

# „Sofistikovaná biomechanická diagnostika lidského pohybu“

reg. číslo:

**CZ.1.07/2.3.00/09.0209**

**Kineziologie dýchání**

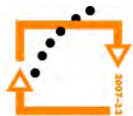
Investice do rozvoje vzdělávání



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ  
Mládeže a tělovýchovy



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



Univerzita Palackého  
v Olomouci

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*



# ŘÍZENÍ DECHOVÉHO CYKLU

## Dechová centra

- respirační neurony v mozkovém kmeni
- vzájemná IPSP a EPSP (postsynaptická inhibice a excitace)

### **INSPIRAČNÍ** motoneurony

početnější, mnohotvárnější

pacemarkery (?) se spontánní

aktivitou (?)

i při vyřazení vnějších podnětů (stejně

jako srdeční uzly)

**EXSPIRAČNÍ** motoneurony  
méně významné

## Regulační vlivy

viz dále

# Regulační vlivy působící na dechová centra

## VYŠŠÍ CENTRA

- emoce, „předstartovní“ stres
- Valsalvův manévr při maximálním zpevnění postury, synchronizace cyklu s prováděním cíleného pohybu
- „chtěné“ změny - např. krátkodobé zádrže při potápění, řízený výdech při dechových cvičeních atd.

## SPECIFICKÉ DECHOVÉ STIMULY

- chemosenzory (karotidy, aorta)
- senzory rozpínivosti v plicní tkáni
- mechano- a chemosenzory ve svalstvu
- chemosenzory mozkových komor

## NESPECIFICKÉ DECHOVÉ STIMULY

- nociceptory
- tepelné senzory (perif + centrální)
- hormony
- tlakové senzory (karotidy a aorta)

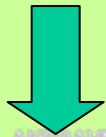
# Biomechanika dechového cyklu

ELASTICITA  
plicní tkáně

+

POVRCHOVÉ NAPĚTÍ  
tekutiny na stěnách  
sklípků

surfaktant  
snižuje!!



smršťují plíce k hilu

INTRAPLEURÁLNÍ  
(POD)TLAK

+

INTRAPULMONÁLNÍ  
TLAK



rozvívají plíce

## INTRAPULMONÁLNÍ TLAK

střídání podtlaku (inspirium) a přetlaku (exspirium)

při pneumothoraxu podtlak  
mizí a plíce se smršťuje  
u ventilového p. dokonce  
vzniká intrapleurální přetlak  
a útlak druhostranné plíce!!!

## INTRAPLEURÁLNÍ (POD)TLAK

vždy negativní vzhledem k atmosférickému tlaku

# Dechové odpory

## STATICKÉ

- velikost úměrná vzduchové náplni plic, nezáleží na rychlosti dýchání
- elastický odpor plic, povrchové napětí kapaliny ve sklípcích, elastické odpory hrudní stěny (svaly, vazivo atd.)

### ELASTANCE

- míra „elastického odporu“
- překonána svalovou prací při inspiriu
- využita při „pasivním“ exspiriu

### COMPLIANCE

- míra roztažnosti
- převrácená hodnota elastance

## DYNAMICKÉ viz dále

# Dechové odpory pokračování

## DYNAMICKÉ

- závisí m.j. na rychlosti proudění

### TKÁŇOVÝ ODPOR

(10 %)

neelastická deformace a tření

- v plicích

- hrudní stěně

- břišní dutině

- roste s frekvencí dýchání

### PROUDOVÝ ODPOR

(90 %)

- odpor proudění vzduchu v dýchacích cestách

závisí (m.j.) na:

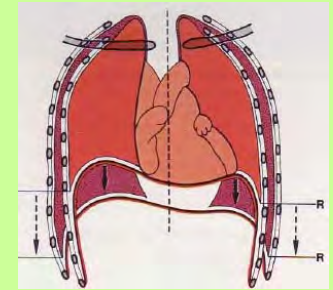
- typu proudění (laminární x turbulence)

- průměru a délce průdušky

- směru proudění (záklonkový mechanismus v exspiriu)

# Kineziologie fyziologického nádechu

hlavní dechový sval – bránice zjednodušený model



## 1. fáze

punctum fixum na úponech bránice

svaly fixující  
dolní žebra?

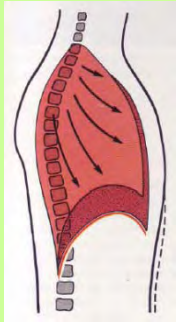
centrum tendineum se pohybuje dolů

hrudník zvětšuje  
rozměr kraniokaudálně

centrum tendineum se „zarazí“ o  
odpor orgánů břišní dutiny

břišní stěna a  
pánevní dno!!!

**KLESÁ  
INTRAPLEURÁLNÍ  
TLAK**



## 2. fáze

nové punctum fixum v centrum tendineum

další hlavní  
vedlejší a pomocné  
dýchací svaly!

zvedají se  
dolní žebra

rozšíření  
laterolaterálně

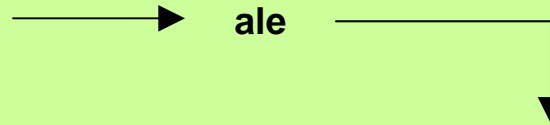
zvedá se i sternum a horní žebra

rozšíření předozadně



# HRUDNÍ KOŠ

tuhá konstrukce s jedním  
stupněm volnosti pohybu  
(velmi zjednodušeně!!!)



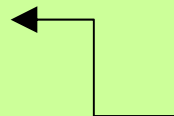
ale

kostovertebrální a kostosternální skloubení  
umožňují deformaci!!!!!!



**nutná koordinovaná aktivita svalstva k udržení  
tvaru a dosažení maximálních objemových  
změn**

patologické změny tvaru  
při poruše koordinace  
a/nebo parézách



## vlivy

- svalová síla působící na úponech
- elasticita a compliance
- tlak extrakorporální, intrathorakální, intraabdominální

viz následující graf

**funkční pouze bránice, ne interkostální svaly  
hrudní koš nedrží tvar, není stabilizován**

horní část hrudního koše

FRV



- 1) zpočátku  
- prudké rozpínání dolní části  
- snížení rozpětí horní části hrudního koše

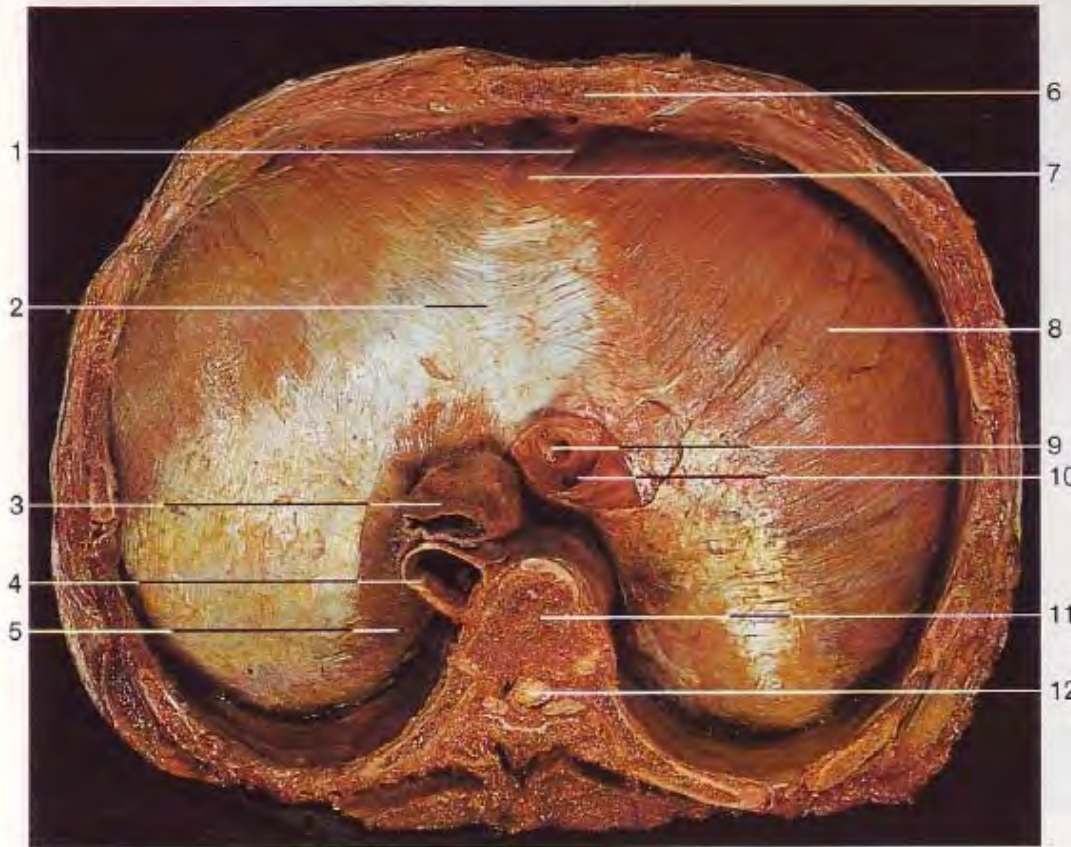


- 4) ke konci výdechu  
- pokles především v dolní části

- 3) na začátku výdechu  
- prudké snížení rozpětí horní části

- 2) ke konci nádechu  
- prudké rozpínání horní části  
- dolní část se naopak lehce zmenšuje

kaudální část hrudního koše



**Diaphragma (zhora).** Odstránená je stena hrudníka a pleura diaphragmatica

- 1 trigonum sternocostale (Larreyova štrbina)
- 2 centrum tendineum (zhora)
- 3 oesophagus
- 4 aorta
- 5 pars lumbalis diaphragmatis
- 6 sternum
- 7 pars sternalis diaphragmatis
- 8 pars costalis diaphragmatis
- 9 vv. hepaticae – ústie do v. cava inf.
- 10 v. cava inf.
- 11 corpus vertebrae (Th<sub>12</sub>)
- 12 medulla spinalis (priečny rez)

# BRÁNICE

dvě hlavní části s různým embryonálním původem

různý typ vláken, jiný vliv na hrudní koš, různá aktivita např. při zvracení a říhání

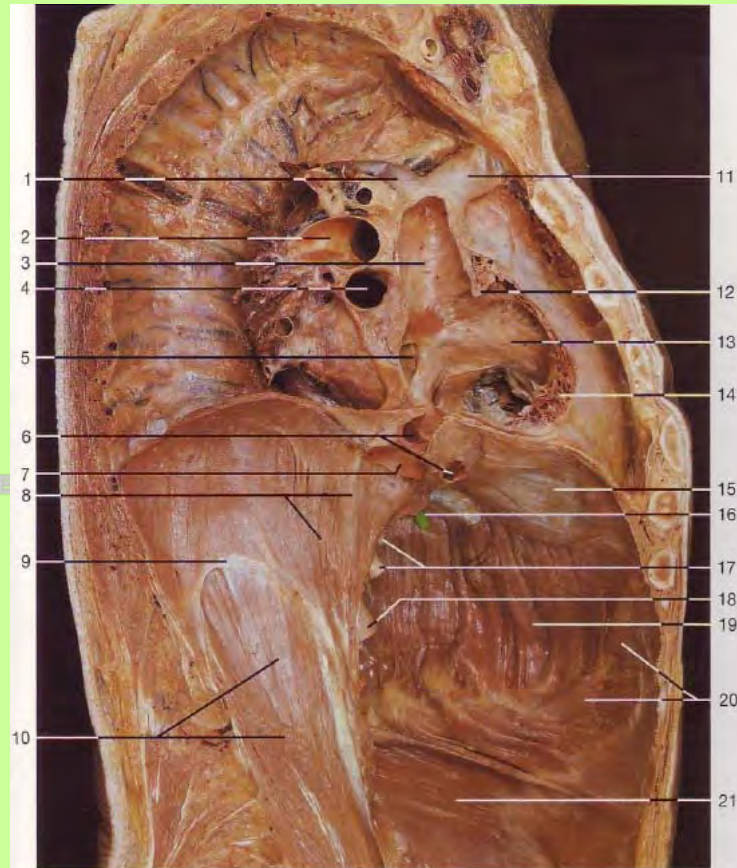
obě stejně při kontrakci ↓ intrapleurální a ↑ intraabdominální tlak

## KOSTÁLNÍ

- paralelně s IC, rychlá vlákna
- přibližují CT a dolní žebra
- ↓ intrapleurální tlak
- ↑ intraabdominální tlak

## KRURÁLNÍ

- sériové s IC, pomalá vlákna
  - neupínají se na dolní žebra
  - pouze táhnou CT kaudálně
- při laparotomii vtahují dolní žebra(?)
- ↓ intrapleurální tlak
  - ↑ intraabdominální tlak



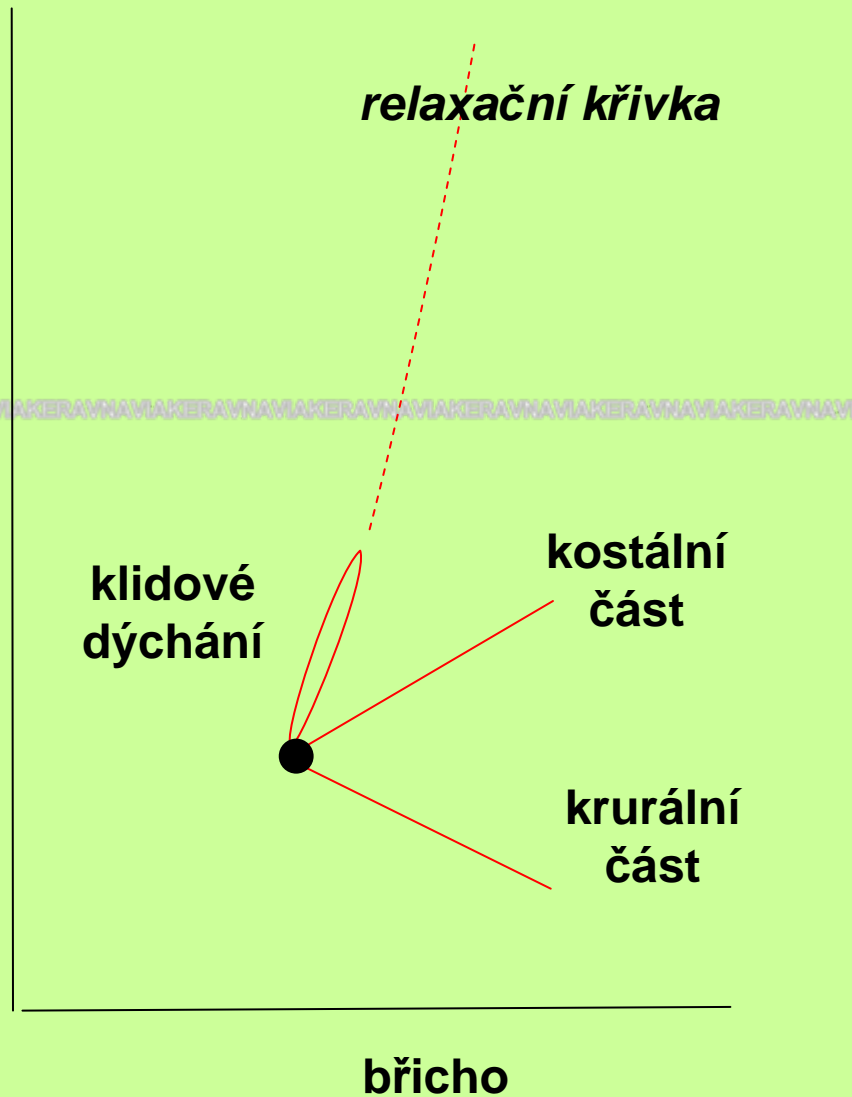
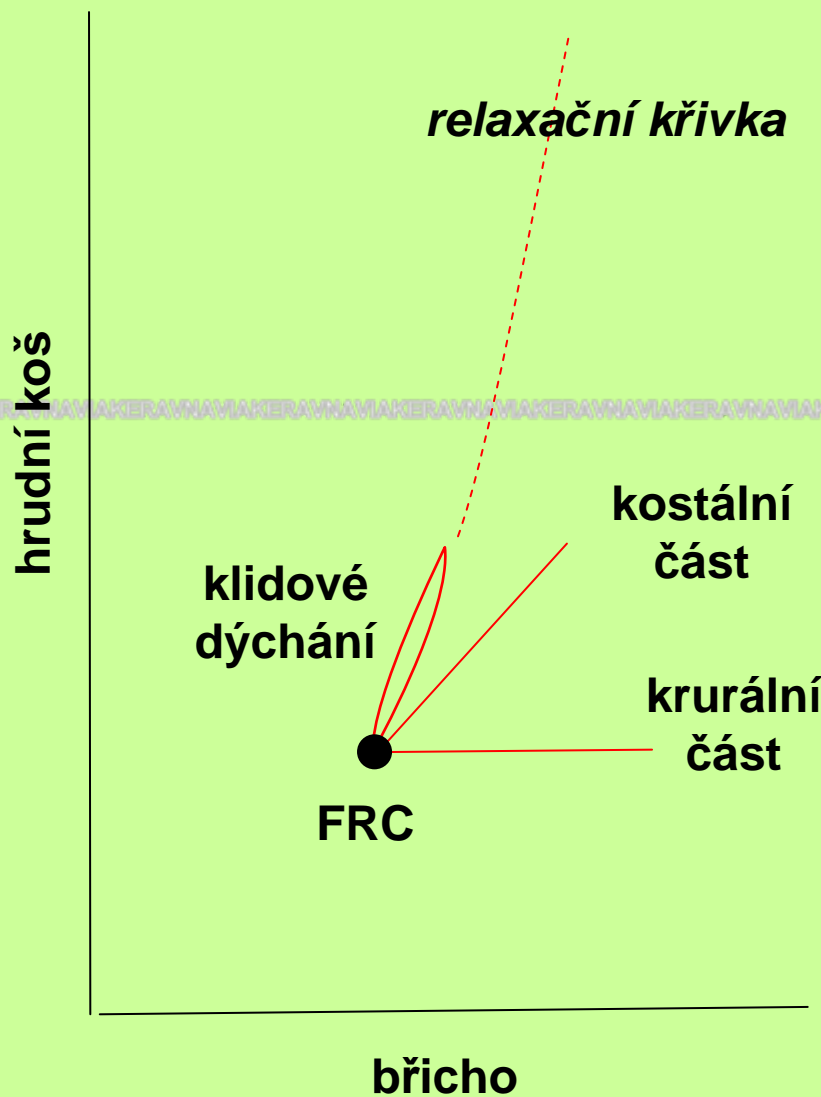
- 1 arcus venae azygos
- 2 a. pulmonalis dx.
- 3 v. cava sup.
- 4 v. pulmonalis dx.
- 5 fossa ovalis
- 6 vv. hepaticae
- 7 v. cava inf.
- 8 pars lumbalis diaphragmatis, crus dextrum
- 9 lig. arcuatum med.
- 10 m. psoas major
- 11 v. brachiocephalica sin.
- 12 crista terminalis
- 13 atrium dx.
- 14 auricula dx.
- 15 centrum tendineum
- 16 oesophagus
- 17 truncus coeliacus  
a. a. mesenterica sup.
- 18 aorta
- 19 pars costalis diaphragmatis
- 20 arcus costalis
- 21 m. transversus abdominis

**Bránica.** Paramediálny rez hrudníkom a brušnou dutinou (ľavá strana). Odstránené sú pravé pľúca a orgány hornej časti brušnej dutiny. Srdce je ponechané in situ

# Vliv částí bránice na *obvod* hrudníku a břicha

břišní dutina  
**uzavřena**

břišní dutina  
**otevřena**



# VLIV KONTRAKCE BRÁNICE *NA BŘICHO A HRUDNÍK*

**kaudální pohyb CT při inspiriu**

**zvýšení nitrobřišního tlaku**

**posun orgánů dutiny břišní  
kaudálně**

**břišní obsah je primárně nestlačitelný  
mimo 100-300 ml vzduchu**

**pohyb břišní stěny zevně**

**za klidného dýchání při dostatečně  
pohyblivém hrudním koši není nutné  
vyklenutí břicha**

**(jiná je situace např. M. Bechtěrev)**

**viz následující graf**

# TETRAPLEGIE (v sedu!!!!)

**bránice aktivní**

**neaktivita  
ostatních  
dýchacích svalů**

**BŘICHO  
vyklenuje**

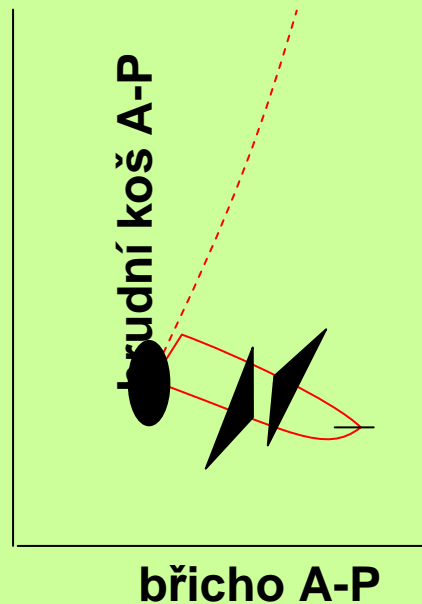
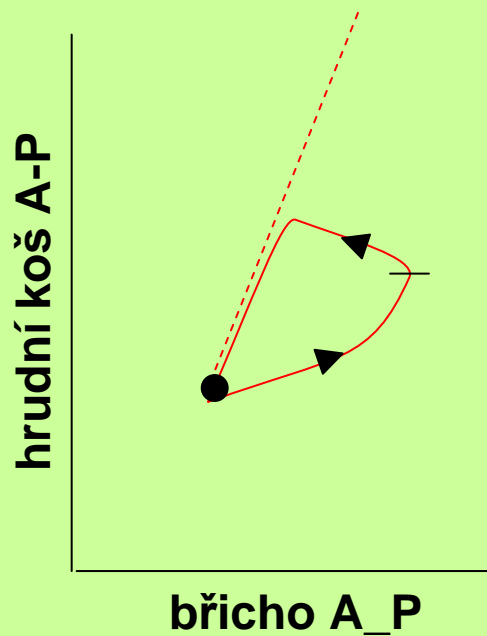
**pokles  
intrapleurálního tlaku**

**DOLNÍ ČÁST HRUDNÍKU  
se rozšiřuje**

**HORNÍ ŽEBRA se  
pohybují dovnitř**

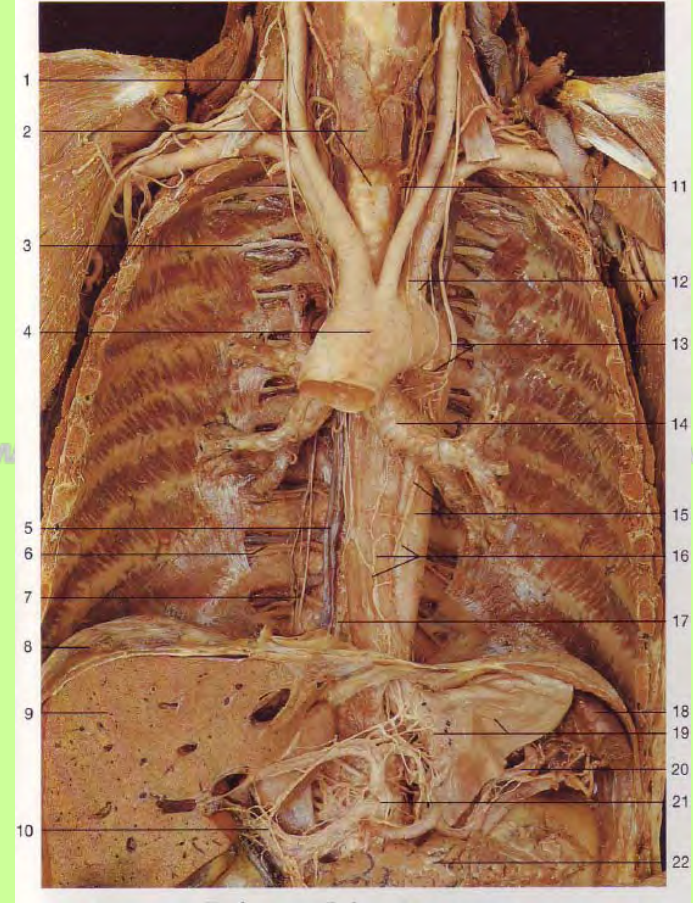
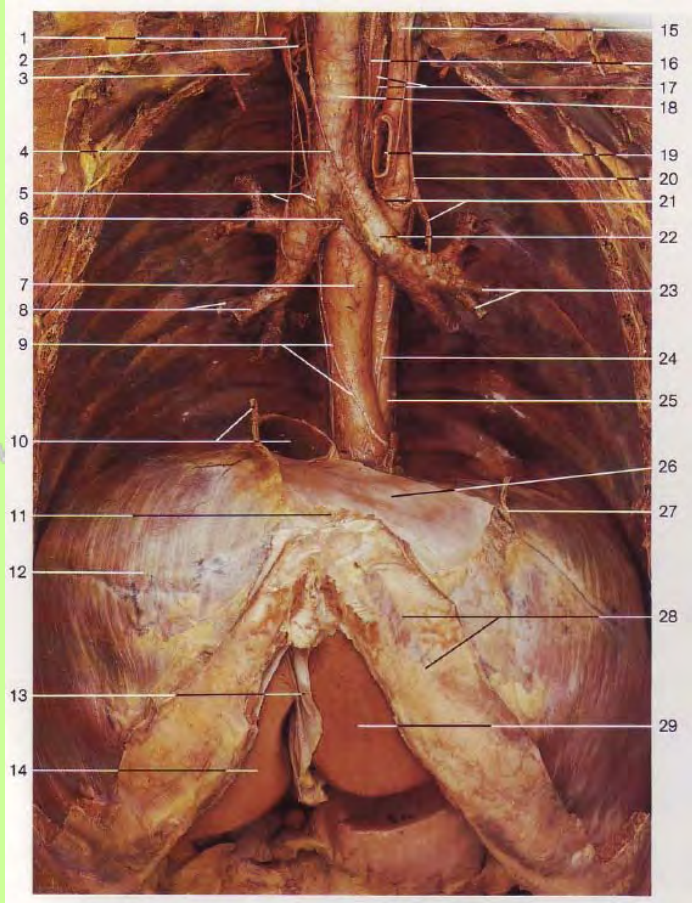
VII. žebro

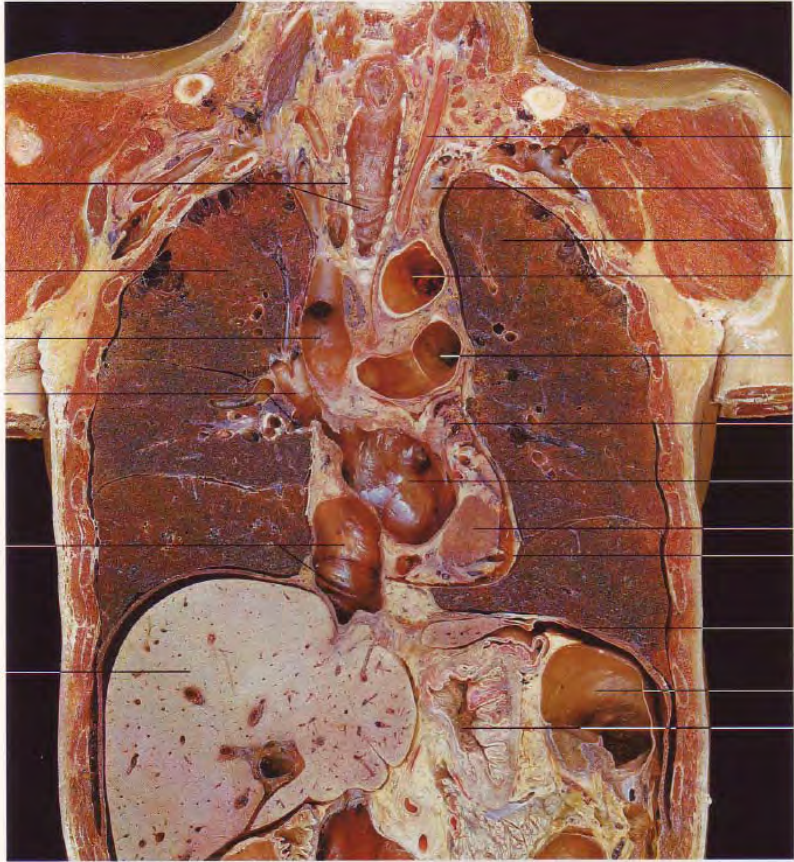
III. žebro



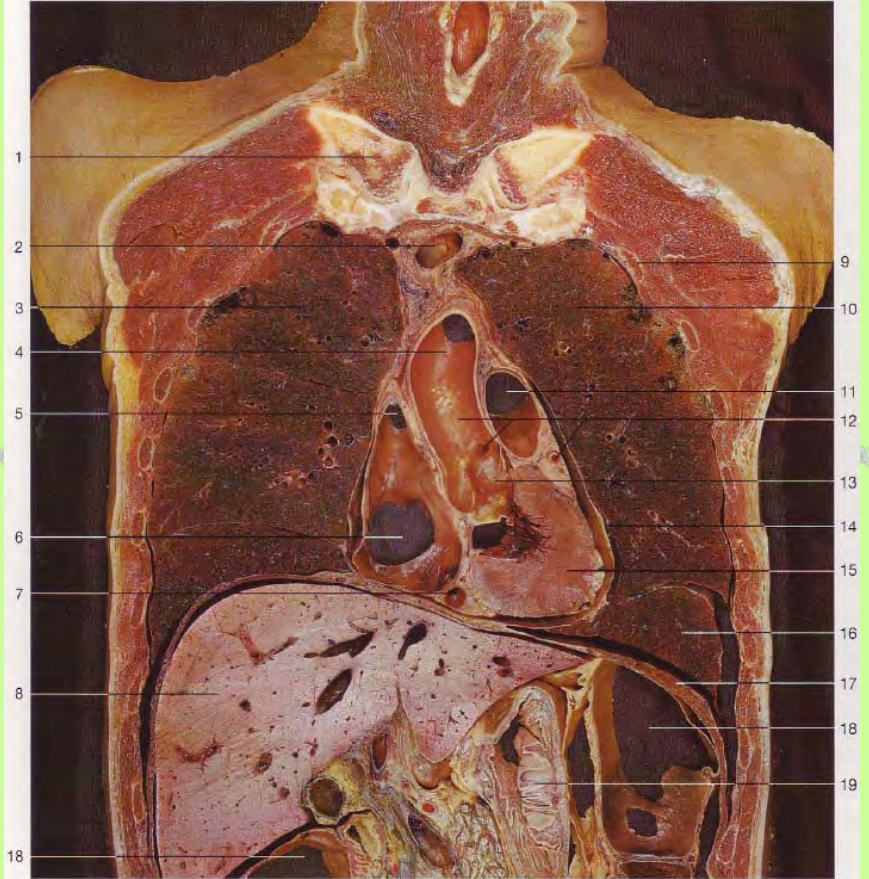
**v lehu jiné pohyby – viz dále**



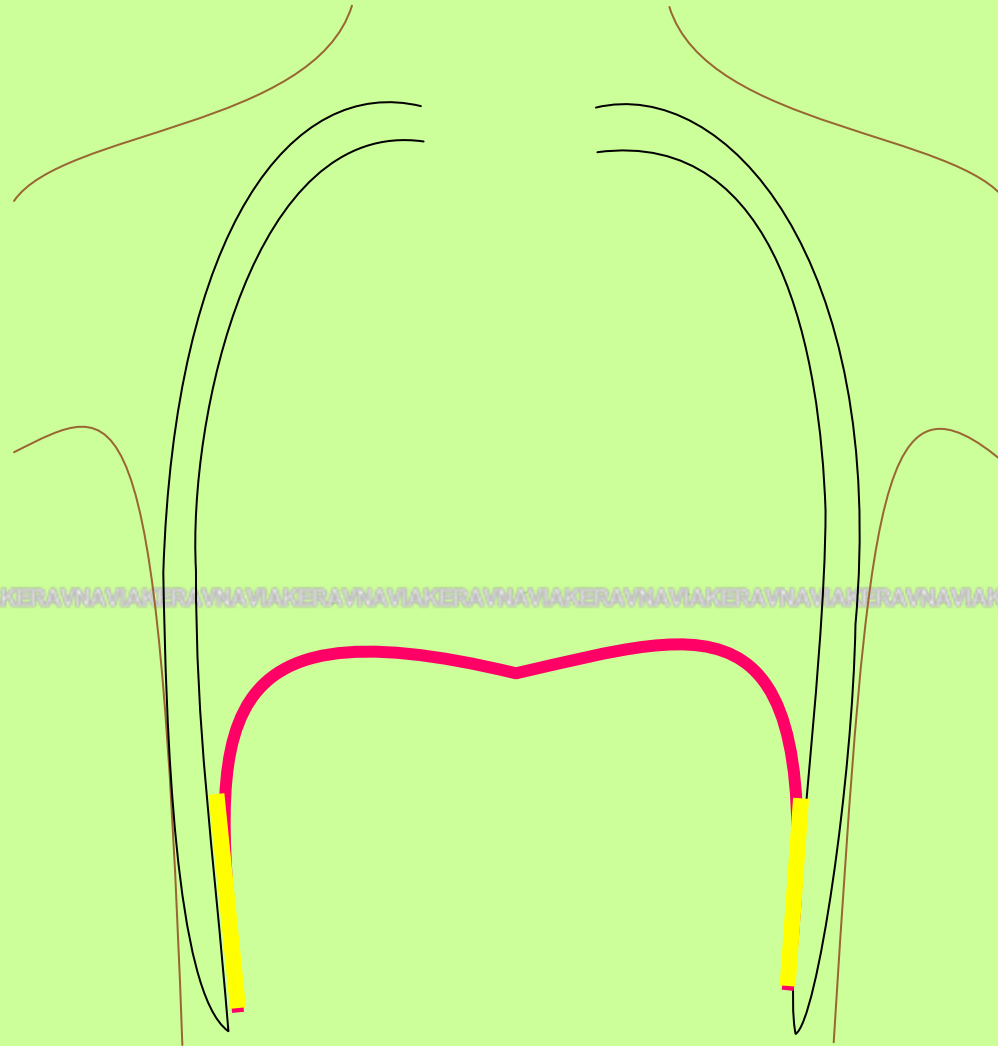




Frontálny rez hrudníkom v úrovni ústia v. cava sup. a inf. do pravej predsieni (spredú)



Frontálny rez hrudníkom v úrovni aorta ascendens (spredú)



**„zone of apposition“**

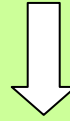
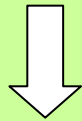
# MECHANIZMUS PŮSOBENÍ BRÁNICE NA **DOLNÍ ŽEBRA**

## ÚPONOVÁ SLOŽKA

- přibližuje žebra a CT
- záleží na punctum fixum

## „A“ SLOŽKA

„apposition“  
kontakt pleurální plochy bránice  
a hrudní stěny



tah struktur  
mediastina?

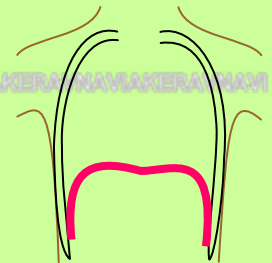
### při volném CT a jeho poklesu

- stahuje dolní žebra
- případně vtahuje dolní část hrudníku

### při fixaci CT

- zvedá dolní žebra
- rozšiřuje dolní část hrudníku

záleží na  
nitrobřišním  
tlaku!!!



eviscerace

CKP/ DMO  
nerozvinutí  
hrudníku  
Harrisova  
rýha

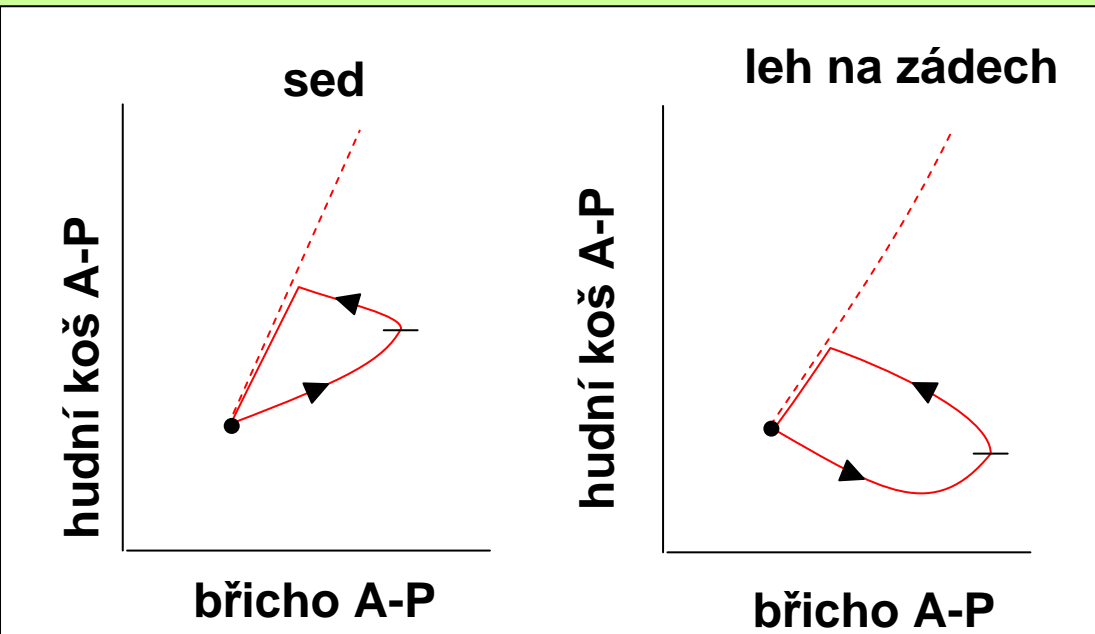
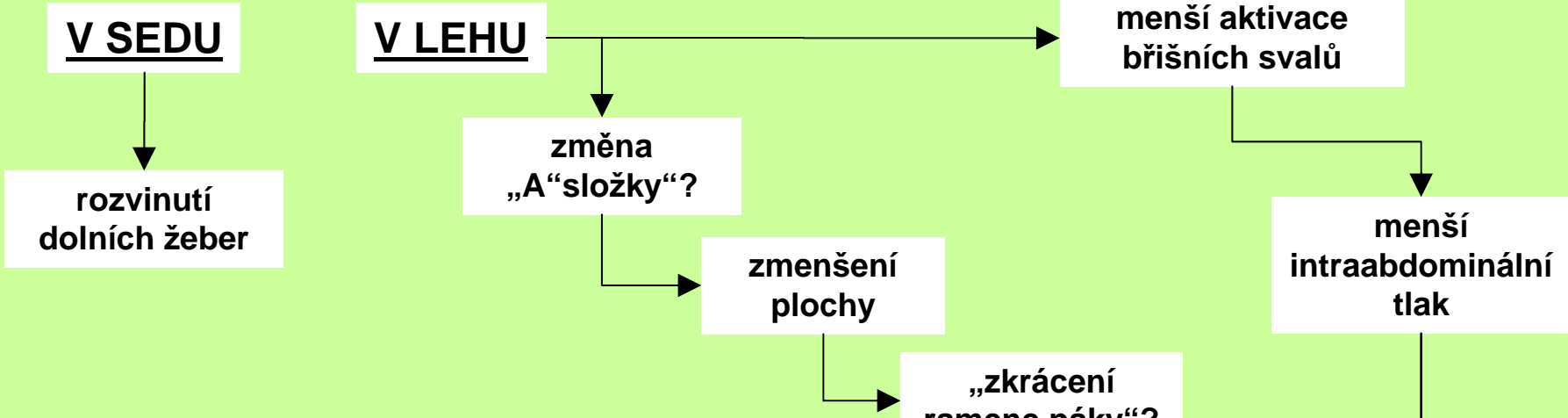
INSPIRIUM → pokles CT

úponová složka se zmenšuje – klesá předpětí vláken  
„A“ složka se zmenšuje – klesá plocha kontaktu

## inverze svalové funkce bránice!!!

u zajíců a psů na konci max. nádechu tetanická stimulace  
n. frenicus podporuje expirium!!!!

# VLIV POLOHY NA DÝCHÁNÍ



**TETRAPLEGIE** při nádechu

**v lehu se hrudník méně rozvíjí**

stejně u zdravých při REM spánku!!!

# MEZIŽEBERNÍ SVALY

- nejednotný názor na jejich funkci
- řada teorií vycházejících z biomechaniky a/nebo EMG studií

**fixační funkce??** drží vzájemné postavení žebereb – pružné zpevnění hrudního koše během dýchacích pohybů?

mm. intercostales

**EXTERNI**

zvedají žebra (k páteři)

**INSPIRIUM**

mm. intercostales

**INTERNI**

**zadní část** – stahuje žebra

**EXSPIRIUM**

**přední část** (parasternální) – zvedá žebra (ke sternu)

**INSPIRIUM**

# POMOCNÉ DECHOVÉ SVALY

## svaly zvedající žebra

### k páteři a lebce

(stabilizovaných aktivitou  
vzpřimovačů a dalších svalů  
zajišťujících posturu

k ramennímu pletenci  
(stabilizovanému oporou  
HKK – ortopnoické dýchání)

### MM. SCALENI

povrchové EMG – jen výjimečně aktivita  
vleže

- jehlové EMG – (téměř) vždy aktivita  
vleže i ve vzpřímení!!!!
- zvedají sternum (viz dále)

### M. STERNOCLEIDOMASTOIDEUS

zvedá horní žebra (viz dále)

### inspirium

**M. TRAPEZIUS**

**M. PECTORALIS MINOR**

**M. SERRATUS ANT.**

**M. SERRATUS POST. SUP.**

### exspirium

**M. TRANSVERSUS THORACIS**

**M. SUBCOSTALIS**

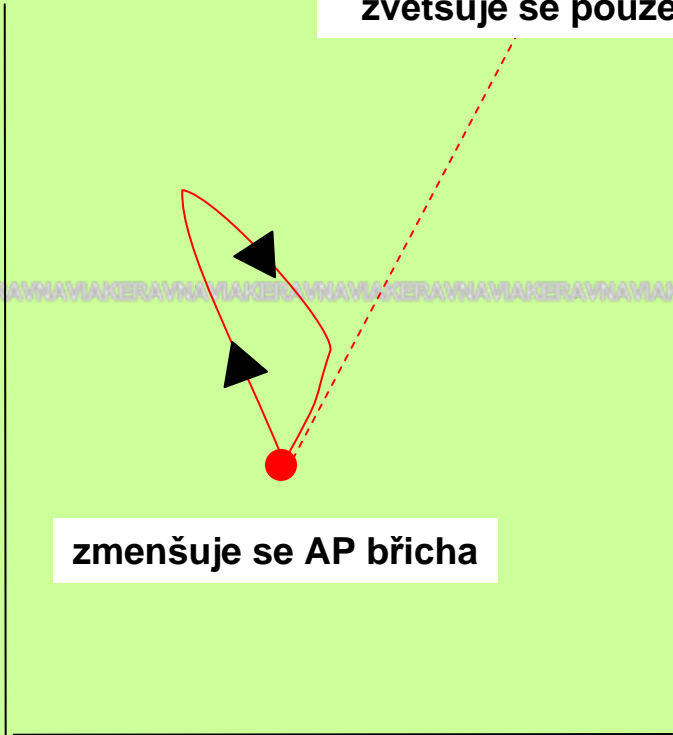
# KLIDOVÉ DÝCHÁNÍ

POUZE **SCM** A **TRAPEZIUS**

při nádechu

zvětšuje se pouze AP rozměr hrudníku

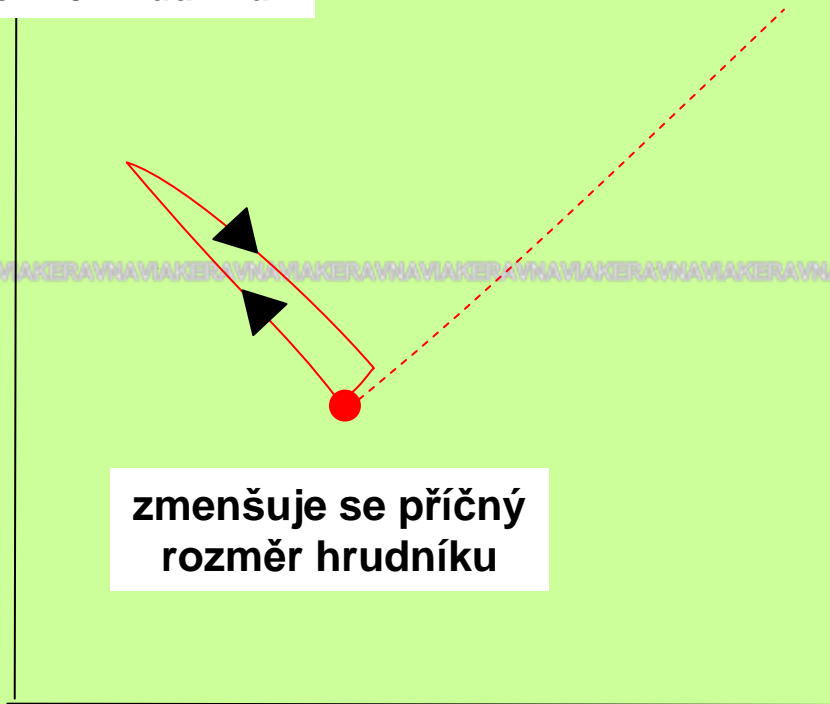
hrudní koš A-P



zmenšuje se AP břicha

břicho A-P

hrudní koš A-P



zmenšuje se příčný rozměr hrudníku

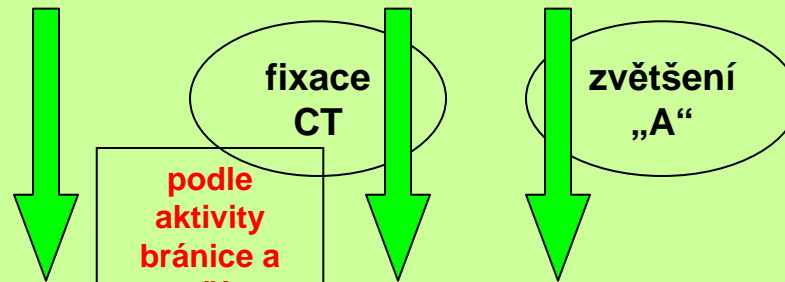
hrudní koš lat.



# BŘIŠNÍ SVALY - MECHANISMY PŮSOBENÍ

stahují žebra dolů  
v závislosti na místě  
úponu a průběhu vláken  
(různé rameno páky)

zvyšují intraabdominální tlak



m. RECTUS abd.

převažuje působení na úponech  
(stahuje žebra dolů) nad vlivem  
na zvýšení intraabdominálního  
tlaku

mm. EXTERNUS et INTERNUS obliq. abd.  
m. TRANSVERSUS abd.

převažuje účinek přes zvýšení intrabdominálního  
tlaku nad úponovým účinkem (stahování žebec  
dolů)

# Patologické typy dýchání

**A poruchy inervace**

**B poruchy mechaniky**

**C poruchy metabolismu a centrálního řízení**

# Patologické typy dýchání A

## poruchy inervace

### Glosofaryngeální dýchání („žabí“)

- vtlačování vzduchu do plic jazykem a polykacími svaly
- nácvik u pacientů s (částečnou?, odeznívající?) **poruchou funkce primárních dýchacích svalů** (obrny)
- lze překonat dýchací obtíže hodinu i více, hlavně psychologický efekt, omezení fixace na respirátor (Obrda, Karpíšek, 1971)

### Obrna mezižeburní a pomocných dýchacích svalů (tetraplegie)

při inspiriu klesají horní žebra

### Dýchání při paréze primárních dýchacích svalů

- viz dále

# Obrna bránice a mezižební dýchacích svalů (poliomyelitis)

- rychlé a pravidelné dýchání, ale povrchní bez pohybu nosních křídel
- intenzivní zapojení pomocných svalů, ale často obrna také ramenních pletenců
- pohyby hrudníku nesouměrné, nerozšiřuje se (nebo jen minimálně)
- epigastrium při inspiriu nevyklenuje, spíše propadá
- při přidržení hrudníku v hlubokém inspiriu se epigastrium vyklene
- nedokáže zadržet dech, nemůže kýchat
- nedokáže počítat „jedním dechem“!!!

**OKAMŽITĚ UMĚLÁ VENTILACE!!!!**



# Patologické typy dýchání B

## poruchy mechaniky dýchání

### Emfyzematické dýchání

- nápadně velký hrudník v trvale inspiračním postavení u jinak astenického pacienta
- chronická bronchiální obstrukce, typ A („pink puffers“)

### Astmatické dýchání během záchvatu

- expirační dušnost, hrudník v inspiriu
- distanční pískoty a vrzoty
- ortopnoe, fixace HKK
- výrazná aktivita vedlejších a pomocných svalů

# Patologické typy dýchání C

metabolické poruchy a poruchy centrální regulace

## Kussmaulovo acidotické dýchání

- hluboké, pravidelné, fr. nižší ale i vyšší
- diabetické kóma, urémie, respirační insuficience

## Cheyn-Stokesovo periodické dýchání

- cyklické prohlubování+ zrychlování s následným změlčováním+zpomalováním a apnoickou pauzou
- acidóza, srdeční selhávání, pokročilá AS cerebri, mozková postižení

## Vzdychavé dýchání

- občasné hluboké inspirium s hlasitým výdechem („ach jo“)
- neurocirkulační astenie, neuróza





# Literatura

Kapandji, A.I. (1993). *The physiology of the joints. Volume 3, The spinal column, pelvic girdle and head*. Edinburgh : Churchill Livingstone

Kendall, F. P., Elizabeth Kendal McCreary, E.K., & Patricia Geise Provance, P. G. (1993). *Muscles testing and function*. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins . Kordač, V. (1991). *Vnitřní lékařství*. Praha : Avicenum.

Rohen, J. W., Yokochi, Ch., Lutjen-Drecoll, E. (1991). *Anatómia človeka – fotografický atlas ľudského těla*. Martin : Osveta.

Troyer de, A., & Loring., S.H. (1986). Action of respiratory muscles. In P. T. Macklem & J. Mead, (eds) *Handbook of Physiology. Section 3. The Respiratory System. Volume III, Mechanics of Breathing*. Bethesda: American Physiological Society, pp.443-462.