

# **Fyziologie práce**

Fyziologie II přednáška (VLFY0422p)

**Tibor Stračina**

Audiovizuální obsah prezentovaný během přednášky je autorským dílem vytvořeným zaměstnanci Masarykovy univerzity. Jakékoliv další šíření tohoto obsahu nebo jeho části bez svolení Masarykovy univerzity je v rozporu se zákonem.

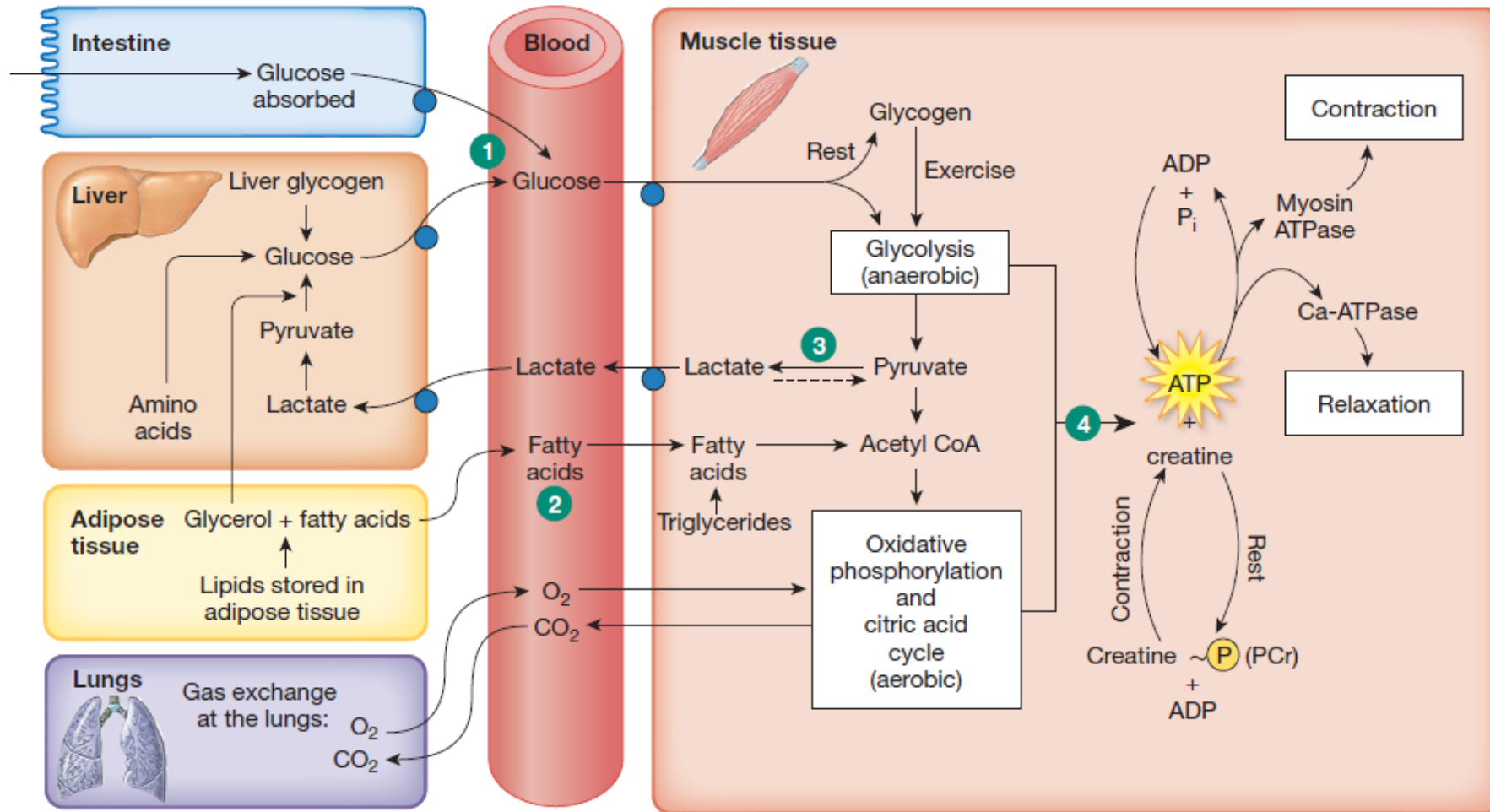
# Práce (fyzická aktivita, cvičení)



# Kosterní sval

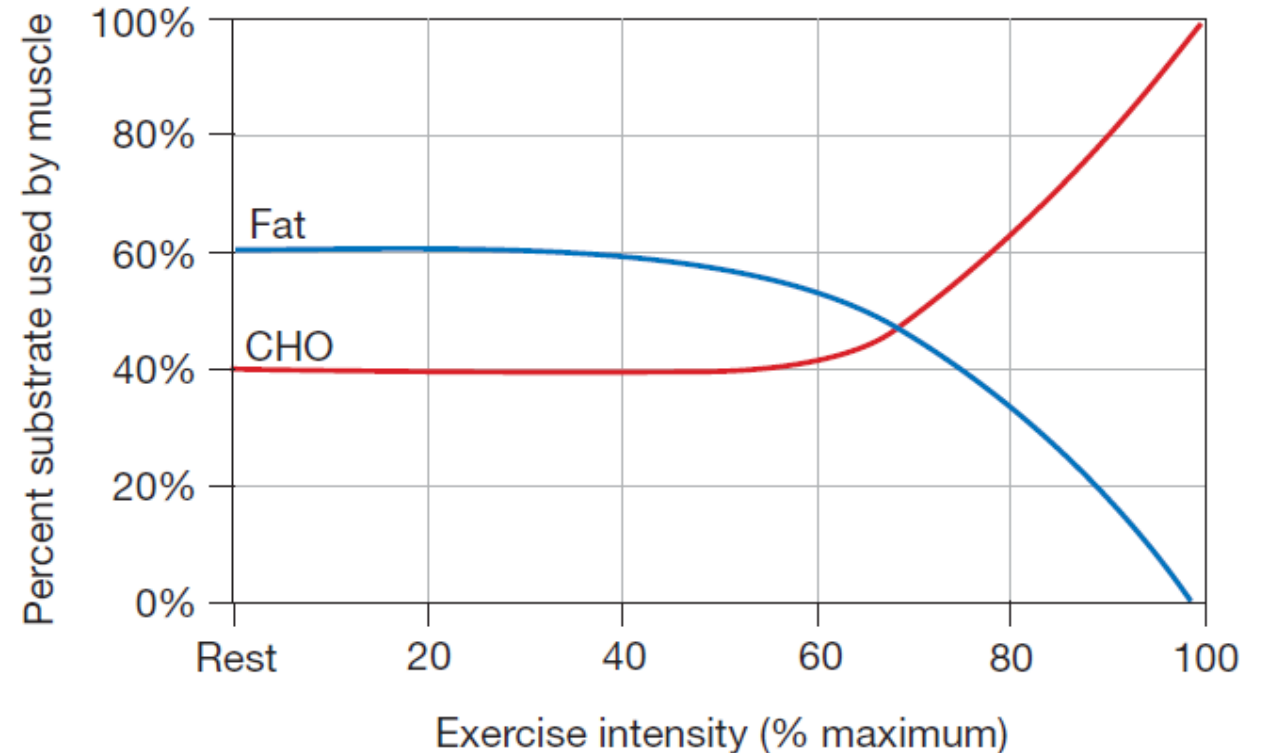
- Kontrakce: isometrická (statická práce) vs. isotonická (dynamická práce)
- Metabolismus: aerobní vs. anaerobní
- Metabolická autoregulace krevního průtoku:
  - ↓pO<sub>2</sub>; ↑pCO<sub>2</sub>; ↓pH; ↑K<sup>+</sup>; ↑lokální teplota
- Krevní průtok závisí na svalovém napětí (vysoké napětí = snížený průtok)
- Svalová vřeténka – svalové napětí – aferentace – udržuje aktivaci SNS

# Metabolismus kosterního svalu



# Substráty využívané kosterním svalem během zátěže

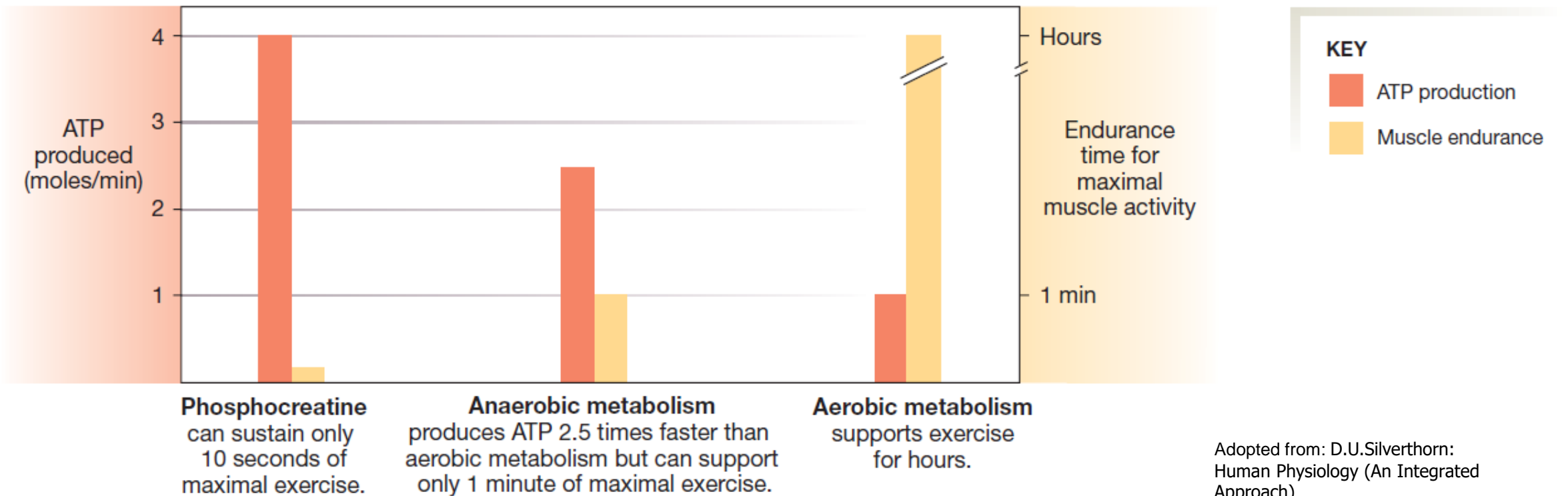
- Nízká intenzita: tuky (MK)
- Vysoká intenzita: glukóza



Data from G. A. Brooks and J. Mercier, *J App Physiol* 76: 2253–2261, 1994

Adopted from: D.U.Silverthorn:  
Human Physiology (An Integrated  
Approach)

# Produkce ATP a svalová výdrž



# Reakce organismu na zátěž (práci)

- Sympatický nervový systém (ergotropní systém)
- Řízení kardiovaskulárního systému
- Řízení/regulace dýchání
- Řízení/regulace metabolismu
  
- HOMEOSTÁZA



# Anticipace fyzického výkonu

- Reakce organismu (zejména KVS) ještě před zahájením práce
  - Připravuje organismus na zvýšené metabolické nároky pracujících kosterních svalů
- Aktivace sympatického nervového systému
- Změny stejné jako v časně fázi odpovědi na zátěž
- Podobnost s reakcí na stres (*fight-or-flight*)

# Reakce kardiovaskulárního systému na práci

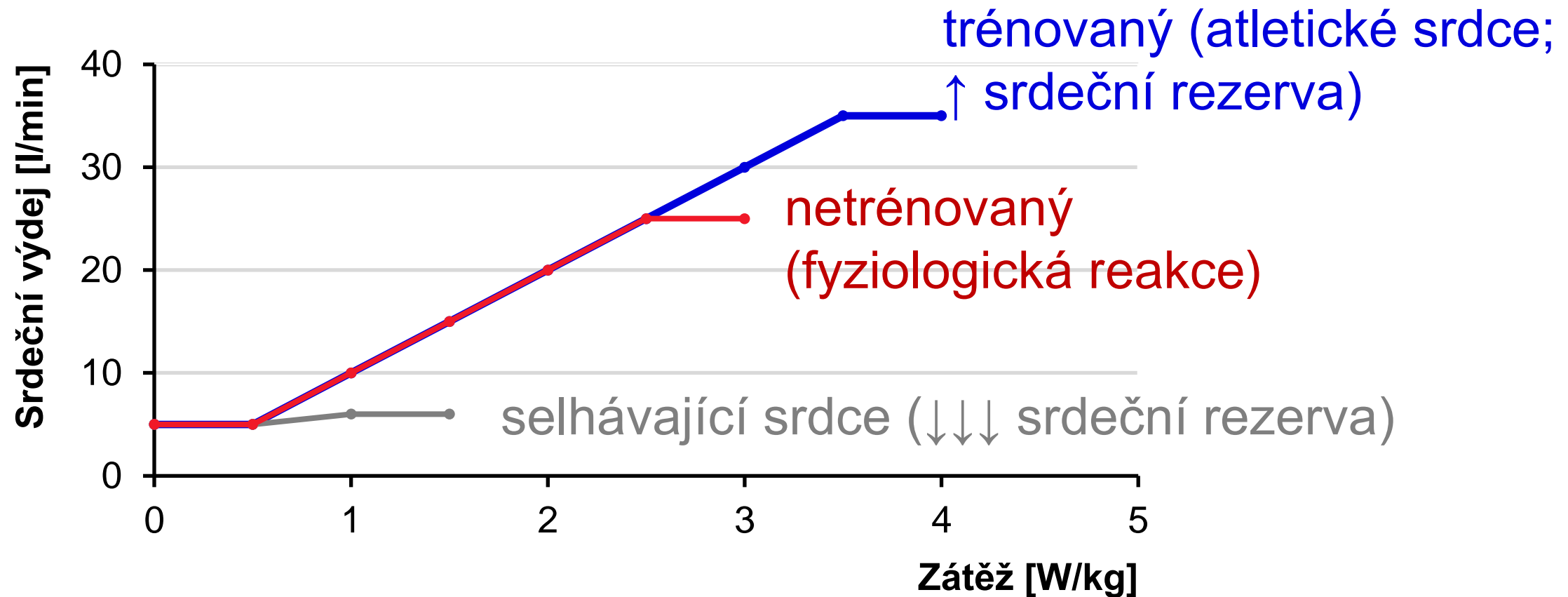
- Vliv SNS:
  - Zvýšení srdečního výdeje
  - Vazokonstrikce v GIT a kůži, v nepracujících kosterních svalech, (ledvinách)
  - Zvýšená produkce adrenalinu (dřeň nadledvin)
  
- Vazodilatace v pracujících svalech (metabolická autoregulace)
  
- Zvýšení žilního návratu
  
- Termoregulace

# Zvýšení srdečního výdeje. Srdeční rezerva

- $CO = SV \times HR$  (SNS: pozitivní inotropní a chronotropní efekt)
- **Srdeční rezerva = maximální CO / klidový CO** (4 – 7)
- Koronární rezerva = maximální CF / klidový CF (~3.5)
- Chronotropní rezerva = maximální HR / klidový HR (3 – 5)
- Objemová rezerva = maximální SV / klidový SV (~1.5)

*CO – srdeční výdej; CF – koronární průtok; HR – srdeční frekvence; SV – systolický objem*

# Srdeční rezerva u zdravého a selhávajícího srdce



# Změny arteriálního tlaku krvi

PARAMETR	V KLIDU	PŘI ZÁTĚŽI	NÁRŮST (x)
<b>Srdeční výdej</b> [l/min]	5 – 6	25 (35)	4 – 5 (7) <i>srdeční rezerva</i>
<b>Srdeční frekvence</b> [1/min]	(45) 60-90	190 – 200 (220) <i>závisí na věku</i>	3 – 5 <i>chronotropní rezerva</i>
<b>Systolický objem</b> [ml]	75	115	~1.5 <i>objemová rezerva</i>
<b>Systolický TK</b> [mmHg]	120	<i>statická práce</i> ↑ <i>dynamická práce</i> ↑↑	
<b>Diastolický TK</b> [mmHg]	75	<i>statická práce</i> ↑↑↑ <i>dynamická práce</i> – / ↓	
<b>Střední arteriální tlak (MAP)</b> [mmHg]	~90	<i>statická práce</i> ↑ <i>dynamická práce</i> – / ↑	
<b>Perfuze kosterních svalů</b> [ml/min/100g]	2 – 4	60 – 120 (180)	~30

# Reakce dýchání na zátěž

- Dýchací centrum:  $\uparrow$  ventilace
  - chemoreceptory:  $\uparrow$  pCO<sub>2</sub> +  $\downarrow$  pH
  - proprioceptory v plicích
  
- Sympatický nervový systém (stres – anticipace)
  - Bronchodilatace

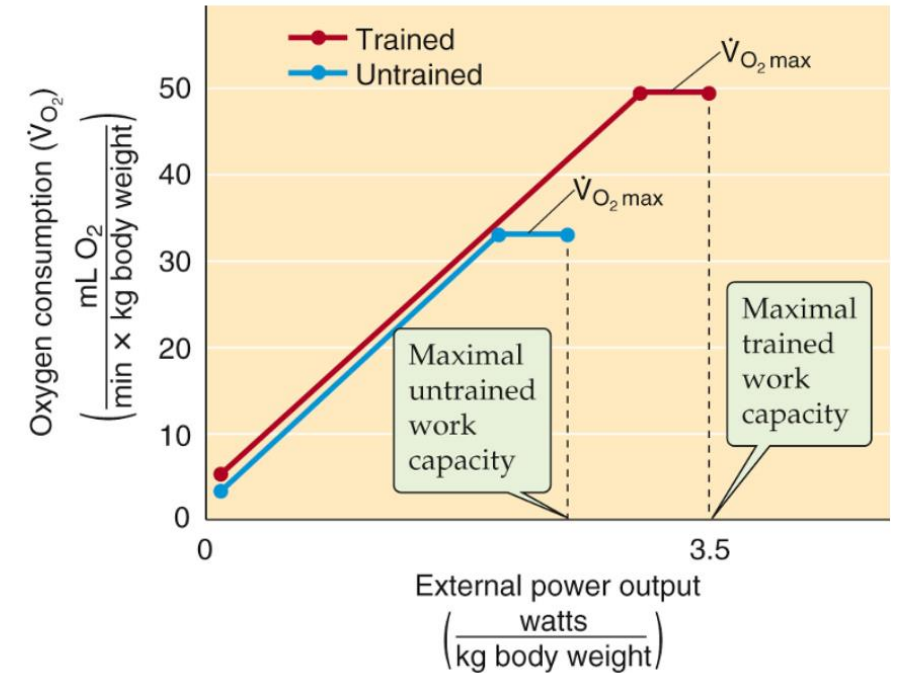
# Reakce dýchacího systému na zátěž

PARAMETR	V KLIDU	PŘI ZÁTĚŽI	NÁRŮST (x)
<b>Ventilace</b> [l/min]	6 – 12	90 – 120	15 – 20 <i>respirační rezerva</i>
<b>Frekvence dýchání</b> [1/min]	12 – 16	40 – 60	4 – 5
<b>Dechový objem (<math>V_T</math>)</b> [l]	0.5 – 0.75	~2	3 – 4
<b>Průtok plicnicí (perfuze plic)</b> [l/min]	5 – 6	25 – 35	4 – 6
<b>Spotřeba <math>O_2</math> (<math>V_{O_2}</math>)</b> [ml/min]	250 – 300	~3000	10 – 12 (25)
<b>Produkce <math>CO_2</math></b> [ml/min]	~200	~8000	~40

# Spotřeba kyslíku ( $\dot{V}_{O_2}$ )

- Klidová  $\dot{V}_{O_2}$ : ~3,6 ml/(min.kg)
- Maximální  $\dot{V}_{O_2}$  ( $\dot{V}_{O_2 \max}$ ):
  - objektivní ukazatel aerobní výkonnosti
  - klesá s věkem
  - netrénovaná osoba středního věku: **30 – 40** ml/(min.kg)
  - elitní vytrvalostní atlet: **80 – 90** ml/(min.kg)
  - pacient s těžkým srd. selháním /CHOPN : **10 – 20** ml/(min.kg)
  - Měříme v maximální zátěži při spiroergometrii

Adopted from:  
<https://studentconsult.inkling.com/read/boron-medical-physiology-3e/chapter-60/figure-60-6>





# Determinanty $V_{O_2 \max}$

## 1. Příjem $O_2$ v plicích

– ventilace plic, celková difuzní kapacita plic, perfuze plic

## 2. Dodávka $O_2$ do svalů

– průtok krve (tlakový gradient – srdeční výdej vs. odpor)

– koncentrace hemoglobinu (kapacita krve pro transport  $O_2$ )

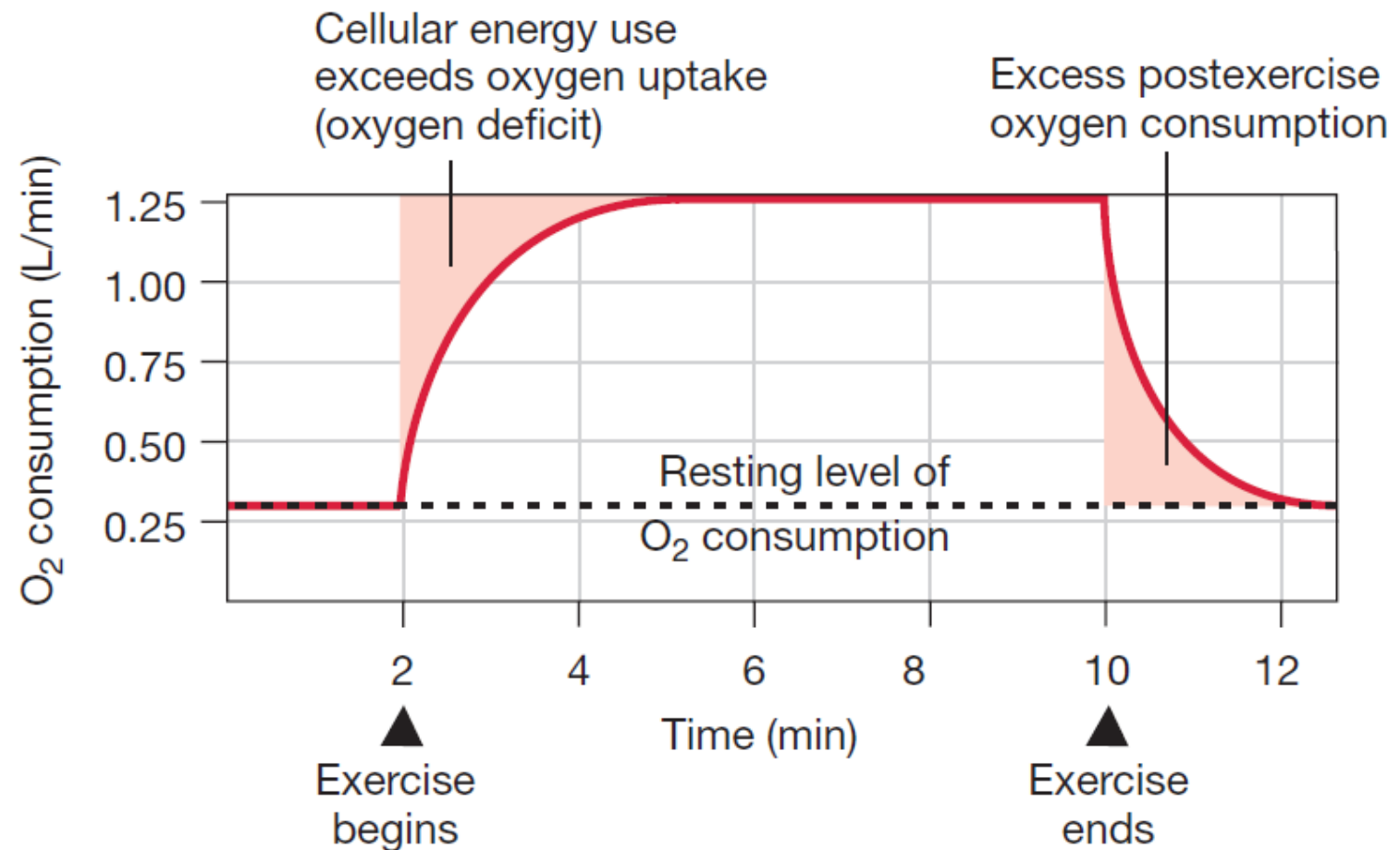
## 3. Difuze $O_2$ z krve do svalů

–  $pO_2$  gradient: krev - mitochondrie

# Spotřeba kyslíku během zátěže

Adopted from: D.U.Silverthorn:  
Human Physiology (An Integrated  
Approach)

## – Kyslíkový dluh



# Testování fyzické zdatnosti (kondice)

- (Spiro)ergometrie
- Standardizovaná zátěž
  - exaktně: W/kg
  - poměrově: MET – metabolický ekvivalent
    - poměr mezi aktuálním metabolickým obrátem a metabolickým obrátem v klidu v sedě
    - 1 MET = spotřeba 3,5 ml O<sub>2</sub>/kg.min ≈ 4,31 kJ/kg.h
    - spánek ≈ 0,9 MET; pomalá chůze ≈ 3-4 MET; sprint, rychlý běh ≈ 16 MET
    - (+) jednoduchost; (-) nutno vyjadřovat individuálně!!!

# Ukazatele zdatnosti (fitness)

- $V_{O_2 \max}$  [ml O<sub>2</sub> / (min.kg)]
- Aerobní / anaerobní práh
- $W_{170}$  [W/kg]
  
- Únava, selhání
- Tréning
- Adaptace