

# **Adaptace**

**Marie Nováková**

# EKOLOGICKÁ FYZIOLOGIE

Zkoumá vliv okolního prostředí na živé organismy a jejich schopnost přizpůsobit se změněným podmínkám - **ADAPTACE**

(Adaptational nebo Environmental Physiology)

**ZKOUMÁNÍ ADAPTACÍ**

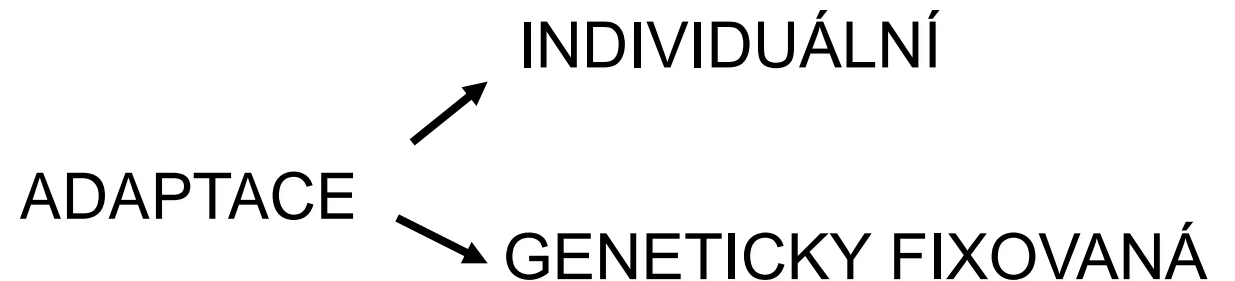
na zvířatech  
na dobrovolnících

**REGULACE** = přímá, bezprostřední odezva organismu na změny prostředí (obvykle sekundy, minuty, ale i hodiny či dny)

**ADAPTACE** = soubor (biochemických, funkčních a strukturálních) změn organismu vyvolaných dlouhodobými a/nebo opakovanými změnami prostředí (dny, měsíce, roky) o dostatečné intenzitě

# Adaptace = přizpůsobení se

- Dlouhodobá strukturální a/nebo funkční přestavba
- Vede k poklesu energetických nároků na udržení homeostázy za změněných podmínek
- Funkční (nebo evoluční) výhoda



## **AKLIMACE**

Reakce celého organismu na změnu jednoho faktoru  
zevního prostředí

## **AKLIMATIZACE**

Reakce celého organismu na změnu více faktorů zevního  
prostředí

# MECHANISMY ADAPTACÍ

## 1. Projev plasticity nervové soustavy

- změny na molekulární úrovni v CNS
- změny genové exprese
- regulace počtu trnů neuronů
- změny v zapojení neuronových sítí (kortikálních polí)

## 2) Změny vegetativního tonu (sportovci)

## 3) Změny struktury orgánů (adaptace na fyzickou zátěž)

## 4) Krátkodobé změny barvy kůže (opálení)

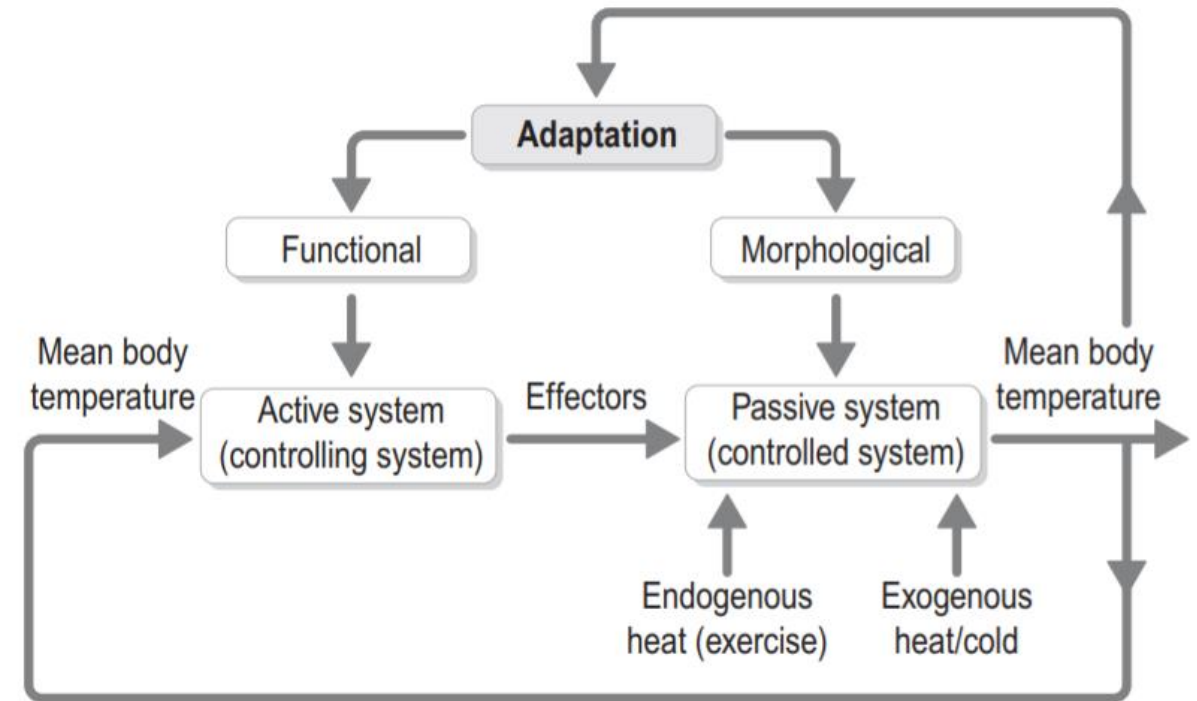
**CIVILIZAČNÍ NEMOCI** =  
nemoci z maladaptace

- vředová choroba žaludku
- hypertenze
- ICHS
- psychózy
- neurózy

# ADAPTAČNÍ MECHANISMY

Příklad: adaptace termoregulace

- Velikost potních žláz
- Podkožní tuk
- Metabolismus/energetický obrat
- Pocení
- Pohybová aktivita



# Adaptace na extrémní teploty



Source: [www.freepik.com](http://www.freepik.com)



# ADAPTACE NA CHLAD

18.století: přežívání námořníků ve studené vodě  
1887: V. Priesnitz, S. Kneipp  
Lidé v zimě tolerují nižší teploty lépe než v létě.

ADAPTACE	IZOLAČNÍ METABOLICKÁ HYPOTERMNÍ
----------	---------------------------------------

1. **OCHRANA PŘED ZTRÁTAMI TEPLA** (peří, vasokonstrikce, zvýšení tukových zásob v podkoží)
2. **ZVÝŠENÍ PRODUKCE TEPLA** (zvýšení metabolismu)
3. **POSUN SET-POINTU SMĚREM DOLŮ** (opak horečky, chování jako u hibernujících zvířat)

Aklimace.

Člověk: jako tropická zvířata (termoneutralní zóna mezi 27 – 32°C)

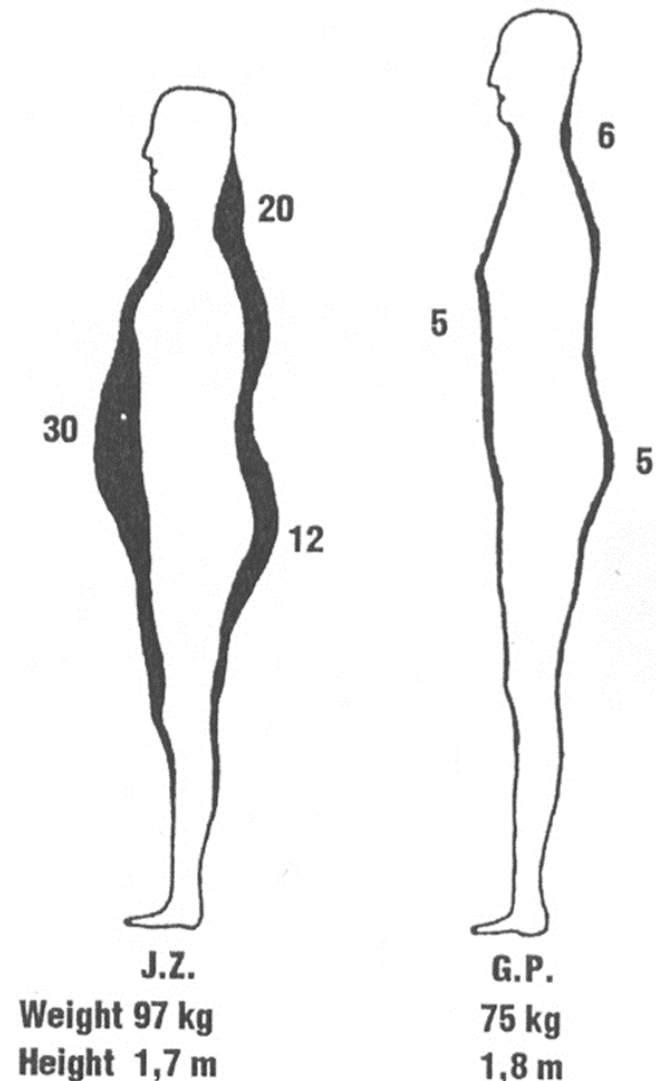
Tuleň, liška, racek: arktická zvířata (termoneutralní zóna mezi 20 – 40°C, teprve pod 20°C termoregulují)

U člověka se uplatní vždy všechny tři adaptační mechanismy.

U adaptovaných – klesá spotřeba O<sub>2</sub>, nemění se TF, stoupá TK (o 20 – 40 Torrů), snižuje se pocit dyskomfortu (nastupuje při nižší teplotě), klesá set-point (přibližně o 0,75°C).

## PRŮBĚH ADAPTACE NA CHLAD

- Především **přenastavení set-pointu**
- **Změna jídelníčku** (vyšší příjem energie, ale bez narůstá procento tělesného tuku)
- **Chladová diuréza** (vyučování  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$ ) – až (hemokoncentrace, zvýšení počtu leukocytů i er
- Změny **glykémie**: u neadaptovaných klesá (stres) (není stres)
- Snížení prahu pro bolest na kůži (celková hustota receptorů); **stresová analgésie** v průběhu adaptace
- **Klesá práh pro svalový třes**



# Adaptace na chlad

- Strategie: snížení tepelných ztrát (+ zvýšení produkce tepla)
- Zvýšení chuti k jídlu (apetit)
- Nárůst podkožní tukové vrstvy
- Přestavění termoregulačního centra
  - Snížení teploty pro aktivaci třesové termogeneze

# ADAPTACE NA TEPLLO

- 1) SEKRECE POTU se až zdvojnásobuje
- 2) PRÁH PRO POCENÍ se posouvá k nižším teplotám (jádra i povrchu)
- 3) SNÍŽENÍ OBSAHU ELEKTROLYTŮ V POTU
- 4) POCIT ŽÍZNĚ se zvyšuje
- 5) HIDROMEIOSIS (pokles sekrece potu ve vlhkém horkém klimatu, po období profuzního pocení; snižuje nepotřebné odkapávání potu)
- 6) ADAPTACE TOLERANCE NA HORKO u obyvatel tropů, práh pocení je posunut k vyšším tělesným teplotám.  
POZOR na tělesnou práci!!!

# Adaptace na teplo

- Strategie: zvýšení tepelných ztrát + snížení produkce tepla
- Snížení chuti k jídlu (apetit)
- Adaptace pocení
  - Závislé na vlhkosti prostředí; snížení produkce potu, snížení koncentrace iontů
- Přestavění termoregulačního centra
  - Zvýšení teploty pro aktivaci pocení

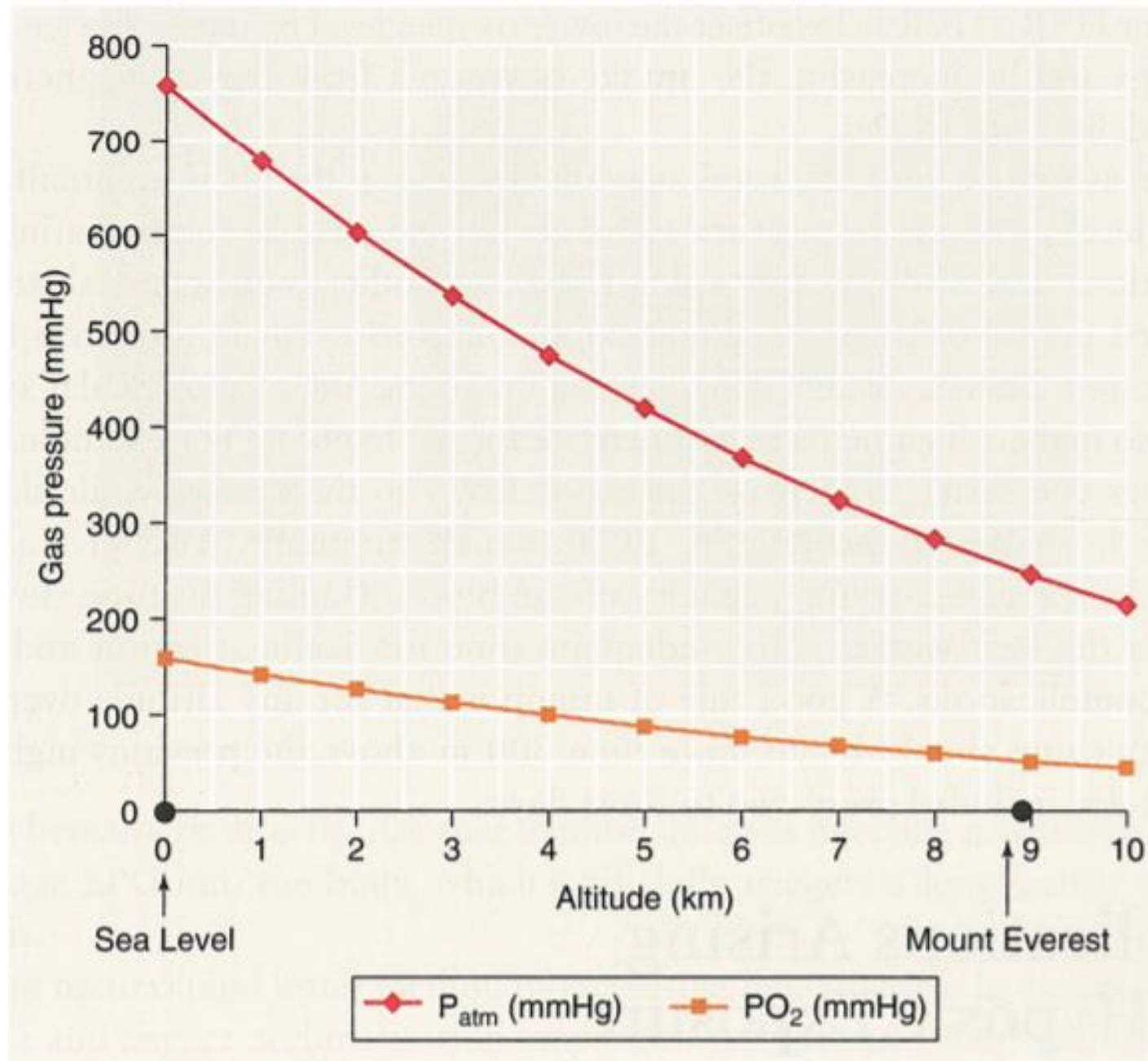
# ADAPTACE NA VYSOKOHORSKÉ PROSTŘEDÍ

**PHOTO B.** Sir Edmund Hillary and Sherpa Tenzing Norgay on Everest.

This photograph shows Hillary and Norgay summiting Everest for the first time on May 1953. They used supplementary oxygen during their ascent.

Source: © The Kobal Collection.







# VÝŠKOVÁ AKLIMATIZACE

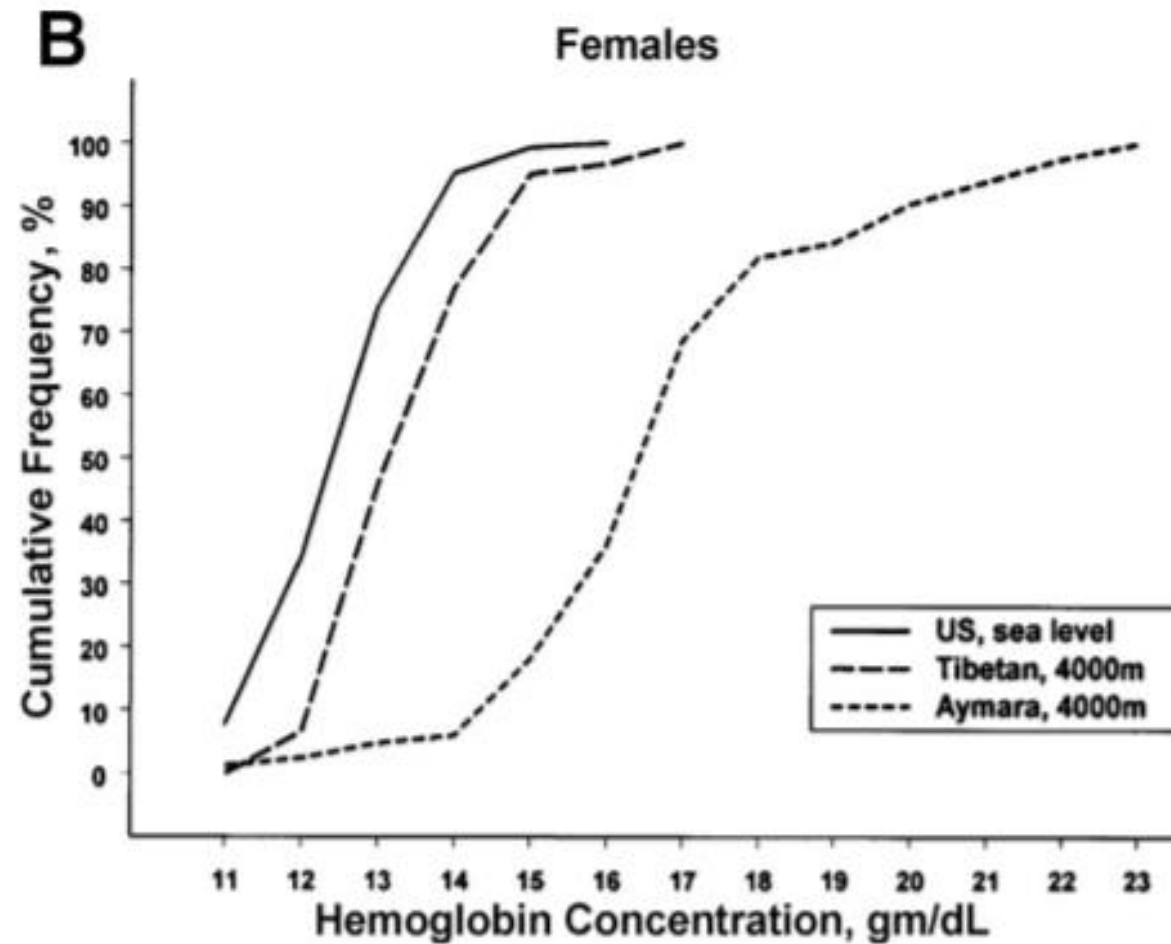
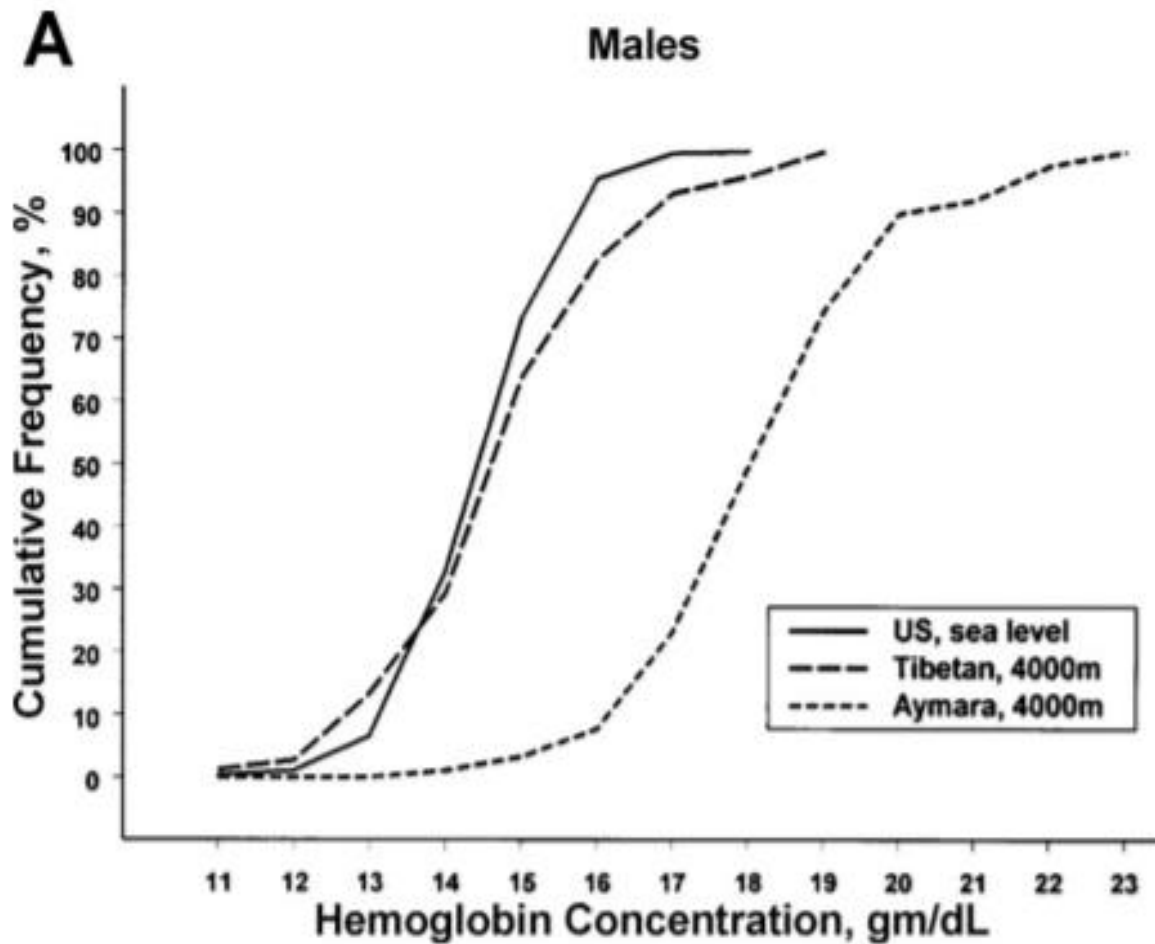
(dlouhotrvající pobyt)

Probíhá minimálně několik týdnů, plně rozvinutá je po měsících až létech.

**REAKCE KARDIOVASKULÁRNÍ:** normalizace SF a SV, zúžení plicních arteriol – plicní hypertenze

**REAKCE RESPIRAČNÍ:** minutová ventilace se stabilizuje (přímo úměrně výškové hypoxii), centrální chemoreceptory se adaptují

**ZVÝŠENÁ SEKRECE ERYTROPOETINU:** polyglobulie, zvýšení transportní kapacity krve pro  $O_2$ , zvýšení viskozity krve, zvýšení hustoty mitochondrií, zvýšení obsahu myoglobinu



# DOPORUČENÍ K AKLIMATIZACI NA VYSOKOHORSKÉ PROSTŘEDÍ

Po 3 dnech: ustálí se A-B rovnováha, začne se zvyšovat Hb

Po několika týdnech: je možné podat i atletický výkon

## GENETICKÁ VÝBAVA U HORSKÝCH NÁRODŮ

- Větší hrudník
- Větší kapilární řečiště v plicích
- Větší objem srdce (EDV)
- Větší srdeční výdej
- Vyšší koncentrace Hb
- Zvýšené množství kostní dřeně

Adaptace od dětství???

# Adaptace na fyzickou zátěž: Silové vs. vytrvalostní zatížení



Source: [www.freepik.com](http://www.freepik.com) - photo created by gpointstudio



Source: [www.freepik.com](http://www.freepik.com) - photo created by alexeyzhilkin

# Spuštění adaptace

- Nadprahová změna vnějšího a/nebo vnitřního prostředí
- Působí dlouhodobě a/nebo opakovaně

# Adaptace na fyzickou zátěž

## – Kosterní sval

- Hypertrofie, neovaskularizace

## – Kardiovaskulární systém

- Adaptace srdce (koncentrická hypertrofie vs. atletické srdce)
- Zvýšení počtu erytrocytů, resp. koncentrace hemoglobinu
- Adaptace regulací krevního tlaku a perfuse (kosterní sval, srdce, ledviny)

## – Dýchací systém

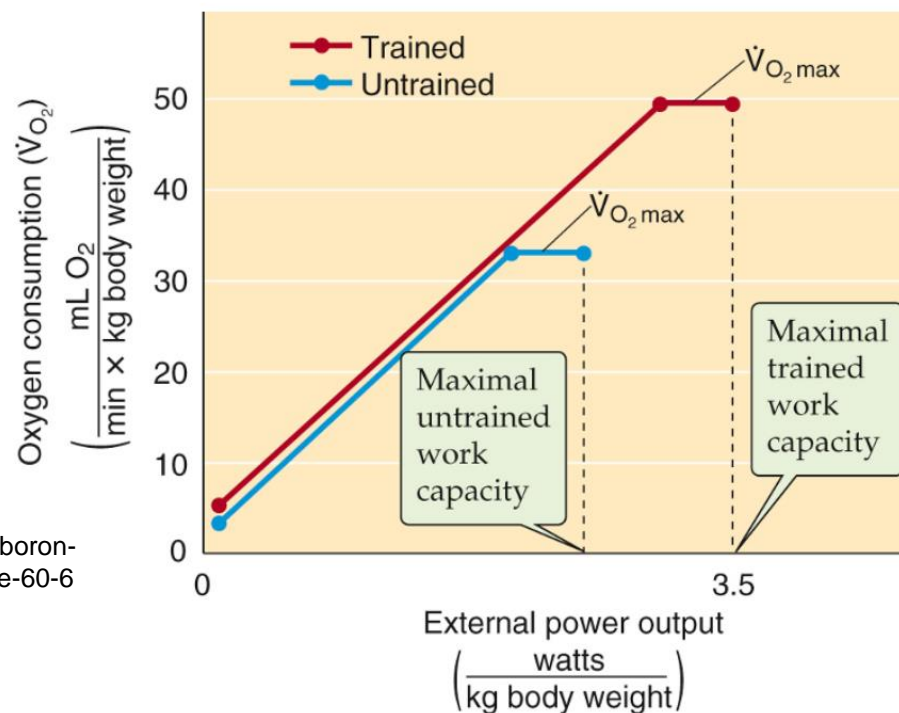
- Rozvoj plic (pokud je možné i hrudního koše), zlepšení difuze plynů přes a-k membránu

## – Metabolismus

Variable	Sedentary man		
	Pretraining	Posttraining	Runner
<b>Cardiovascular</b>			
HR at rest (beats • min <sup>-1</sup> )	71	59	36
HR max (beats • min <sup>-1</sup> )	185	183	174
SV rest (ml)	65	80	125
SV max (ml)	120	140	200
Q̇ rest (L • min <sup>-1</sup> )	4.6	4.7	4.5
Q̇ max (L • min <sup>-1</sup> )	22.2	25.6	32.5
Heart volume (ml)	750	820	1,200
Blood volume (L)	4.7	5.1	6.0
Systolic BP rest (mmHg)	135	130	120
Systolic BP max (mmHg)	210	205	210
Diastolic BP rest (mmHg)	78	76	65
Diastolic BP max (mmHg)	82	80	65
<b>Respiratory</b>			
Ṁ <sub>E</sub> rest (L • min <sup>-1</sup> )	7	6	6
Ṁ <sub>E</sub> max (L • min <sup>-1</sup> )	110	135	195
TV rest (L)	0.5	0.5	0.5
TV max (L)	2.75	3.0	3.9
RR rest (breaths • min <sup>-1</sup> )	14	12	12
RR max (breaths • min <sup>-1</sup> )	40	45	50
<b>Metabolic</b>			
A-ṽO <sub>2</sub> diff rest (ml • 100 ml <sup>-1</sup> )	6.0	6.0	6.0
A-ṽO <sub>2</sub> diff max (ml • 100 ml <sup>-1</sup> )	14.5	15.0	16.0
ṀO <sub>2</sub> rest (ml • kg <sup>-1</sup> • min <sup>-1</sup> )	3.5	3.5	3.5
ṀO <sub>2</sub> max (ml • kg <sup>-1</sup> • min <sup>-1</sup> )	40.5	49.8	76.5
Blood lactate rest (mmol • L <sup>-1</sup> )	1.0	1.0	1.0
Blood lactate max (mmol • L <sup>-1</sup> )	7.5	8.5	9.0

# Maximální spotřeba kyslíku ( $\dot{V}_{O_2\max}$ )

- netrénovaná osoba středního věku: **30 – 40** mlO<sub>2</sub>/(min.kg)
- elitní vytrvalostní atlet: **80 – 90** mlO<sub>2</sub>/(min.kg)
- pacient s těžkým srdečním selháním /CHOPN : **10 – 20** mlO<sub>2</sub>/(min.kg)



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

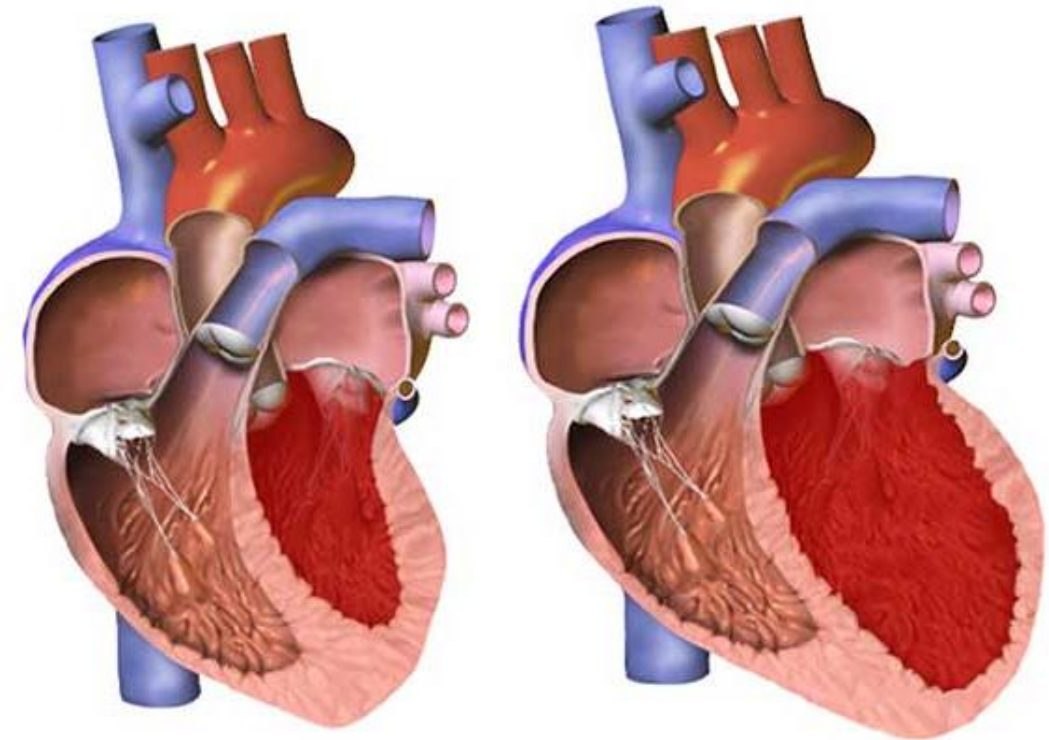


# Determinanty $V_{O_2 \max}$

1. Příjem  $O_2$  v plicích
  - ventilace plic, celková difuzní kapacita plic
2. Dodávka  $O_2$  do svalů
  - průtok krve (tlakový gradient – srdeční výdej vs. odpor)
  - koncentrace hemoglobinu (vazebná kapacita krve pro  $O_2$ )
3. Extrakce  $O_2$  z krve do svalů
  - $pO_2$  gradient: krev-mitochondrie

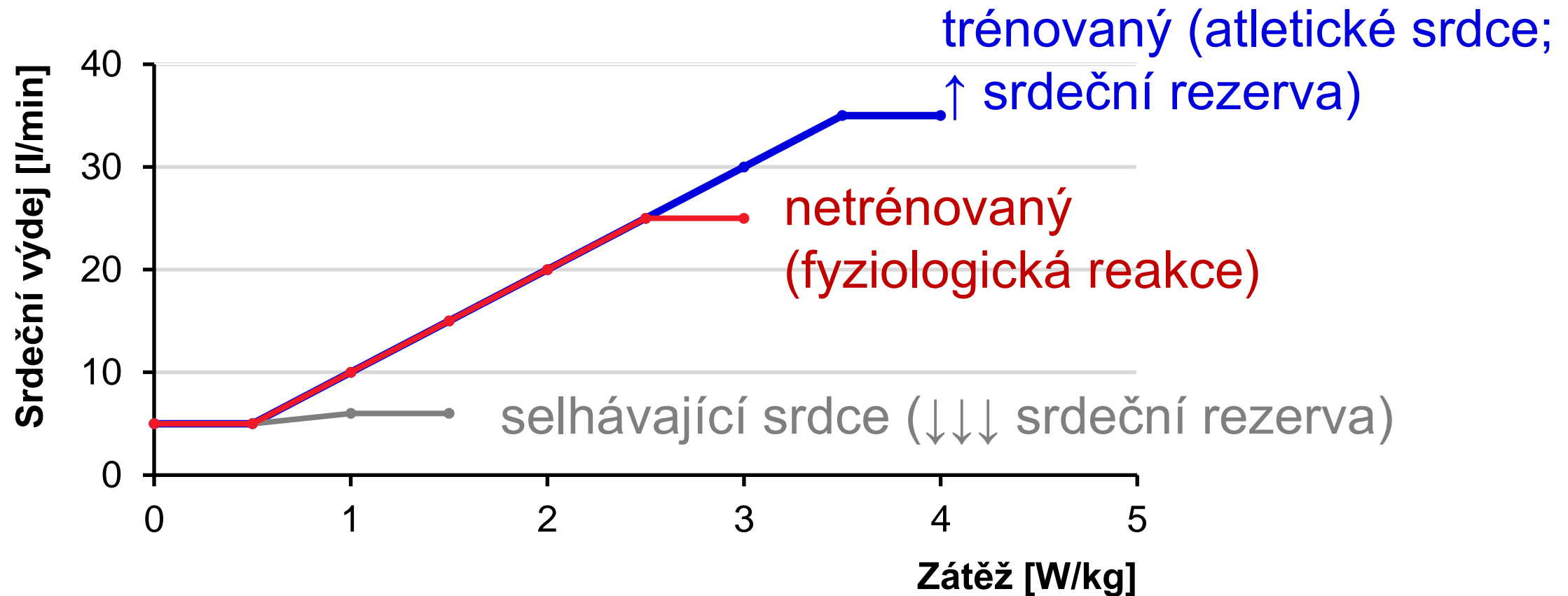
# Atletické srdce

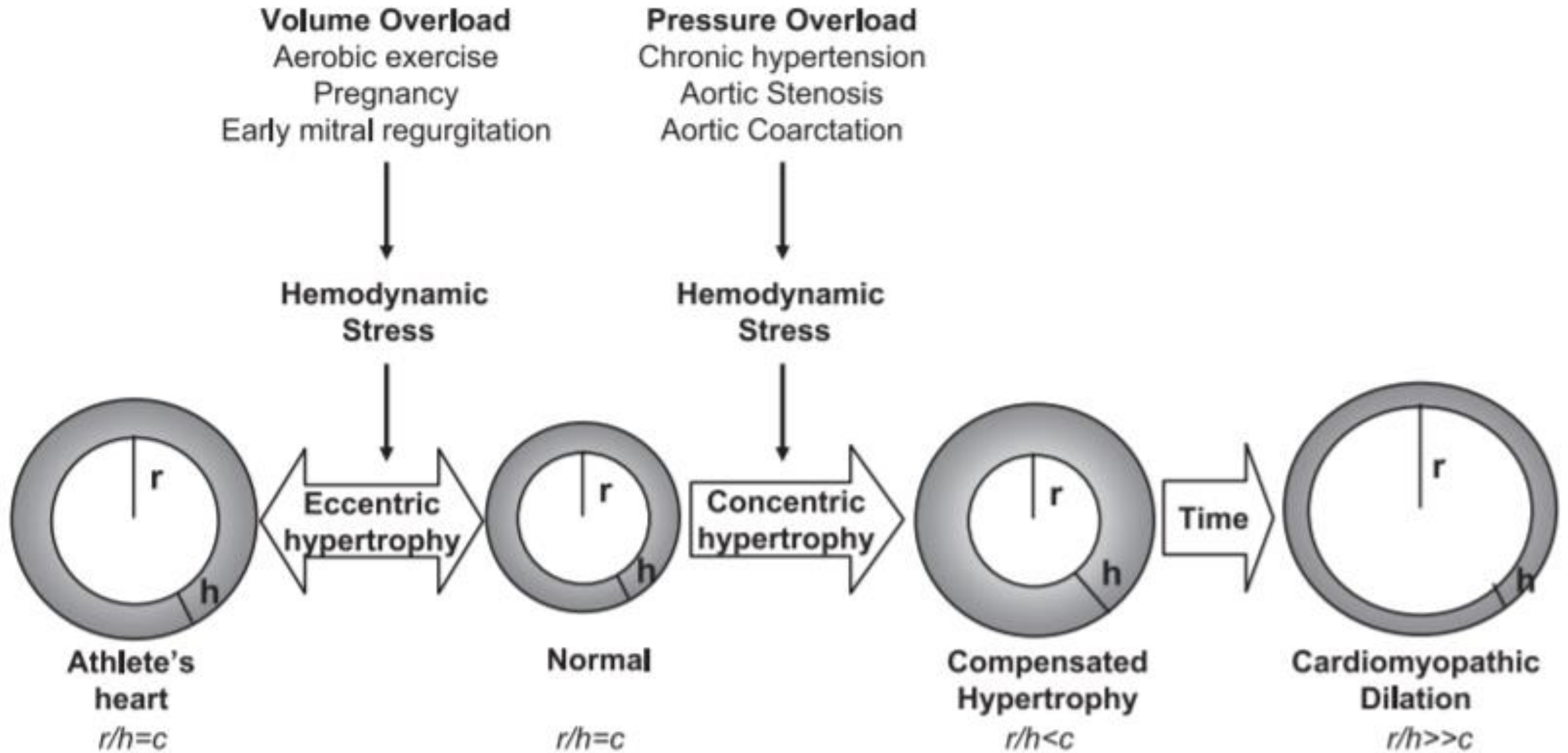
- Adaptace srdce na vytrvalostní zátěž
- $\uparrow$  LVEDV -  $\uparrow$  SV - (baroreflex)  $\downarrow$  HR
- $\sim$  CO v klidu
- $\uparrow$  srdeční rezerva

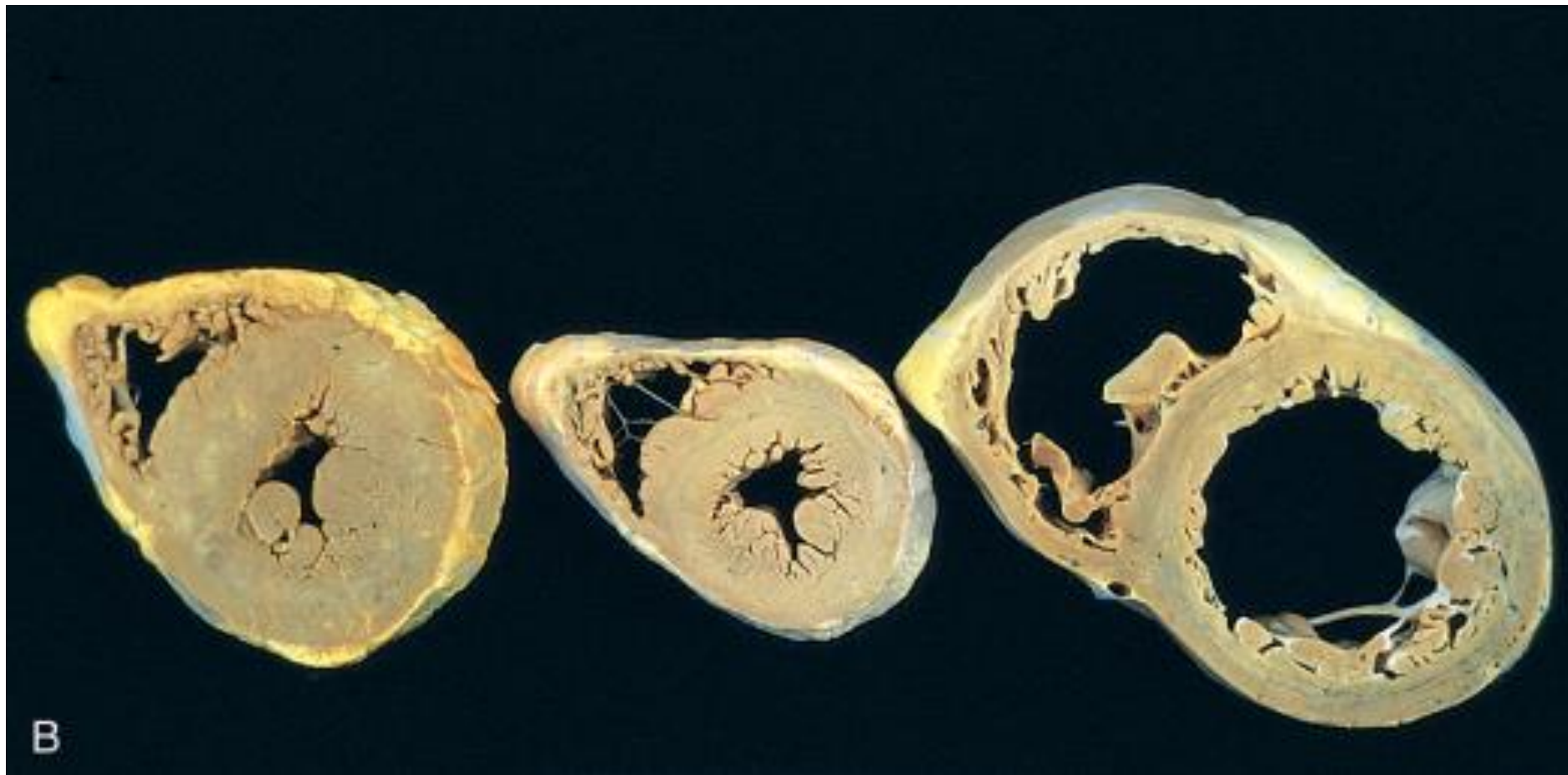


Source: <https://assets.beta.meta.org/discover/thematic-feed/83-athletic-heart-syndrome.jpg>

# Srdeční rezerva u atletického srdce







Transversální řezy srdcem:

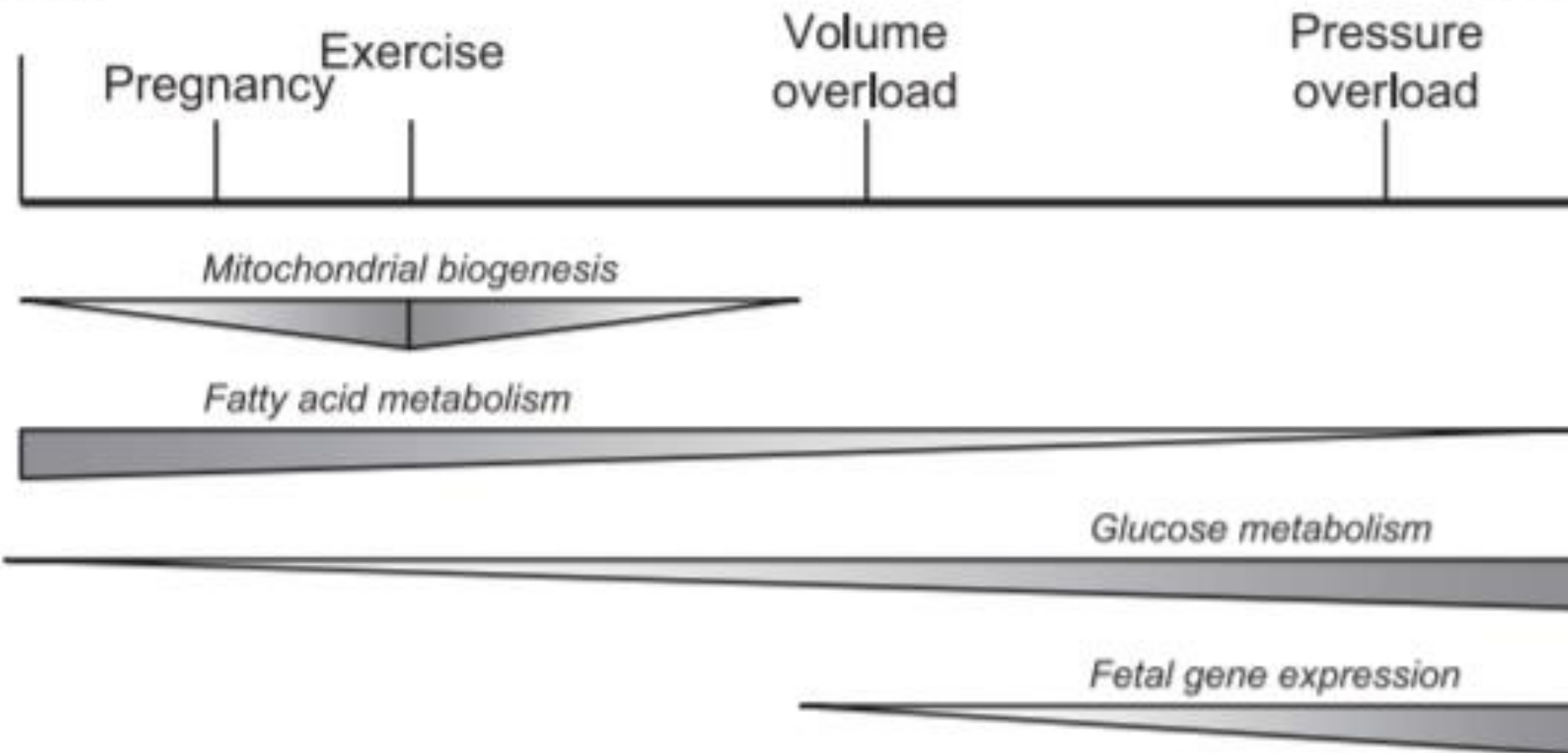
hypertonické srdce s koncentrickou hypertrofií (vlevo)

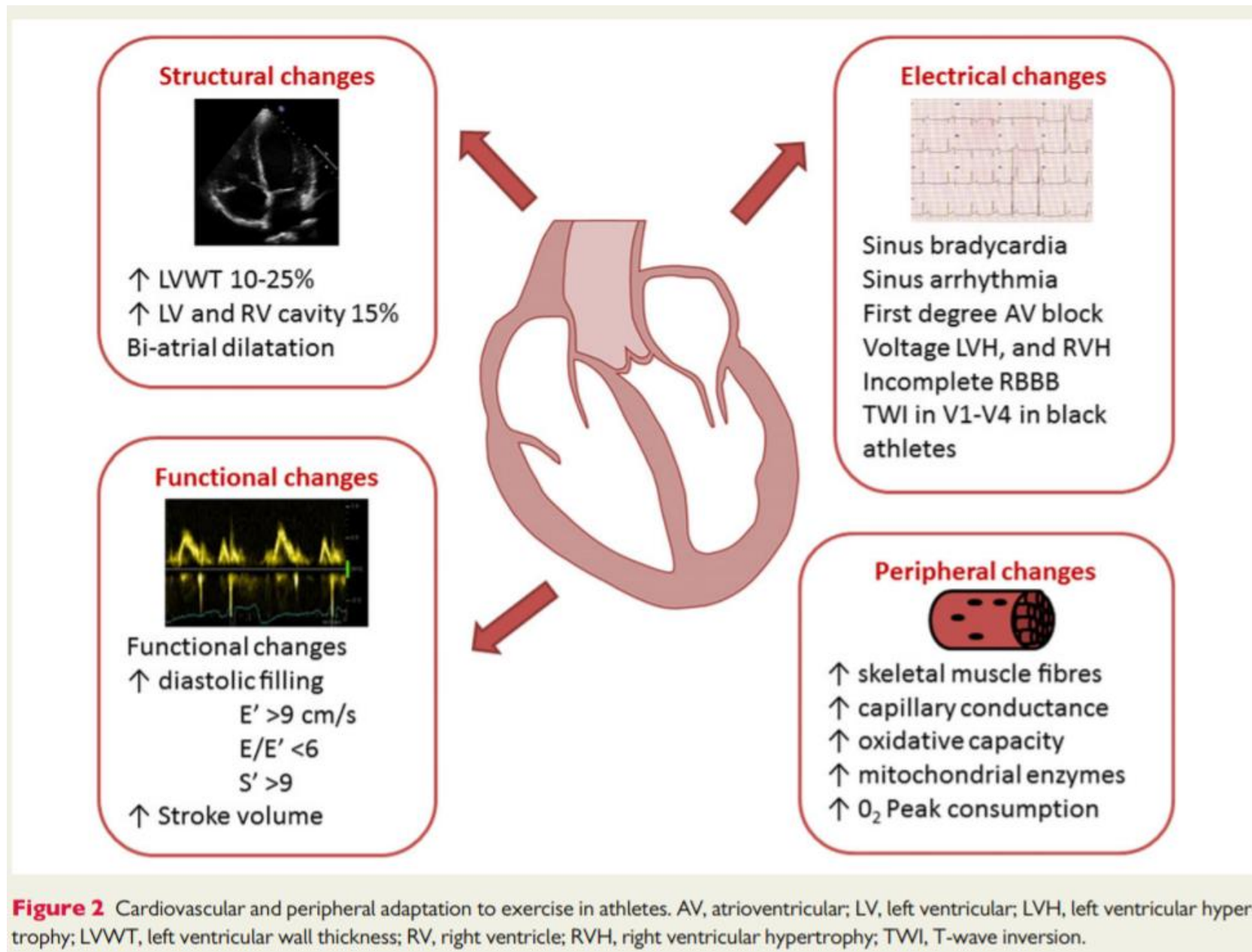
normální srdce (uprostřed)

hypertonické srdce s excentrickou hypertrofií = hypertrofie + dilatace (vpravo)

**Physiologically  
normal**

**Pathological  
heart failure**





# CVIČENÍ A SRDCE – DOBRÉ, ŠPATNÉ, ŠKODLIVÉ ???

