

Dýchací systém

ANATOMIE DÝCHACÍCH CEST

Dutina nosní

Dutina ústní

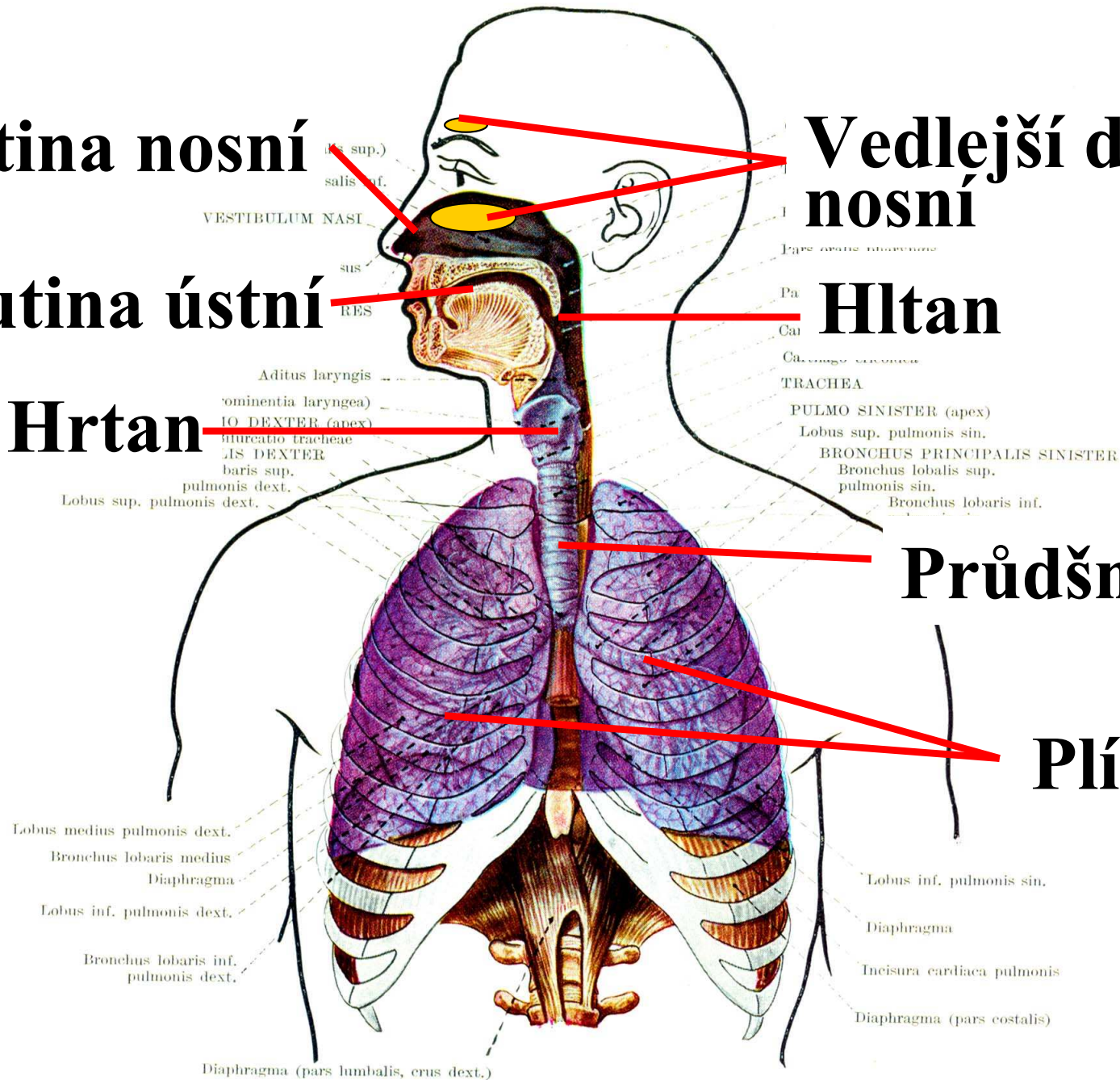
Hrtan

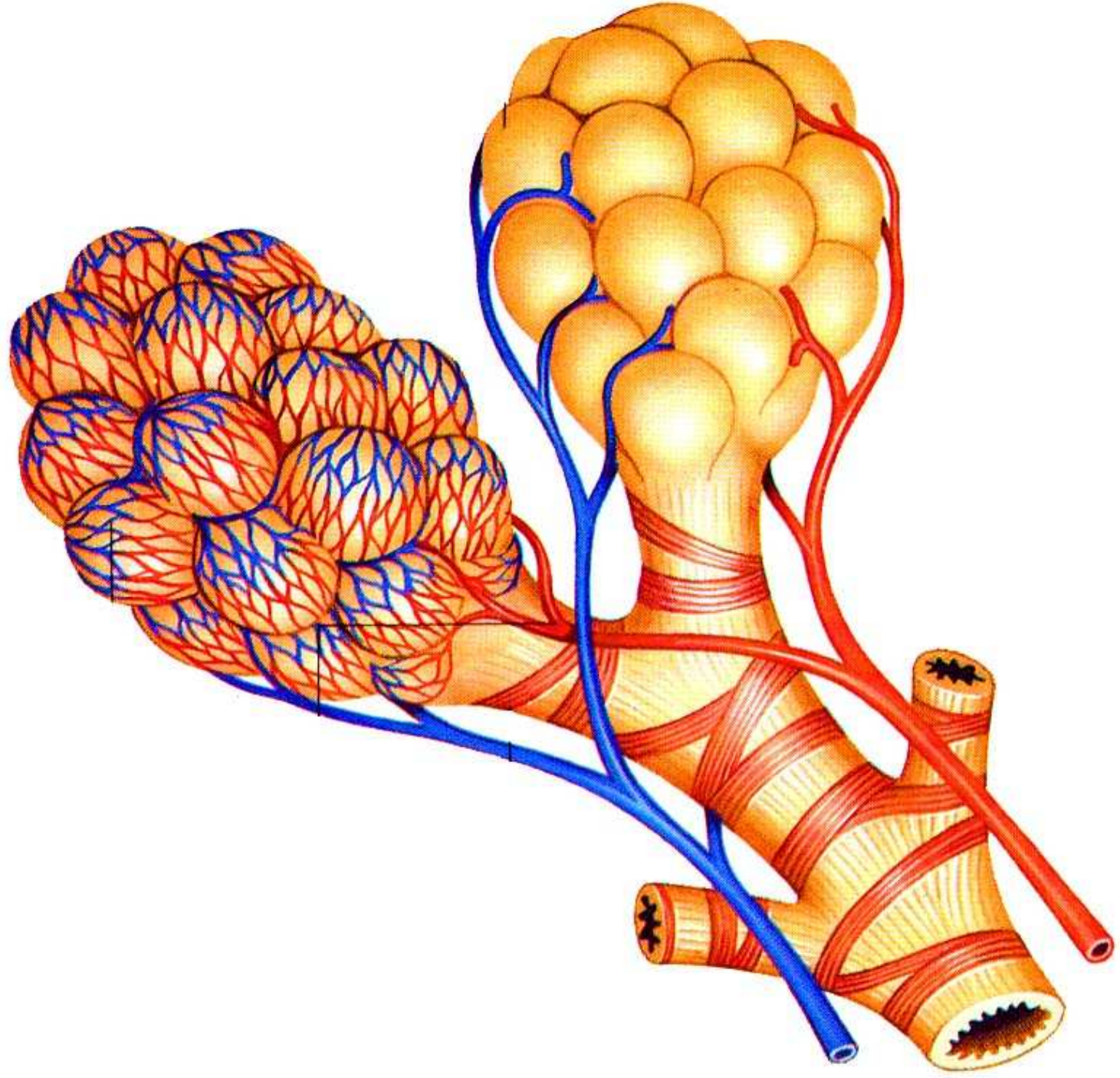
Vedlejší dutiny nosní

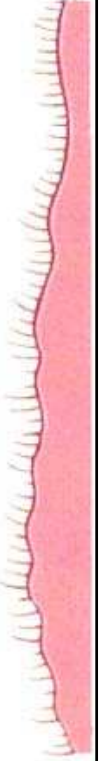
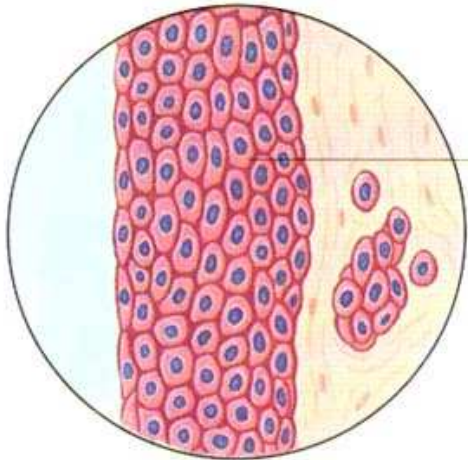
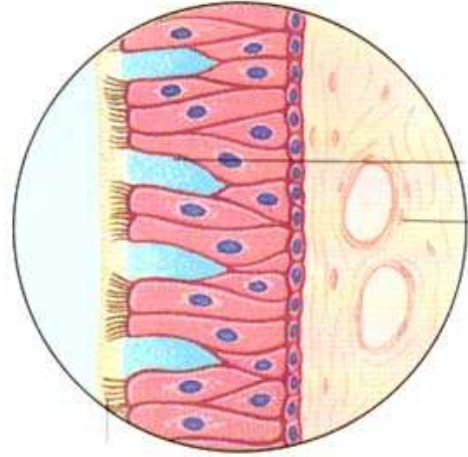
Hltan

Průdušnice

Plíce



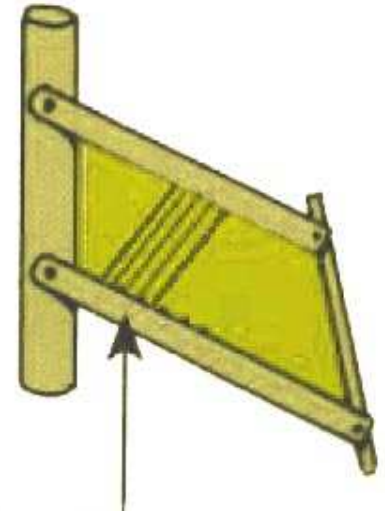
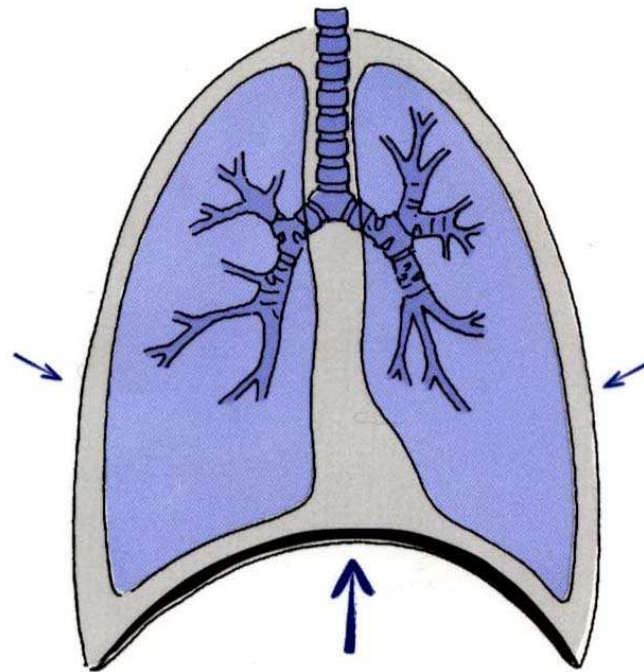
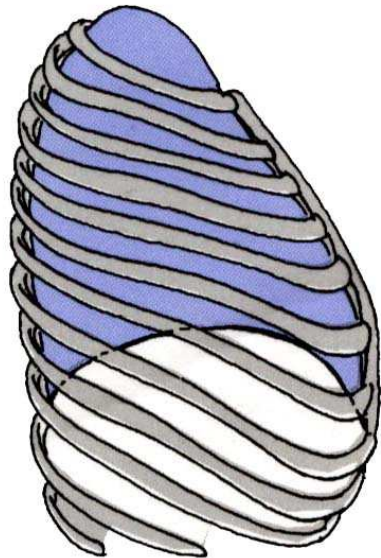
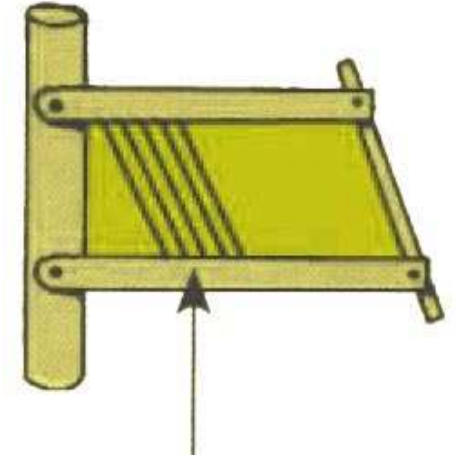
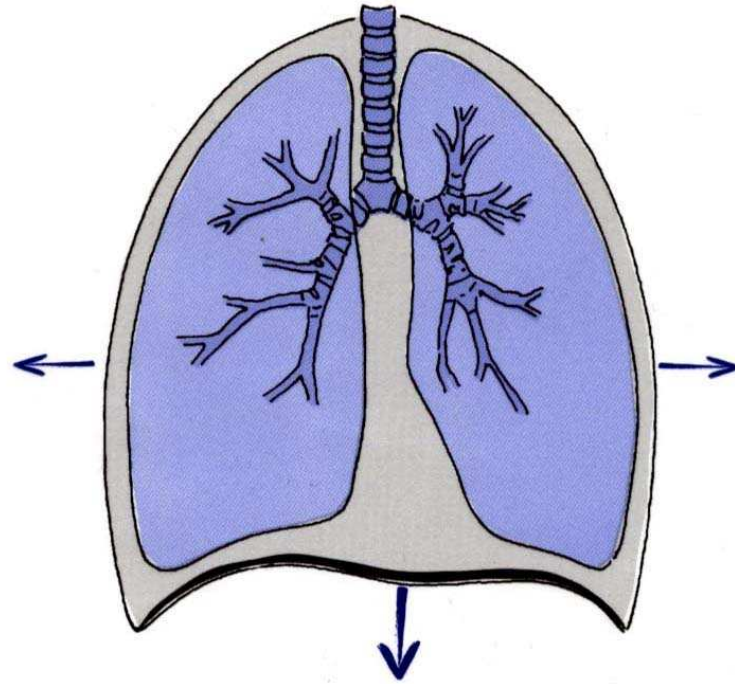
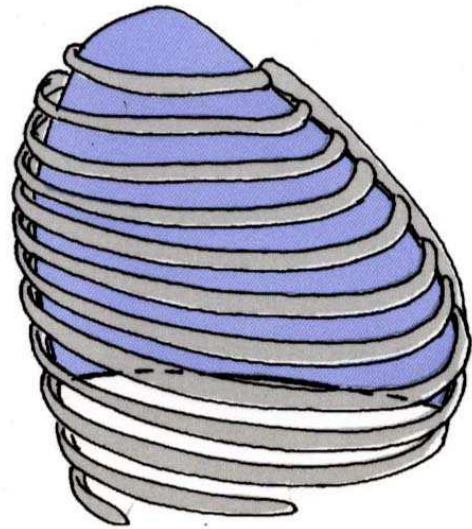


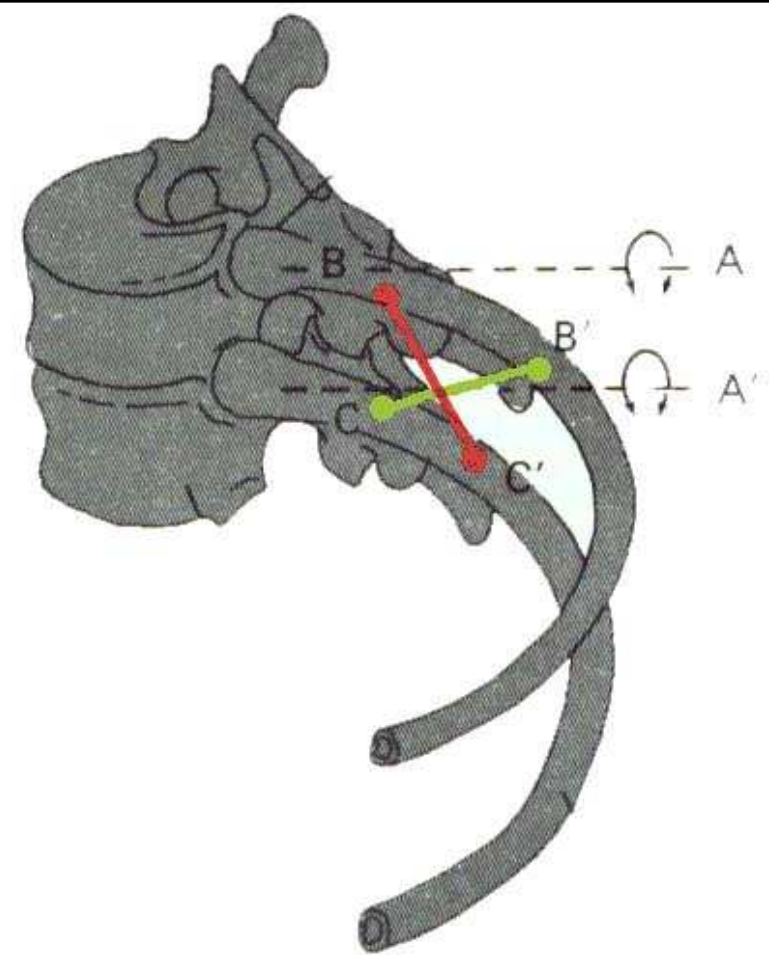
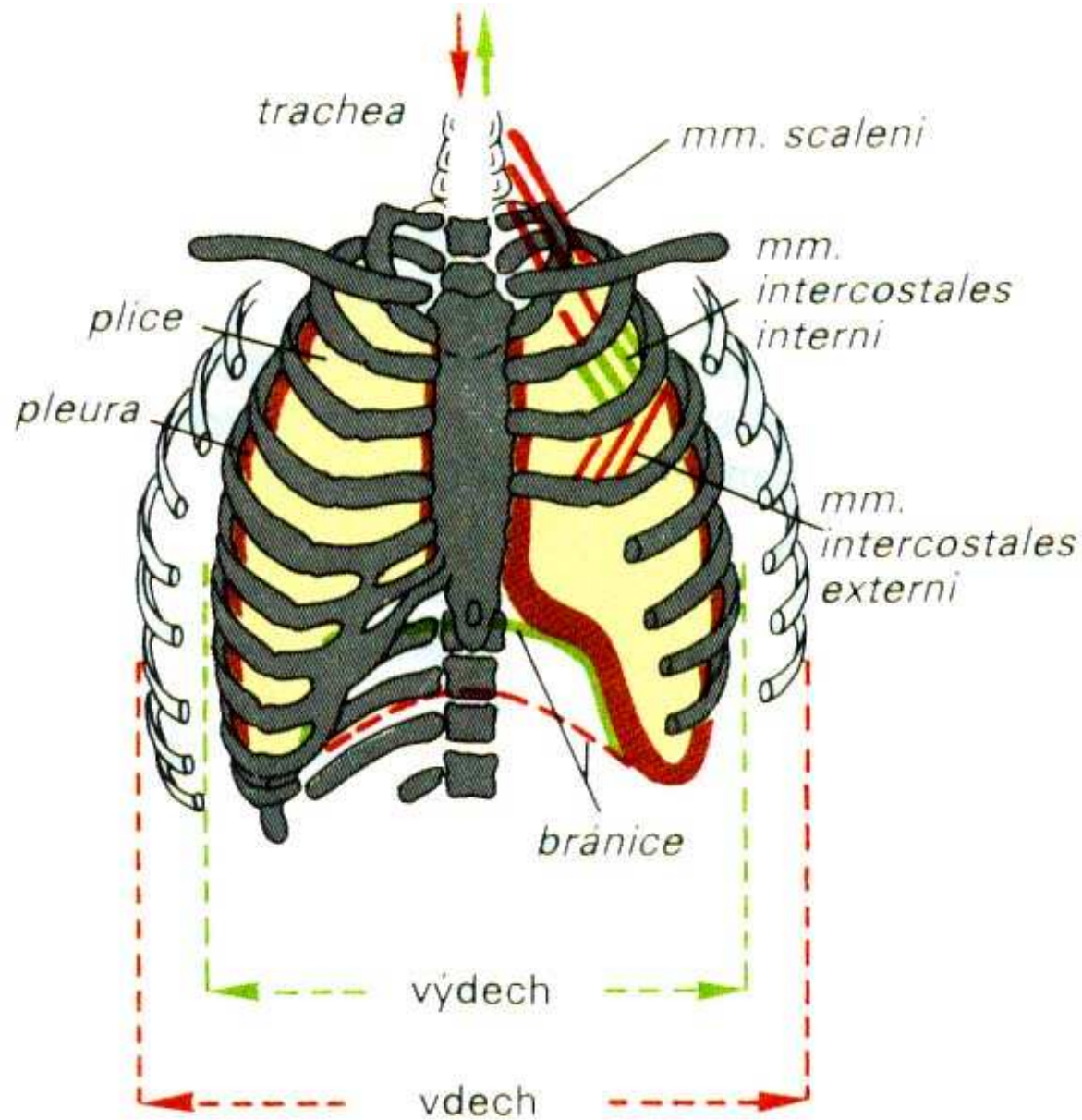


Hlavní nádechové svaly: bránice, zevní mezižební svaly

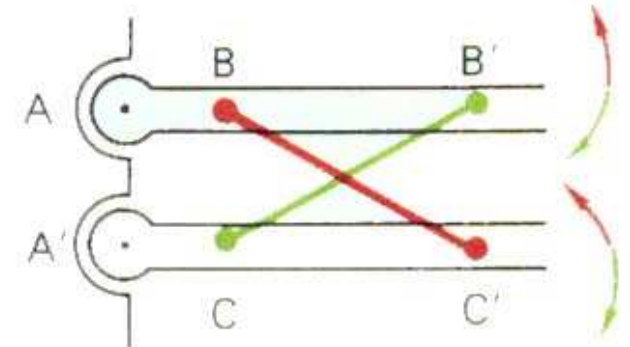
Pomocné dýchací svaly: m. sternocleidomastoideus, skupina skalenových svalů

Výdechové svaly: vnitřní mezižební svaly, svaly přední stěny břišní





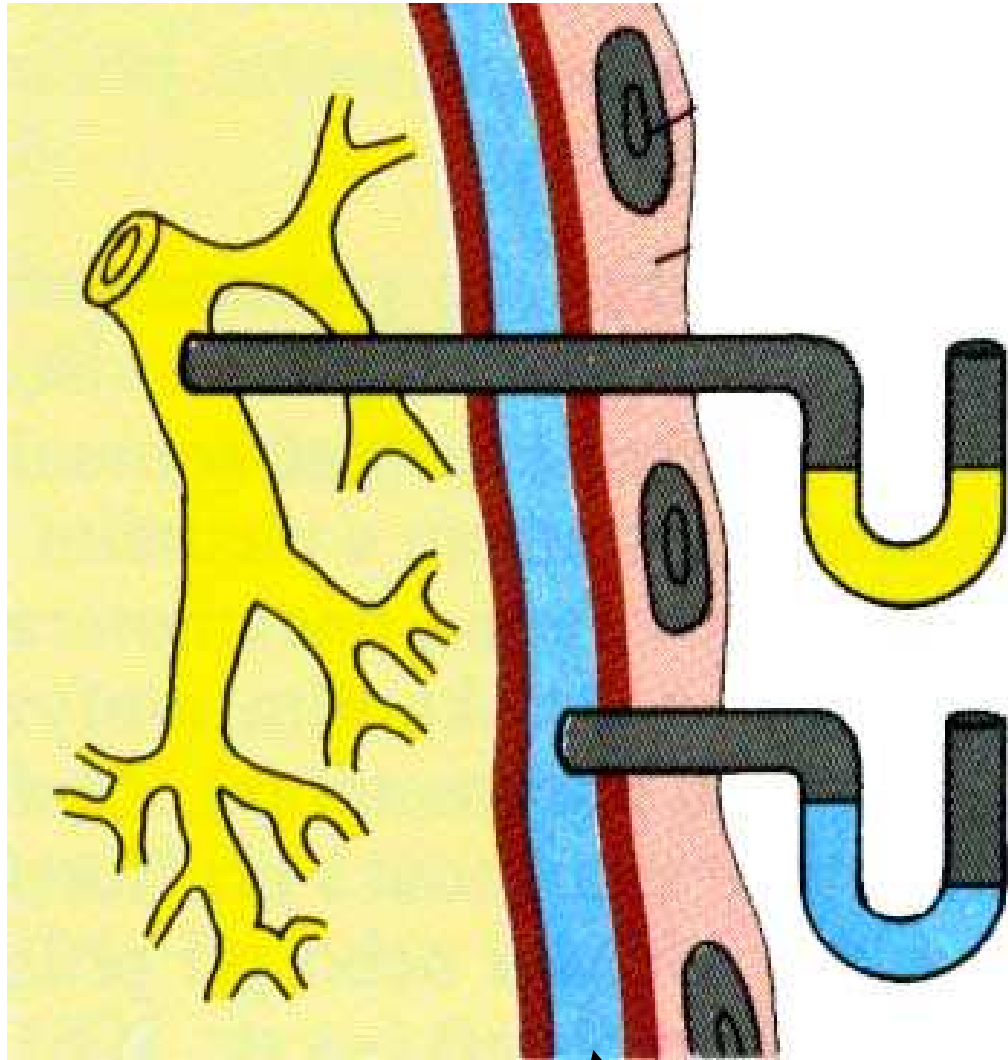
páka $A - B < A' - C'$ → zvedání žeber



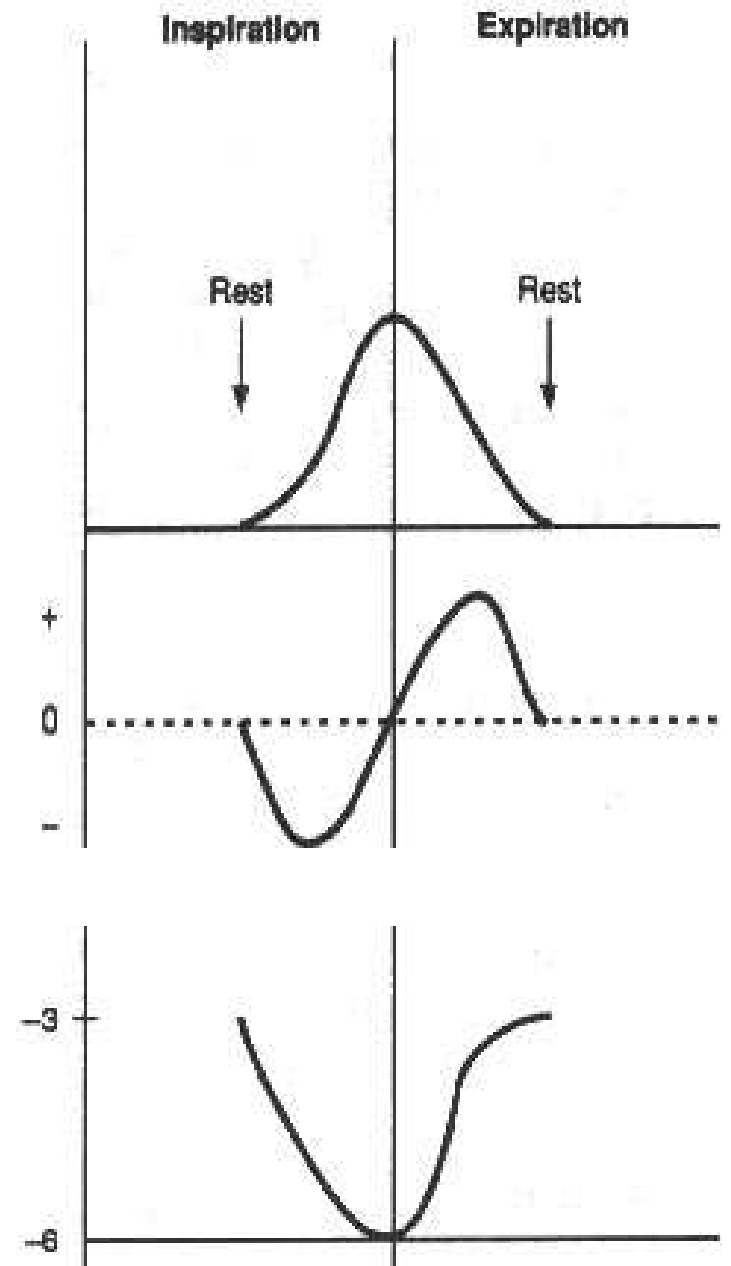
páka $A - B' > A' - C$ → klesání žeber

PLEURA

pulmonalis parietalis



pleurální štěrbina



ELASTICKÉ VLASTNOSTI PLIC

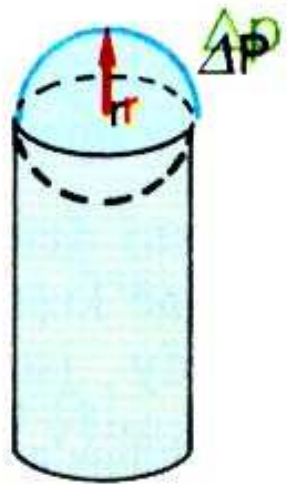
plicní poddajnost (**compliance**): $C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$

Faktory ovlivňující elastické vlastnosti plic:

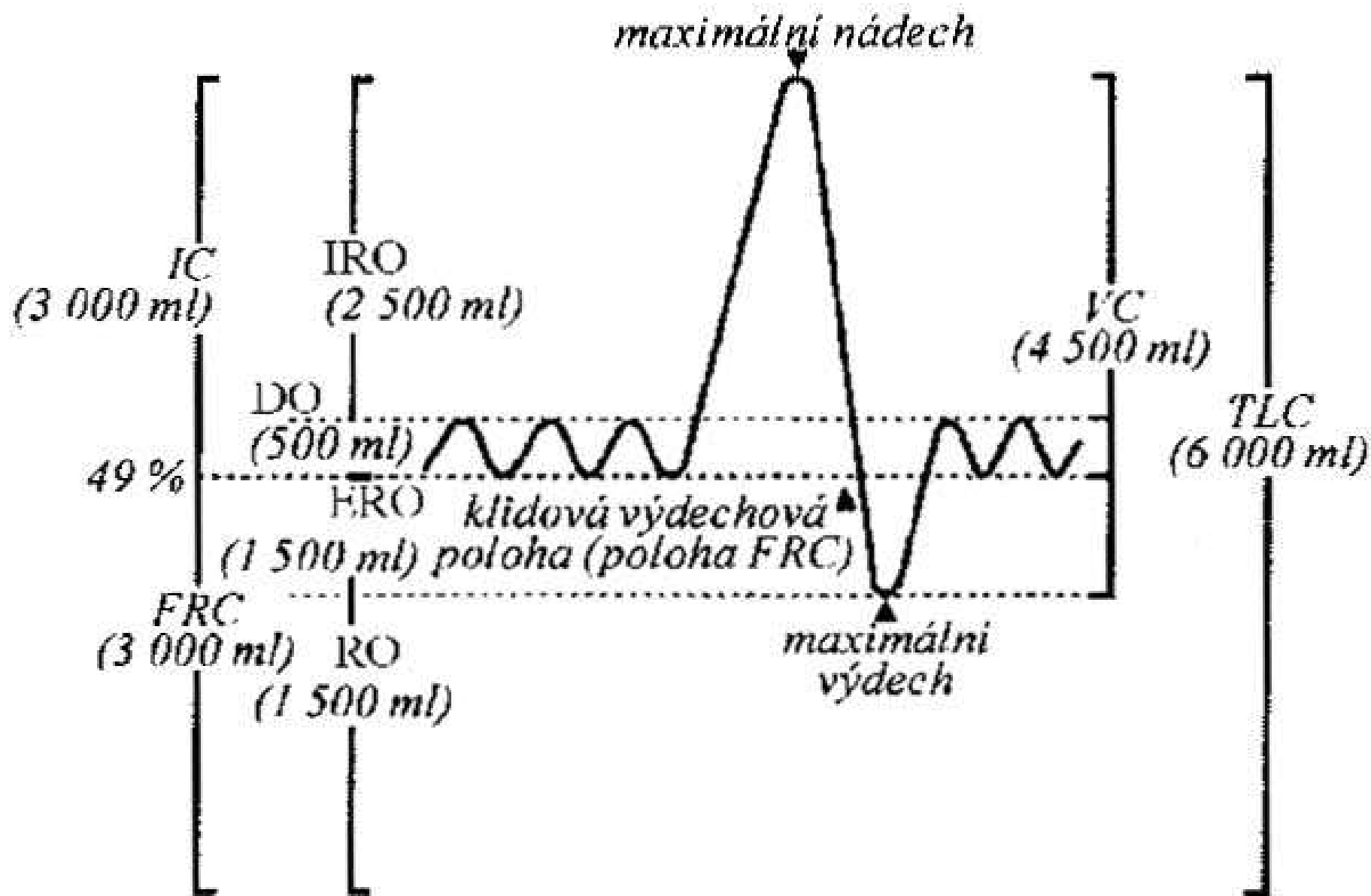
stavba plic: přítomnost elastických vláken

povrchové napětí alveolu: **SURFAKTANT** - snižuje
povrchové napětí

Odpor dýchacího systému $R = \frac{8 \eta l}{\pi r^4}$



$$P = \frac{2T}{r}$$



Statické plicní objemy:

- dechový objem **DO** (0,5 l)
- inspirační rezervní objem **IRO** (2,5 l)
- expirační rezervní objem **ERO** (1,5 l)
- reziduální objem **RO** (1,5 l)

Statické plicní kapacity:

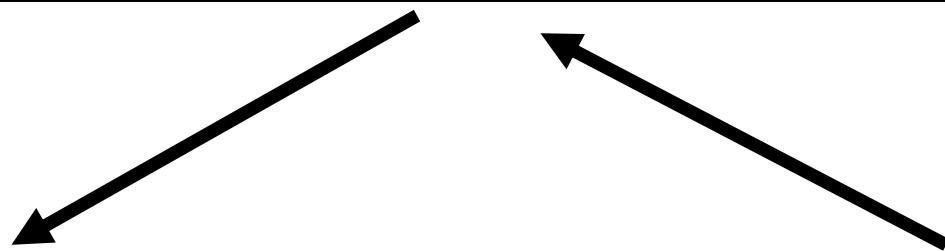
- vitální kapacita plic **VC** (4,5 l) = $IRO + DO + ERO$
- celková kapacita plic **TC** (6 l) = $IRO + DO + ERO + RO$
- inspirační kapacita **IC** (3 l) = $IRO + DO$
- funkční reziduální kapacita **FRC** (3 l) = $ERO + RO$

Dynamické plicní parametry:

- dechová frekvence f
- minutová ventilace plic \dot{V}
- maximální minutová ventilace $M\dot{V}$
- jednosekundová vitální kapacita FEV_1

Funkční mrtvý prostor = anatomický mrtvý prostor + alveolární mrtvý prostor

	vdechovaný vzduch	alveolární vzduch	vydechovaný vzduch
pO ₂	21	13	15
pCO ₂	0,03	5	4
H ₂ O	0	6	6
N ₂	80	77	75

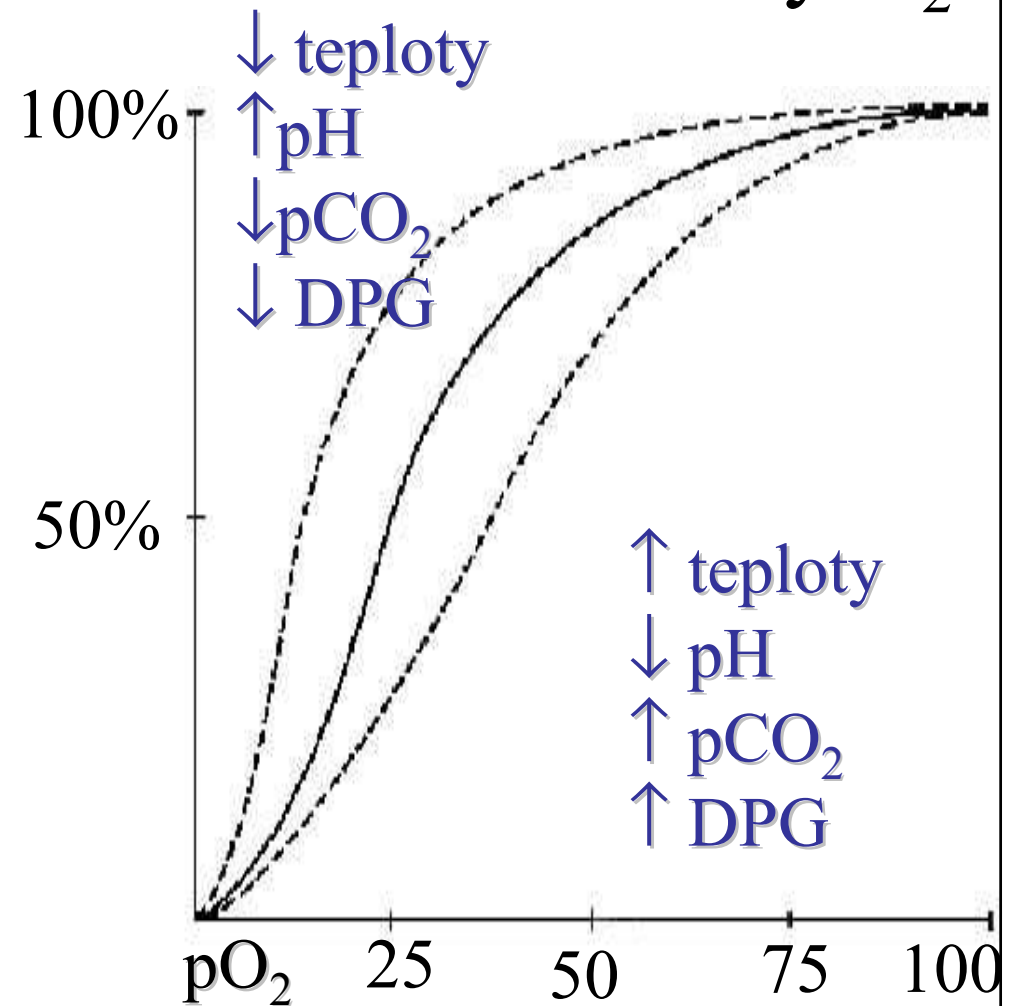
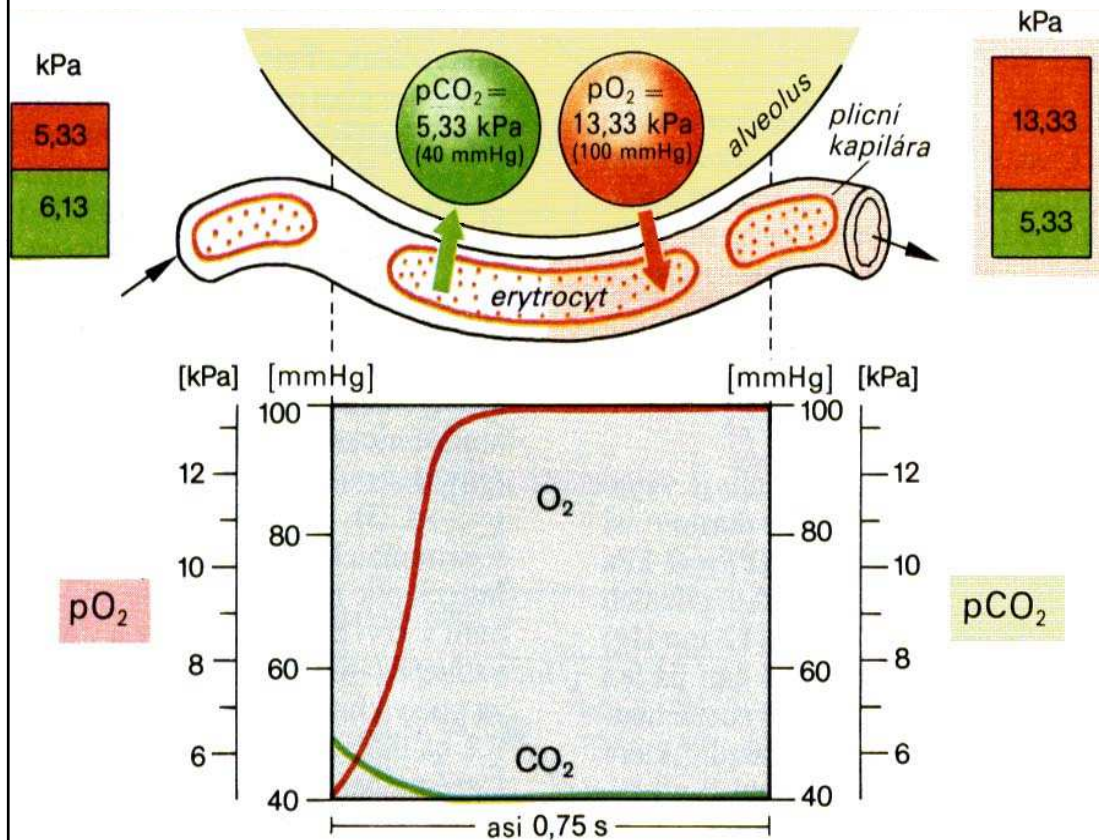


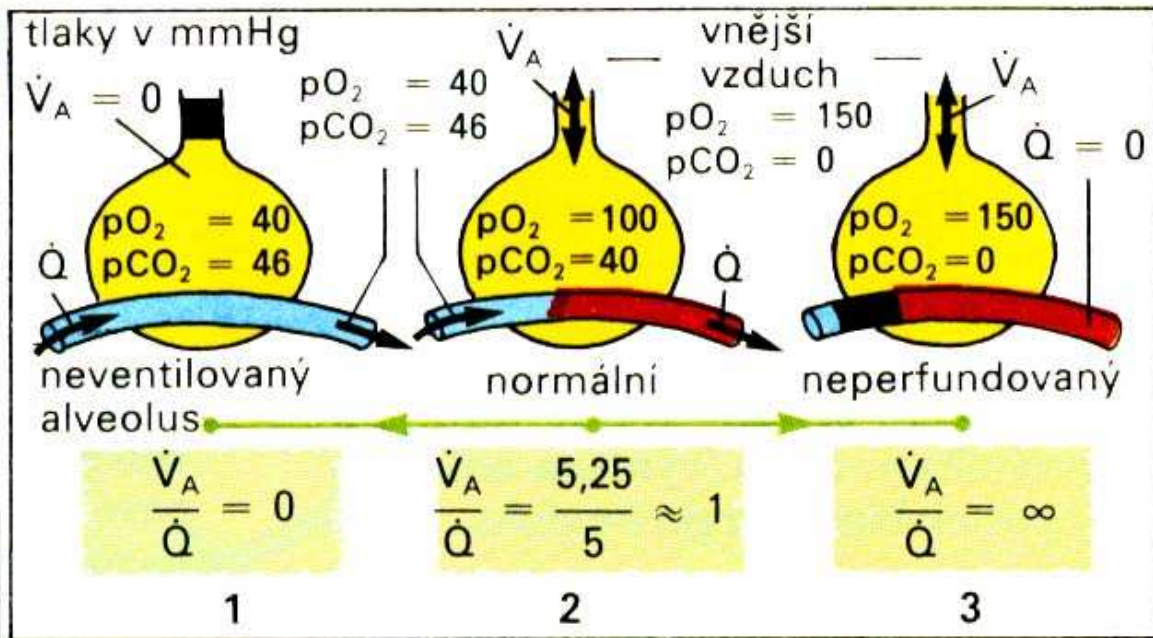
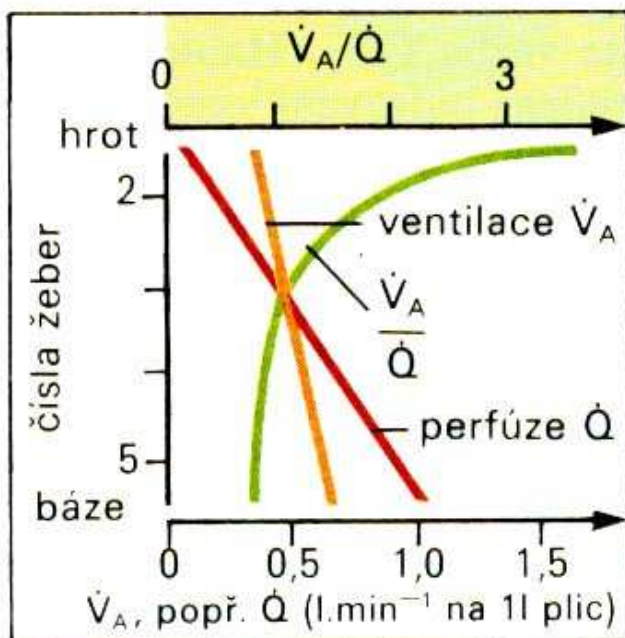
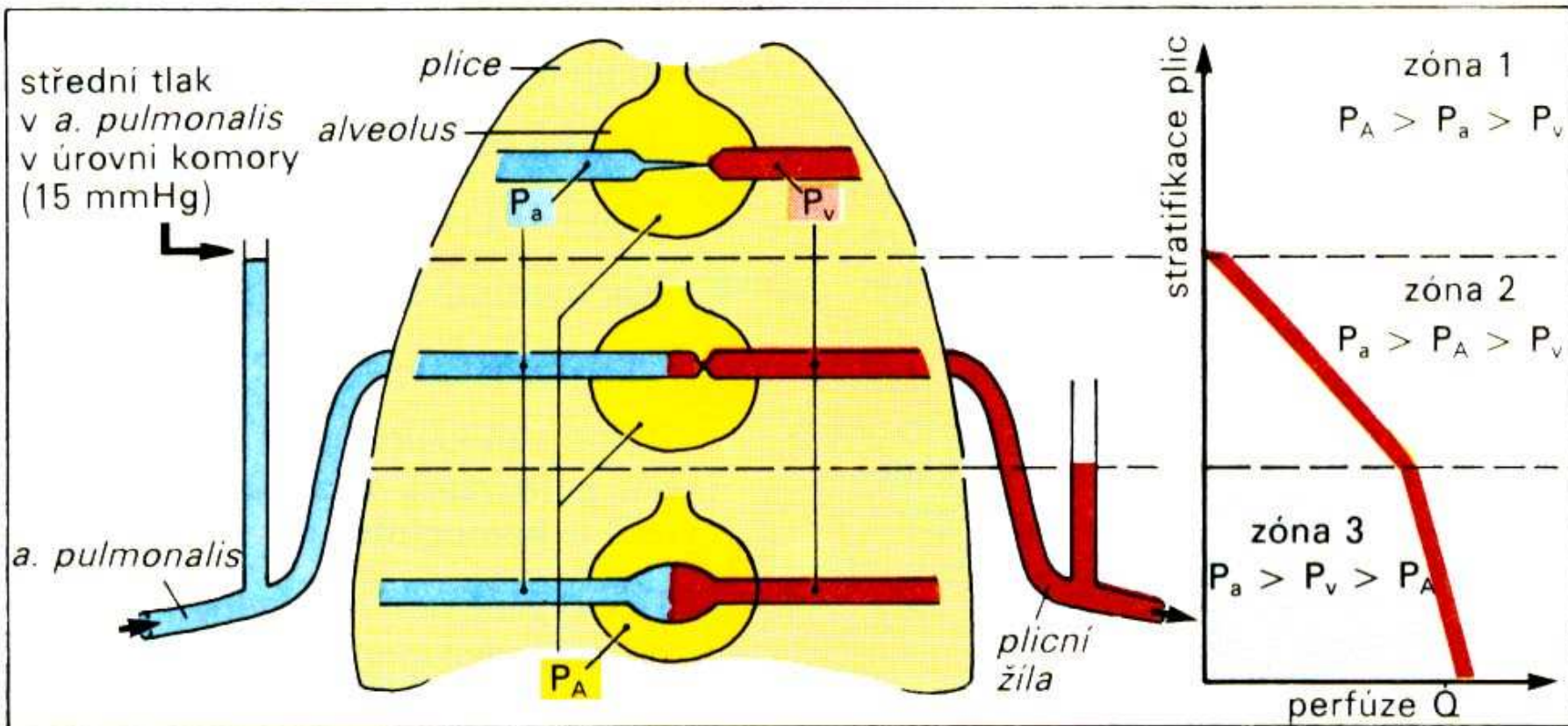
	tepny	kapiláry	žíly
pO ₂	13	< 5	5
pCO ₂	5	>6	6
H ₂ O	6	6	6
N ₂	77	77	77

TRANSPORT O₂

rozpuštěný v plazmě
vazba na hemoglobin (Fe²⁺)

1 molekula hemoglobinu váže 4 molekuly O₂





TRANSPORT CO₂

-v plazmě

rozpuštěný

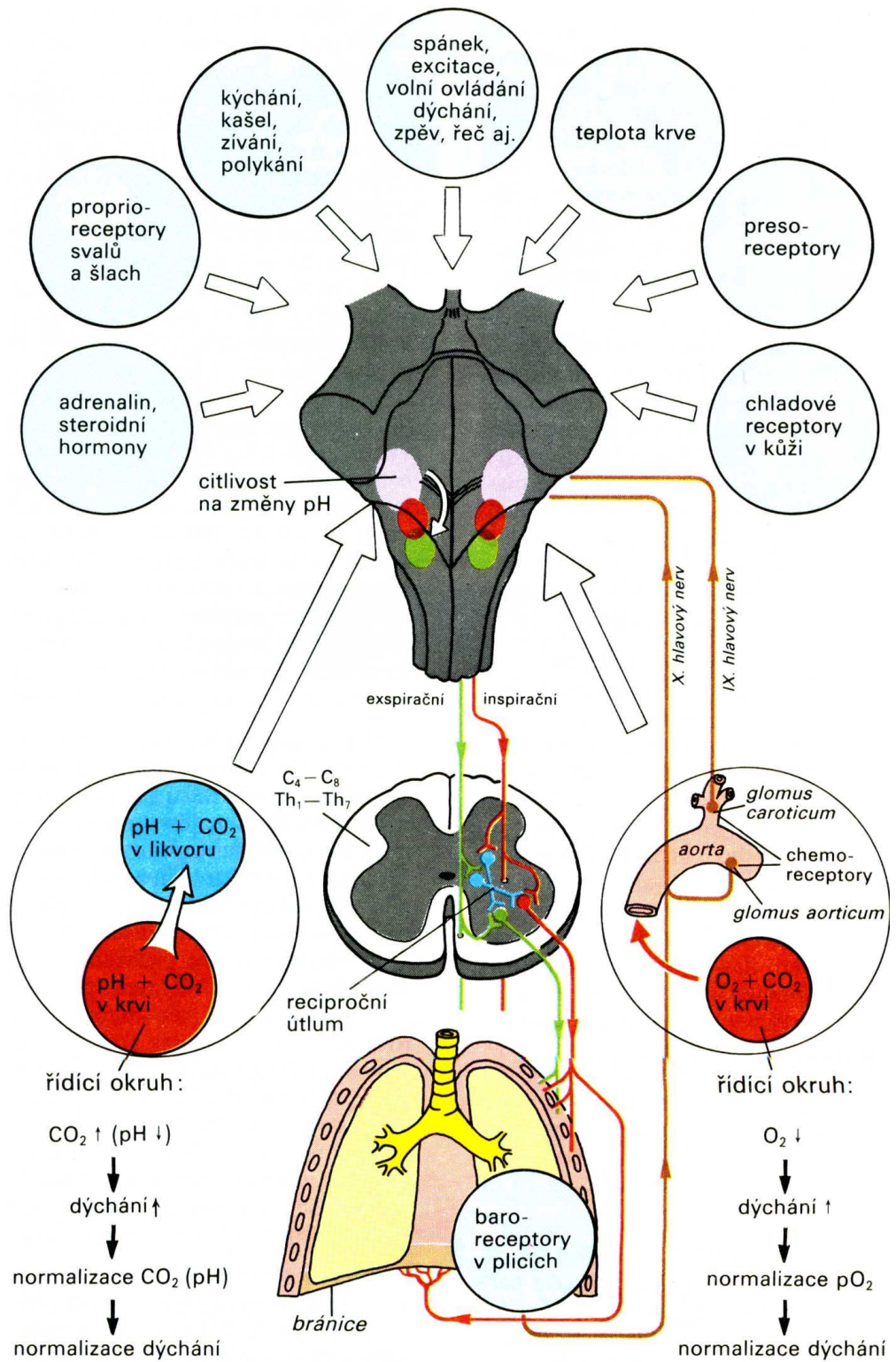
vazba na plazmatické bílkoviny

-v červených krvinkách

rozpuštěný

vazba na hemoglobin





Mechanika dýchání při práci:

- plicní ventilace v klidu: brániční dýchání u netrénovaného 30-40%, u trénovaného 50-60%
- při práci se podíl bráničního dýchání ↑, postupně přechod dýchání do inspirační polohy (do IRV), do DF 40/min se nepoužívá výdechové svalstvo, při ↑DF se zapojují výdechové svaly → ↑spotřeba energie → lepší je ↑DO a ↓DF

Dechová frekvence (DF)

- zvyšování v průběhu práce je individuální, u žen bývá vyšší
- lehká práce 20-30/min, těžká 30-40/min, velmi těžká 40-60/min
- u zátěže cyklického charakteru může být vázána na pohyb
- \uparrow DF může vést ke \downarrow DO a tím i minutové ventilace \rightarrow \downarrow alveolární ventilace \rightarrow \uparrow fyzilogického (funkčního) mrtvého prostoru

Dechový objem (DO)

- v klidu asi 0.5 l, střední výkon asi 1-2 l (30%VC), těžká práce asi 2-3 l (50%VC, u trénovaných až 60-70%VC)

Vitální kapacita (VC)

- je statický parametr, ovlivnitelný předchozí zátěží: při mírné (rozdýchání) se může ↑, při střední se nemění, při vysoké pro únavu dýchacích svalů může i klesnout na 60% výchozí hodnoty

Minutová ventilace (MV)

- závisí na pO_2 a pCO_2
- minutová ventilace po skončení práce klesá nejdříve rychle, pak pozvolněji

Maximální minutová ventilace (MMV)

- **volní:**

měřena v klidových podmínkách;
muži asi 100-150 l/min,
ženy 80-100 l/min

- **pracovní:**

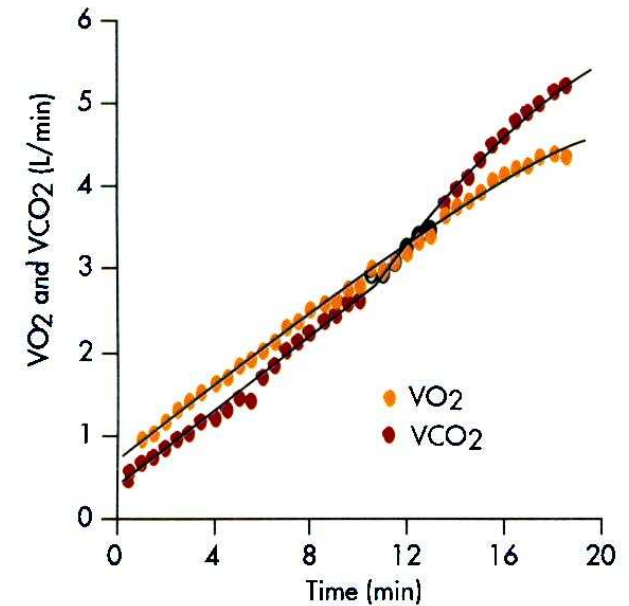
je asi o 20 % ↓ než volní

SPOTŘEBA KYSLÍKU $\dot{V}O_2$ [l/min]

Množství kyslíku předané tkáním za časovou jednotku

Ukazatel aerometabolických schopností organismu a výkonnosti transportního systému.

Udává se rovněž v jednotkách l/min/kg, tento parametr zohledňuje interindividuální rozdíly v hmotnosti těla.



VÝDEJ OXIDU UHLIČITÉHO $\dot{V}CO_2$ [l/min]

Doplňková hodnota při neinvazivním určování anaerobního prahu a pro stanovení poměru respirační výměny R

MAXIMÁLNÍ SPOTŘEBA KYSLÍKU $\dot{V}O_{2max}$

[l/min] nebo [l/min/kg]

Důležitý funkční ukazatel zátěžového vyšetření - představuje kapacitu transportního systému.

Nemocné osoby mají tento index podstatně nižší a ani nesplňují kritéria pro dosažení maxima.

Maximální spotřeba kyslíku

= max. aerobní výkon

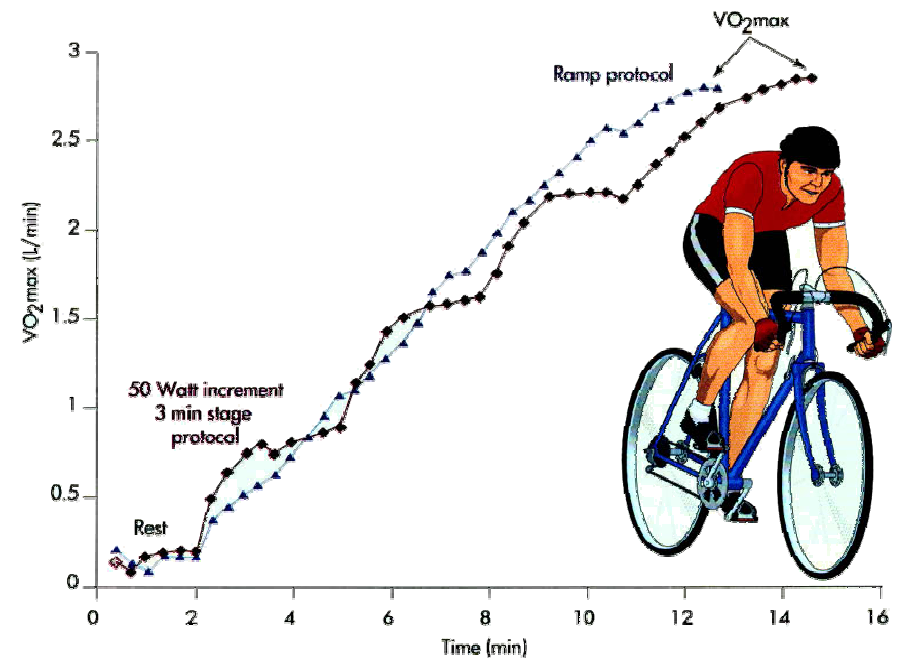
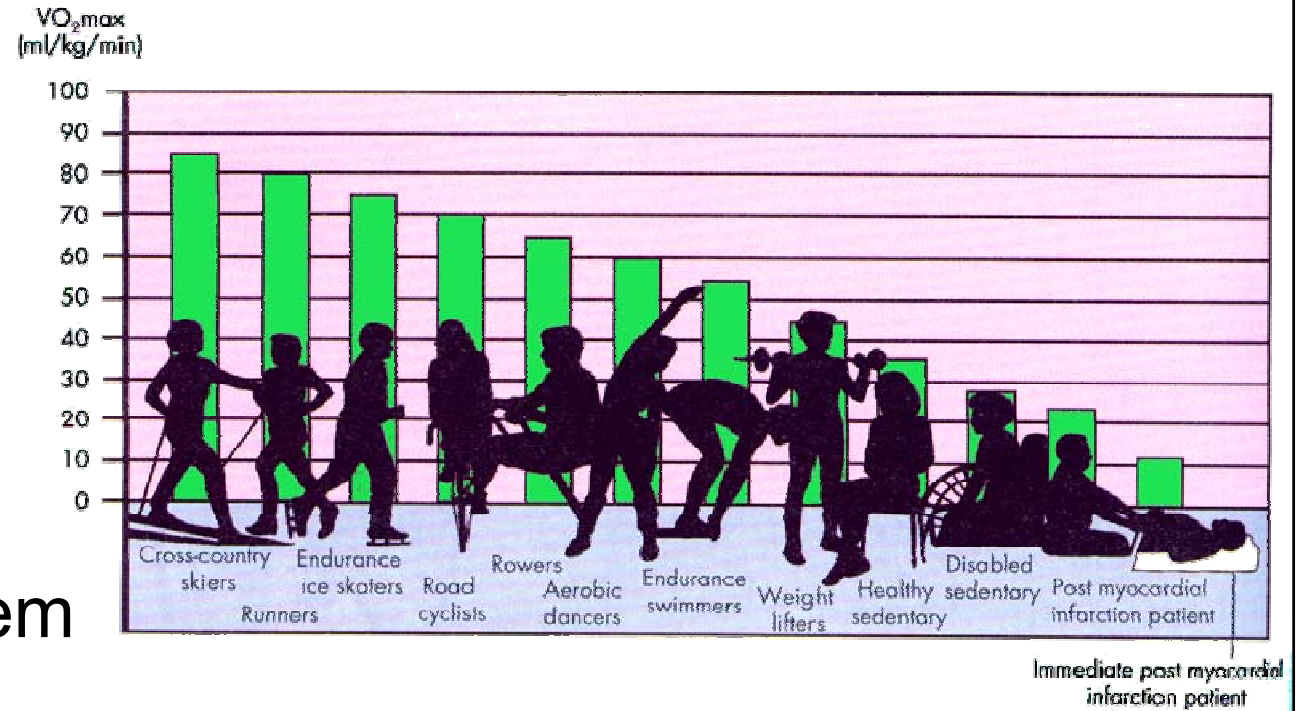
nejvyšší v 18 letech:

muži 46,5 ml/kg/min

ženy 37 ml/kg/min

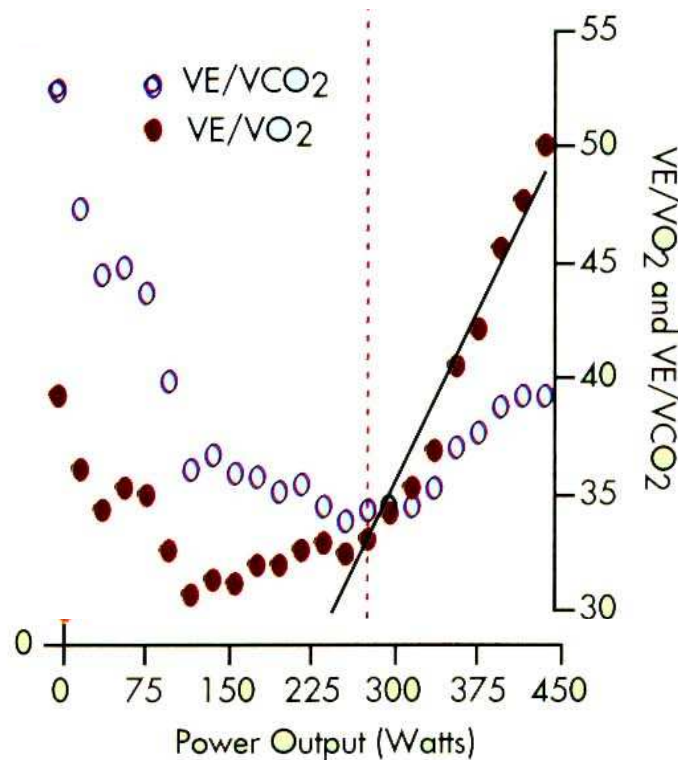
- postupně klesá s věkem

závisí na: ventilaci,
alveolokapilární difúzi,
transportu oběhovým
systémem, tkáňové difúzi,
buněčné oxidaci



VENTILAČNÍ EKVIVALENT VEO_2 [1]

Množství vzduchu v litrech proventilovaného plicemi, z něhož si organismus odebere 1 litr O_2 .



Během stupňovaného zatížení nejprve mírně klesá, s dalším vzrůstem zátěže stoupá pozvolna, později strměji. Průběh má exponenciální charakter, místo počátku prudkého vzestupu odpovídá přibližně úrovni *anaerobního prahu*.

Hodnota je ukazatelem ekonomiky dýchání: zdatnější a zdraví mají při stejných zátěžích nižší výsledky, málo zdatní a nemocní reagují podstatně vyššími hodnotami.

VENTILAČNÍ EKVIVALENT $VECO_2$ [1]

Množství vzduchu v litrech proventilovaného plicemi, z něhož organismus vyloučí 1 litr CO_2 .

Změny reaktivní

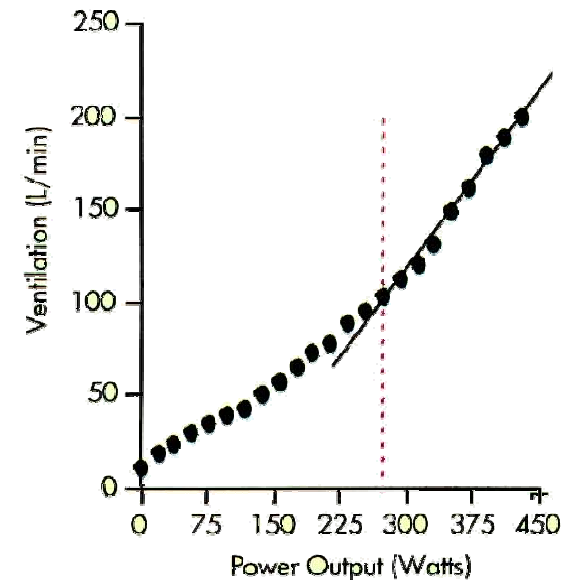
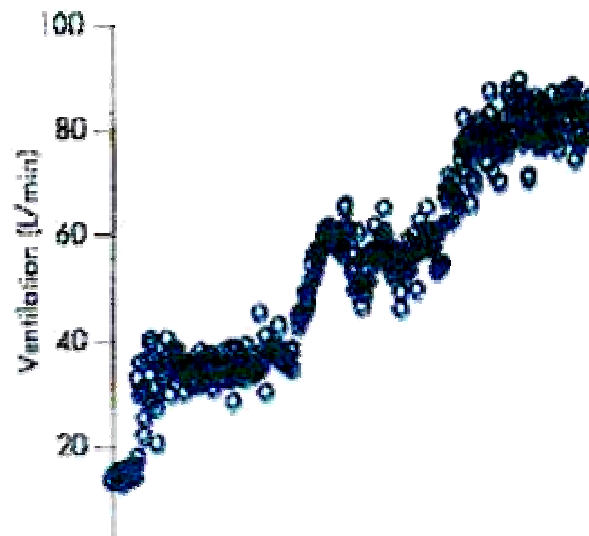
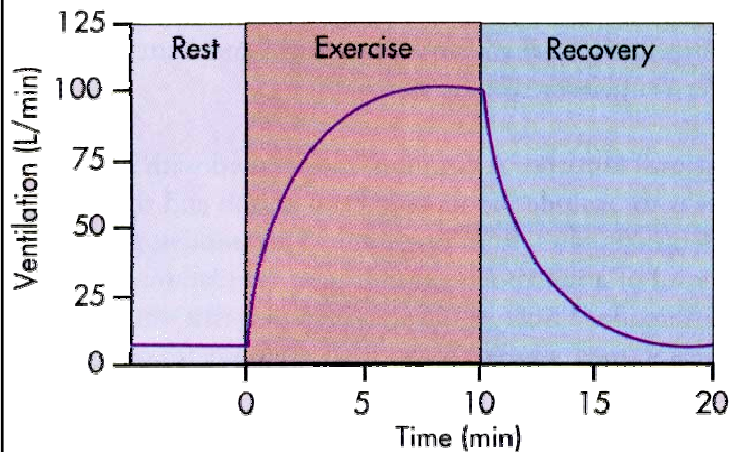
-fáze úvodní = \uparrow DF a ventilace před výkonem

mechanismus: emoce (více u osob netrénovaných) a podmíněné reflexy (převládají u trénovaných osob)

startovní a předstartovní stavy

Změny reaktivní

-fáze průvodní= při vlastním výkonu roste DF a ventilace nejdřív rychle (fáze iniciální),
→ zpomalení, → při déletrvající zátěži (více než 40-60s) se může projevit mrtvý bod



mrtvý bod

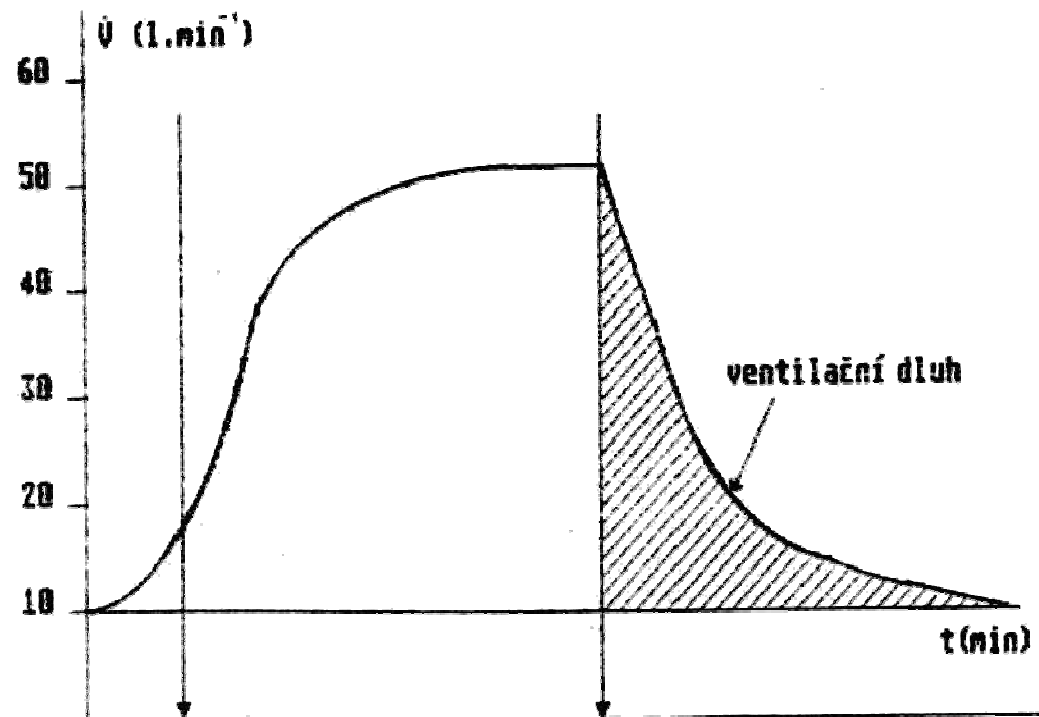
- subjektivní příznaky = nouze o dech, svalová slabost, bolesti ve svalech, tíha a tuhnutí svalů
- objektivní příznaky = pokles výkonu, ↓ koordinace, narušená ekonomika dýchání, tzn. ↓ DO a ventilace, ale ↑ DF, ↑ TF, ↑ TK;
- příčina = nedostatečná sladěnost systémů při přechodu neoxidativního metabolismu na oxidativní

druhý dech

- jestliže se pokračuje dále, pak příznaky mrtvého bodu mizí, → druhý dech, tzn.
↑DO, ↓DF, ↓TF, ↓TK
- rovnovážný stav po 2-3 min méně intenzivní a po 5-6 min intenzivnější práce

Změny reaktivní

-fáze následná = návrat ventilačních parametrů k výchozím hodnotám, zpočátku rychleji, postupně pomalejší



Změny adaptační

- lepší mechanika dýchání
- lepší plicní difúzi
- ↓ DF
- ↑ max. DO (3-5 l)
- ↑ VC ♂ 5-8 l, ♀ 3.5-4.5 l
- ↓ minutovou ventilaci při standardním zatížení, vyšší max. hodnotu ♂ 150-200 l, ♀ 100-130 l
- rychlejší nástup setrvalého stavu
- minimální až nulové projevy mrtvého bodu

HYPOXIE

Hypoxická hypoxie - ↓ arteriálního pO₂

Anemická hypoxie - normální arteriální pO₂, ↓
přenášejícího hemoglobinu

Stagnační / ischemická hypoxie - ↓ průtoku, není
dodáváno dostatečné množství O₂

Histotoxická hypoxie - dodávka O₂ přiměřená,
zábran využití O₂ buňkami

HYPERKAPNIE - \uparrow CO₂

Deprese CNS - zmatenost, poruchy smyslové ostrosti, nakonec koma s útlumem dýchání a smrt

HYPOKAPNIE - \downarrow CO₂

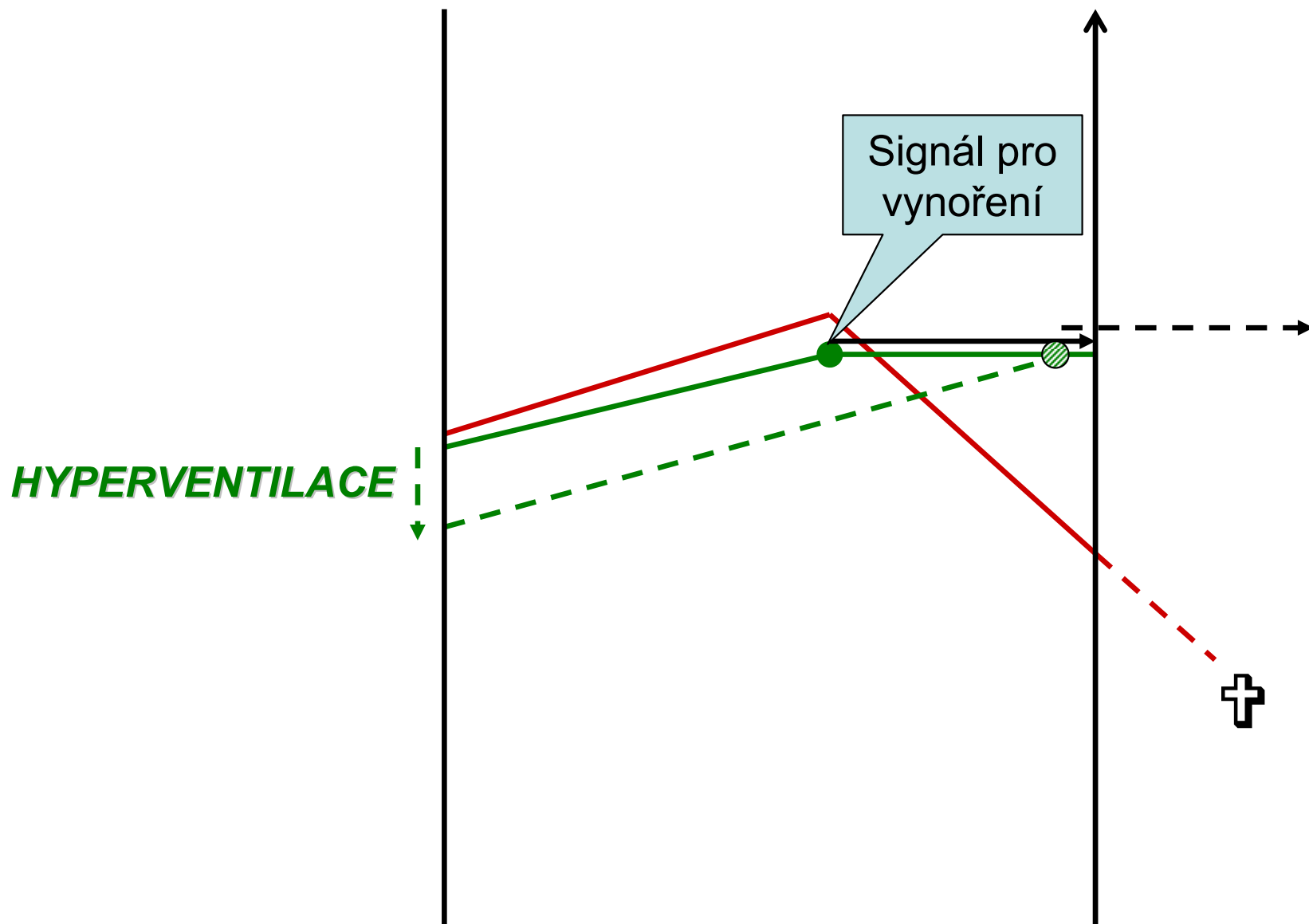
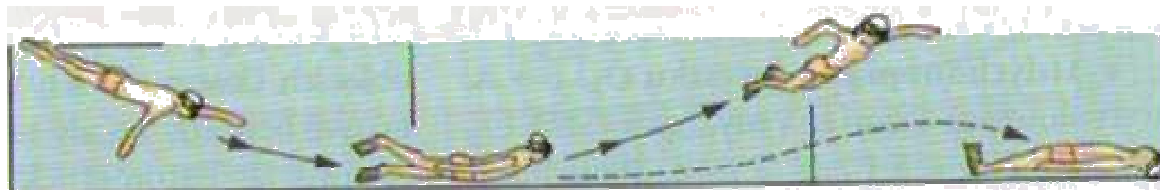
Hypoxie mozku díky vazokonstrikci cév - ztráta orientace, závratě, parestézie

\uparrow BAROMETRICKÉHO TLAKU

Přetlak 100% kyslíku - dráždění dýchacích cest, svalové záškuby, zvonění v uších, závratě, křeče a koma

Přetlak s N: dusíková narkóza - euforie, snížená výkonnost a intelekt

Přetlak s He: neurotický syndrom - třesy, netečnost, porušení manuální zručnosti, intelekt není porušen



A. Dýchání ve výšce (bez aklimatizace)

