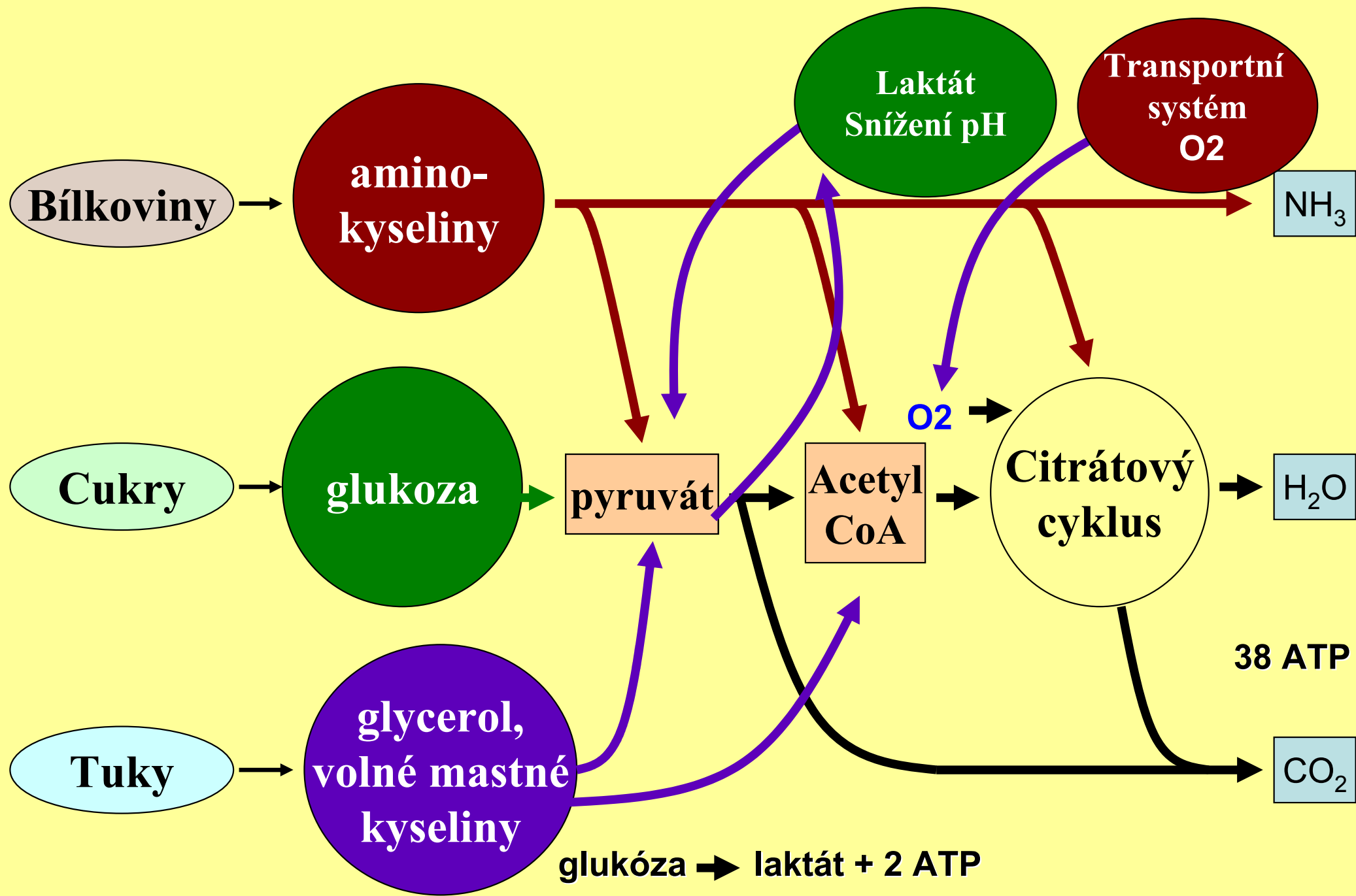


# **Dýchací systém**



# Transportní systém

## VENTILACE

$$V_T = V_A + V_D \quad \dot{V}_E = V_T \cdot f_B$$

$$F_{IO_2} - F_{EO_2} \quad \dot{V}_A : \dot{Q}_C$$

## DIFUZE

$$\dot{V}_{O_2} = D_{LO_2} (P_{AO_2} - P_{\bar{v}O_2})$$

## CIRKULACE

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{Q} (C_{aO_2} - C_{\bar{v}O_2})$$

$$\dot{V}_{CO_2} = \dot{Q} (C_{\bar{v}CO_2} - C_{aCO_2})$$

## KREV

$$S_{aO_2} \quad S_{aCO_2}$$

$$S_{vO_2} \quad S_{vCO_2}$$

## DIFUZE

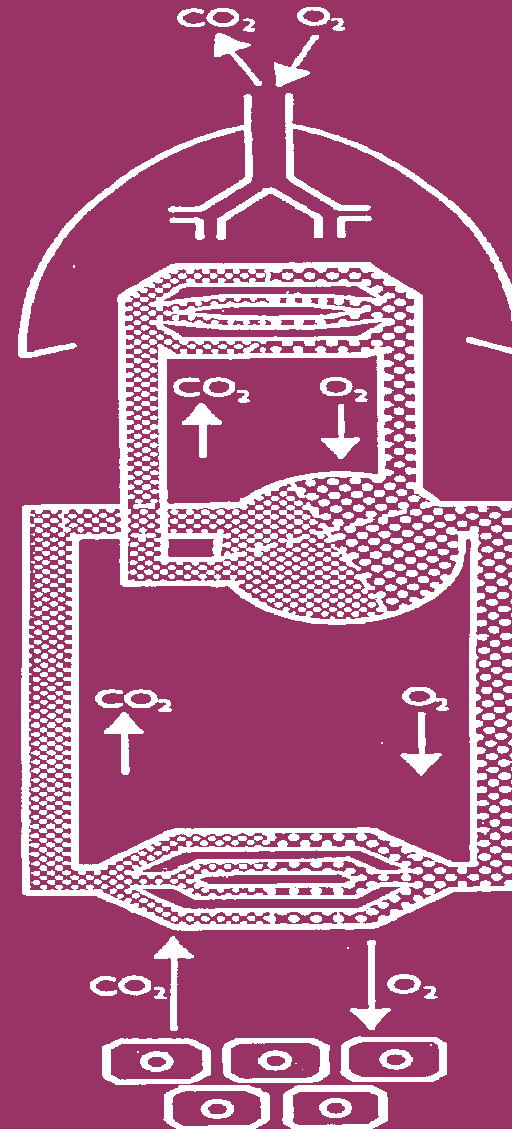
$$\dot{V}_{O_2} = D_{tO_2} (P_{cO_2} - P_{tO_2})$$

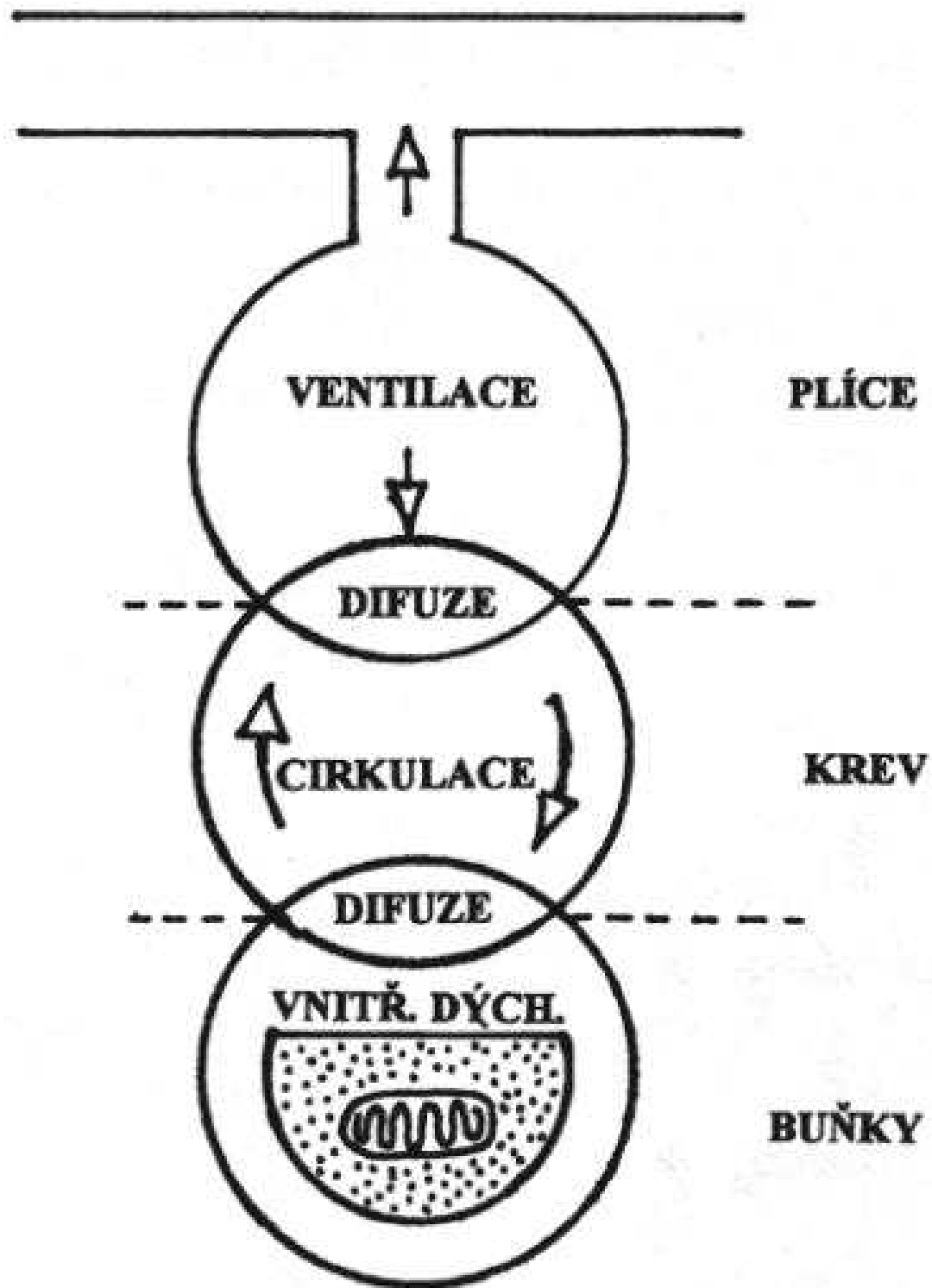
$$\dot{V}_{CO_2} = D_{tCO_2} (P_{tCO_2} - P_{cCO_2})$$

## METABOLIZMUS

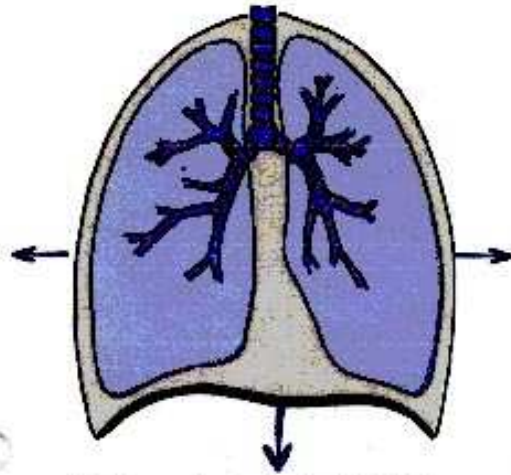
$$\dot{Q}_{O_2} \quad \dot{Q}_{CO_2}$$

$$LA \quad PY \quad E$$

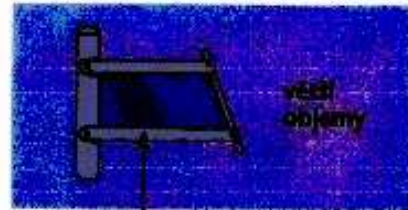




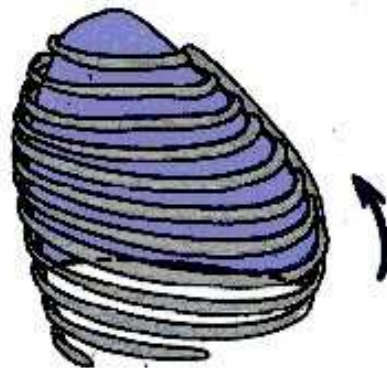
Inspirace



bránice se kontrahuje, brániční klenba klesá

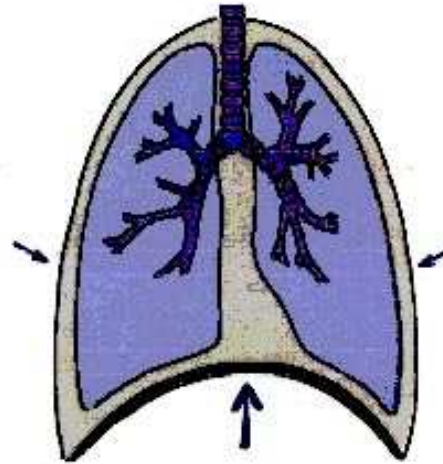


průběh vláken mm. Intercostales externi

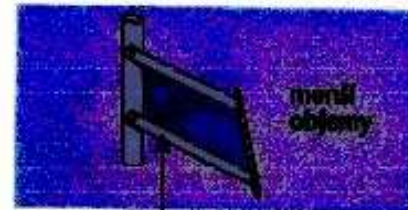


mm. Intercostales externi se stahují a zvedají hrudní koš; tím se zvětšuje objem hrudníku

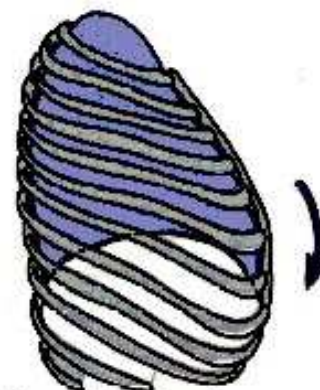
Exspirace



bránice se povoluje, brániční klenba se zvedá



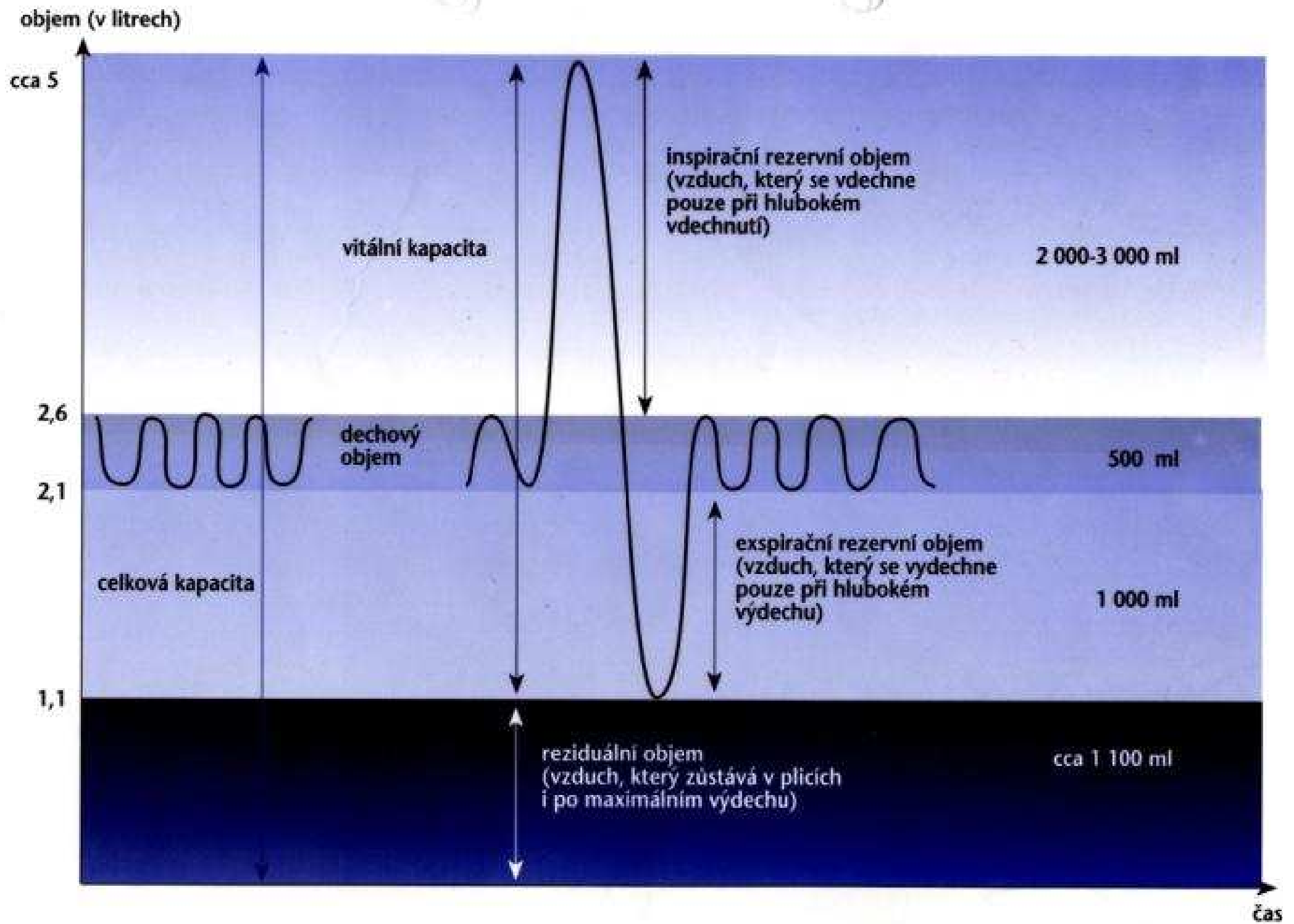
průběh vláken mm. Intercostales interni

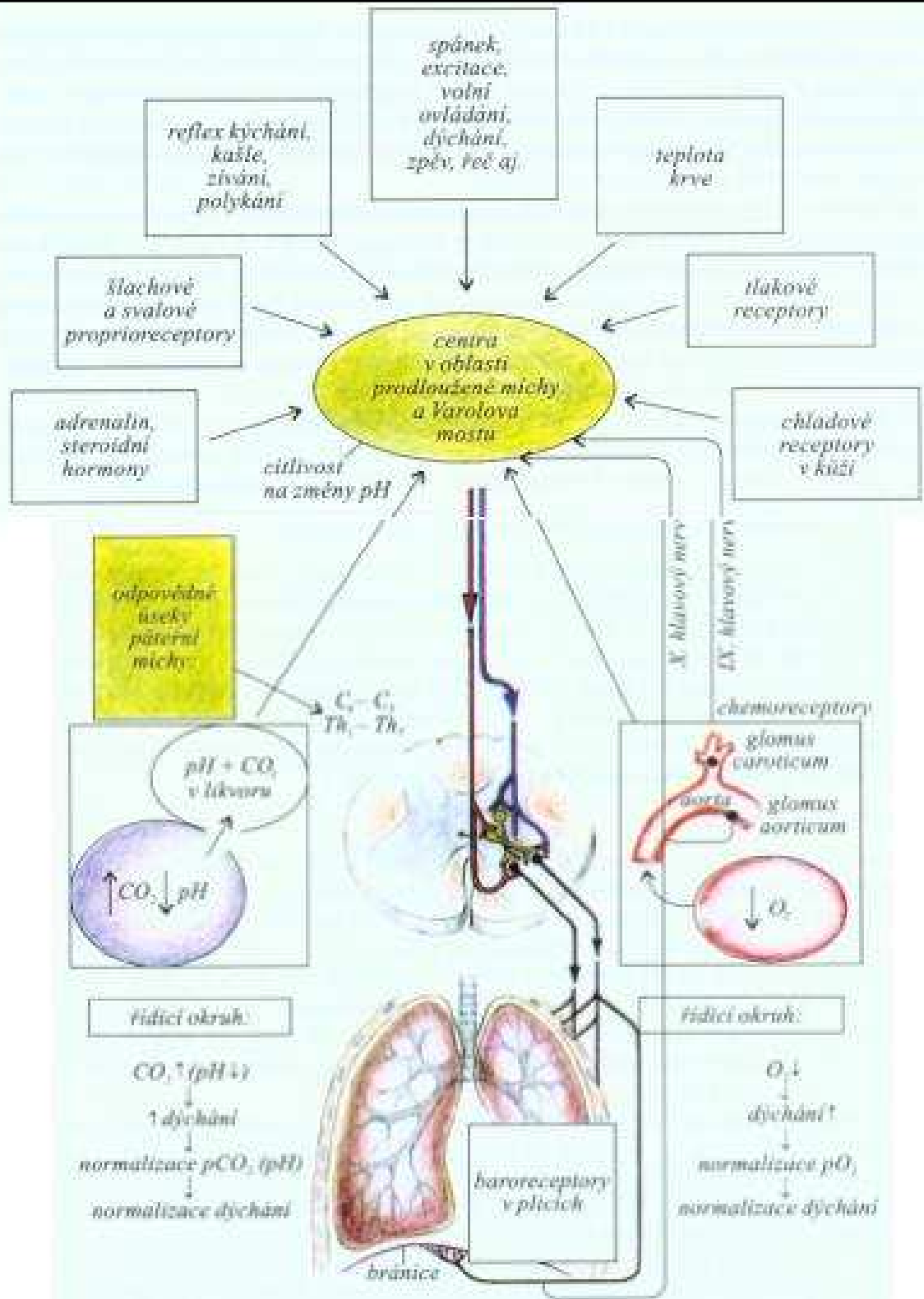


mm. Intercostales interni se kontrahuji a způsobí pokles hrudního koše; objem hrudníku se zmenšuje

# Základní pojmy

- Dechová frekvence (DF)
- Dechový objem (DO)
- Minutová ventilace (MV)
- Maximální minutová ventilace (MMV)
- Vitální kapacita (VC)
  - IRV, ERV, DO, RV







# 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 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) 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

# **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: ventilace, alveolokapilární difúze,  
transport oběhovým systémem, tkáňová  
difúze, buněčná oxidace

# Dýchací systém

složka transportního kardiorespiračního systému

změny:

- **reaktivní** – bezprostřední reakce organismu
- **adaptační** – výsledek dlouhodobého opakovaného tréninku



# 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

- Pozátěžový kyslík (kyslíkový dluh)

# Důsledky rozvoje kompenzačních mechanismů:

- Zvýšení **VCO<sub>2</sub>**-objem vydýchaného CO<sub>2</sub>
- Zvýšení **RER**-poměru respirační výměny (poměr výdeje CO<sub>2</sub> k příjmu O<sub>2</sub>)
- Zvýšení **VE/VO<sub>2</sub>** -ventilačního ekvivalentu pro kyslík (množství vzduchu proventilované plicemi v litrech z něhož si organismus odebere 1 l O<sub>2</sub>)
- Zvýšení **PET<sub>O<sub>2</sub></sub>** -parciální tlak O<sub>2</sub> na konci výdechu.

# Změny adaptační

- lepší mechanika dýchání
- lepší plicní difúzi
- ↓ DF při standardním i maximálním zatížení
- ↑ max. DO (3-5 l...60-80 % VC ,netrénovaní 50%)
- ↑ VC ♂ 5-8 l, ♀ 3.5-4.5 l...120-140% náležité hodnoty
- ↓ minutovou ventilaci při standardním zatížení, vyšší max. hodnotu ♂ 150-200 l, ♀ 100-130 l
- rychlejší nástup setrvalého stavu
- minimální až nulové projevy mrtvého bodu

# Změny adaptační

- vyšší a-v difference pro kyslík
- anaerobní práh při vyšší intenzitě zátěže a vyšší spotřebě kyslíku
- ↑ maximální aerobní výkon ( $\text{VO}_2 \text{ max}$ )
- ↑ kyslíkový dluh (větší anaerobní kapacita)



# Maximální aerobní výkon-maximální příjem kyslíku

muži 18 let.....46,5      ženy 18 let.....37  
60 let.....31                      60 let.....23  
trénovaní.....60-80              trénované....40-50  
ml.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>

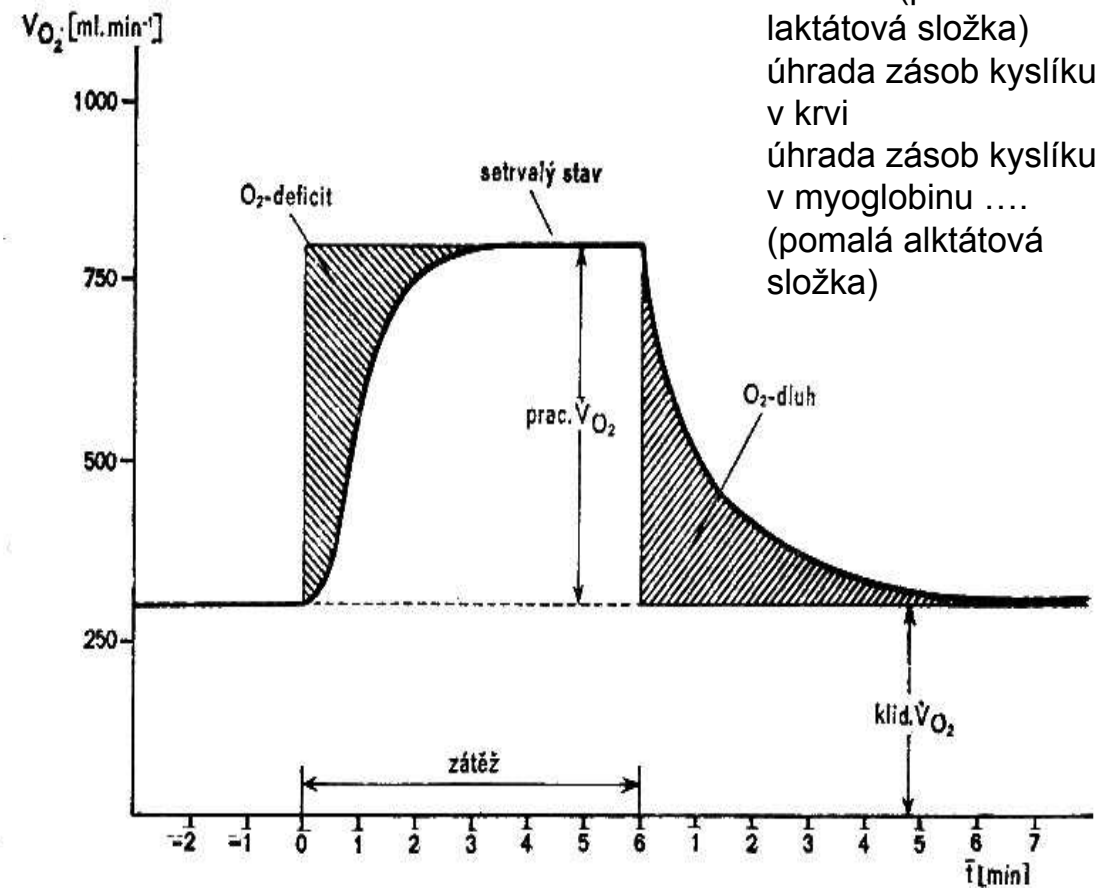
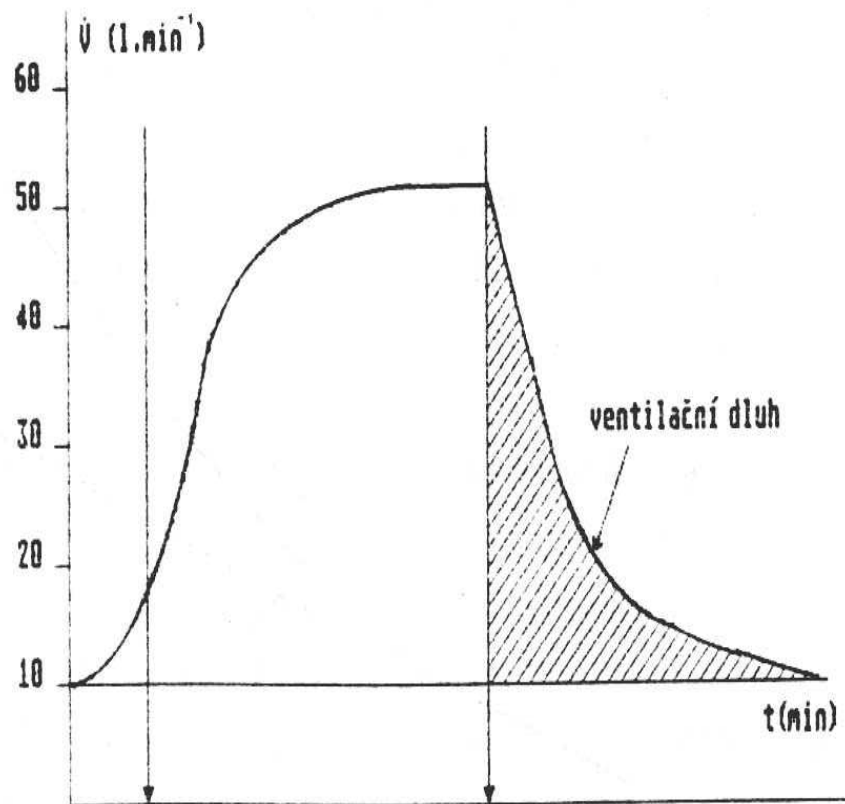
<b>Třída</b>	<b>Poškození</b>	<b>VO<sub>2</sub>max (sl) (ml . min.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>ANP (ml . min<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup>)</b>
A	nulové - nízké	> 20	> 14
B	mírné - střední	16-20	11-14
C	střední - těžké	10-15	8-10
D	těžké	6-9	5-7
E	velmi těžké	< 6	< 5

(Placheta, 1999)

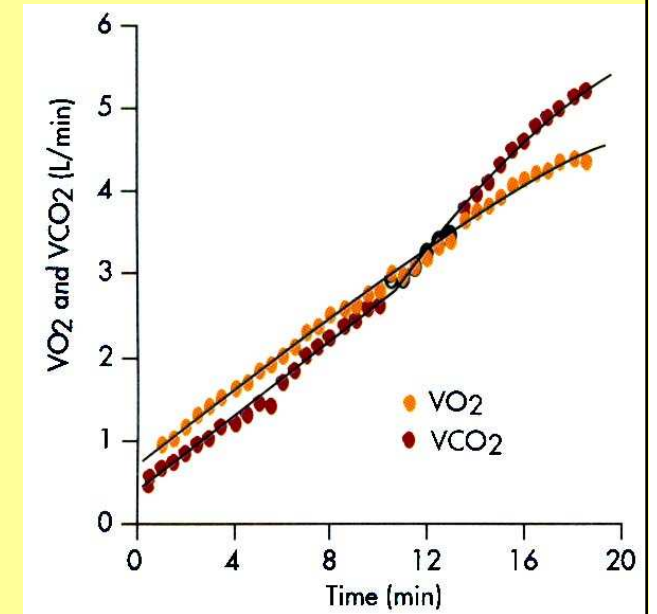
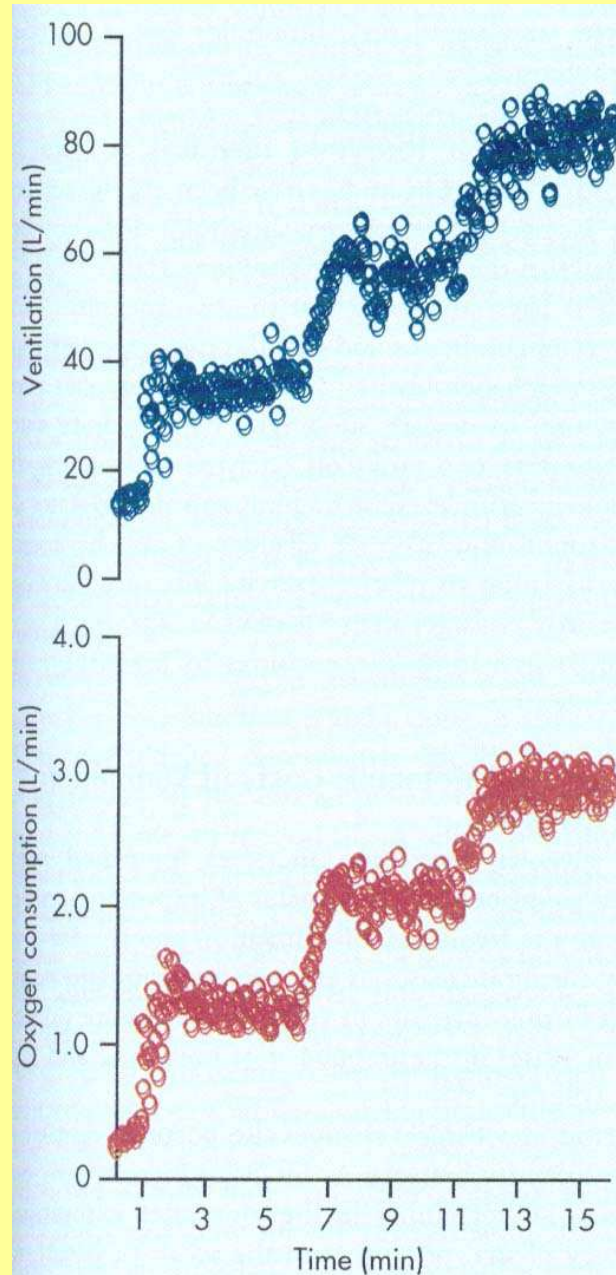
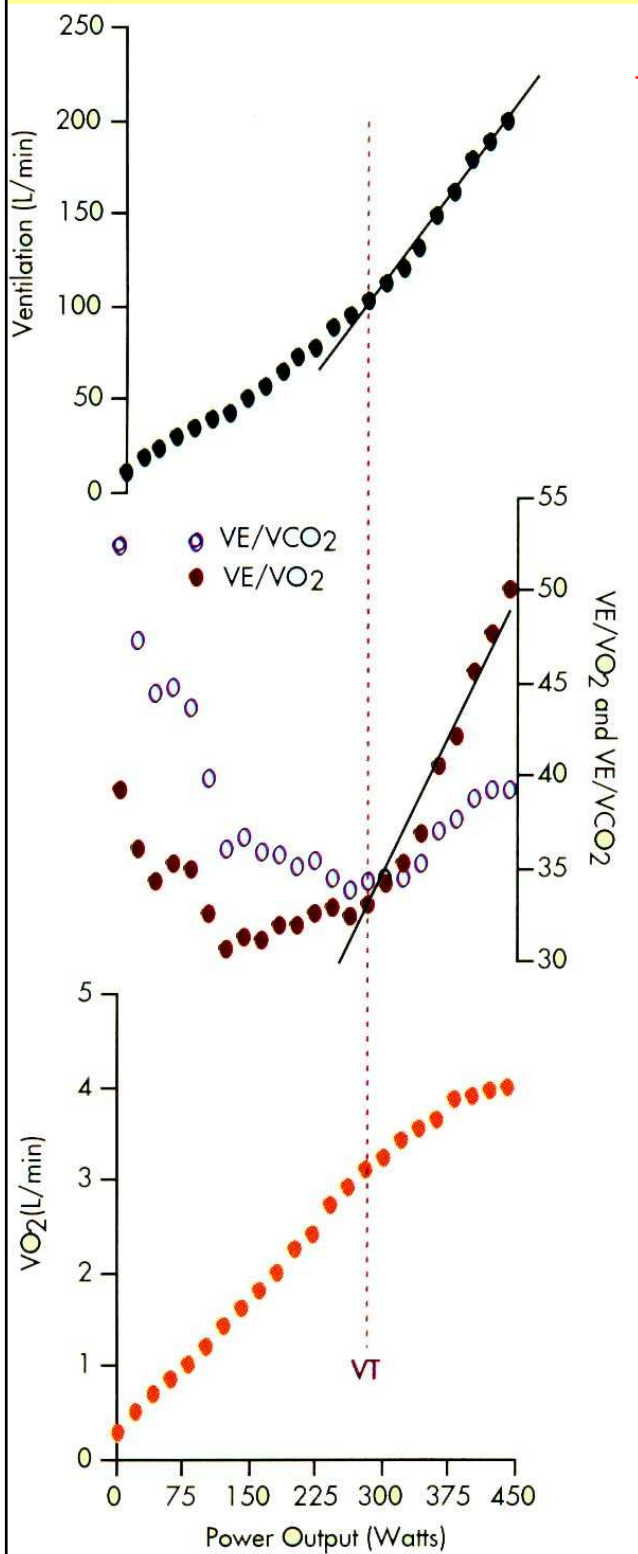
# Ventilační dluh-veškerá nadklidová ventilace

## Kyslíkový dluh...pozátěžový kyslík

resyntéza ATP a CP (rychlá alaktátová složka-2-3 min)  
 resyntéza glykogenu z laktátu (pomalá laktátová složka)  
 úhrada zásob kyslíku v krvi  
 úhrada zásob kyslíku v myoglobinu ....  
 (pomalá alaktátová složka)



# Ventilace a spotřeba kyslíku



# BORGOVA ŠKÁLA SUBJEKTIVNÍHO VNÍMÁNÍ INTEZITY ZÁTĚŽE - RPE (rating of perceived exertion)

6		14	
7	velmi, velmi lehká	15	namáhavá
8		16	
9	velmi lehká	17	velmi namáhavá
10		18	
11	lehká	19	
12		20	velmi, velmi namáhavá
13	poněkud namáhavá		