



Kurz: Patofyziológia 2  
Špeciálna patofyziológia  
2004 - 2022

# RESPIRAČNÉ ZLYHANIE

**Roman Beňačka, MD. PhD**

Ústav Patofyziológie, Lekárska fakulta  
Universita P.J. Šafárika, Košice, SK

# Zlyhanie dýchania - popis

---

■ Def: Respiračná insuficiencia = patofyziologická jednotka; neschopnosť dýchacieho systému udržať normálnu tenziu arteriálnych krvných plynov v dôsledku porúch respiračnom ústrojenstve (napr. pľúca, svaly, hr. kôš) i mimo neho (CNS, atmosféra) s rôznymi ďalšími tkanivovými a klinickými prejavmi; Definované laboratórne + prejavmi

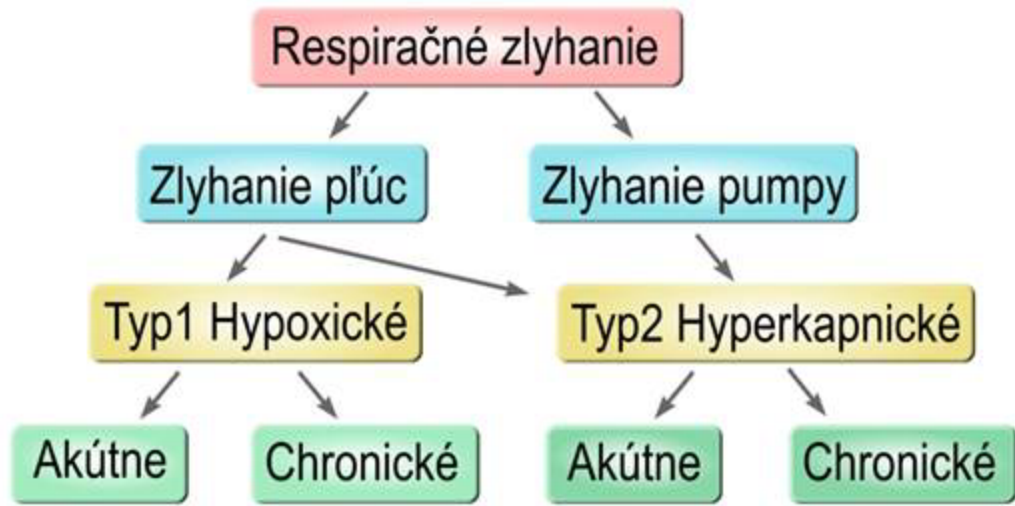
- $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg (7,9 kPa)}$  pri normálnom tlaku vzuchu 760 mmHg
- $\text{PaCO}_2 > 50 \text{ mmHg (6,5 kPa)}$  (101 kPa) na úrovni mora)

■ Formy:

- (Chronické) respiračné zlyhávanie - koncové štádium chronických ochorení pľúc;
- (Akútne) respiračné zlyhanie - náhle sa vyvíjajúce pretým neprítomné + superponované na chronické stavy ; zvlášť sa vymedzuje náhle ťažké poškodenie pľúc u dospelých (ARDS) alebo novorodencov (IRDS)

- 
- Typ 1 Hypoxemické RZ (typ1) –  $\downarrow \text{PaO}_2$  ; žiadny/ alebo malý  $\uparrow \text{PaCO}_2$
  - Typ 2 Hyperkapnické RZ (typ2) – výrazný pokles  $\text{PaO}_2$  +  $\uparrow \uparrow \text{PaCO}_2$
  - Typ 3 Peroperačné zlyhanie (atelektatické)  $\downarrow \downarrow \text{FRC}$ ,  $\downarrow \text{PaO}_2$   $\uparrow \text{PaCO}_2$
  - Typ 4 Perakútne (šokové pľúca) –  $\downarrow \text{PaO}_2$   $\uparrow \text{PaCO}_2$  ARDS, septi-, hemor. kardiog. šok





Category	Characteristic
Hypercapnic respiratory failure	$Pa_{CO_2} > 45$ mm Hg
Acute	Develops in minutes to hours
Chronic	Develops over several days or longer
Hypoxemic respiratory failure	$Pa_{O_2} < 55$ mm Hg when $F_{iO_2} \geq 0.60$
Acute	Develops in minutes to hours
Chronic	Develops over several days or longer



Respiratory failure			
<p><b>Type 1 (Hypoxemic respiratory failure)</b></p> <p><math>Pa_{O_2}</math> is low (<math>Pa_{O_2} &lt; 50</math> mmHg)</p> <p><math>CO_2</math> is not elevated (<math>Pa_{CO_2} &lt; 60</math> mmHg)</p> <p>See Sect. 1.25</p>	<p><b>Type 2 (Hypercapnic respiratory failure)</b></p> <p><math>Pa_{O_2}</math> is low (<math>Pa_{O_2} &lt; 50</math> mmHg)</p> <p><math>CO_2</math> is elevated (<math>Pa_{CO_2} &gt; 60</math> mmHg)</p> <p>See Sect. 1.26</p>	<p><b>Type 3 (Per-operative respiratory failure)</b></p> <p>FRC falls below closing volume as a result of atelectasis.</p> <p><i>Contributing factors:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Supine posture</li> <li>General anesthesia</li> <li>Depressed cough reflex</li> <li>Splinting due to pain</li> </ul>	<p><b>Type 4 (Shock with hypo perfusion)</b></p> <p>The proportion of the cardiac output to the respiratory muscles rises by as much as ten-fold when the work of breathing is high; this can seriously impair coronary perfusion during shock.</p>

# PRÍČINY

## Problém

## Príklady

**Obštrukcia  
dýchacích ciest**

Chronická bronchitída, emfyzém,  
bronchiekázie, cystická fibróza, astma,  
bronchiolitída, vdýchnutie častíc

**Oslabené dýchanie**

Obezita, spánkové apnoe, intoxi-kácia  
liekmi

**Svalová  
slabosť**

Myasthenia gravis, muskulárna dystofia,  
polio, sy. Guillain - Barré, polymyozitída,  
ALS, poškodenie miechy

**Abnormality  
pľúc**

ARDS, fibróza pľúc, fibrotizujúca  
alvolitída, diseminované nádory,  
radičná pleuritída a fibróza,  
sarkoidóza, popáleniny

**Abnormality  
hrudníka**

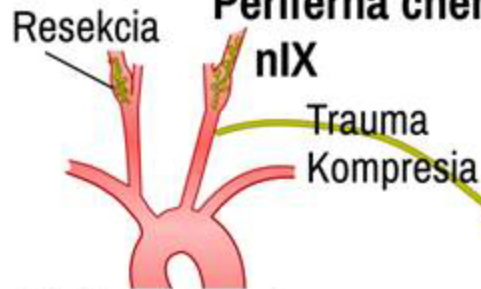
Skolióza, poranenie (zlomeniny) &  
deformity hrudníka, torakoplastika





# PRÍČINY

## Periférna chemorecepcia



nIX

Vzduch

## Dýchacie cesty

Akútna & chronická obštrukcia (COPD, astma, larynghospazmus)

## Hrudný kôš a pleura

Obezita, Zlomeniny rebier  
Kyfoscolióza, Pectus carinatum & excavatum,  
Pleuritída, zrasty pleury  
výpotok, pneumothorax

## Plúca - parenchým

Fibróza pľúc, Pneumokoniózy  
Pneumónia, embólia, skraty  
Edém pľúc, ARDS, IRDS

Poruchy difúzie    Ventilačno-perfúzne poruchy

## Externé prostredie

Hypoxia, výšková choroba  
Otrava CO<sub>2</sub>, splodiny

## Kmeň

Infekcie (meningoencefalitída)  
Krvácanie, Ischémia trauma  
Lieky (opiáty, anestetiká)  
Spánkové apnoe, Centrálny hypovent. sy., Ondinina kliadba

## Miecha

Transekcia, ALS, Poliomyelitída  
Poškodenie miechy

## Nervy a svaly

Poškodenie freniku, paralýza  
Myasthenia gravis, Svalová dystrofia, Organofosfáty & bojové nervovoparalytické látky  
Syndróm Guillaine - Barrého

# Typ 1: HYPOXEMICKÉ RZ

- ▣  $\downarrow$  PaO<sub>2</sub> <60mmHg; N až  $\downarrow$ PaCO<sub>2</sub> → normálne až  $\uparrow$ pH (alkalóza)
- ▣ Hypoxémia – hypoxická, kardiálna (anemická sa neráta, hoci je globálna)
- ▣ Najbežnejšia forma RZ – častejšie pri zhoršení existujúcich ochorení pľúc; celková ventilácia sa zachováva
- ▣ Príčiny:
  - Nedostatok atmosférického kyslíka ( $\downarrow$ FiO<sub>2</sub>)
  - Ochorenia pľúc (atelektáza, CHOCHP, astma, pneumónia, fibróza,
  - Ochorenia srdca (kardiálne zlyhanie) - pretlakový edém pľúc
  - Poškodenie pľúc - ARDS (nízkotlakový edém)
- ▣ Mechanizmy - narušenie V/Q pomerov;
  - ventilačný skrat – predýchavanie krvou slabo zásobovaných oblastí (makro- a mikro-embólie)
  - cirkulačný skrat – perfúzia v adekvátne nezásobovaných oblastiach pľúc (napr. COPD, astma, uzáver nádorom)





# Typ 2: HYPERKAPNICKÉ RZ

- $\uparrow$  PaCO<sub>2</sub> >50 mmHg;  $\downarrow$  pH (závisí od HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>),  $\downarrow$ pH
- vždy je hypoxémia ( $\downarrow$  PaO<sub>2</sub> < 60mmHg )
- renálna kompenzácia pH produkciou HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (dni – týždne)
- Príčiny:
  - Útlm respiračných centier – sedatíva, heroín, centrálna hypoventilácia,
  - Nádory, hypotyroidizmus,
  - Kyfaskolióza, pleurálny infiltrát, pneumothorax
  - Neuromuskulárne: myasthenia gravis, Guillain - Barre, polio, spinal injuries
  - Obštrukcia HDC: tumor, cudzie telesá, laryngeálny edém
  - Ochorenie pľúc s poruchou alveolárnej ventilácie (astma, pneumonia)
- Mechanizmy
  - Oslabenie dýchacích pohybov; narušená difúzia



# Typ 3 RZ (ATELEKTATICKÉ)

- hypoxémia ( $\downarrow$  PaO<sub>2</sub> < 60mmHg ); normálny až  $\uparrow$  PaCO<sub>2</sub> >50 mmHg;  $\downarrow$  pH (závisí od HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>),  $\downarrow$  FRC
- renálna kompenzácia pH s produkciou HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (dni – týždne)
- Obvykle ide o pacientov po operácii
- Príčiny:
  - A) Obmedzenie, výpadok pľúcnej mechaniky
    - Generalizovaná anaestézia, supinačná, útlm kašľového reflexu, i ascites
  - B) Pokles priechodnosti dých. ciest
    - Hypersekrécia, väzkosť hlienu (cystická fibróza)
- Mechanizmy
  - Stlačenie a následná nevzdušnosť časti pľúc - atelektéza





# Typ 4 RZ (ŠOKOVÉ)

- vždy je hypoxémia ( $\downarrow$  PaO<sub>2</sub> < 60mmHg )
- $\uparrow$  PaCO<sub>2</sub> >50 mmHg;  $\downarrow$  pH (závisí od HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>),  $\downarrow$ pH
- renálna kompenzácia pH produkciou HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (dni – týždne)
- Pacienti v obvykle šoku, zvyčajne intubovaní, ventilovaní počas resuscitácie
- Príčiny:
  - A) Vysoké matabolické nároky
    - Septický a hypovolemický šok
    - Ťažká fyzická svalová aktivita (laktátová acidóza)
  - B) Pokles kardiálneho vývrhu
    - Kardiogénny šok, hypovolemický šok
- Mechanizmy
  - Hypoperfúzia tkanív vrátane respiračných svalov

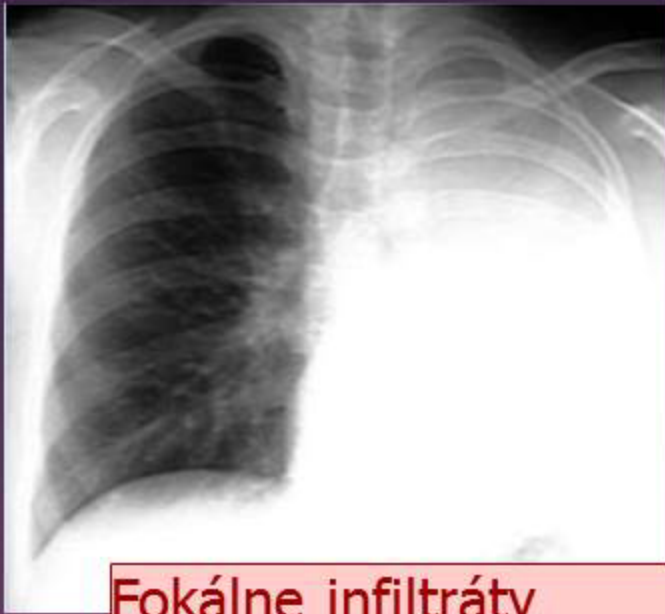


# PREJAVY RZ

- Cyanóza (centrálna) – neschopnosť vydýchať  $\text{CO}_2$ ,
- Poruchy vedomia - konfúzia, ospalosť – nízke  $\text{O}_2$ , vysoké  $\text{CO}_2$ , acidóza
- Cirkulačné zmeny - tachykardia, hypertenzia, hypotenzia, kardiálne arytmie, pulmonárna hypertenzia, Cor pulmonale (pravostranné zlyhanie srdca)
- Krvné zmeny – Polycytémia pri chronickej hypoxii (erytropoetín)
- Hyperventilácia – kompenzácia respiračnej acidózy; Lapanie po dychu – aspirácia telesa; slabené dýchanie – intoxikácie



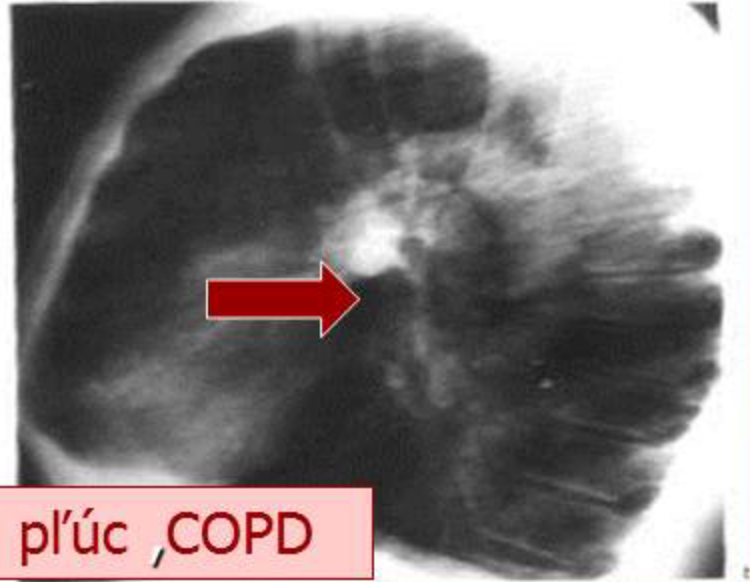
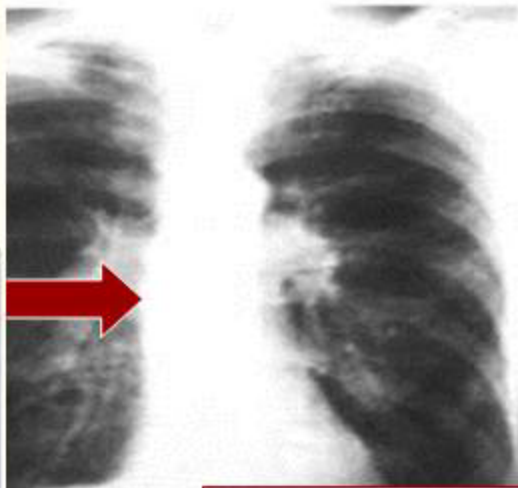
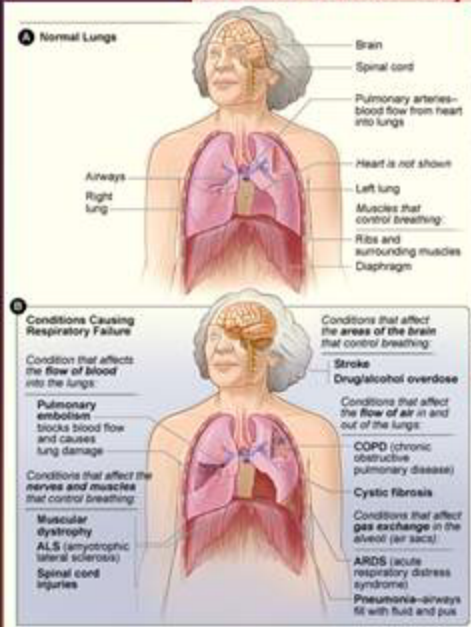




Fokálne infiltráty  
Atelektáza, pneumonia



Difúzne infiltráty  
Edém pľúc, pneumonitída



Hyperinflácia pľúc ,COPD



**Synonymá: Klinické prejavy**

**Akútne poškodenie pľúc, Šokové pľúca, traumatické pľúca**

**Patofyziologický dôsledok**

**Edém pľúc, zápal, nekróza**

**Histologické prejavy**

**Capillary leak syndrome**

**Ochorenie hyalínových membrán**

**Diffuse alveolar damage (DAD)**

# **ADULT RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME (ARDS)**



# CHARAKTERISTIKA

- **Def.:** alveolárne poškodenie pľúc so zápalovou infiltráciou interstícia, alveolárnym edémom a kapilárnou hypertenziou
- **Mortalita:** 35%; sepsa 55% (multiorgánové zlyhanie)
- **Prejavy:** sprvu bez symptómovov
  - **Dyspnoe a tachypnoe** >20 dychov za minútu
  - **Centrálna cyanóza** (pery, tvár)
  - **Difúzne infiltráty na RTG** – v nepomere s auskultačným nálezom <- mierne chropky
  - $\text{PaO}_2 < 50\text{mmHg}$ ;  $\text{FiO}_2 > 0.6$ ; Compl. <50 ml/cm  $\text{H}_2\text{O}$
  - **Ventilačný shunt** – zväčšenie mŕtveho priestoru
  - **Infekcie** - 6x vyššia susceptibilita na infekciu

# PRÍČINY

## Priame poškodenie pľúc

## Nepriame poškodenie pľúc

- **Infekcia** – ťažká sepsa, difúzne pľúcne infekcie – vírusové, mycoplasma, Pneumocystis carinii, miliárna tuberkulóza, po gastrickej aspirácii
- **Fyzikálne poškodenie** – trauma hrudníka (kontúzia pľúc), závalová polytrauma (crush sy., vr. poškodenia hlavy), utopenie, fraktúry kostí s tukovým embolizmom, popáleniny, ionizujúce žiarenie, aspirácia
- **Chemické poškodenie** - dym pri horení, horúce výpary, inhalačné iritanty (sírovodík, chlór, a pod.), vysoká konc. O<sub>2</sub> (70-100%), výpary z org. rozpúšťadiel, inhal. toxíny– fosgén, difosgén,
- **Lieky a drogy** – predávkovanie: morfium, heroín, metadon, kys. acetylosalicylová, barbituráty,
- **Hematologické** – opakované trasfúzie, Diseminovaná intravaskulárna koagulopatia (DIC)
- Akútna pankreatitída, urémia, Hypersensitivita
- **Kardio-pulmonálne** – šok, ľavostranné a glob. kardiálne zlyhanie, po kardiopulmonálnom bypasse, reperfúzne poškodenie pľúc



# PRÍČINY

- **Bežné:** sepsa - najvyššia mortalita, primárna pneumónia, početné zlomeniny, inhalácia horúcich plynov, dráždivých a toxických látok, dymu, aspirácia – prach, telesá, atď.
- **Menej bežné:** kontúzia pľúc, utopenie, aspirácia, opakované transfúzie, embólia, pankreatitída, atď.

<b>Aspirácia</b> (inhal. plynov, tekutiny, telesá, tox.)	<b>35.6%</b>
<b>Intravask. koag.</b> (DIC; trauma)	<b>12.5%</b>
<b>Pneumónia</b> (lobárna, bronchopulmonálna)	<b>12.0%</b>
<b>Polytrauma</b> (zlomeniny rebier, kontúzia hrud.)	<b>5.3%</b>
<b>Transfúzie</b> (opakované transfúzie krvi)	<b>5.0%</b>
<b>Sepsa</b> (pozn. prekvapilo malý podiel)	<b>3.8%</b>
<b>Popáleniny</b> (horúce plyny)	<b>2.3%</b>
<b>Bypass</b>	<b>1.7%</b>
<b>Kombinácie</b>	<b>24.6%</b>

# MORFOLÓGIA

## ■ Deštruktívne štádium (akútny stav)

- makrosk. sú pľúca tuhé, začervenalé (zápal, prekrvenie), kongestívne („bažinaté“) (intersticiálny a alveolárny edém)
- alveolárne steny pokryté voskovitými hyalínovými membránami (fibrinózny exudát, lipidové pozostatky membrán nekrotických buniek podobnými ochoreniu hyalínových membrán u novorodencov)

## ■ Proliferačné štádium (post-akútny stav)

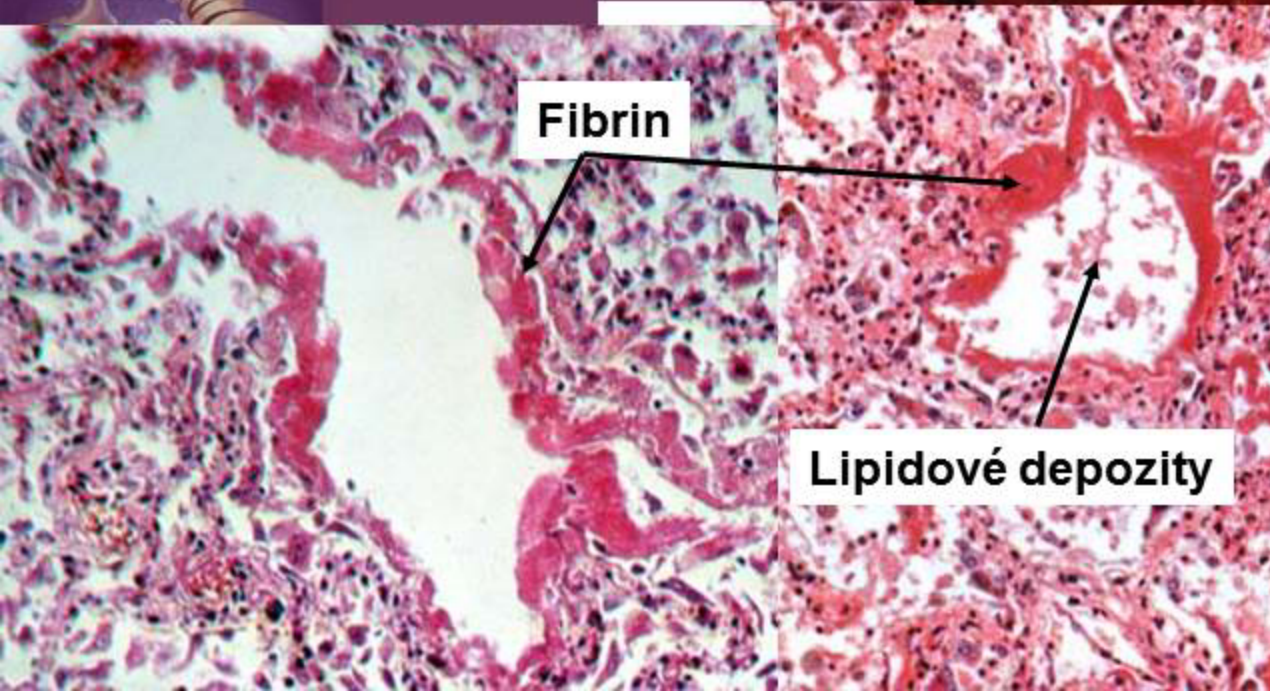
- Proliferácia epitelu typu II – snaha o regeneráciu
- Zhrubnutie alveolárnych sept - zhutnenie fibrínového exudátu; produkcia kolagénu - intraalveolárna fibróza
- bakteriálny infiltrát - bronchopneumonia.





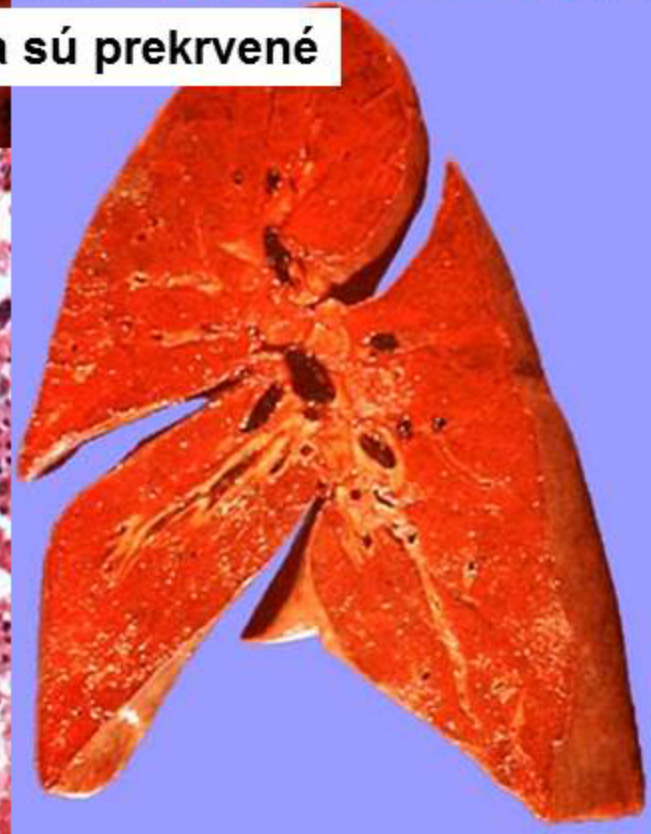


**Prúca sú prekrvené**



**Fibrin**

**Lipidové depozity**





# PATOGENÉZA

## Poškodenie

### alveolárneho epitelu + vaskulárneho endotelu

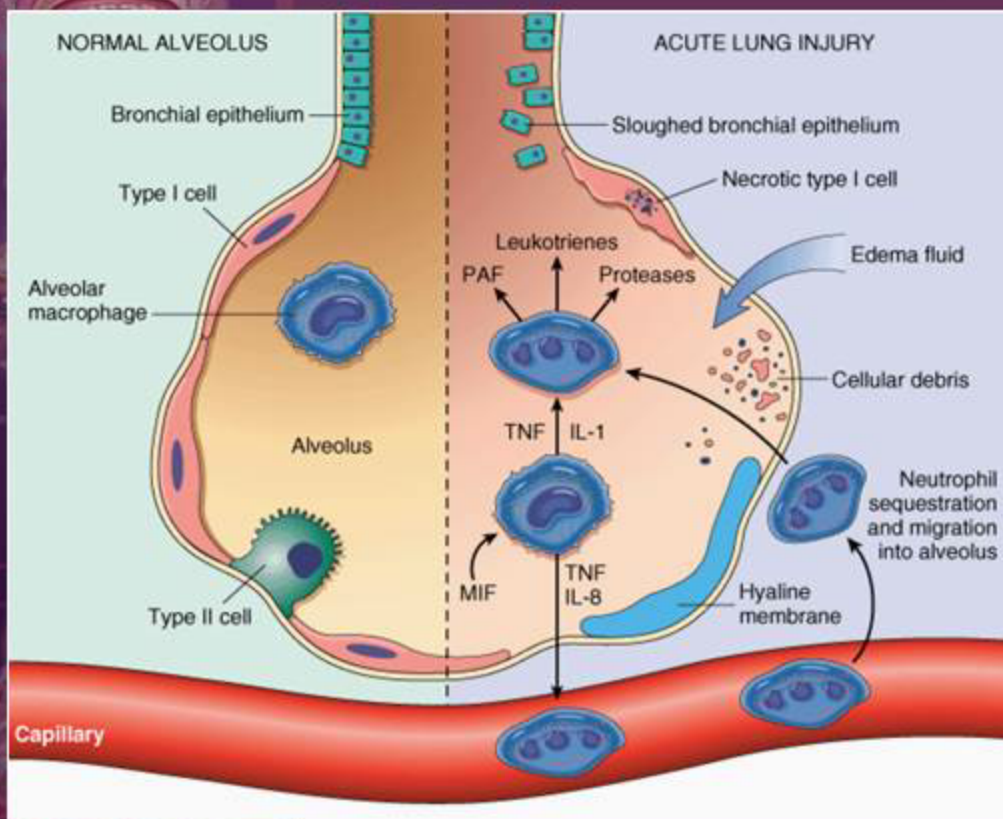


- Zvýšená permeabilita plazmy a zápalových buniek do interstícia → intersticiálny edém event. do alveolov → alveolárny edém pľúc
- Prerušenie produkcie surfaktantu - poškodenie buniek produkujúcich surfaktant typu II + exudát → atelektáza,
- Narušenie perfúzie a pomerov ventilácia/perfúzia (V/Q) – shunt krvi cez neventilované alveoly,
- Intersticiálny edém → zvýšený alveolo-kapilárny gradient → porucha difúzie plynov
- Pretrvávajúci zápal → fibrózna alveolitída (depozícia kolagénu v alveoloch, cievach, interstíciu → zníženie compliance (už v priebehu 5-7 dní.



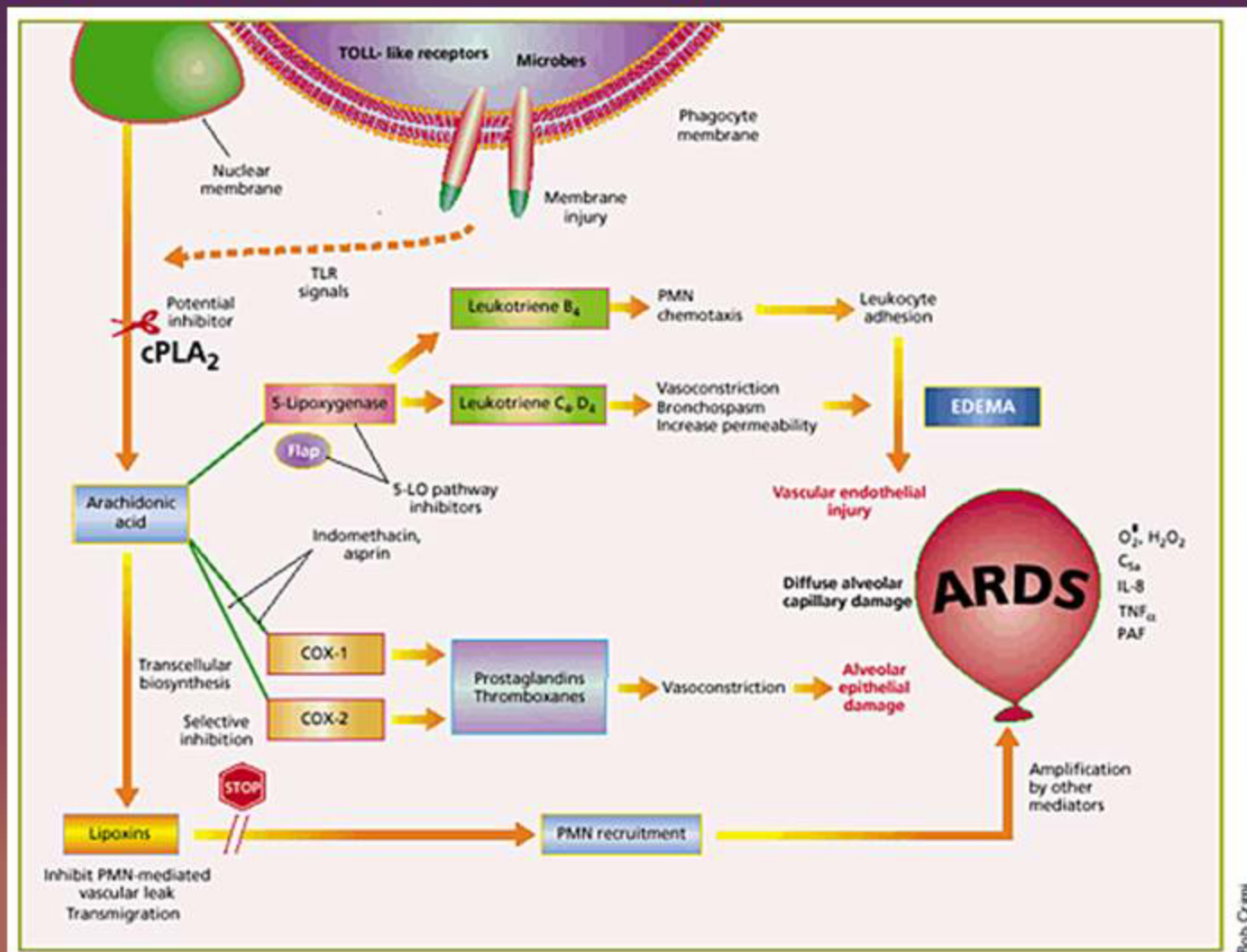
# PATOGENÉZA

**Abnormálne amplifikovaná a udržiavaná zápalová odpoveď - lokalizované prejavy SIRS (systemic inflammatory response syndrome)**



- Aktivované Neu a Mf hrajú hlavnú úlohu
- Nekontrolované uvoľňovanie zápalových mediátorov
  - Aktivácia komplementu
  - Cytokíny TNF-a, IL-1b, IL-6, PAF
  - Eikozanoidy: PGE, LT, TXA
  - Voľné O<sub>2</sub> radikály, NO
- Nekrotické, apoptotické zmeny → tvorba debris, narušenie alveolárnej bariéry – epitel, surfaktant

# Patogenéza





Nepokoj, anxieta

Supraklavikulárna  
retrakcia  
Dyspnoe  
Tachypnoe

Tachykardia  
Hypertenzia

Pulsus  
paradoxus

Hypoxia,  
Oxygenácia

Pohybujúce sa  
nosné krídla

Interkostálna  
retrakcia

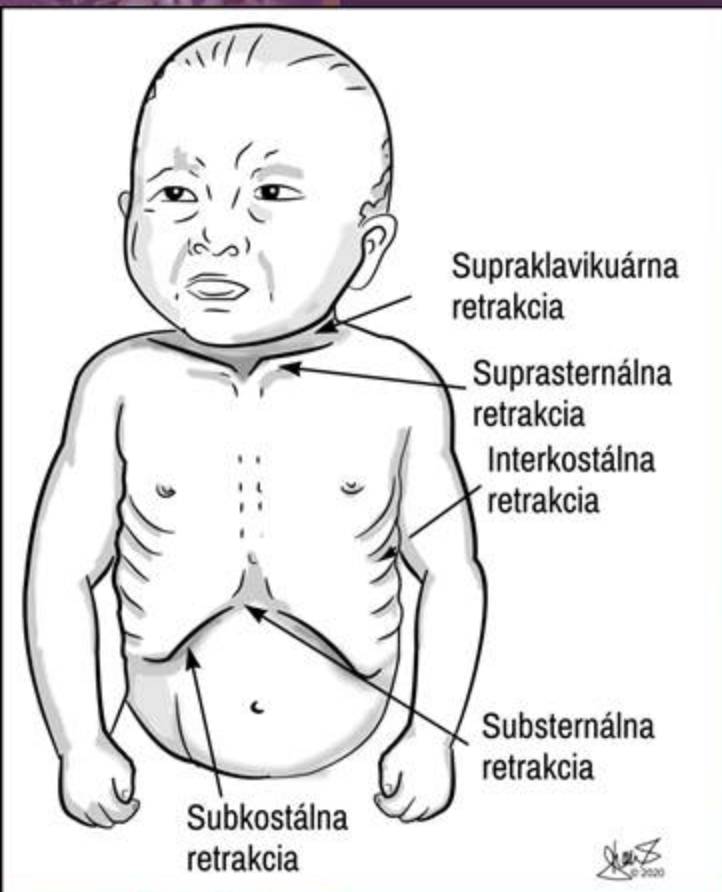
Sternálny  
pohyb

Abdominálny  
paradox

## Prejavy ARDS

- ▣ Akcentované prejavy respiračného zlyhávania – smrť zadusením je najhoršia
- ▣ Pacient je excitovaný, anxiózný, bojuje o život; vedomie môže byť alterované
- Sympatiktónia; tachykardia, hypertenzia, rekácia; pulsus paradoxus
- ▣ **Ťažké inspiračné dyspnoe** – pohybujú sa alae nasi, prominujú svaly krku, pri dýchaní retrakcia interkostálna i v krčnej jamke,
- ▣ **Pľúca sú trvale v inspiračnom postavení**, abdominálna stena je ťahaná hore neg. vnútrohrudbným tlakom, sternum sa ťahá nahor

# IRDS



**Def.:** Sy. dychovej tiesne u detí (novorodencov) (IRDS, infant respiratory distress syndrome), je stav akútneho ohrozenia života spôsobený zlyhávaním dýchania u nedonosených novorodencov s nezrelosťou pľúc.

**Etio:** a) nedovyvinutie pľúc ; nedostatočná tvorba pľúcneho surfaktantu; genetické defekty jeho komponentov u predčasne narodených detí; b) iná pľúcna patológia (napr. infekcie a lokálneho zápalu v dôsledku zníženej imunity).

**Prejavy:** Ťažké inspiračné dyspnoe – tachypnoe, pohybujú sa alae nasi, prominujú svaly krku, retrakcia supraklavikulárna

**Pľúca sú v inspiračnom postavení,** abdominálna stena ťahaná hore negatívnym vnútrohrudným tlakom; vzniká subkostálna a substernálna retrakcia

Dieťa je excitované, plačlivé bojuje o život





**Osobitné formy  
zlyhania dýchania  
– apnoe**

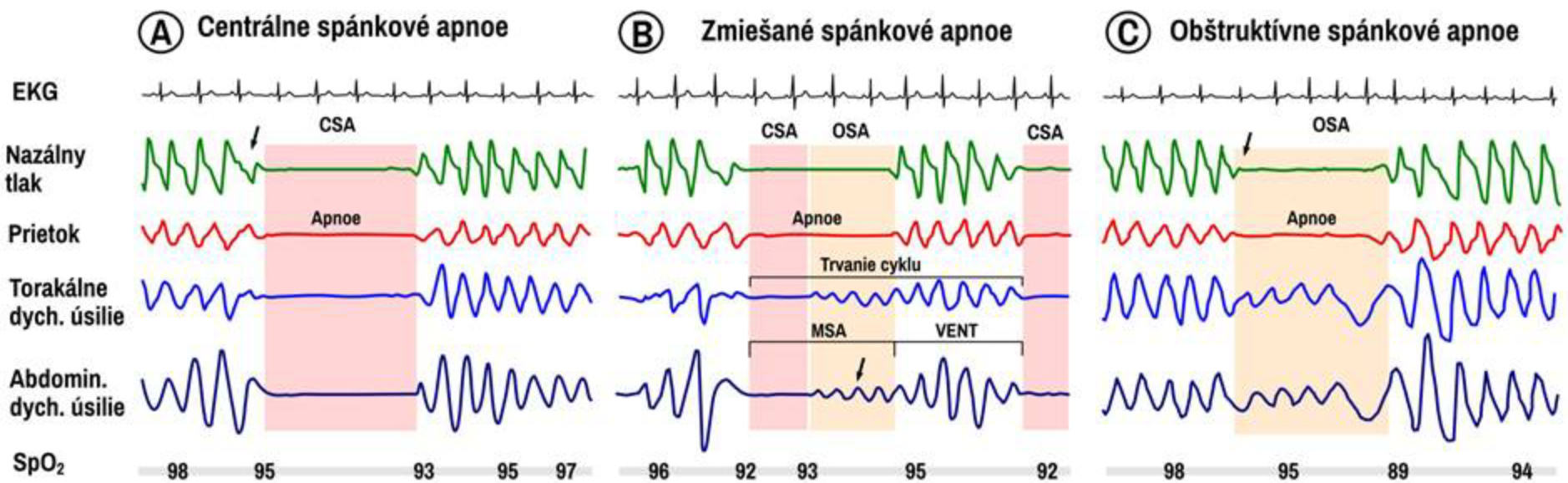
# Spánkové apnoe

**Def:** Poruchy dýchania počas spánku (*angl. sleep related breathing disorders*) akékoľvek poruchy dýchania objavujúce sa počas spánku. (International Classification of Sleep Disorders, ICSD) a tiež DSM-V (Diagnostic and statistical manual in Psychiatry) Osobitá kategória v rámci tzv *dyssomnických porúch spánku*.

**Formy:** **Syndróm nočnej hypoventilácie a pod.** - Ondina kľadba; vrodené defekty

**Syndrómy spánkového apnoe** (centrálne SA, obštruktívne SA, zmiešané SA)

**Ptg:** Spánok je časom, kedy dochádza ľaki k prejavom dychovej instability, odkrývajúc i skryté prejavy





# Spánkové apnoe

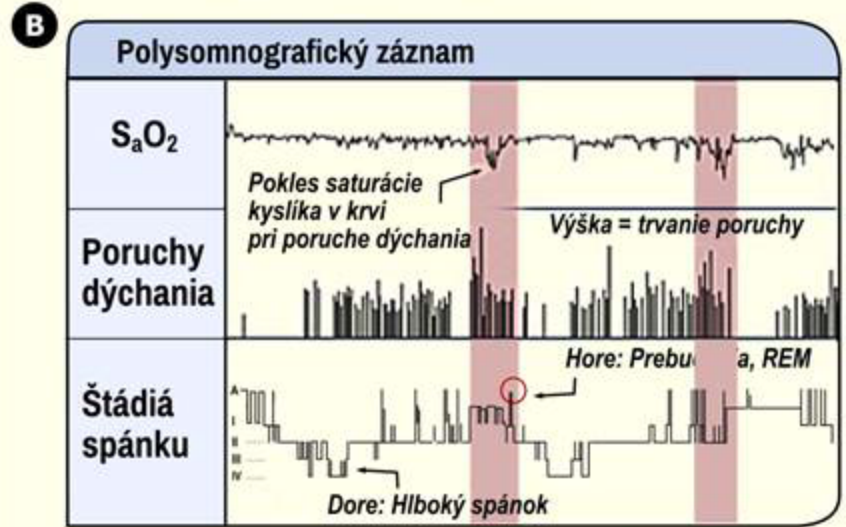
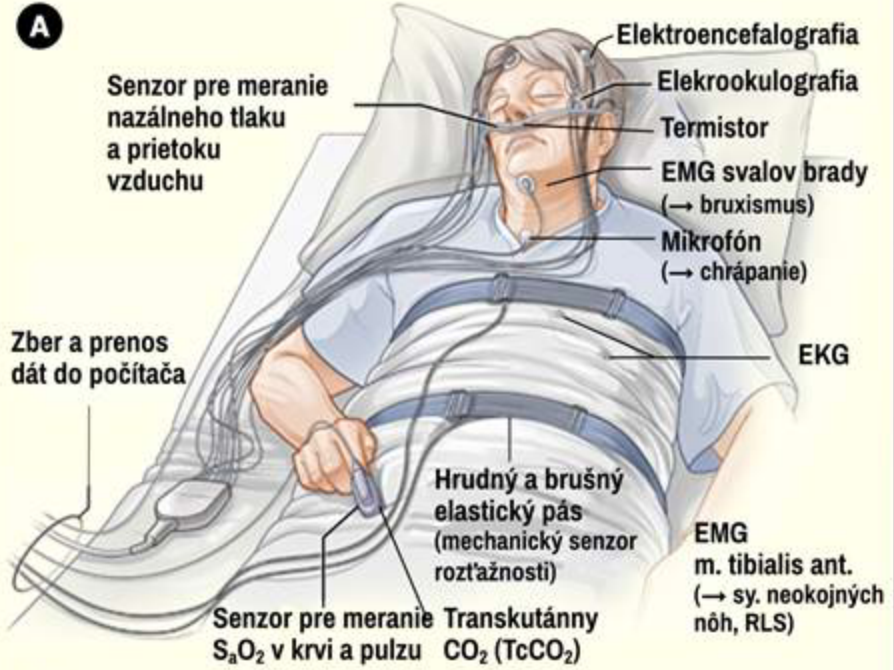
**Centrálne spánkové apnoe (CSA) (10%)** útlm tvorby respiračného drive(-u) ku svalom

- **hyperkapnický typ** (nefunguje len počas spánku) – hypoventilácia → hyperkapnia, → nedostatočná reakcia na  $\text{CO}_2$  (CMP)
- **nehyperkapnický typ** (dýchanie je slabé aj pri bdení; hypereakcia na  $\text{CO}_2$ ; zlyhanie srdca, obličiek, lézii CNS, v nadmorských výškach; v noci sa budia na dyspnoe, Cheyne-Stokesove dých. → akútna respiračná insuficiencia (akútne zlyhanie dýchania).

**Obštrukčné spánkové apnoe (OSA) (80%)**

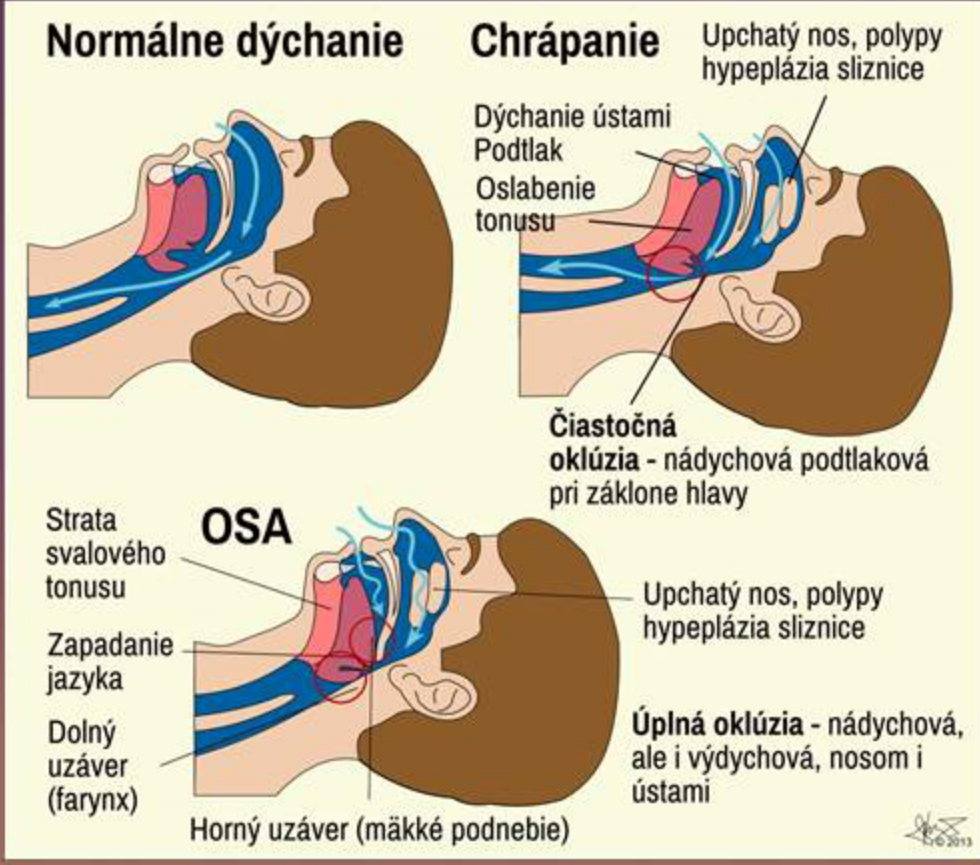
- Dočasný, prechodný kolaps (chrápanie) až úplny uzáver HDC následkom ochabnutia svalov (to je aj fyziologické) – koreň jazyka, hypofarynx; **obezita** (70% pac s OSA; muži : ženy 2:1; nárast s vekom
- rizikový faktor pre vznik srdcovocievnych ochorení (hypertenzie, ICHS, cievne mozgové príhody, kongest. zlyhanie), zhoršuje priebeh resp. och. (ChOChP) u 45% kard. Zlyhanie

**Zmiešané spánkové apnoe (10%)**



**Apnoicko - hypopnoický index (AHI) =  $\frac{(\text{Apnoe} + \text{Hypopnoe}) \cdot 60}{\text{Celkové trvanie spánku (min)}}$**

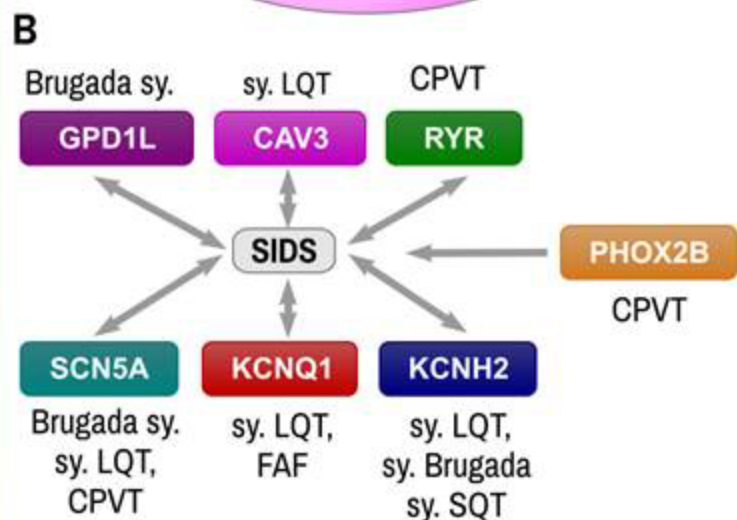
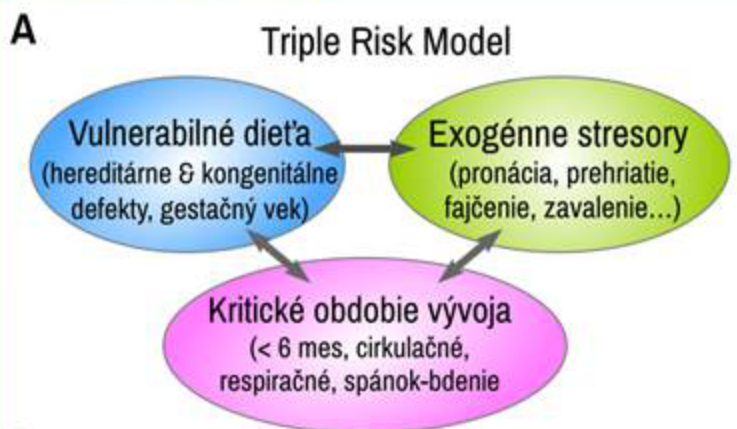
**Respiratory distress Index (RDI) =  $\frac{(\text{Apnoe} + \text{Hypopnoe} + \text{RERA}) \cdot 60}{\text{Celkové trvanie spánku (min)}}$**





# Apnoické stavy u detí

## Sudden infant death syndrome (SIDS)

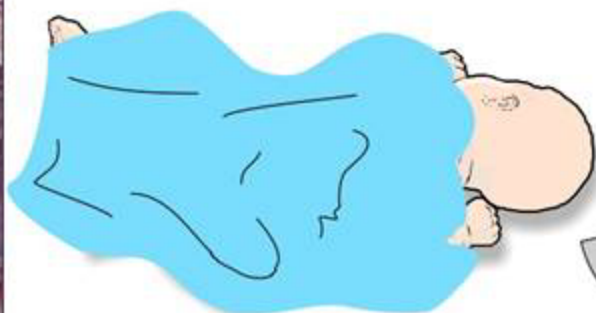


**Def.:** Apnoe u dojčiat a detí (*angl. infant apnoea*) je termín označujúci epizódy zastavenia dýchania trvá aspoň 20 sekúnd u novorodeneckom, dojčenskom a detskom veku .

**Epi:** 2–3/ 1 000 živonarodených; u kritických novorodencov to môže dosahovať ~ 50 % detí.

- Periodické dýchanie (*angl. infant periodic breathing*).
- Apnoe u predčasne narodeného dieťaťa (*angl. apnea of prematurity*)
- Apnoe v dojčenskom veku (*angl. apnoea of infancy*)

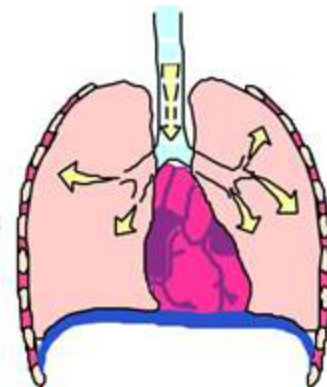
**SIDS, *angl. sudden infant death syndrome; crib death*** - náhla nevysvetliteľná smrť dieťaťa mladšieho ako jeden rok zvyčajne počas nočného spánku; na rozdiel od BRUE a ALTE bez známkov zápasu o život, hluku, svedkov.

**A**

Poloha na brušku  
 Pritesné zavinutie, prehratie  
 13- násobne menšie riziko vzniku SIDS



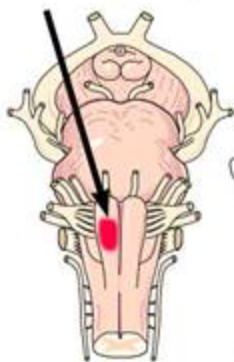
Poloha na chrbáte  
 Voľné oblečenie



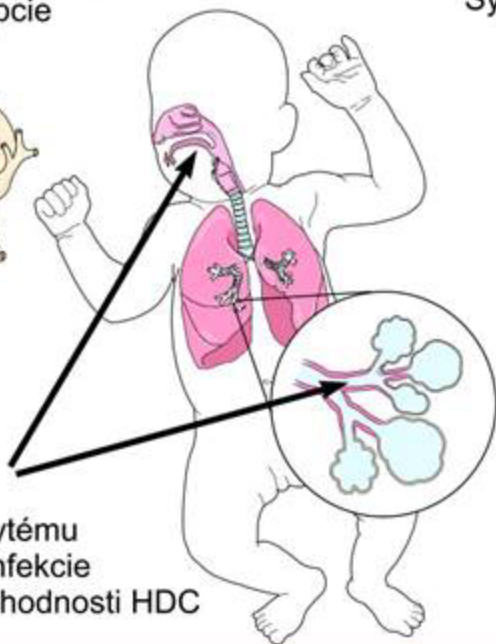
Zmenšenie námahy dých. svalov  
 Zlepšenie diastolickej náplne srdca  
 Zlepšenie ventilačno-perfúzných pomerov

**B**

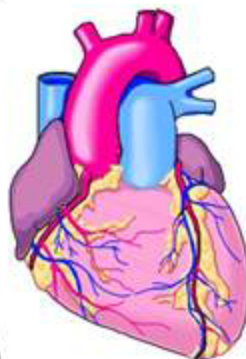
Poruchy centrálnej chemorecepce



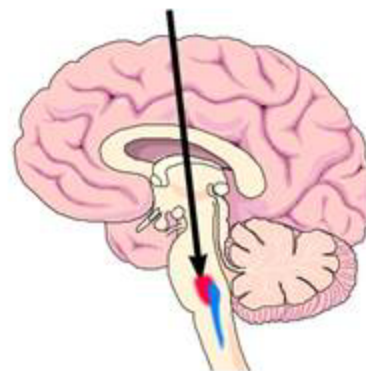
Nezrelosť dýchacieho systému  
 Pulmonálne infekcie  
 Poruchy priechodnosti HDC



Poruchy srdcového rytmu  
 Syndróm LQT



Defekty CNS  
 Porucha serotonínového a adrenergného systému mozgu



Mitochondriopatie

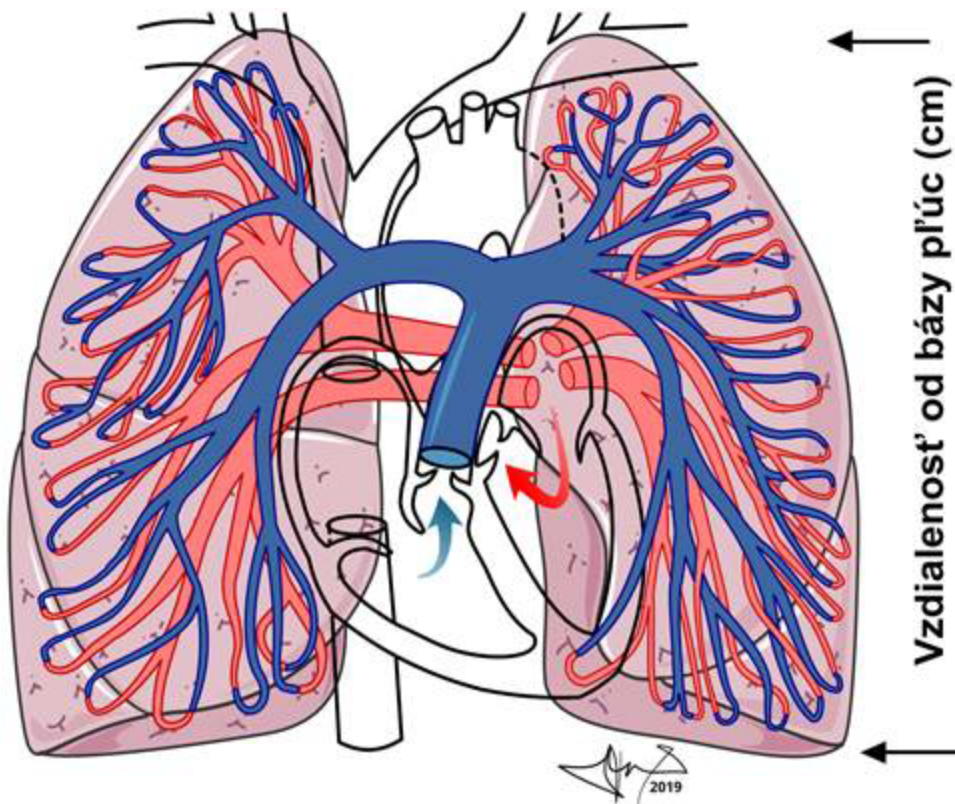


Svaly  
 Srdce  
 Mozog

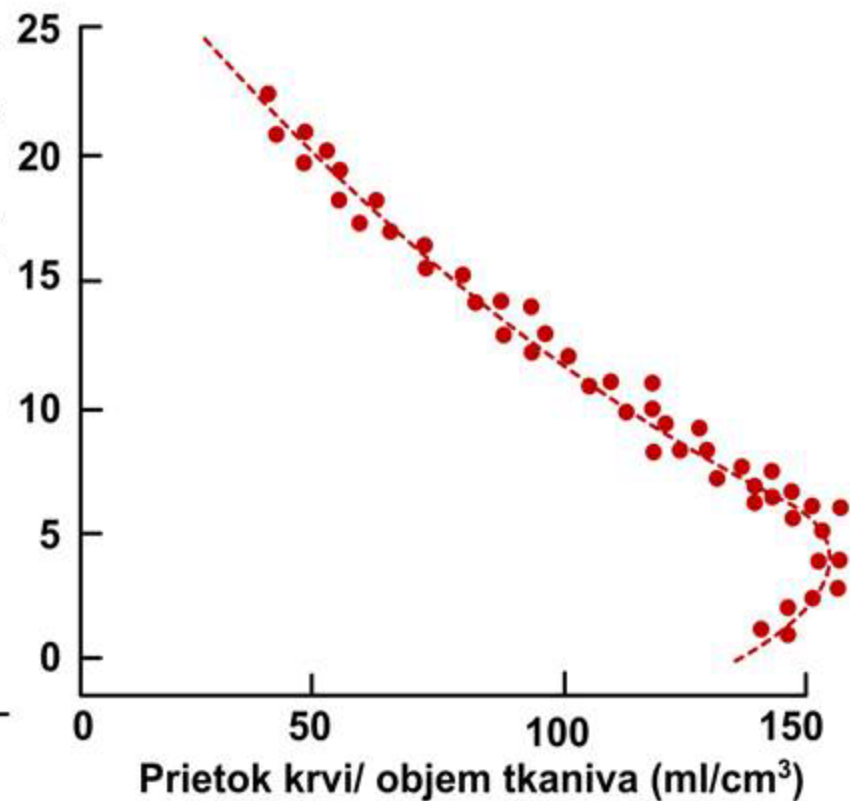


# Pulmonálna embólia

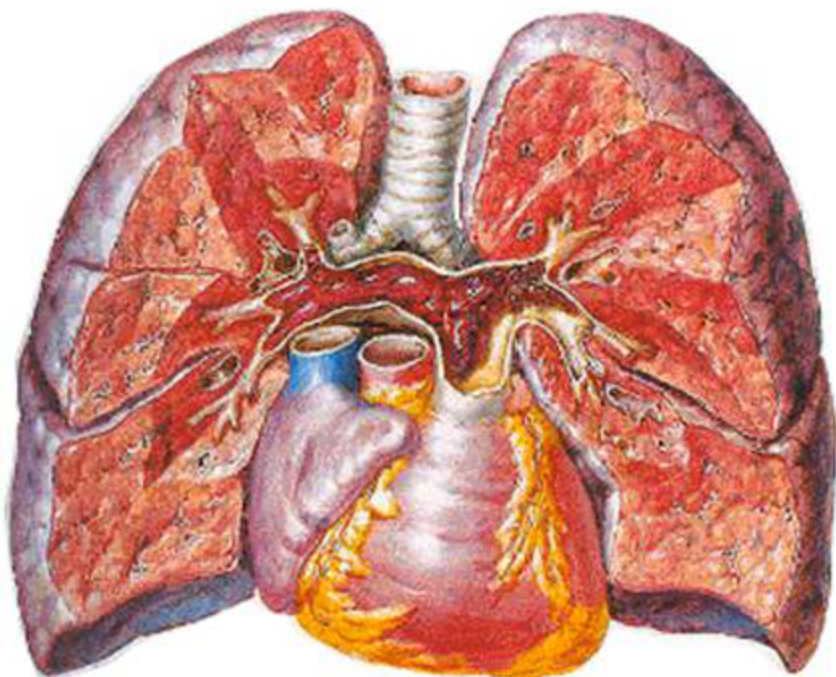
- Def: uzatvorenie časti pulmonálnej cirkulácie vmetkom ( embolom)
- Etio: a) trombus – tromboembólia, b) vzduhová embólia; c) tuková embólia



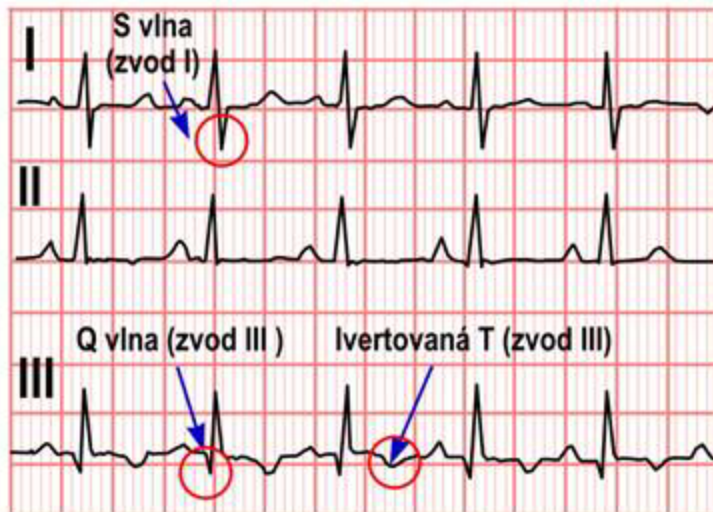
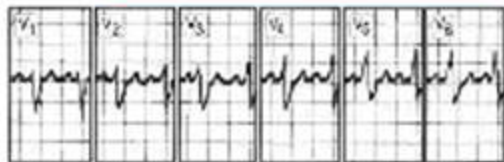
Vzdialenosť od bázy pľúc (cm)



# Pulmonárna embólia



- ▲ Veľký embolus v centrálnej časti a. pulmonalis a jej vetvení
- ▼ Typické EKG pri pľúcnej embólii: hlboké S, nápadné QII, negatívne TII



Tachypnoe

Bolesti

Tachykardia

