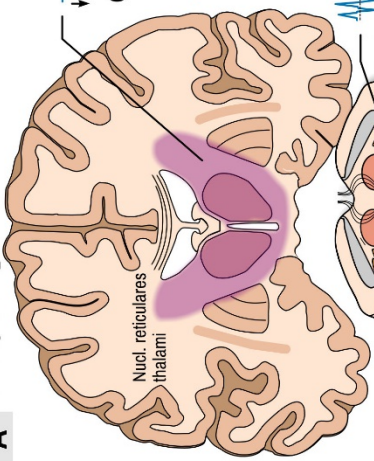


- medulárne tegmentum, laterálna medulla

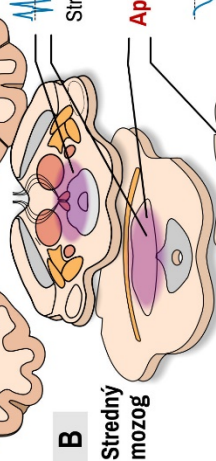
↓ Insp.

Cheyneho-Stokesovo dýchanie

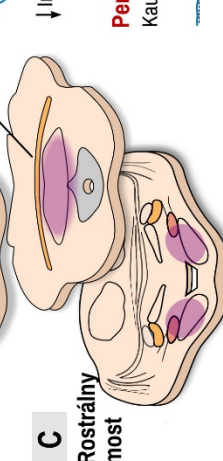
A Predný mozog



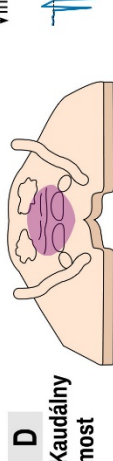
B Stredný mozog



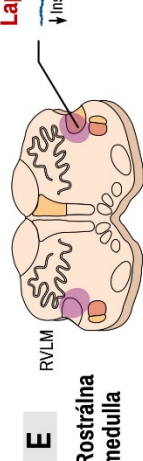
C Rostrálny most



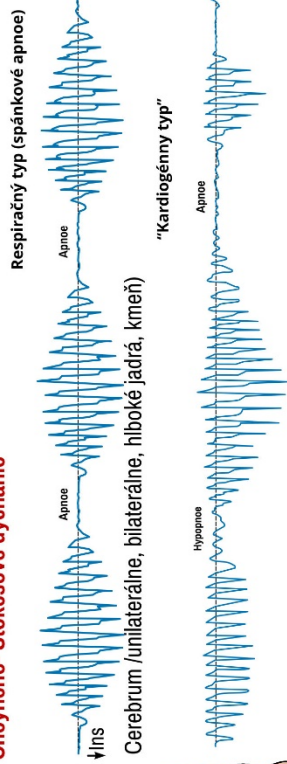
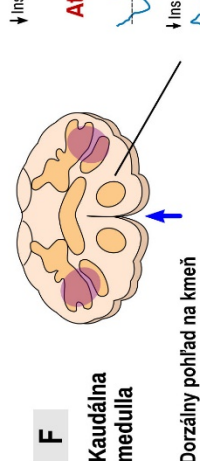
D Kaudálny most



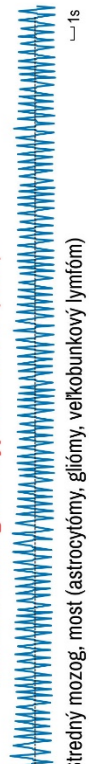
E Rostrálna medulla



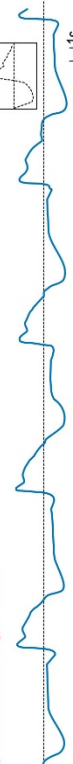
F Kaudálna medulla



Centrálna neurogénna hyperventilácia (CNH)

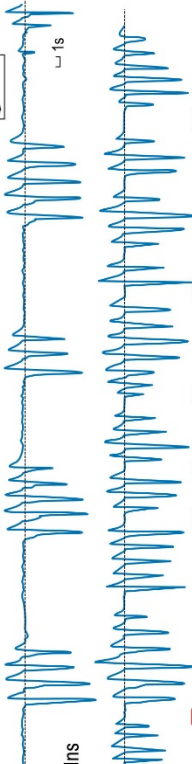


Apneustické dýchanie



Periodické dýchanie v skupinách dýchov (cluster breathing)

Kaudálny most, ponto-medulárny prechod, rostrálna predĺžená miecha



Lapavé dýchanie (gaspng)

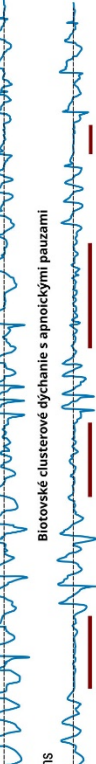


Centrálna neurogénna hypoventilácia



Ataxické dýchanie

Kontinuálne a dezorganizované

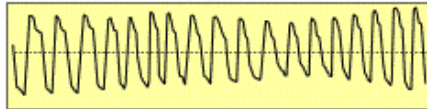


Blotkové clusterové dýchanie s apnoickými pauzami

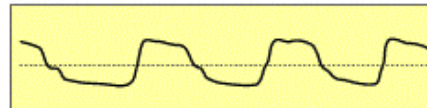
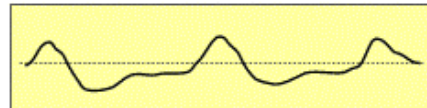


Poruchy respiračného rytmu

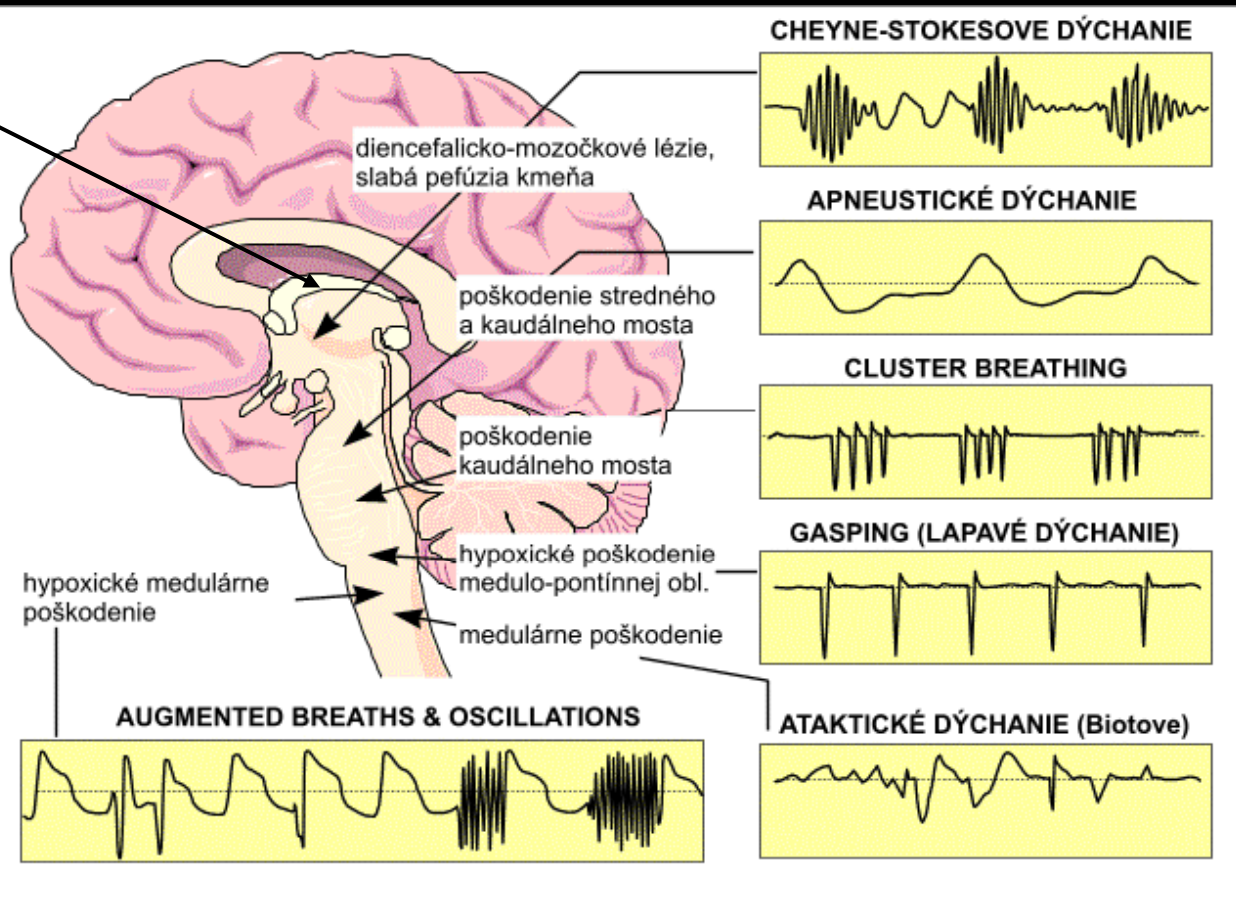
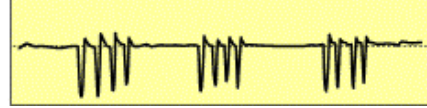
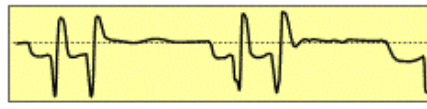
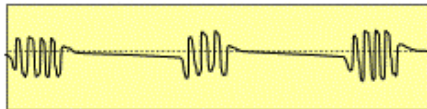
CNH (CENTRÁLNA HYPERVENTILÁCIA)



APNEUSTICKÉ DÝCHANIE



CLUSTER BREATHING



Poruchy rytmu modifikujúce eupnoické dychy

- Prehĺbené dychy (vzdychy) (augmented breaths)
- Oscilačné dychy (end-inspiratory oscillations)

Periodické rytmy non-eupnoického typu

- Cheyneove - Stokesove dýchanie
- Lapavé dychy (gaspings)
- Biotove dýchanie (cluster breathing)
- Apneustické dýchanie

CHEYNEHO - STOKESOVE DÝCHANIE

Definícia: Periodické dýchanie (cyklus 30 s – 2 min) kombinujúce hyperpnoické dychy s kreščendo a dekreščendo vzorom s apnoe

Príčiny:

1. Systémové : 25% kongestívne zlyhanie srdca, bronchopneumónia, renálne zlyhanie (urémia), intoxikácia: CO, morfín

2. Cerebrálne: cerebrálne poškodenie (unilaterálne, obvykle bilaterálne supratentoriálne; globálna ischemická CMP, encefalopatia, cerebrálne krvácanie, traumy a tumory mozgu, intrakraniálna hypertenzia, toxická metabolická encefalopatia,

3. Kompenzačné a iné: pri spánku (zaspávanie, NREM 1-2), spánok vo vysokej nadmorskej výške, horská choroba, spánkové apnoe a iné spánkové poruchy dýchania

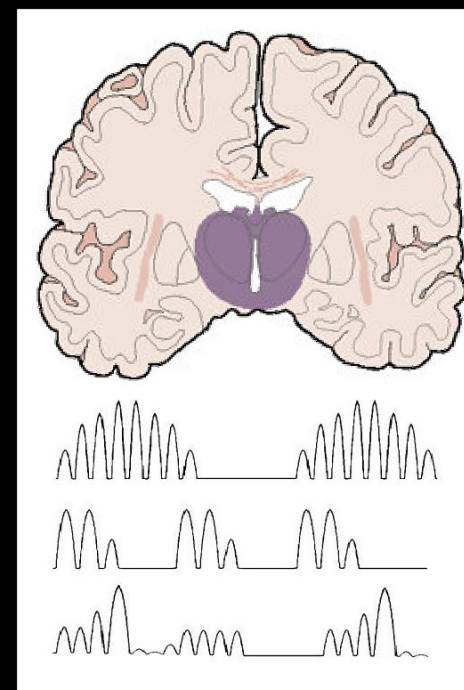
- *Cheyne, J. : A case of apoplexy in which the fleshy part of the heart was converted into fat. Dublin Hospital Reports, 1818, 2: 216-223.*
- *Stokes W.: "Fatty degeneration of the heart." In his: The Diseases of the Heart and Aorta Dublin, by alok mishra pp. 320–327, 1854*



John Cheyne
(1773-1836)

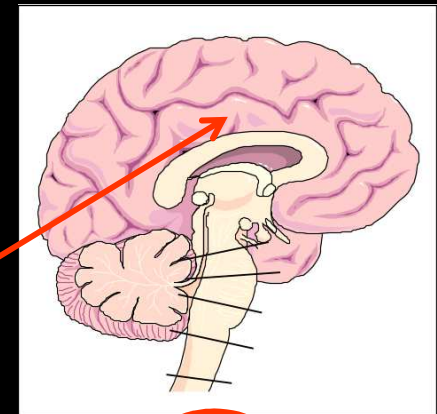
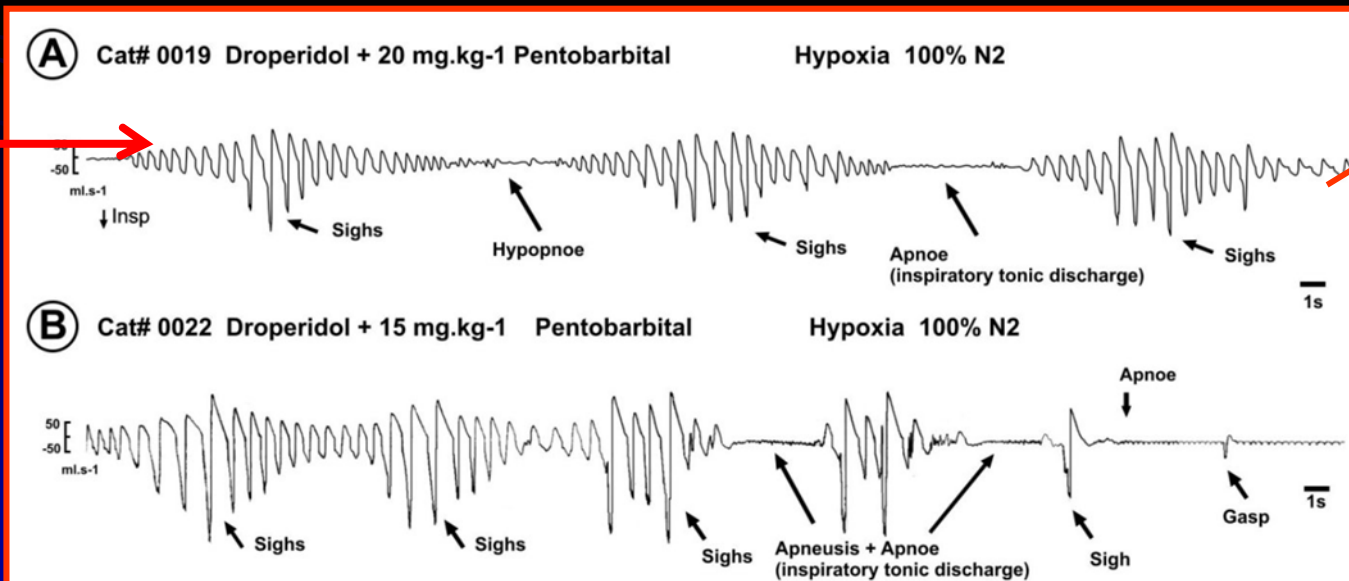


William Stokes
(1804 – 1878)



VARIANTY CHEYNE - STOKESOVEHO DÝCHANIA

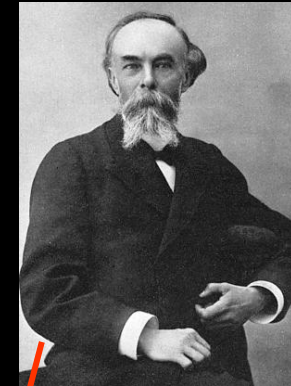
- **Cheyne- Stokes - "cluster breathing" variant:** nie sú natoľko výrazné krešcendo/ dekrešcendo zmeny hypopnoe, menej dychov, dlhšie pauzy apnoe
- **Cheyne-Stokes variant (Periodické dýchanie) :** CSD s hypopnoe
- Experimentálne CSD u mačky v pertobarbitalovej anestézii a servorespirácii: hypoxia a vyradenie CO₂/pH stimulácie:
Cherniack ,NS, von Euler C, Homma I, Kao FF.: .Experimentally induced Cheyne-Stokes breathing. Respir Physiol. 37(2):185-200,1979
- Experimentálne CSD u mačky pri anoxickej hypoxia po použití Droperidolu (D2- antidopaminergný
Beňačka, R. et al.: Periodické a aperiodické formy dýchania počas akútnej experimentálnej hypoxie. In: Patofyziológia 2010, Ed. Beňačka, R. LF UPJŠ Košice, s.89-- 92



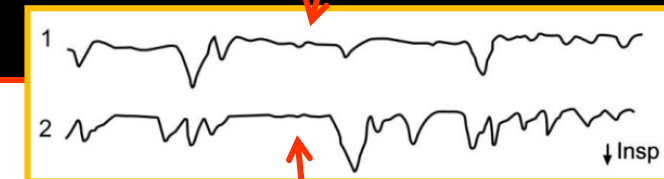
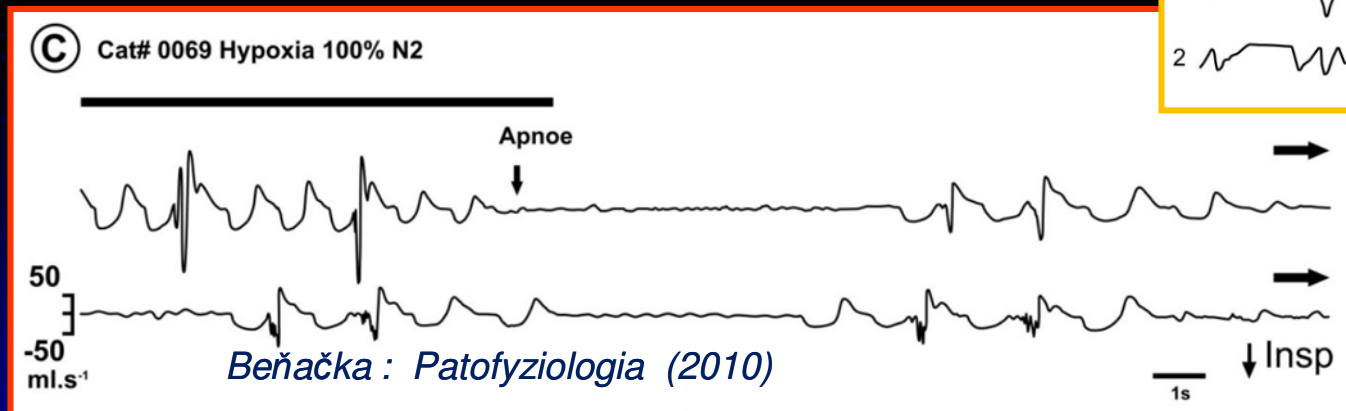
CO₂ senzitivita;

BIOTOVE DÝCHANIE (BIOT BREATHING)

- Synonymá: ?? ataktické dýchanie, (Biot breathing, Biot sign, respiratory ataxia) dýchanie pri tuberkulóznejej meningitíde
- Definícia: úplne nepravidlený dychový rytmus malé série dychov per-manentne variabilnej frekvencie a hĺbky (úsilné dychy, vzdychy alebo ploché dychy) prerušovanými pauzami apnoe
- Historicky najmenej presne definovaná forma dychového vzoru. Často stotožňovaná s "cluster breathing" (CB),
- Príčiny: a) Lézie respiračných štruktúr v mozgovom kmeni siahajúce od dorzomediálnej medully k obexu; b) pontomedulárny región c) !! bihemisferické poškodenie (meningitída)



Camille Biot



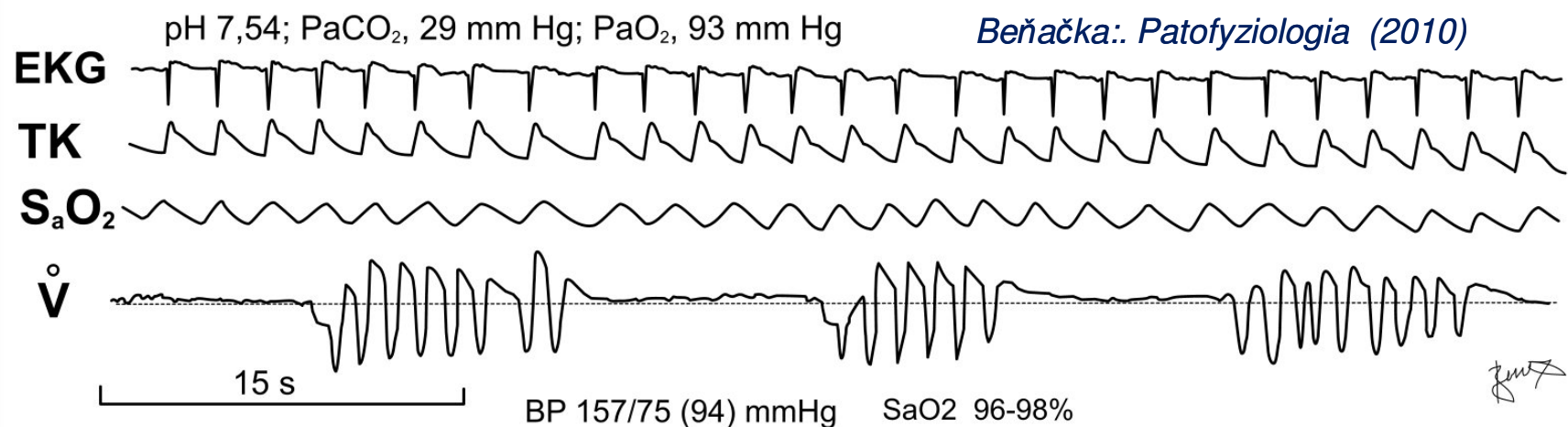
Biot, M.C. : Contribution a l'etude du phenomene respiratoire de Cheyne-Stokes. Lyon Med 1876; 23517- 528, 561-567

Webber, C.L., Jr., Speck, D.F.: Experimental Biot periodic breathing in cats: effects of changes in PiO₂ and PiCO₂. Respir Physiol 1981;46327- 344

DYCHOVÉ EPIZÓDY (CLUSTER BREATHING)

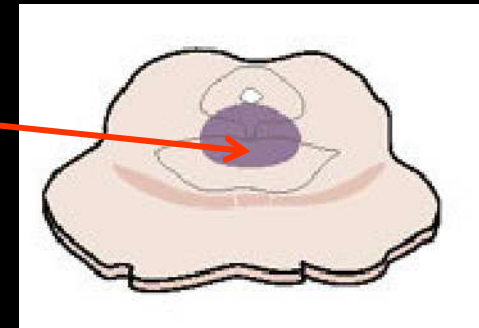
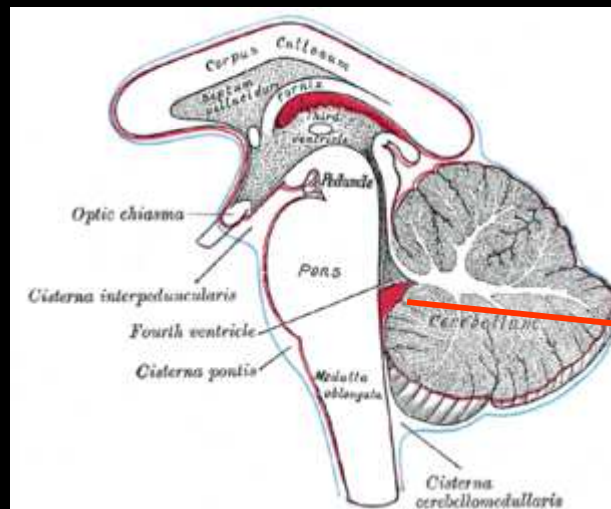
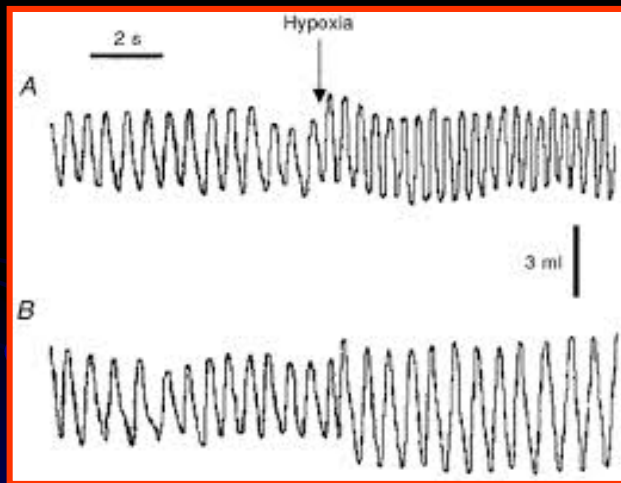
- Synonymá: ?? episodic breathing, Biotove dýchanie, nested breathing
- Definícia: tzv. periodický typ dýchania s tesne zoskupnými skupinami (hniezdami) dychov (4-7), ktoré sú nasedované (oddelené) periódami apnoe; dychy v skupinách majú relatívne podobnú, pravidlenejšiu dĺžku trvania a amplitúdu
- Príčiny:
 - a) **Kmeň**: lézia kaudálneho mosta/ vysoké medulárne lézie, cerebelárne krvácanie s kompresiou kmeňa, Shy-Dragerov syndróm, anoxická encefalopatia,
 - b) **Kortikálne**: MRI potvrdená kortikálna laminárna nekróza po ischemizujúcom vazospazme (a. cerebri media) u pacienta po subarachnoidálnom krvácaní

Freeman, W.D., Sen, S., Roy, T.K., Wijdicks, E. F. M.: Cluster breathing associated with bihemispheric Infarction and Sparing of the Brainstem. Arch Neurol., 63(10): 1487-1490, 2006



CENTRÁLNA NEUROGÉNNÁ HYPERVENTILÁCIA

- Definícia: udržované rýchle a pomerne pravidelné hlboké hyperpnoe (> 25 c/min) s následnou hypokarbémiou (Plum a Swanson 1959)
- Príčiny: lézia centrálného mediálneho tegmenta mosta; zakrvácanie, nádory mozgu (astrocytóm, meduloblastóm, gliómy), metastatické nádory (rôzne) ; prerušenie descendntných dráh inhibičných z mezencefa (?)

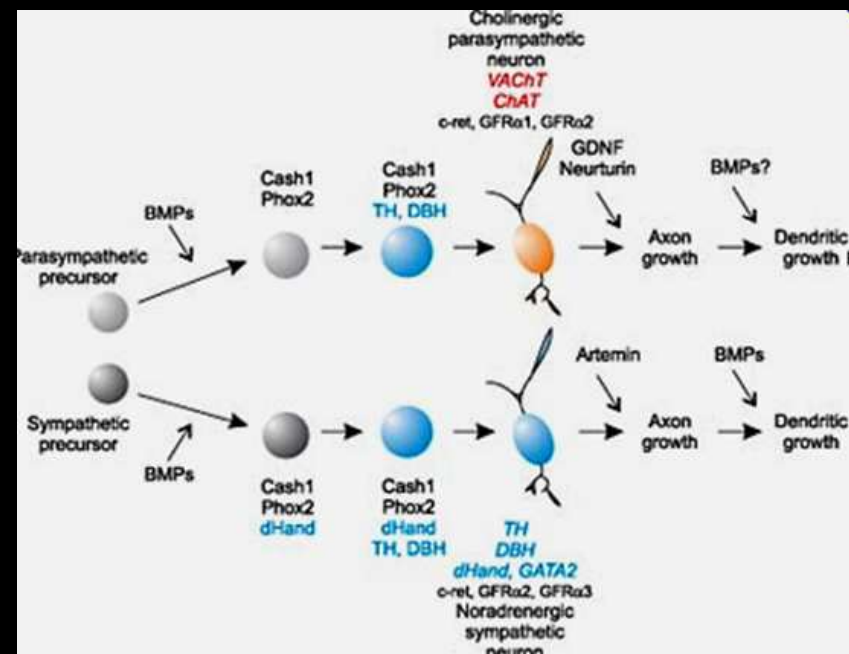
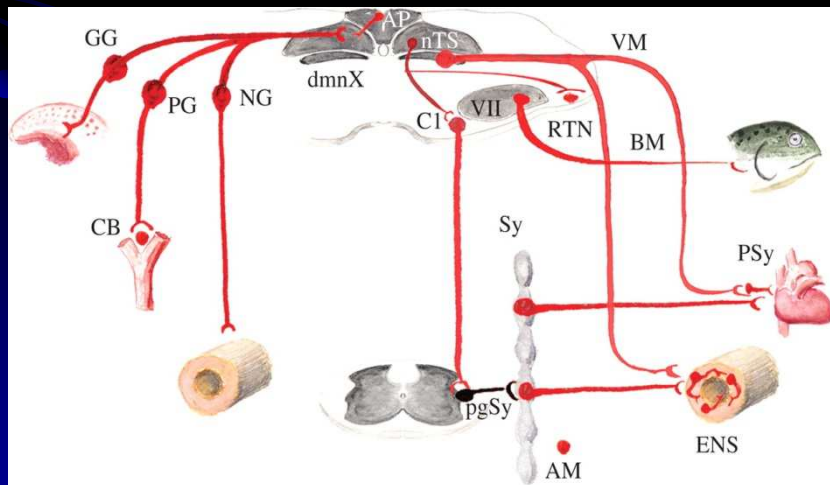


Tarulli, Andrew W.; Lim, C; Bui, JD; Saper, CB; Alexander, MP.: *Central Neurogenic Hyperventilation: A Case Report and Discussion of Pathophysiology*". *Archives of Neurology* 62(10): 1632–1634, 2005

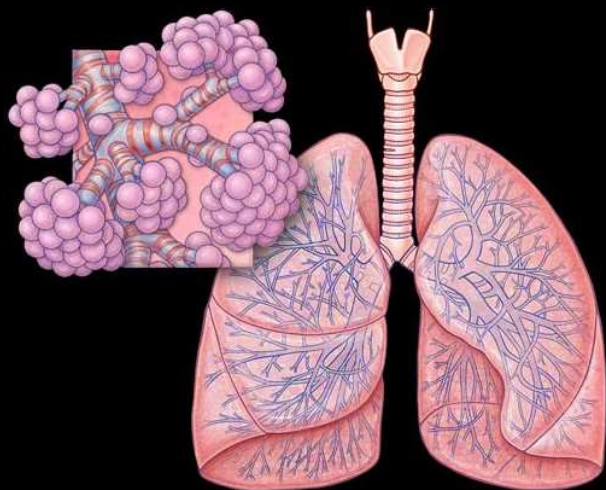
Takahashi, M.; Tsunemi, T.; Miyayosi, T.; Mizusawa, H.: *Reversible central neurogenic hyperventilation in an awake patient with multiple sclerosis*". *Journal of Neurology* 254 (12): 1763–1764, 2007

CENTRÁLNA NEUROGÉNNA HYPOVENTILÁCIA

- **Kongenitálny centrálny hypoventilačný syndróm (CCHS) Ondinina kliadba :**
zastavenie respirácie počas spánku niekedy pri bdení (Stornetta et al. 2006)
- **Neurokristopatia:** neuroblastóm, nádory sympatikových ganglií, Hirschsprungova choroba, dysfágia, dysgenéza katecholaminergných a serotoninergných štruktúr, ANS
- Gén PHOX2B (Ch4) traskripčný faktor
(Paired-like homeobox 2b)
- Oblasti exprimujúce Phox2b: vo väčšine v neurónoch kontrolujúcich dýchanie a viscerálne funkcie (kardiovaskulárne, digestívne, respiračné),



Myši s mutáciou (Phox2b 27Ala/+) majú až 85% redukciu NRT; **úplna strata centrálnej chemorecepce**



Respiračné poruchy podľa funkcie

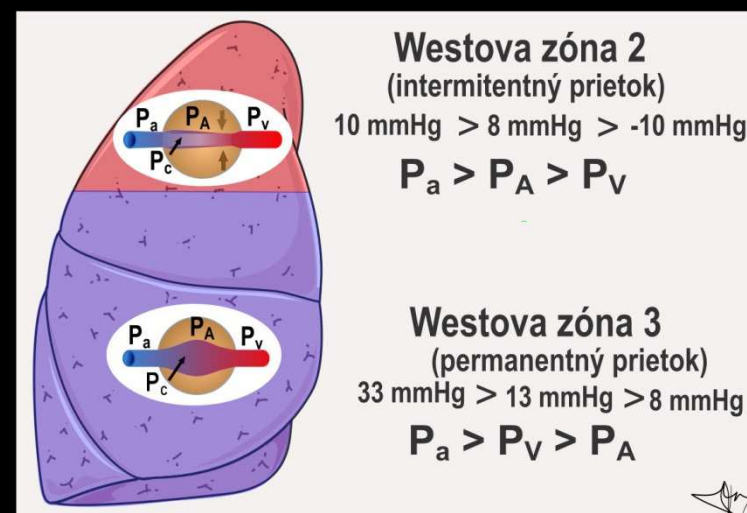
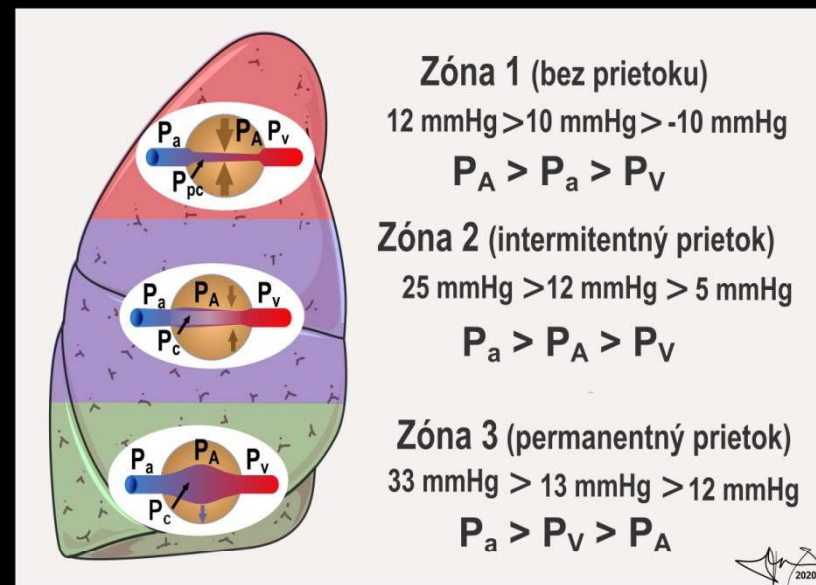
Westove zóny

Vonkajšie dýchanie:

- a) ventilácia pľúc a distribúcia vzduchu v pľúcach
- d) difúzia plynov cez alveolo-kapilárnu membránu
- c) perfúzia pľúc a distribúcia krvi v pľúcach

Ventilačno-perfúzne pomery v alveoloch

- V stojacej, ležiacej polohe, sede – existujú odlišnosti v dychových objemoch i perfúzii jednotlivých oblastí pľúc
- Geometria pľúc – ženy sudkovitý hrudník – stred (rastúci plod); muži trojuholníkový hrudník - bazy
- Dolné č. pľúc - veľmi dobre perfundované z a. pulmonalis (+ 9 mmHg); tendencia k úniku tekutiny; dýchanie u mužov
- Stredné č. pľúc – optimálne ventilované (ženy); pomerne dobre perfundované
- Horné č. pľúc – málo perfudované; normálne málo ventilované (→ ortopnoe; hlboký dych)



A Stoj

Westove zóny

Zóna 1

↑ $\dot{V}/\dot{Q}$

Zóna 2

↓ $\dot{V}/\dot{Q}$

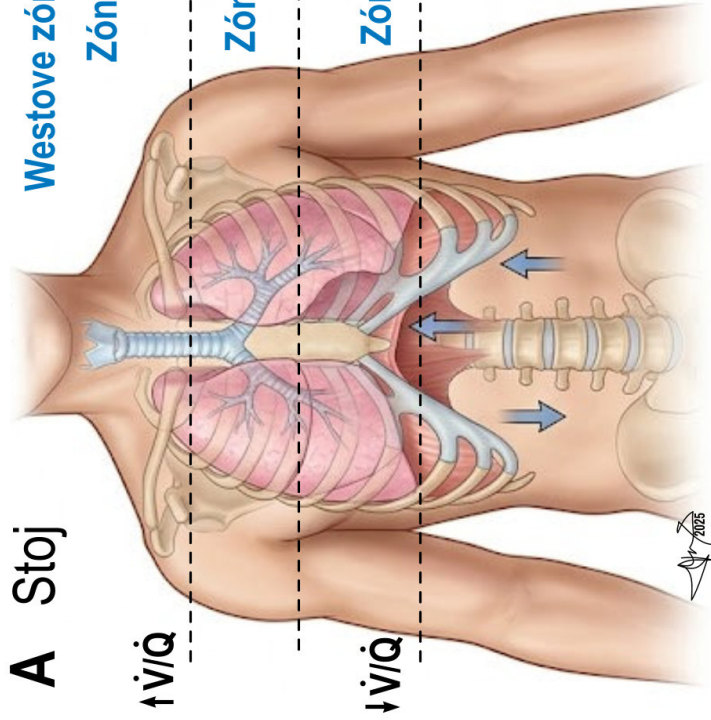
Zóna 3

Pokojně dýchanie $\dot{V}/\dot{Q} \sim 2,5 - 3,3$
 Krátka hyperventilácia $\dot{V}/\dot{Q} \sim 2$
 Dýchanie počas behu $\dot{V}/\dot{Q} 1,2 - 1,5$

Pokojně dýchanie $\dot{V}/\dot{Q} \sim 0,8 - 1$
 Krátka hyperventilácia $\dot{V}/\dot{Q} < 0,8$
 Dýchanie počas behu $\dot{V}/\dot{Q} 1,0 - 1,2$

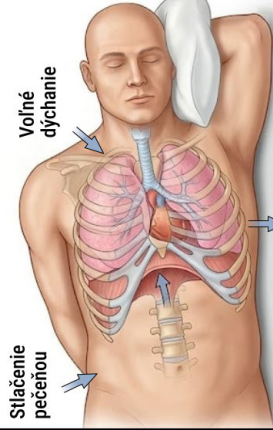
Pokojně dýchanie $\dot{V}/\dot{Q} \sim 0,6 - 0,8$
 Krátka hyperventilácia $\dot{V}/\dot{Q} < 0,6$
 Dýchanie počas behu $\dot{V}/\dot{Q} 0,8 - 1$

- Plná expanzia pľúc
- Rovnomerná distribúcia vzduchu
- Bránica pracuje optimálne - orgány sú gravitáciou presunuté do brušnej dutiny
- Krv sa gravitáciou akumuluje v bázach pľúc



B Dekubitačná poloha

Stlačenie pečeniou

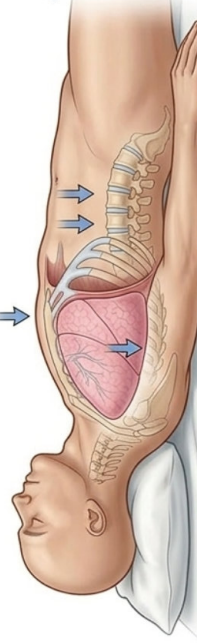


↓ $\dot{V}/\dot{Q}$ Stlačenie pľúc, atelektáza, Akumulácia krvi

C Supinačná poloha

- Oslabené dýchanie v stlačenej časti
- Nerovnomerná distribúcia vzduchu
- Krv sa gravitáciou akumuluje do najnižšej časti pľúc

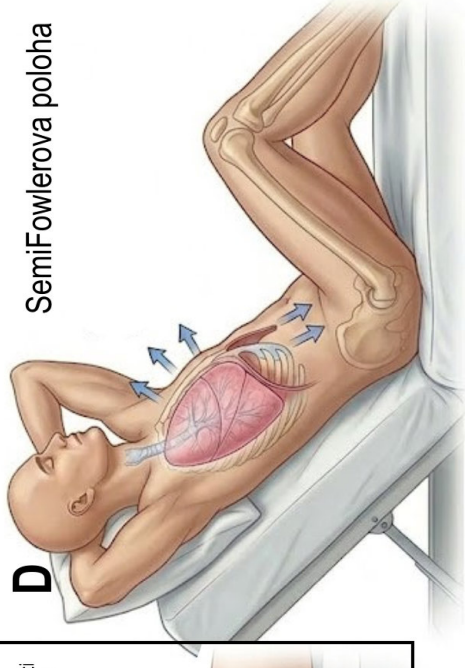
$\dot{V}/\dot{Q}$



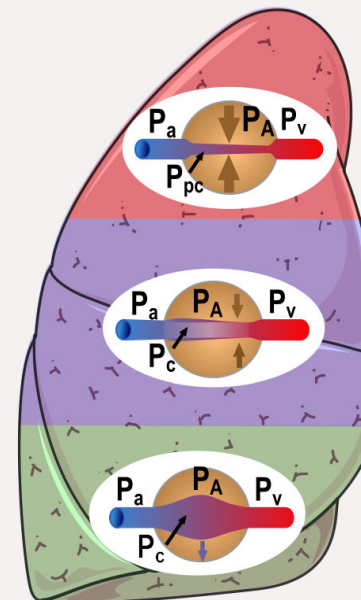
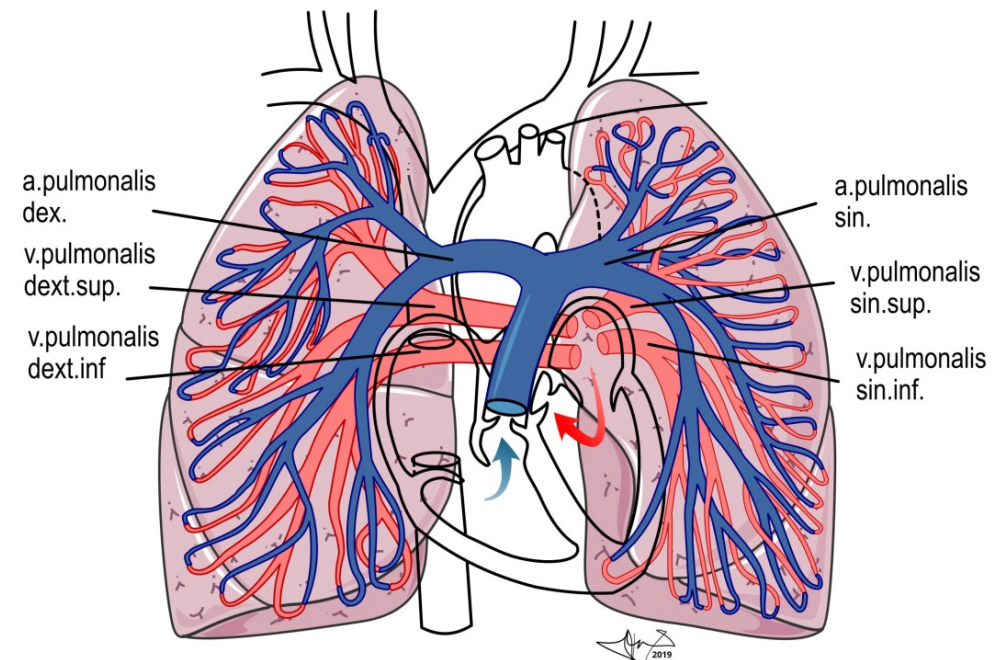
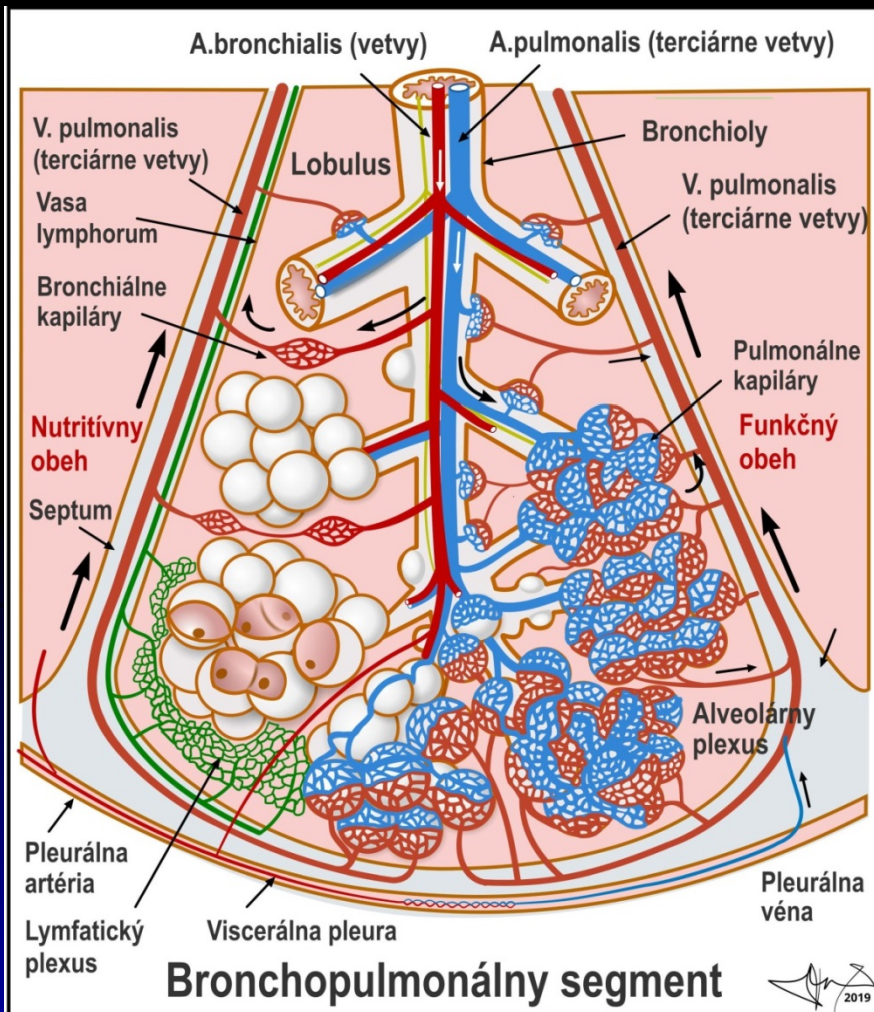
↓ $\dot{V}/\dot{Q}$ Stlačenie pľúc, atelektáza, Akumulácia krvi

D

SemiFowlerova poloha



Perfúzia



Zóna 1 (bez prietoku)

12 mmHg > 10 mmHg > -10 mmHg

$$P_A > P_a > P_v$$

Zóna 2 (intermitentný prietok)

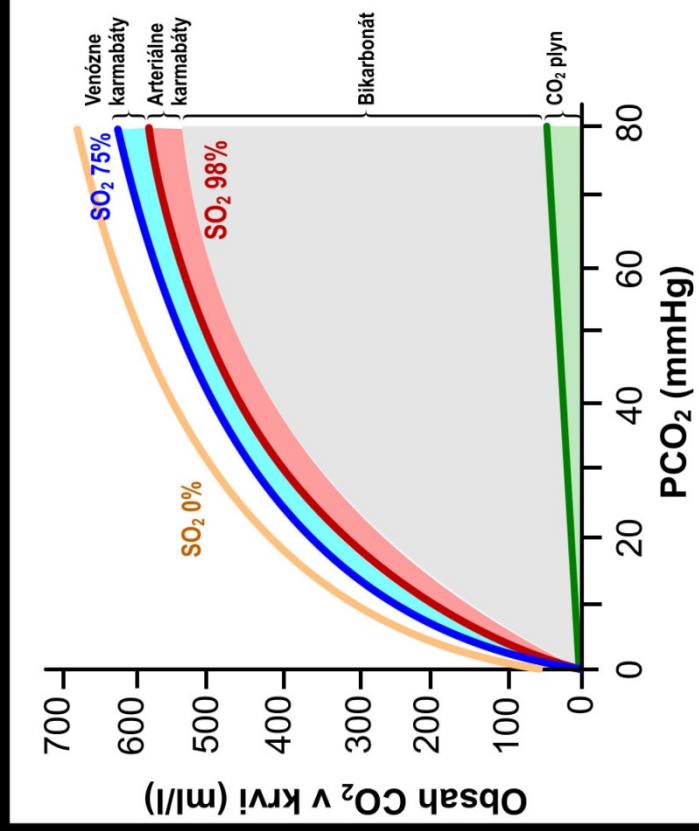
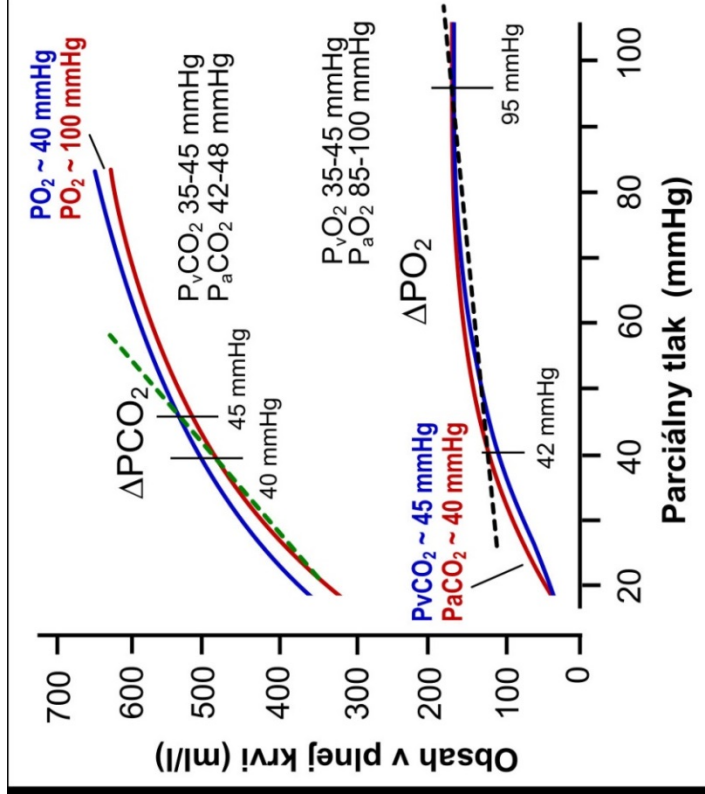
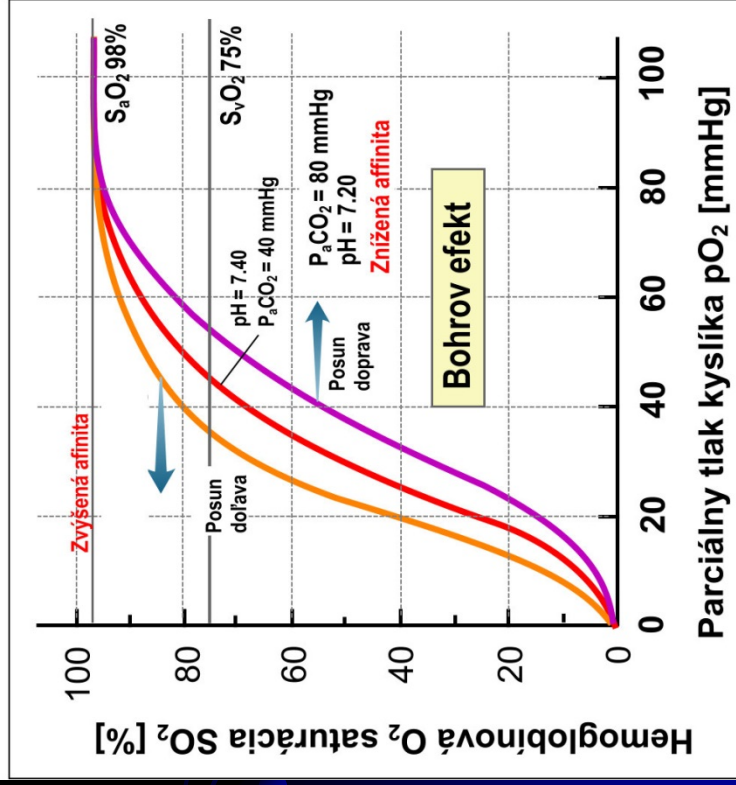
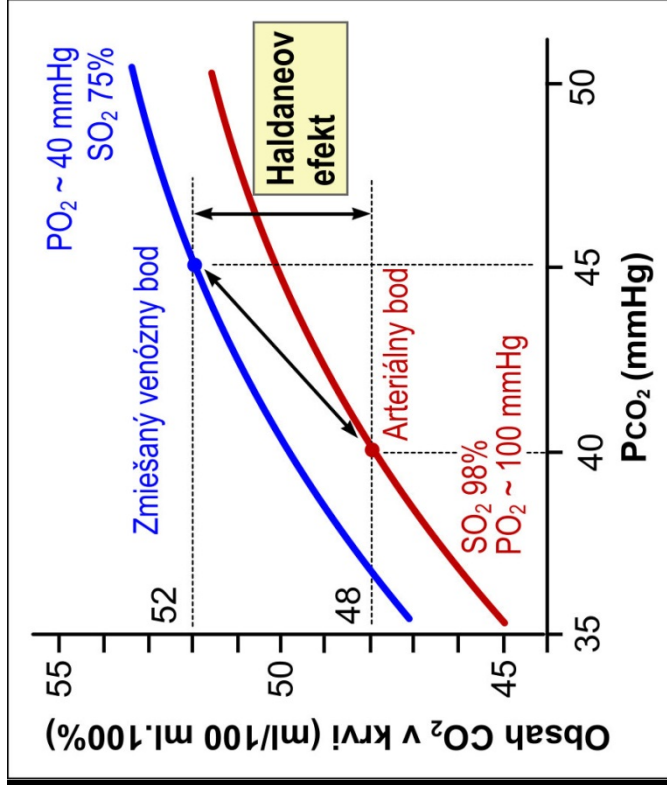
25 mmHg > 12 mmHg > 5 mmHg

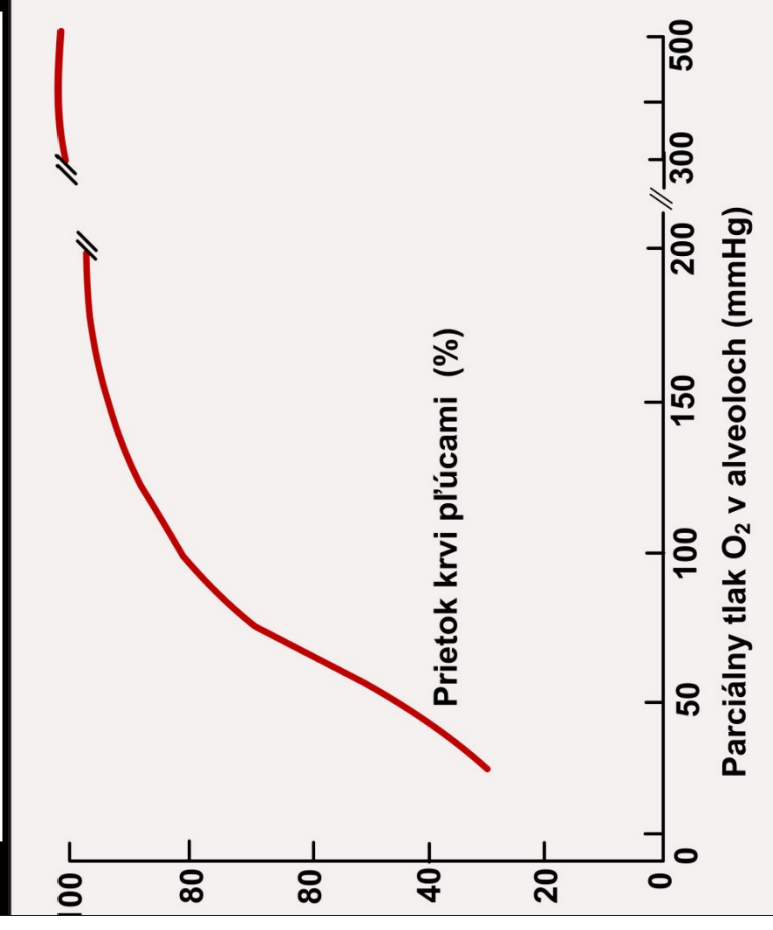
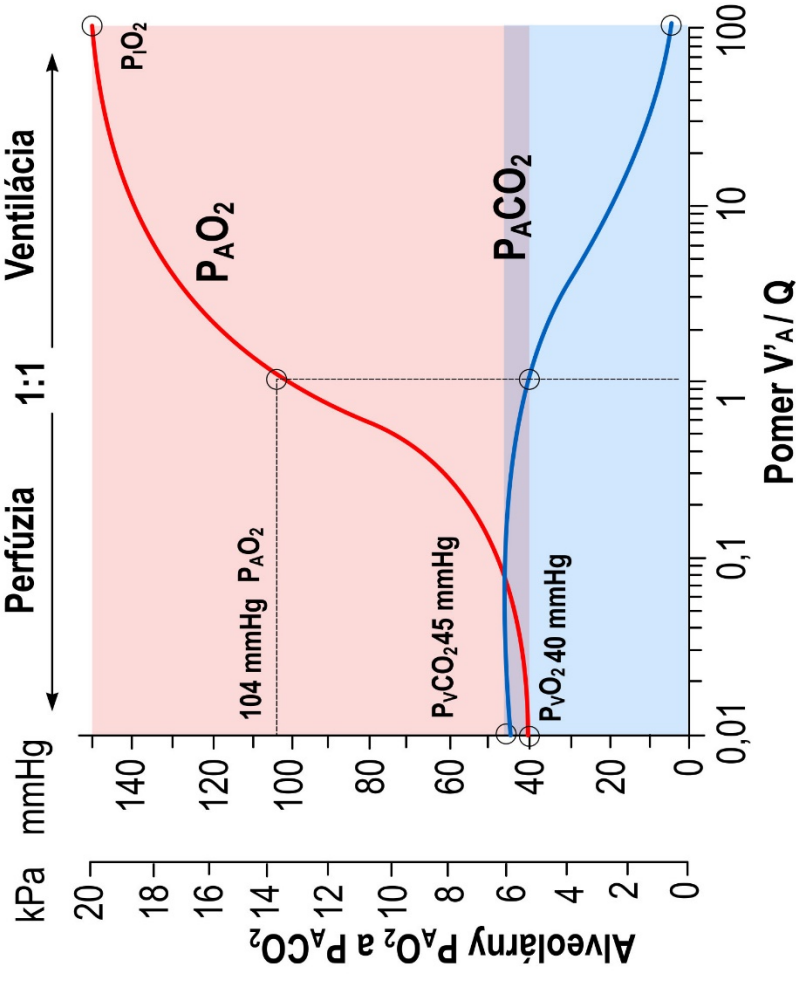
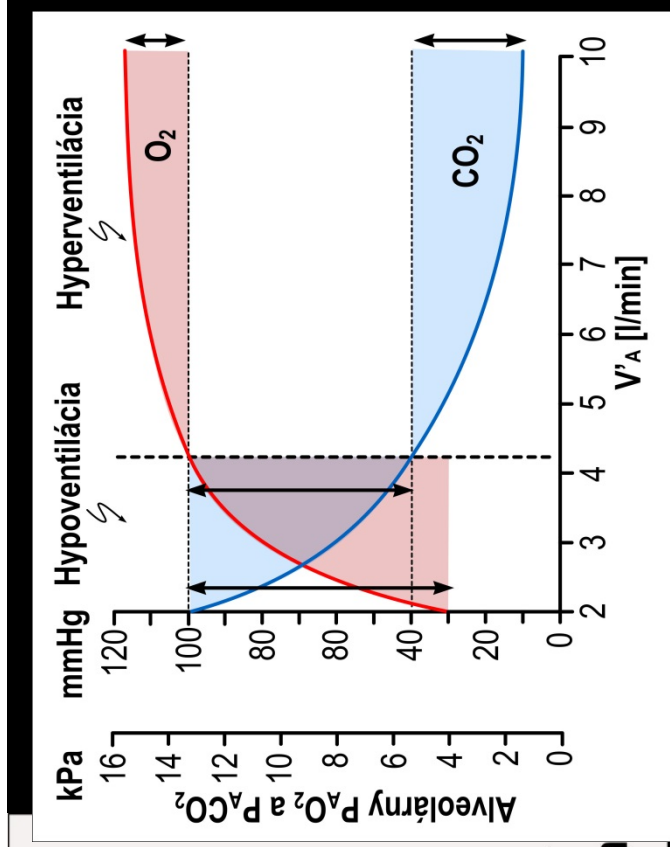
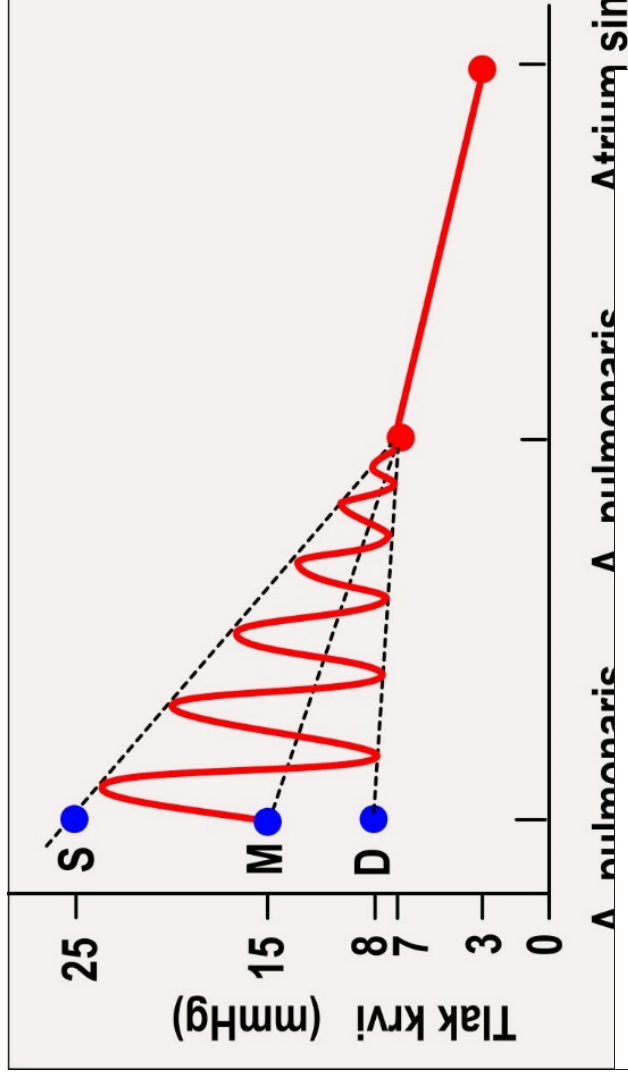
$$P_a > P_A > P_v$$

Zóna 3 (permanentný prietok)

33 mmHg > 13 mmHg > 12 mmHg

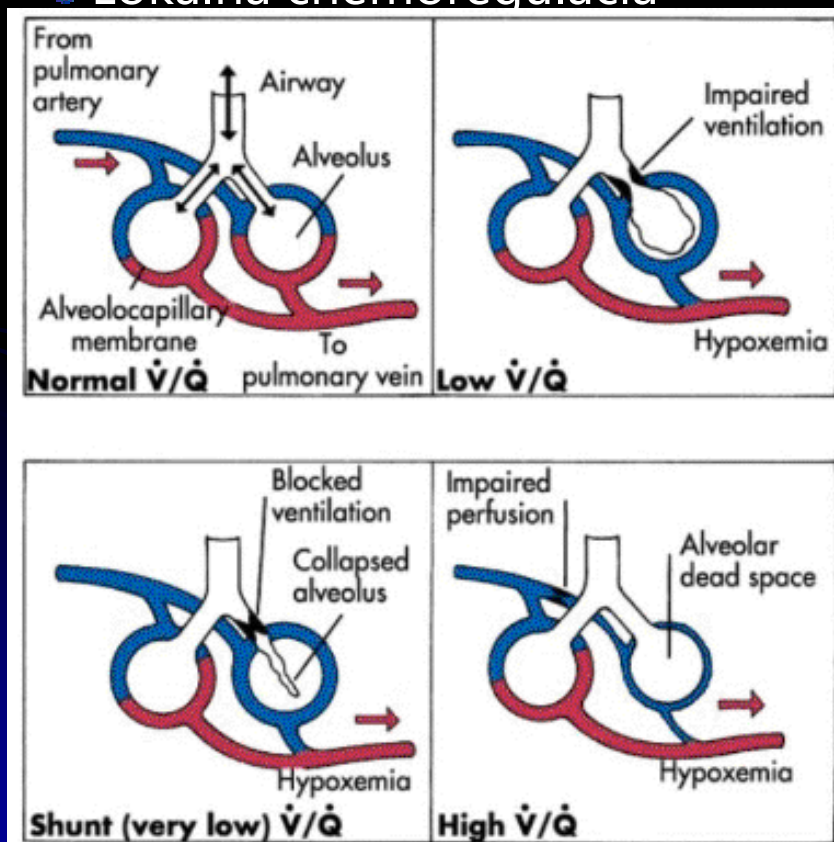
$$P_a > P_v > P_A$$



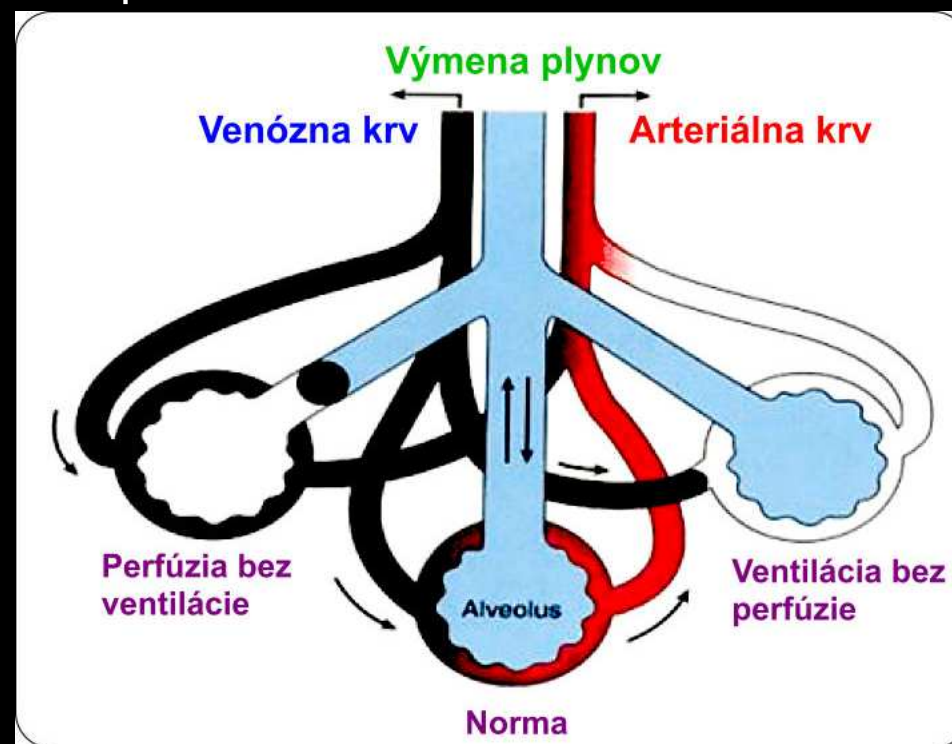


Ventilačno perfúzne pomery

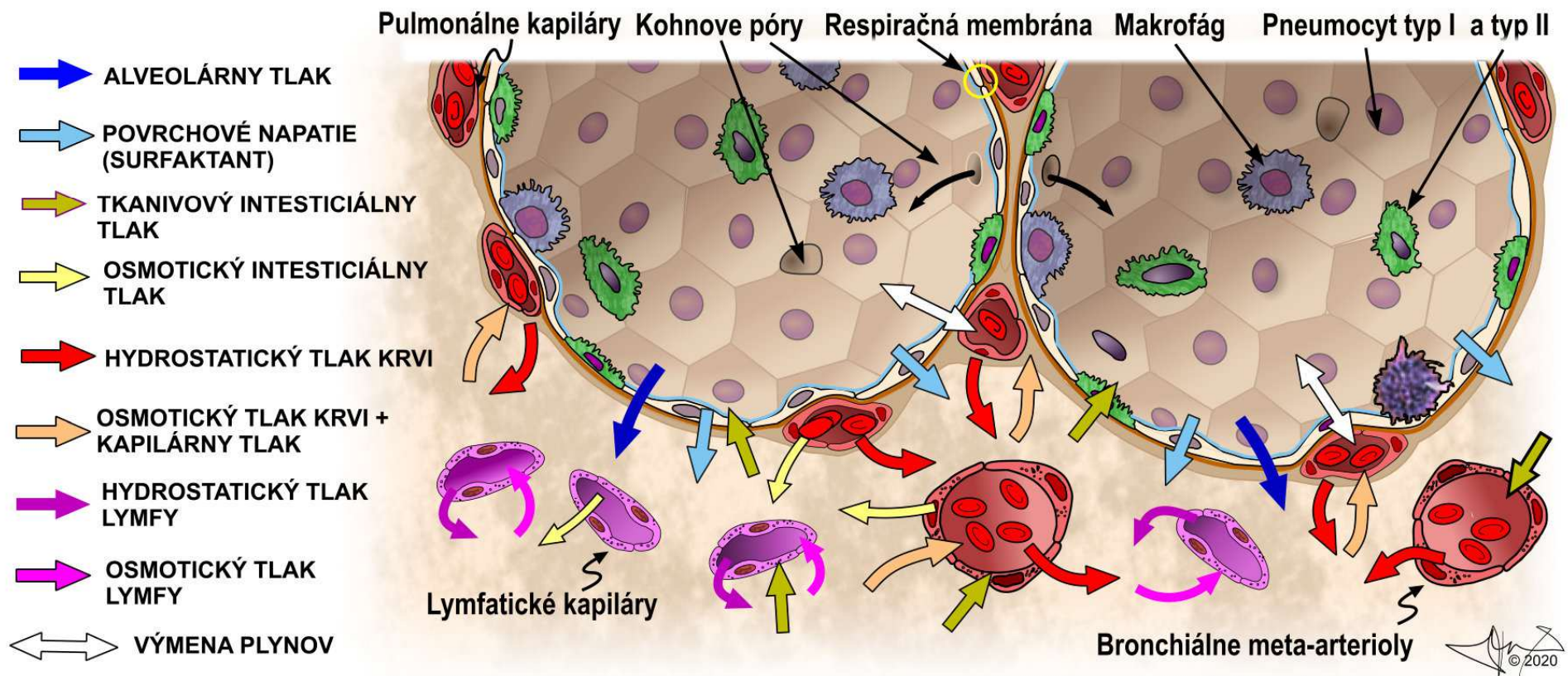
- Ventilačno-perfúzne pomery (V/Q) – optimálne ~ 1 (100%)
- Nervovo-humorálna autoregulácia
- Lokálna chemoregulácia



- $\uparrow V/Q$ - **Ventilačný shunt** – dýchanie do neperfundovaných polí pľúc
- $\downarrow V/Q$ - **Cirkulačný shunt** – dýchanie do neventilovaných polí pľúc



Plúcny edém – výstup tekutín do interstícia



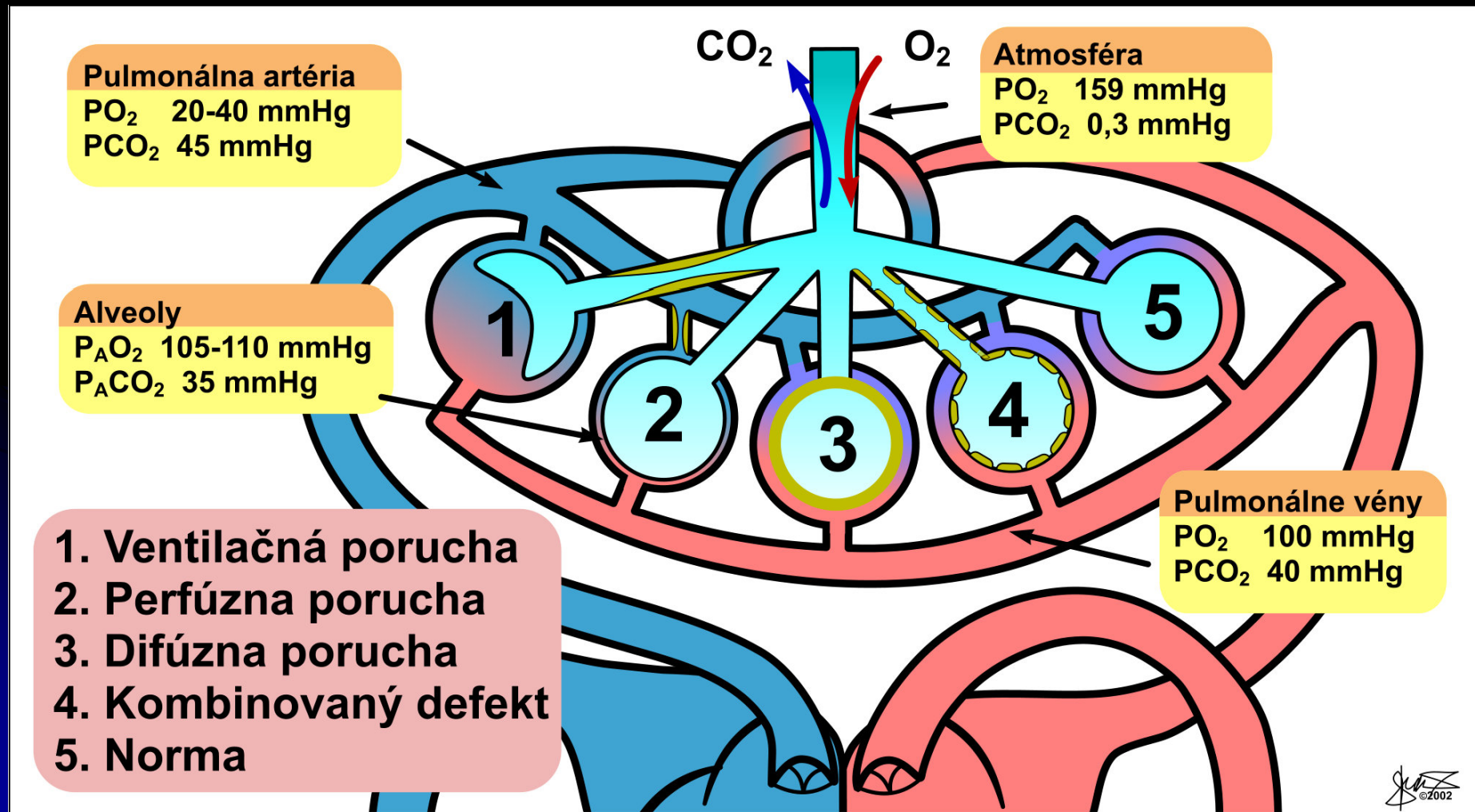
Rôzne poruchy ovplyvňujúce respiráciu

Ventilácia

Distribúcia

Perfúzia

Difúzia



Poruchy distribúcie

Obmedzená perfúzia ventilovaných častí

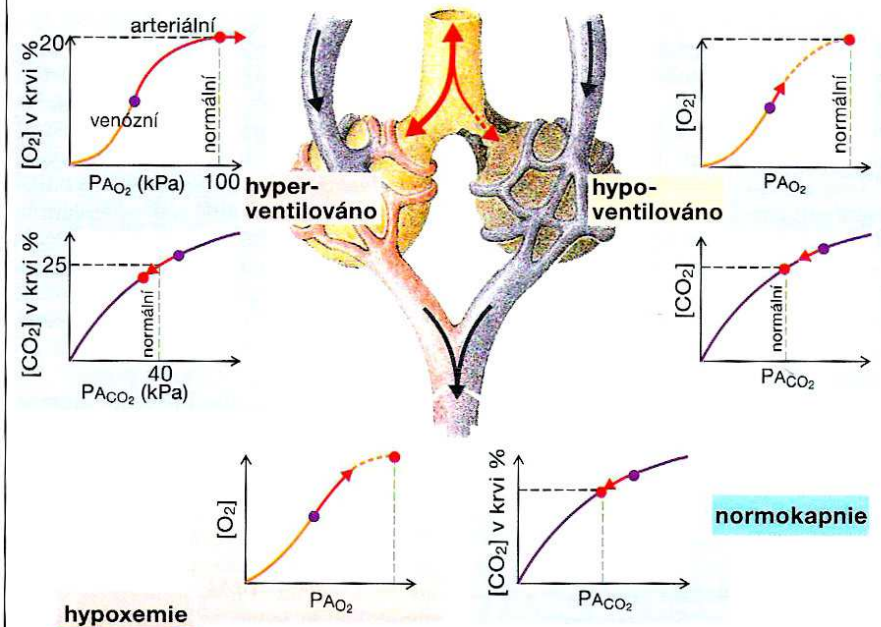
- Makroembólia pľúc (dolné končatiny, pelvis)
- Mikroembolizácia (lokálne zápaly)
- Pľúcna fibróza (odtláčenie ciev tkanivom)
- Funkčné skraty (medzi A-V)
- Zväčšenie funkčného mŕtveho priestoru
- Kompenzované prehĺbeným dýchaním

Obmedzená ventilácia perfundovaných častí

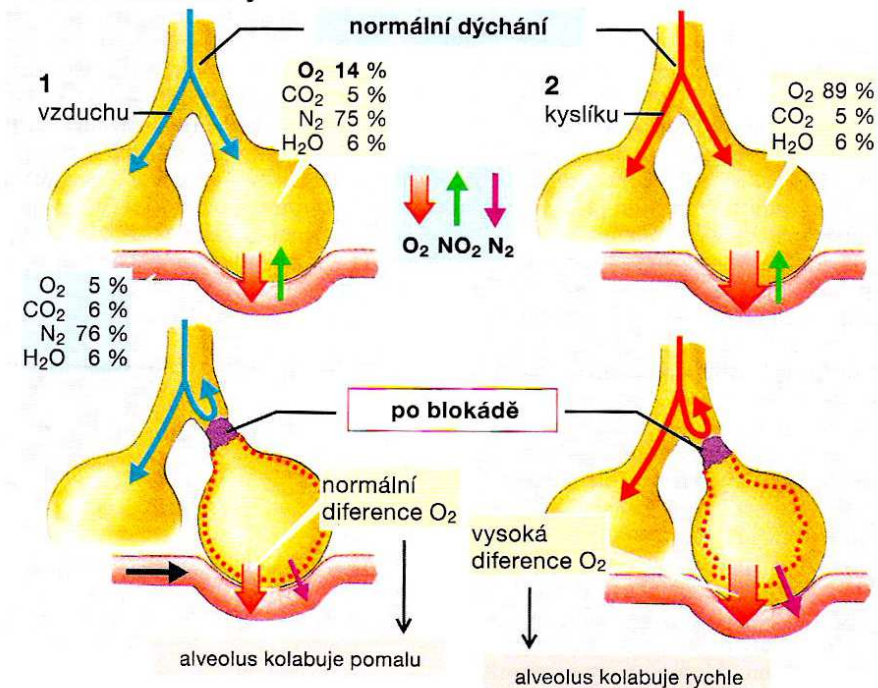
- Centrálna porucha dýchania – apnoe (toxické, spánkové a pod.) ochrnutie bránice
- Astma, chronická bronchitída, emfyzém,
- Bronchiolitída, Zrasty pleurálne
- Nádory – uzatvorenie lumenu
- Funkčné arteriovenózne skraty, hypoxémia
- Hyperventilačná hypokarbémia

Atektáza – dýchanie O_2 uľahčuje vznik lebo nedochádzak ku konstrikcii prívodných ciev

A. Dúsledky poruch distribúcie pro príjem O_2 a výdej CO_2



B. Vznik atelektázy



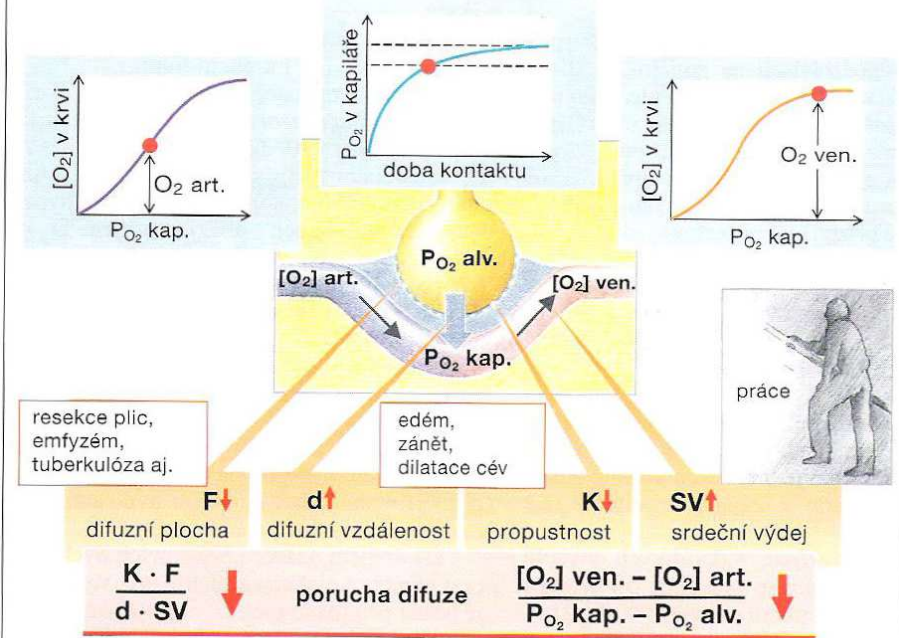
Poruchy difúzie

Výmena **plynov** sa znižuje pri poklese veľkosti difúznej plochy, predĺžení difúznej vzdialenosti, poklesu priepustnosti pre difundované látky, s nárastom srdcového výdaja (nárastom rýchlosti perfúzie). Difúzia CO₂ je vyššia ako O₂.

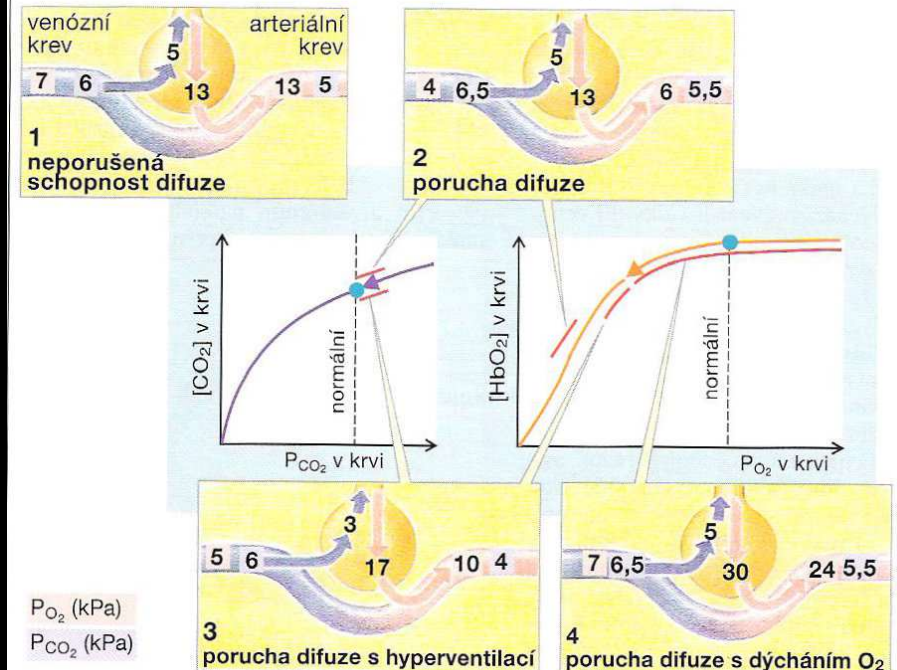
Poruchy:

- Resekcia pľúc (plocha)
- Emfyzém (plocha, vzdialenosť)
- Pneumónia (vzdialenosť)
- Edém pľúc (vzdialenosť, priepustnosť)
- Ľavostranné zlyhanie srdca (srdc. Výdaj)

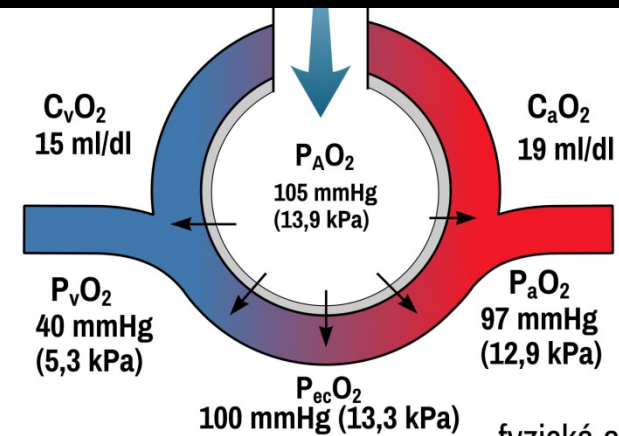
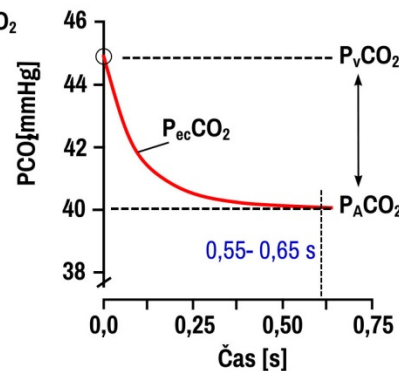
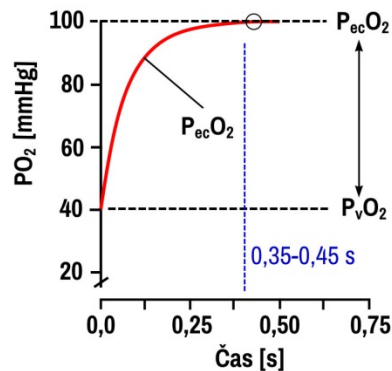
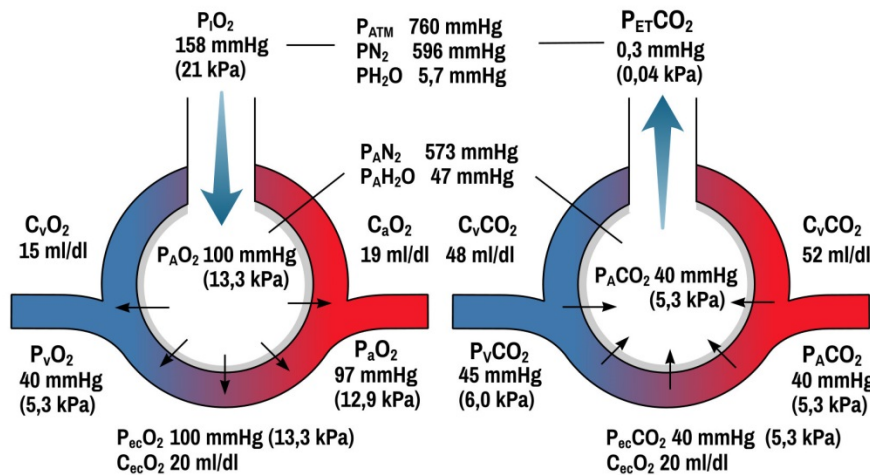
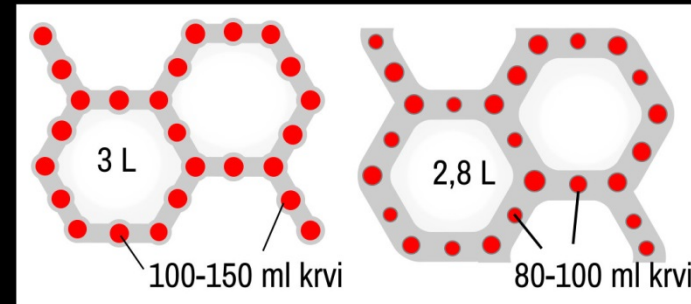
A. Vznik poruch difúzie



B. Porucha difúzie: koncentrácia CO₂ a HbO₂ v krvi



Alveolo – kapilárna výmena plynov



emfyzém
resekcia pľúc
tuberkulóza

zápal pľúc
edém pľúc
vazodilatácia

fibróza pľúc
edém pľúc
zlyhanie srdca

fyzická aktivita
hypertyroidizmus,
hepatopatia, anémia
obezita, AV skraty

A ↓
difúzna
plocha

d ↑
difúzna
dráha

K ↓
permeabilita

SV ↑
srdcový
výdaj

$$\frac{K \cdot A}{d \cdot SV} \downarrow$$

porucha difúzie

$$\frac{C_{VO_2} - C_{AO_2}}{P_{ecO_2} - P_{AO_2}} \downarrow$$

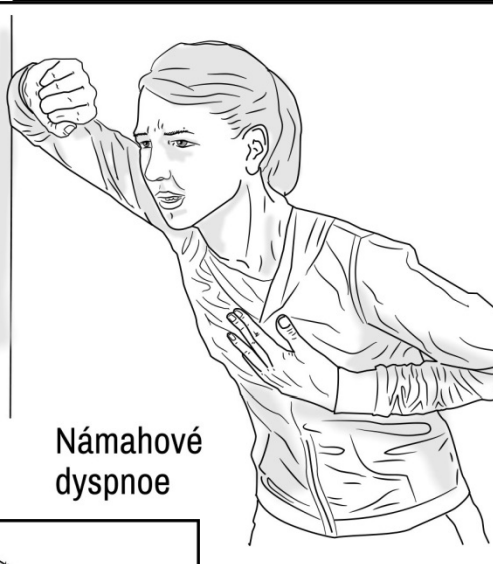
Dyspnoe

"Tripod"



Epiglotitída

Námahové
dyspnoe



Kašľové
dyspnoe



Dyspnoe

Hypoxia, subj. pocit
nedostatku vzduchu

Laryngospazmus

Laryngotracheitída

Cudzie teleso, potrava

Tuberkulóza

Atelektáza

Emfyzém

Cudzie teleso

Bronchiálna
astma

Pľúcny
Infarkt

Pľúcna
fibróza

Lobárna
pneumónia

Paralýza
bránice

Subfrenický absces

Kongestívne
zlyhanie srdca

Karcinóm

Vrodené chyby
Interventrikulárny
septálny defekt

