



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
(101 kPa) na úrovni mora)

- $\text{PaCO}_2 > 50 \text{ mmHg}$ (6,5 kPa)

- 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 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

Respiračné zlyhanie

Zlyhanie pľúc

Zlyhanie pumpy

Typ1 Hypoxické
(parciálne)

Typ2 Hyperkapnické
(globálne)

Akútne

Chronické

Akútne

Chronické

Typ3 Hypoventilačné
(atelektatické)

Typ4 Hypoperfúzne
(šokové)

Category

Characteristic

Hypercapnic respiratory failure

$\text{Pa}_{\text{CO}_2} > 45 \text{ mm Hg}$

Acute

Develops in minutes to hours

Chronic

Develops over several days or longer

Hypoxemic respiratory failure

$\text{Pa}_{\text{O}_2} < 55 \text{ mm Hg}$ when $\text{F}_{\text{O}_2} \geq 0.60$

Acute

Develops in minutes to hours

Chronic

Develops over several days or longer

Respiratory failure

Type 1 (Hypoxemic respiratory failure)

Pa_{O_2} is low
($\text{Pa}_{\text{O}_2} < 50 \text{ mmHg}$)

CO_2 is not elevated
($\text{Pa}_{\text{CO}_2} < 60 \text{ mmHg}$)

See Sect. 1.25

Type 2 (Hypercapnic respiratory failure)

Pa_{O_2} is low
($\text{Pa}_{\text{O}_2} < 50 \text{ mmHg}$)

CO_2 is elevated
($\text{Pa}_{\text{CO}_2} > 60 \text{ mmHg}$)

See Sect. 1.26

Type 3 (Per-operative respiratory failure)

FRC falls below
closing volume as a
result of atelectasis.

Contributing factors:

Supine posture

General anesthesia

Depressed cough
reflex

Splinting due to pain

Type 4 (Shock with hypo perfusion)

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.



PRÍČINY

Problém

Príklady

**Obštrukcia
dýchacích ciest**

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

Oslabené dýchanie

Obezita, spánkové apnoe, intoxikácia liekmi

**Svalová
slabosť**

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

**Abnormality
pľúc**

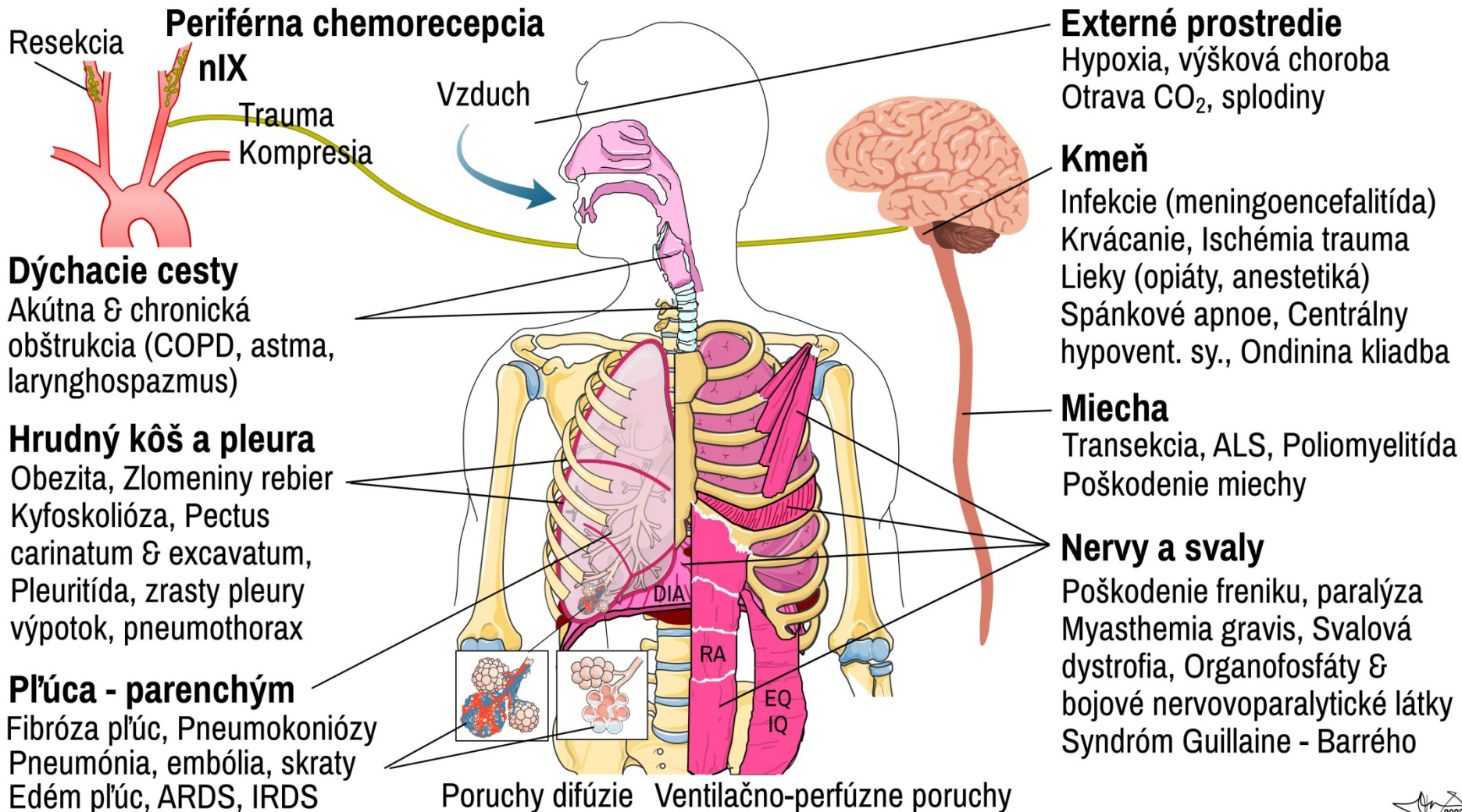
ARDS, fibróza pľúc, fibrotizujúca alvolitída, diseminované nádory, radiačná pleuritída a fibróza, sarkoidóza, popáleniny

**Abnormality
hrudníka**

Skolióza, poranenie (zlomeniny) & deformity hrudníka, torakoplastika



PRÍČINY



Typ 1: HYPOXEMICKÉ RZ

- $\downarrow \text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$; N až $\downarrow \text{PaCO}_2 \rightarrow$ normálne až $\uparrow \text{pH}$ (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 ($\downarrow \text{FiO}_2$)
 - 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

- $\uparrow \text{PaCO}_2 > 50 \text{ mmHg}$; $\downarrow \text{pH}$ (závisí od HCO_3^-), $\downarrow \text{pH}$
- vždy je hypoxémia ($\downarrow \text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$)
- renálna kompenzácia pH produkciou HCO_3^- (dni – týždne)
- Príčiny:
 - Útlm respiračných centier – sedatíva, heroín, centrálna hypoventilácia,
 - Nádory, hypotyreoidizmus,
 - Kyfoskolióza, 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 ($\downarrow \text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$); normálny až $\uparrow \text{PaCO}_2 > 50 \text{ mmHg}$; $\downarrow \text{pH}$ (závisí od HCO_3^-), $\downarrow \text{FRC}$
- renálna kompenzácia pH s produkciou HCO_3^- (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 ($\downarrow \text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$)
- $\uparrow \text{PaCO}_2 > 50 \text{ mmHg}$; $\downarrow \text{pH}$ (závisí od HCO_3^-), $\downarrow \text{pH}$
- renálna kompenzácia pH produkciou HCO_3^- (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 CO_2 ,
- Poruchy vedomia - konfúzia, ospalosť – nízke O_2 , vysoké 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

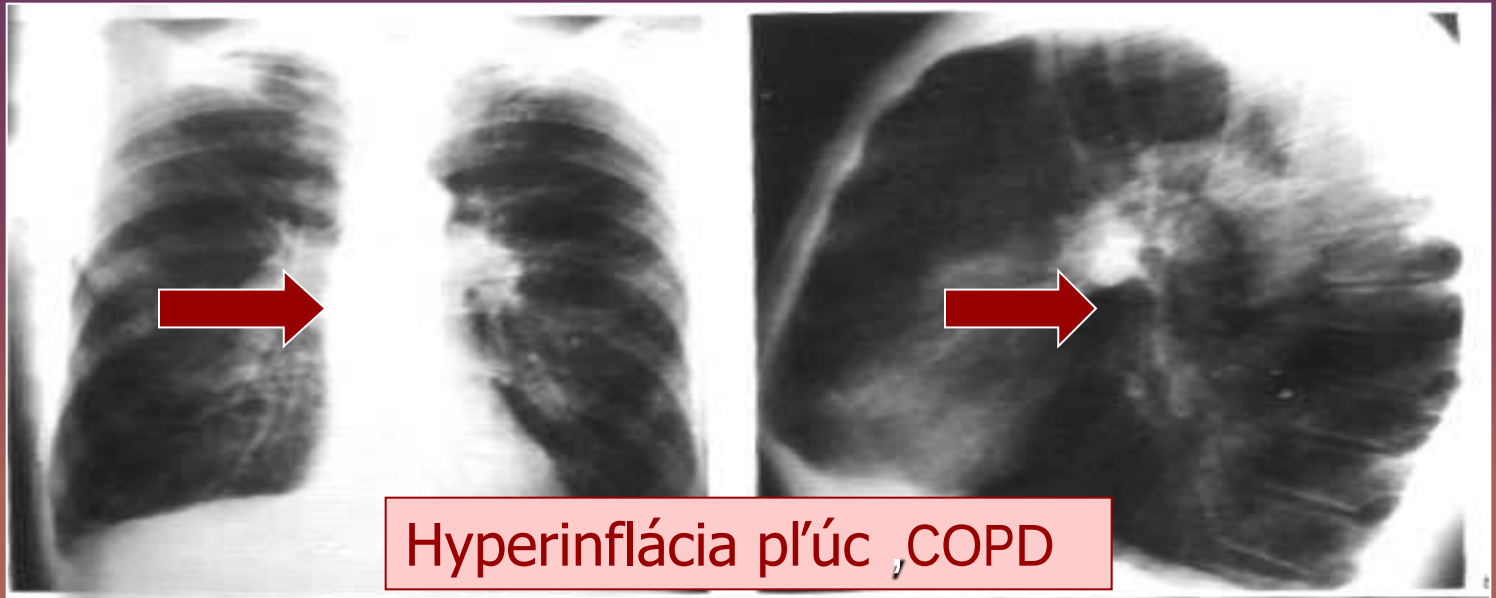




Fokálne infiltráty
Atelektáza, pneumonia



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 H_2O
 - **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. O₂ (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.

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

MORFOLÓGIA

■ Deštruktívne štádium (akútny stav)

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

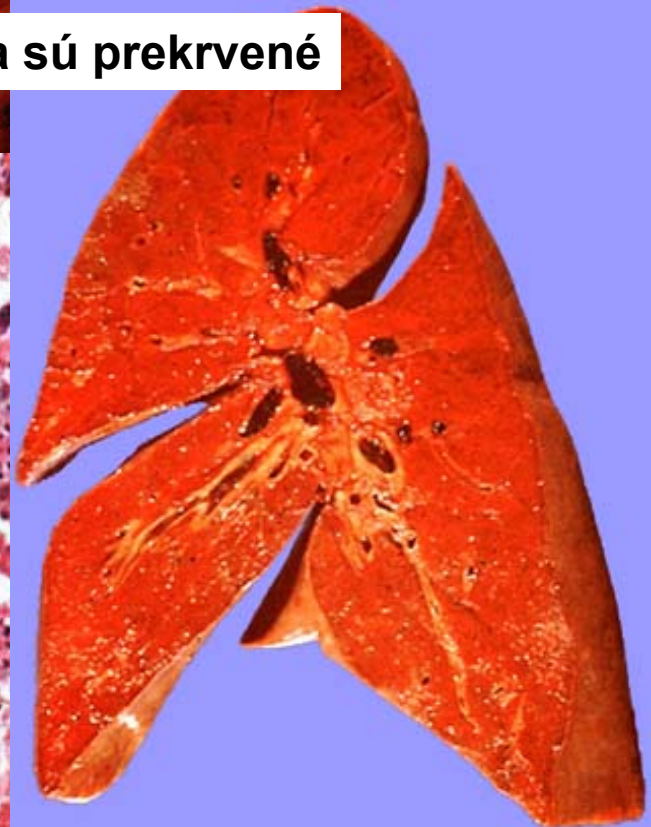
■ Proliferačné štádium (post-akútny stav)

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





Pľúca sú prekrvené



PATOGENÉZA

Poškodenie

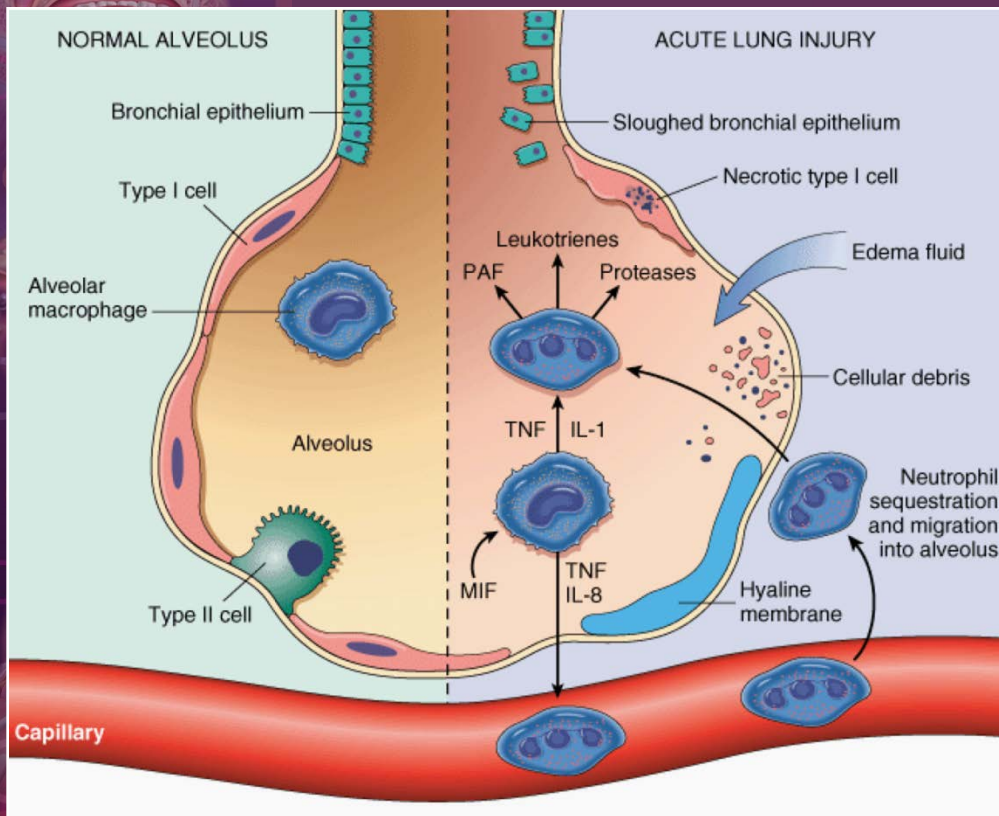
alveolárneho epitelu + vaskulárneho endotelu



- 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)



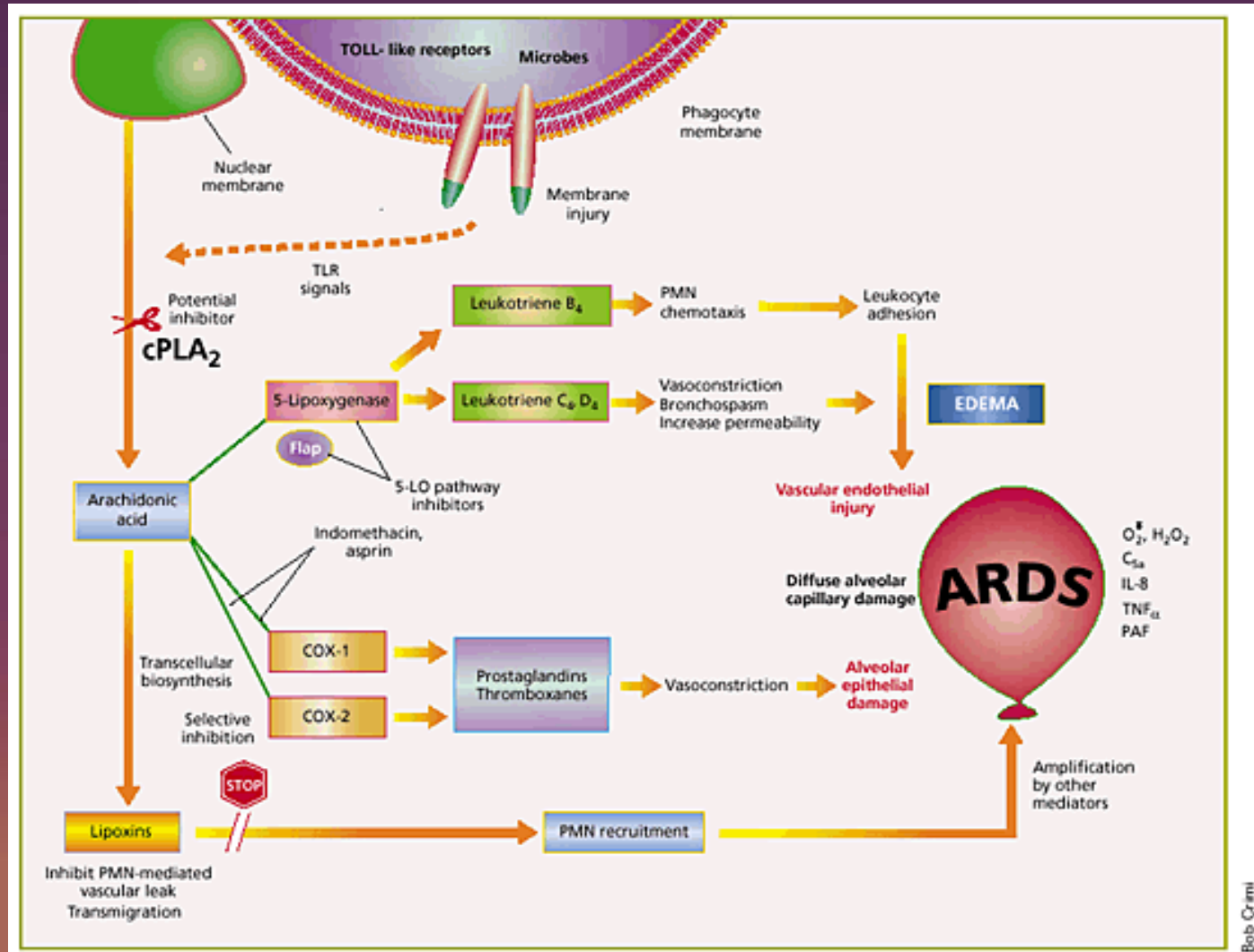
■ Aktivované Neu a Mf hrajú hlavnú úlohu

■ Nekontrolované uvoľňovanie zápalových mediátorov

- Aktivácia komplementu
- Cytokíny TNF- α , IL-1 β , IL-6, PAF
- Eikozanoidy: PGE, LT, TXA
- Voľné O₂ 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

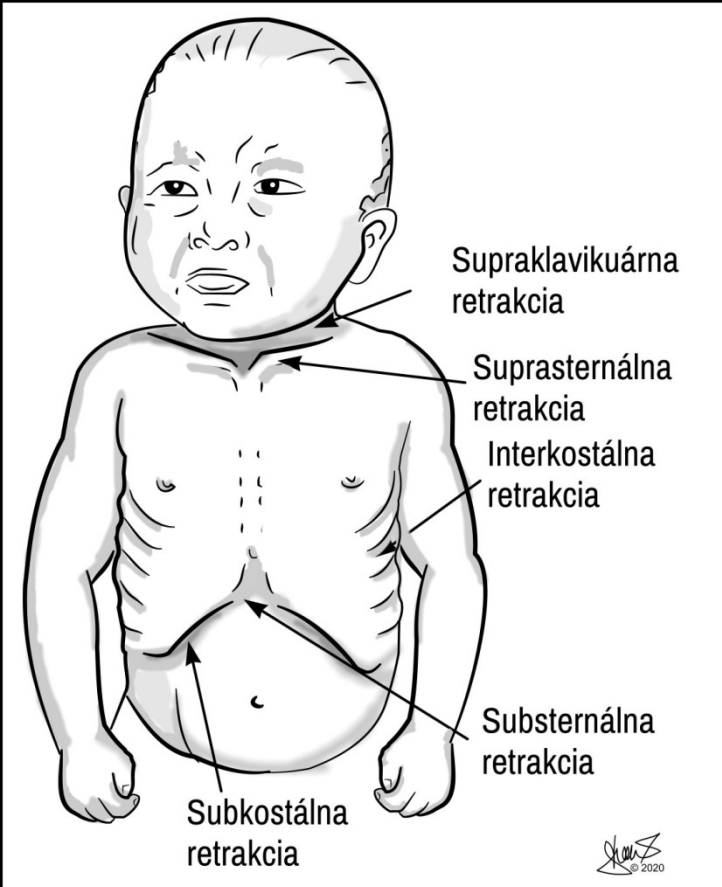
Def.: Sy. dychovej tiesne u detí (novorodencov) (IRDS, infant respiratory distress syndrome), je stav akútneho ohrozenia života spôsobený zlyhávaním dýchania u nedonosených novorodencov s nezrelosťou pľúc.

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 vnútrohruďným tlakom; vzniká subkostálna a substernálna retrakcia

Dieťa je excitované, plačlivé bojuje o život





Osobitné formy zlyhania dýchania

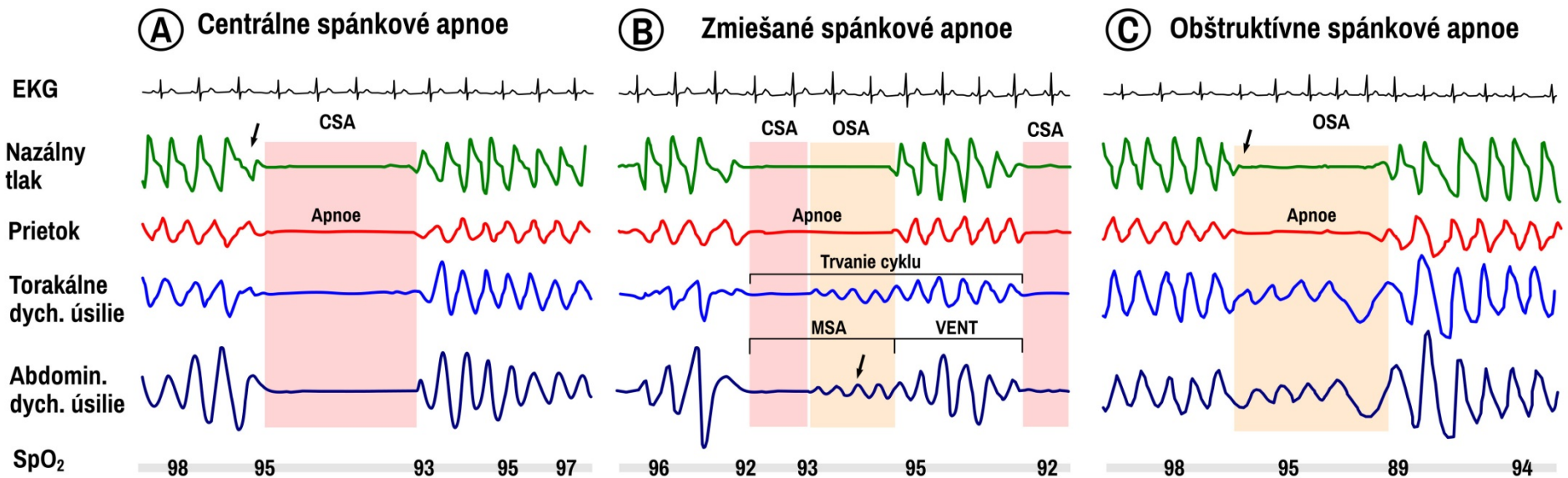
Spánkové apnoe

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, odkryvajúc i skryté prejavy



Spánkové apnoe

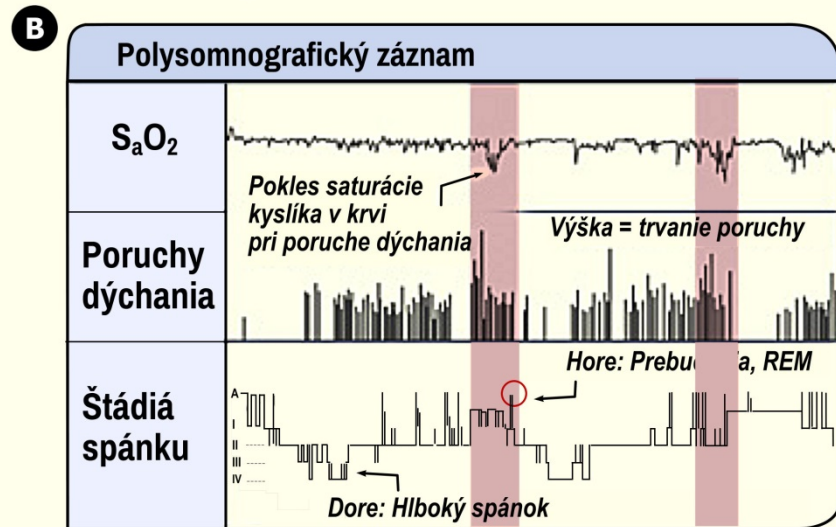
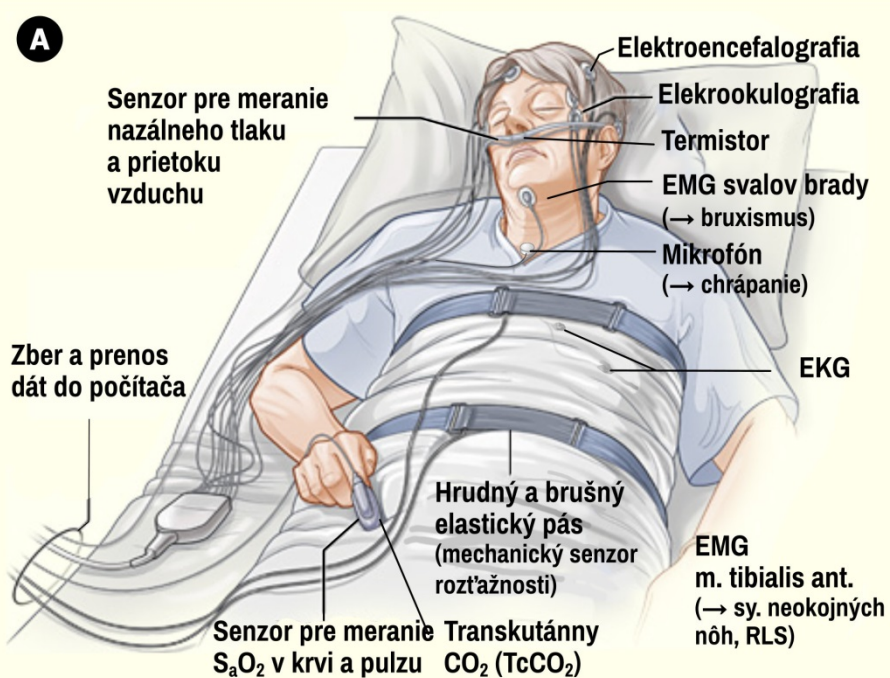
Centrálne spánkové apnoe (CSA) (10%) útlm tvorby respiračného drive(-u) ku svalom

- **hyperkapnický typ** (nefunguje len počas spánku) – hypoventilácia → hyperkapnia, → nedostatočná reakcia na CO_2 (CMP)
- **nehyperkapnický typ** (dýchanie je slabé aj pri bdení; hypereakcia na 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%)

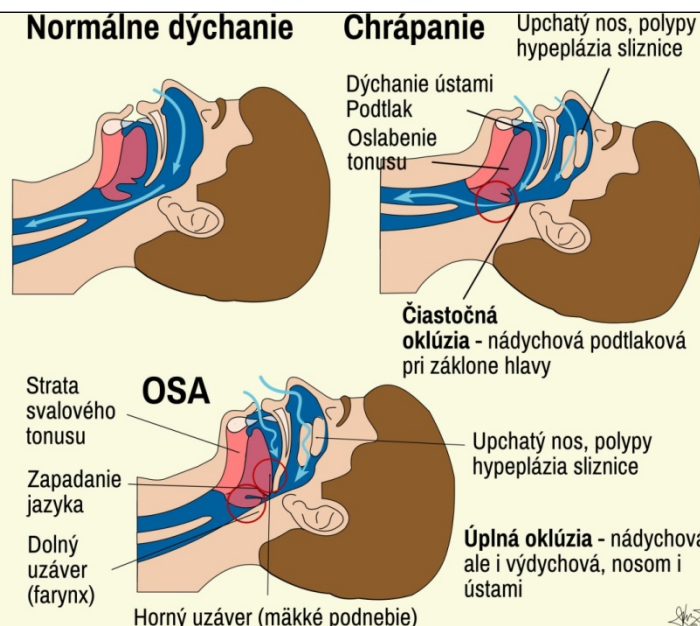
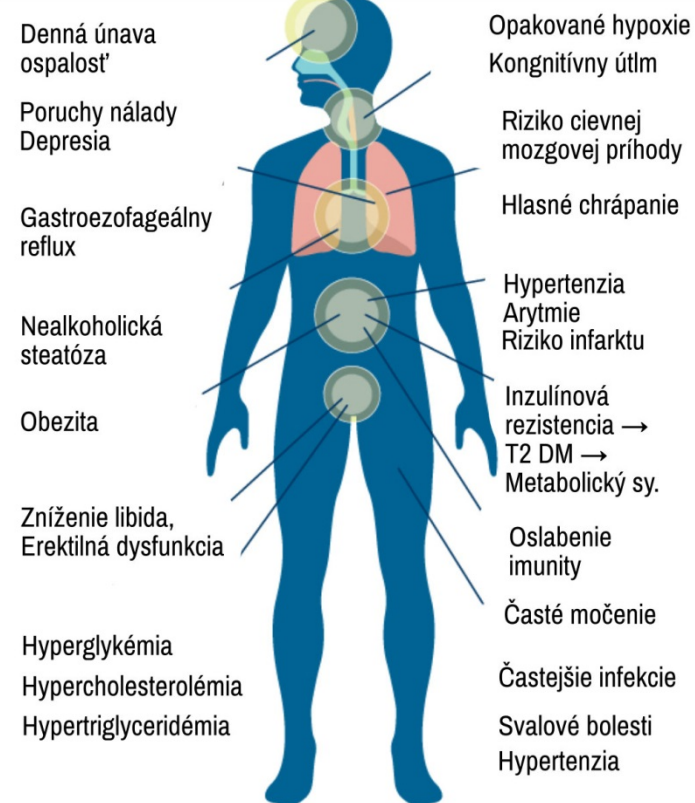
- Dočasný, prechodný kolaps (chrápanie) až úplný uzáver HDC následkom ochabnutia svalov (to je aj fyziologické) – koreň jazyka, hypofarynx; obezita (70% pac s OSA ; muži : ženy 2:1; nárast s vekom
- rizikový faktor pre vznik srdcovocievnych ochorení (hypertenzie, ICHS, cievne mozgové príhody, kongest.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

Zmiešané spánkové apnoe (10%)



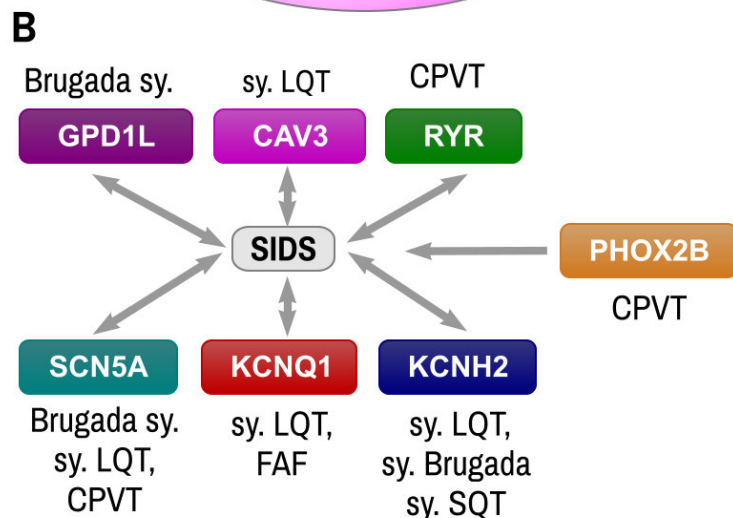
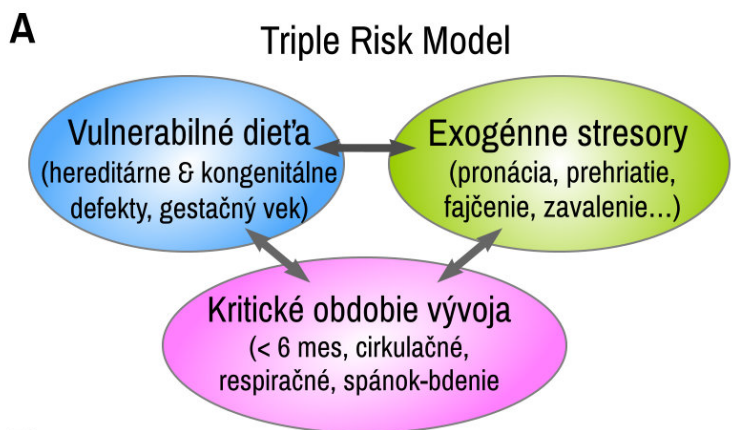
Apnoicko - hypopnoický index (AHI) = $\frac{(\text{Apnoe} + \text{Hypopnoe})}{\text{Celkové trvanie spánku (min)}}$

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



Apnoické stavy u detí

Sudden infant death syndrome (SIDS)



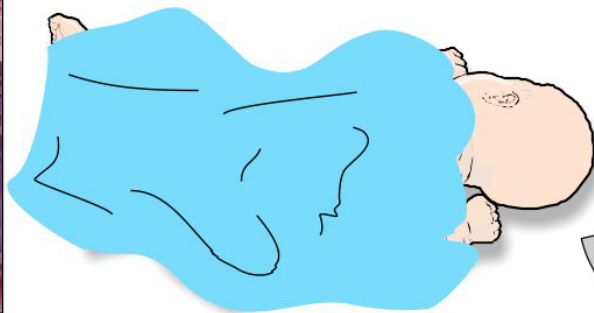
Def.: Apnoe u dojčiat a detí (*angl. infant apnoea*) je termín označujúci epizódy zastavenia dýchania trvá aspoň 20 sek v novorodeneckom, dojčenskom a detskom veku .

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

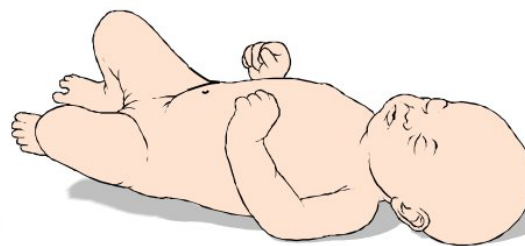
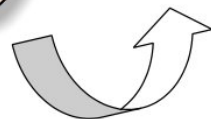
- Periodické dýchanie (*angl. infant periodic breathing*).
- Apnoe u predčasne narodeného dieťaťa (*angl. apnea of prematurity*)
- Apnoe v dojčenskom veku (*angl. apnoea of infancy*)

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 známk zápasu o život, hluku, svedkov.

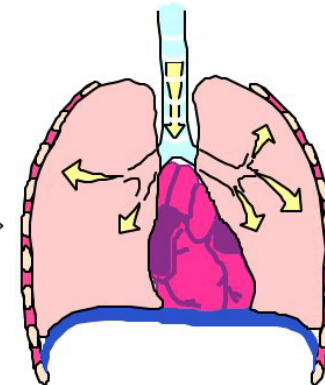
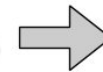
A



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



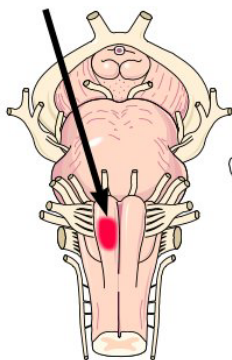
Poloha na chrbáte
Voľné oblečenie



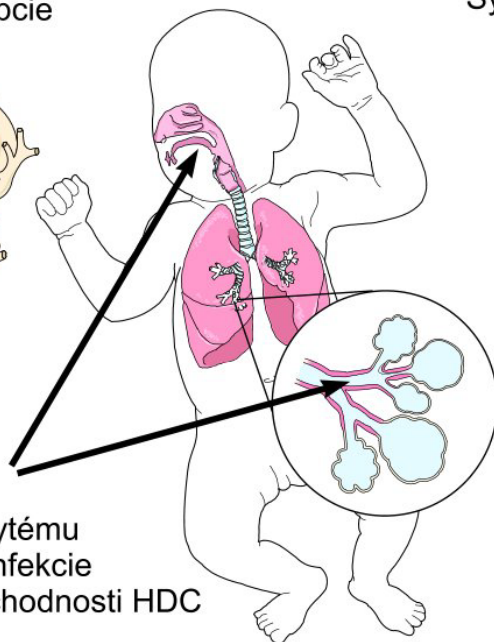
Zmenšenie námahy dých. svalov
Zlepšenie diastolickej náplne srdca
Zlepšenie ventilačno-perfúzných pomerov

B

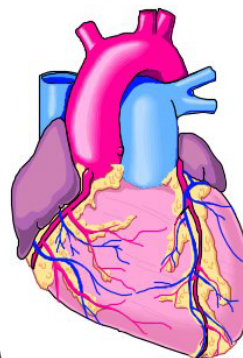
Poruchy centrálnej
chemoreceptcie



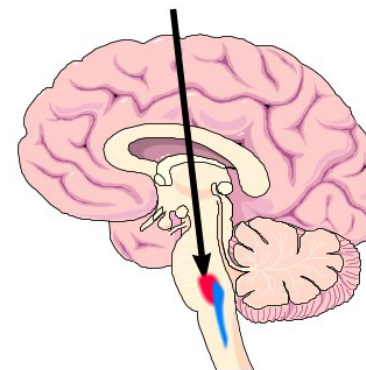
Nezrelosť
dýchacieho systému
Pulmonálne infekcie
Poruchy priechodnosti HDC



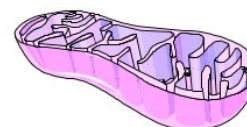
Poruchy srdcového rytmu
Syndróm LQT



Defekty CNS
Porucha serotoninergného
a adrenergného systému mozgu



Mitochondriopatie



Svaly
Srdce
Mozog