

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

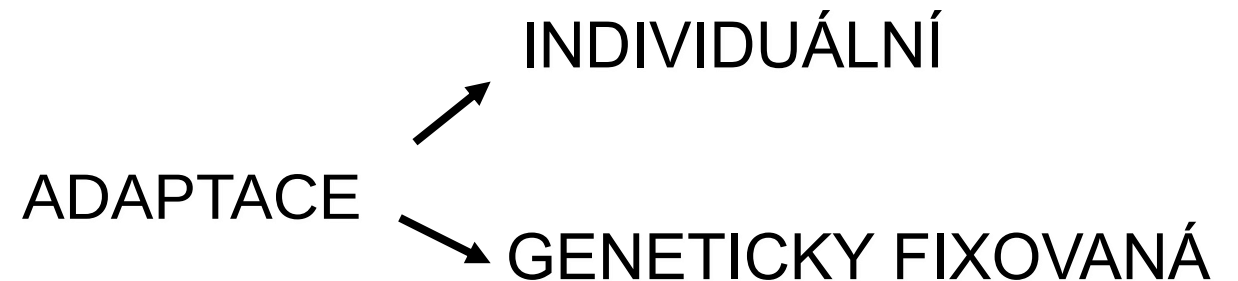
na zvířatech
na dobrovolnících

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)

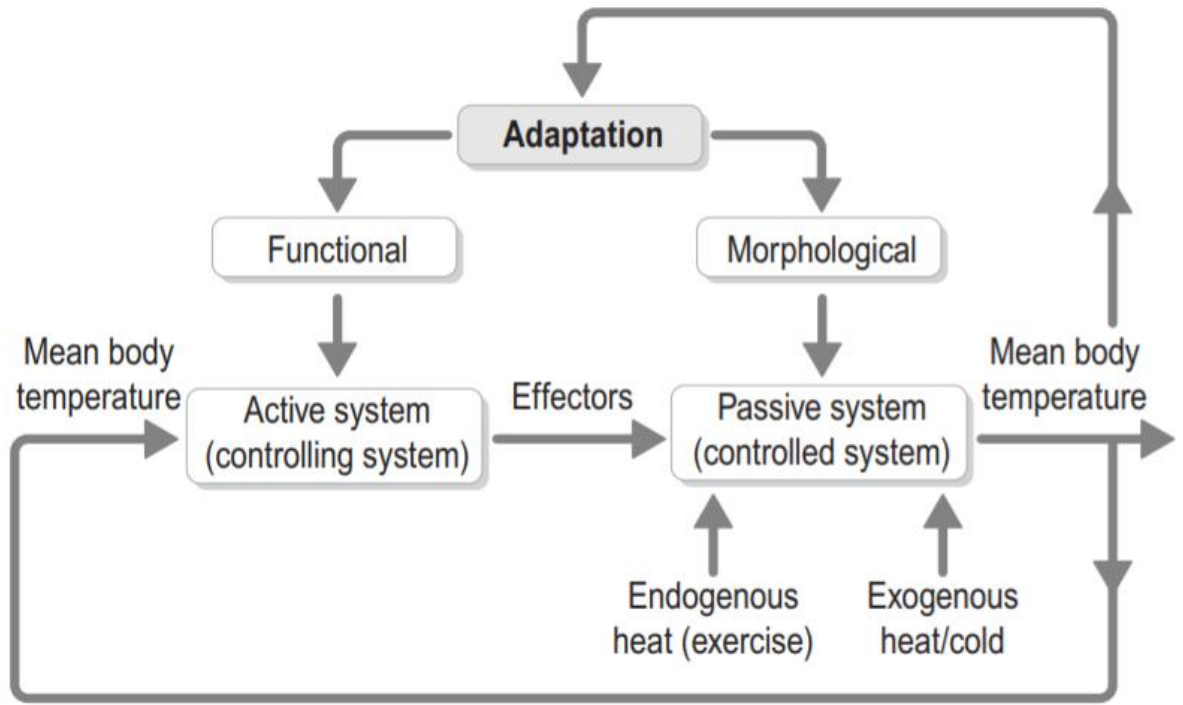
CIVILIZAČNÍ NEMOCI =
nemoci z maladaptace

- 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

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 (termoneutrální zóna mezi 27 – 32°C)

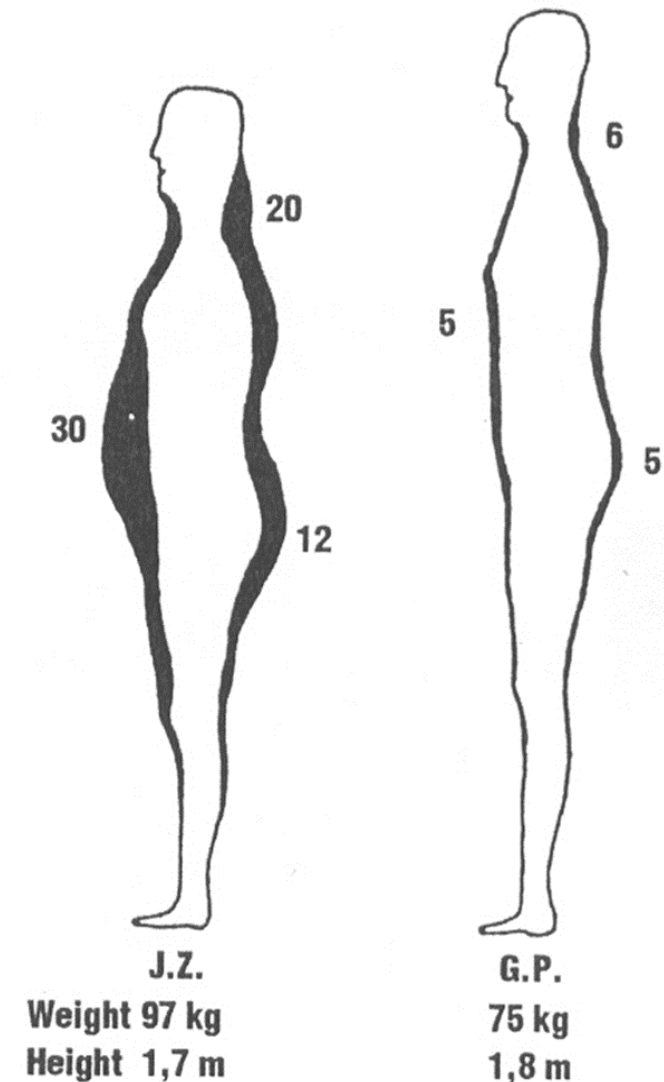
Tuleň, liška, racek: arktická zvířata (termoneutrální zóna mezi 20 – 40°C, teprve pod 20°C termoregulují)

U člověka se uplatní vždy všechny tři adaptační mechanismy.

U adaptovaných – klesá spotřeba O_2 , 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 Na^+ a K^+) – až (hemokoncentrace, zvýšení počtu leukocytů i erytrocytů)
- Změny **glykémie**: u neadaptovaných klesá (stoupá při stresu)
(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

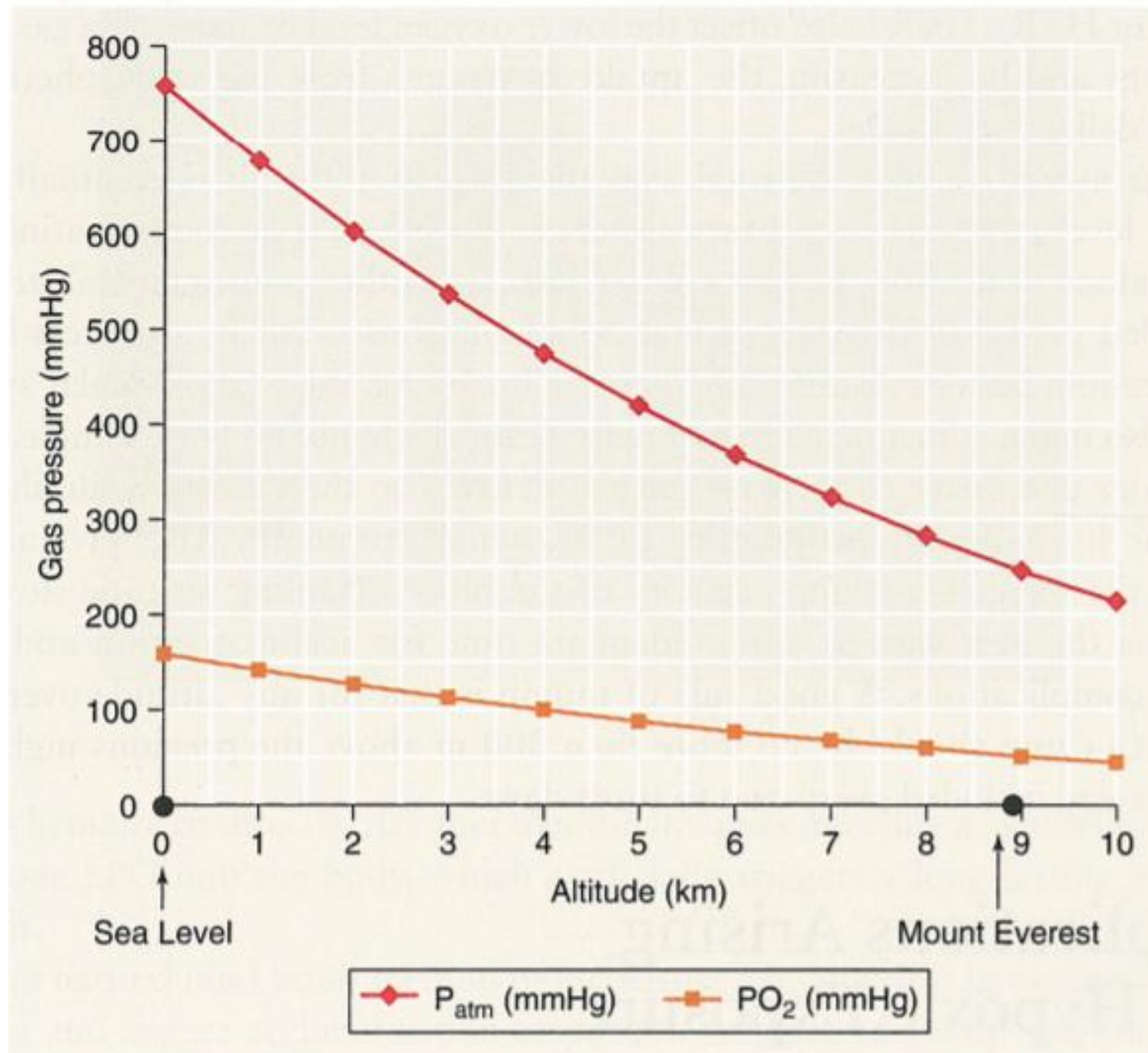
ADAPTACE NA VYSOKOHORSKÉ PROSTŘEDÍ

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

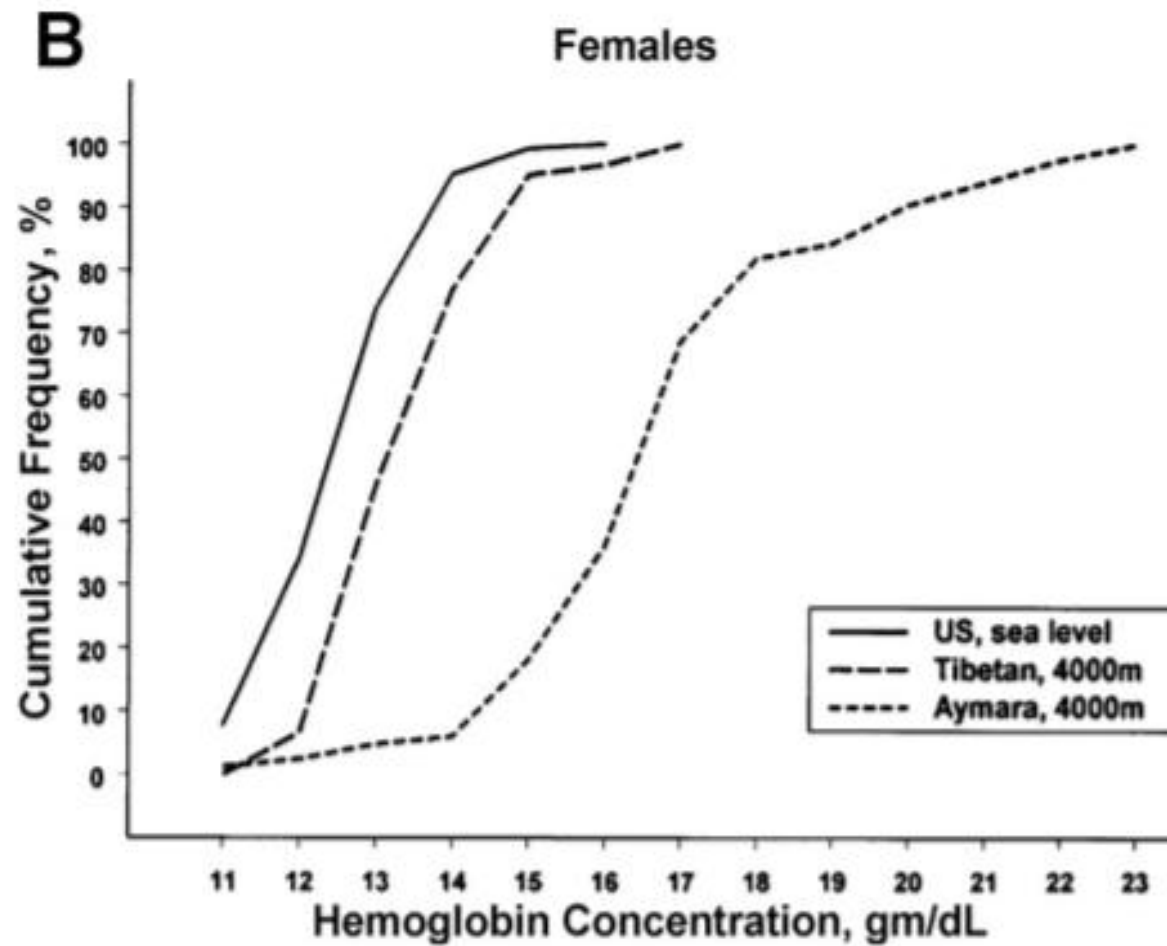
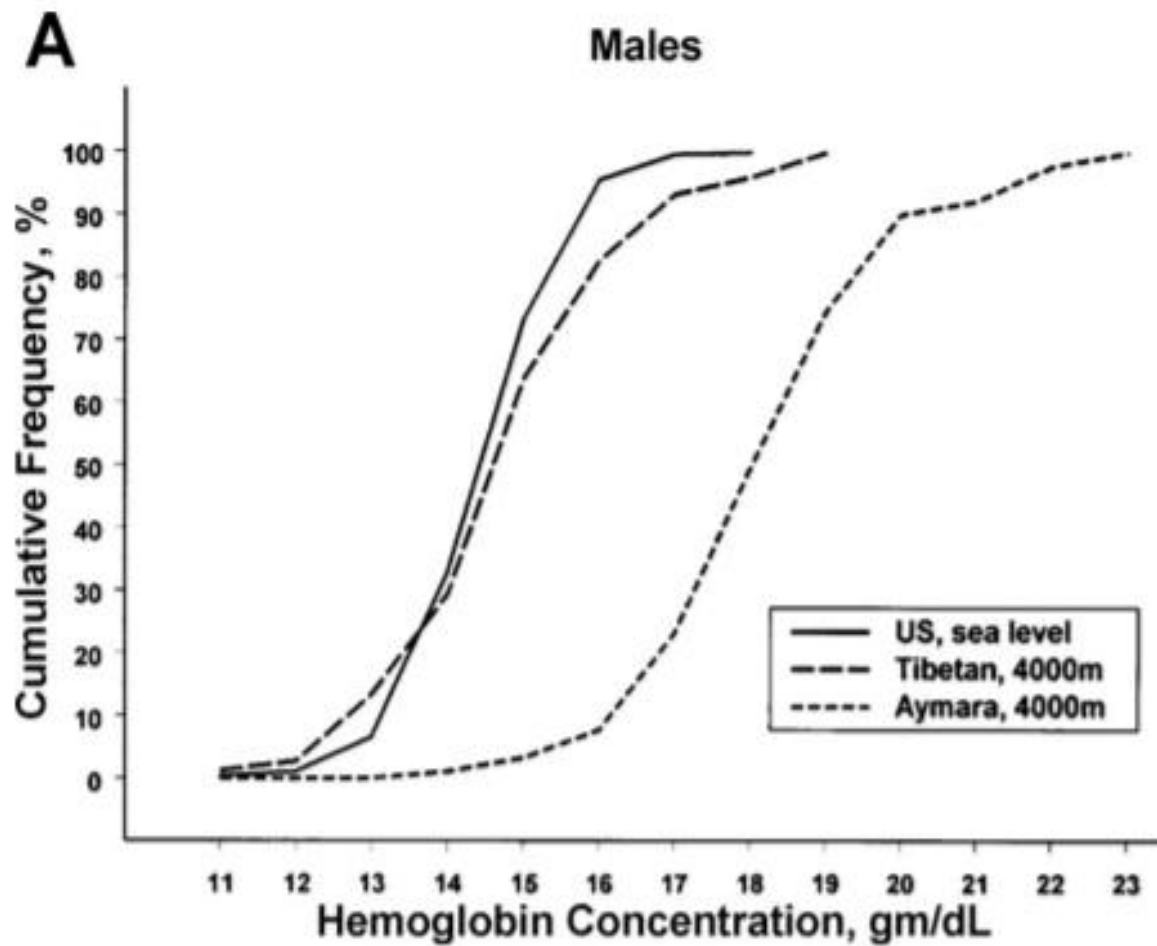
(dlouhotrvající pobyt)

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 - photo created by gpointstudio



Source: 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

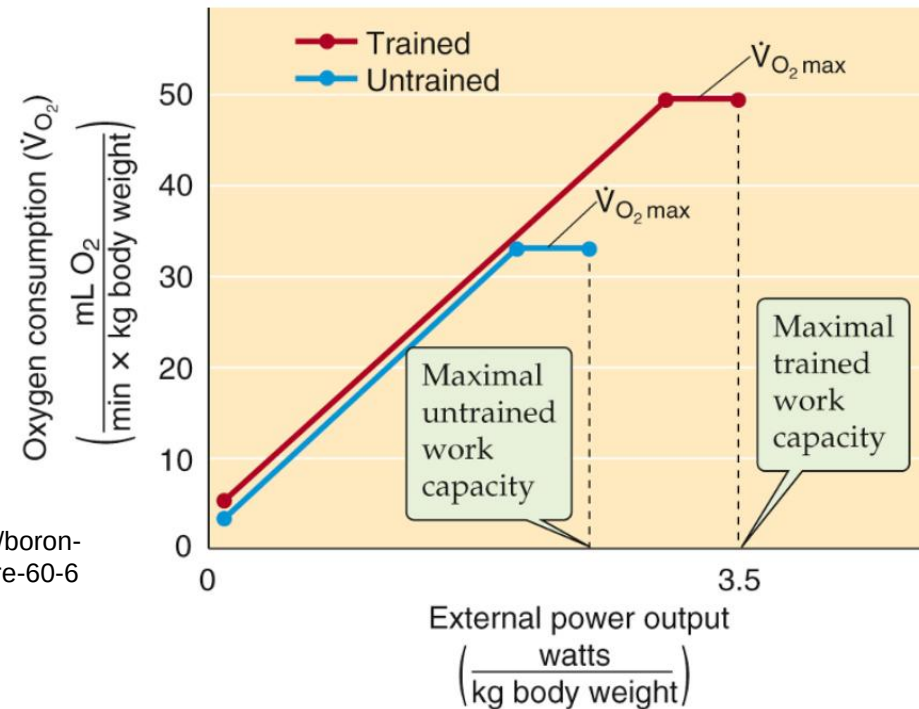
- Rozvoj plic (pokud je možné i hrudního koše), zlepšení difuze plynů přes a-k membránu

- Metabolismus

Variable	Sedentary man		Runner
	Pretraining	Posttraining	
Cardiovascular			
HR at rest (beats • min ⁻¹)	71	59	36
HR max (beats • min ⁻¹)	185	183	174
SV rest (ml)	65	80	125
SV max (ml)	120	140	200
Q̇ rest (L • min ⁻¹)	4.6	4.7	4.5
Q̇ max (L • min ⁻¹)	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
Respiratory			
Ṁ _E rest (L • min ⁻¹)	7	6	6
Ṁ _E rest (L • min ⁻¹)	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 ⁻¹)	14	12	12
RR max (breaths • min ⁻¹)	40	45	50
Metabolic			
A-ṡO ₂ diff rest (ml • 100 ml ⁻¹)	6.0	6.0	6.0
A-ṡO ₂ diff max (ml • 100 ml ⁻¹)	14.5	15.0	16.0
ṀO ₂ rest (ml • kg ⁻¹ • min ⁻¹)	3.5	3.5	3.5
ṀO ₂ max (ml • kg ⁻¹ • min ⁻¹)	40.5	49.8	76.5
Blood lactate rest (mmol • L ⁻¹)	1.0	1.0	1.0
Blood lactate max (mmol • L ⁻¹)	7.5	8.5	9.0

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

- netrénovaná osoba středního věku: **30 – 40** $\text{mLO}_2/(\text{min.kg})$
- elitní vytrvalostní atlet: **80 – 90** $\text{mLO}_2/(\text{min.kg})$
- pacient s těžkým srdečním selháním /CHOPN : **10 – 20** $\text{mLO}_2/(\text{min.kg})$



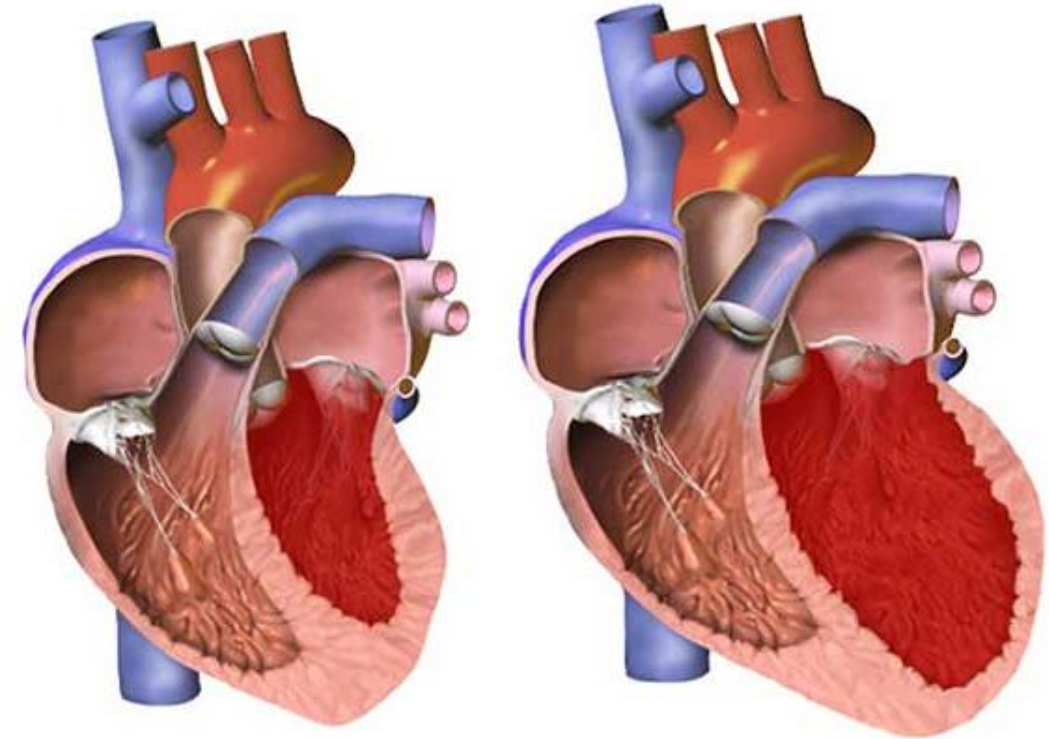
Adopted from:
<https://studentconsult.inkling.com/read/boron-medical-physiology-3e/chapter-60/figure-60-6>

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

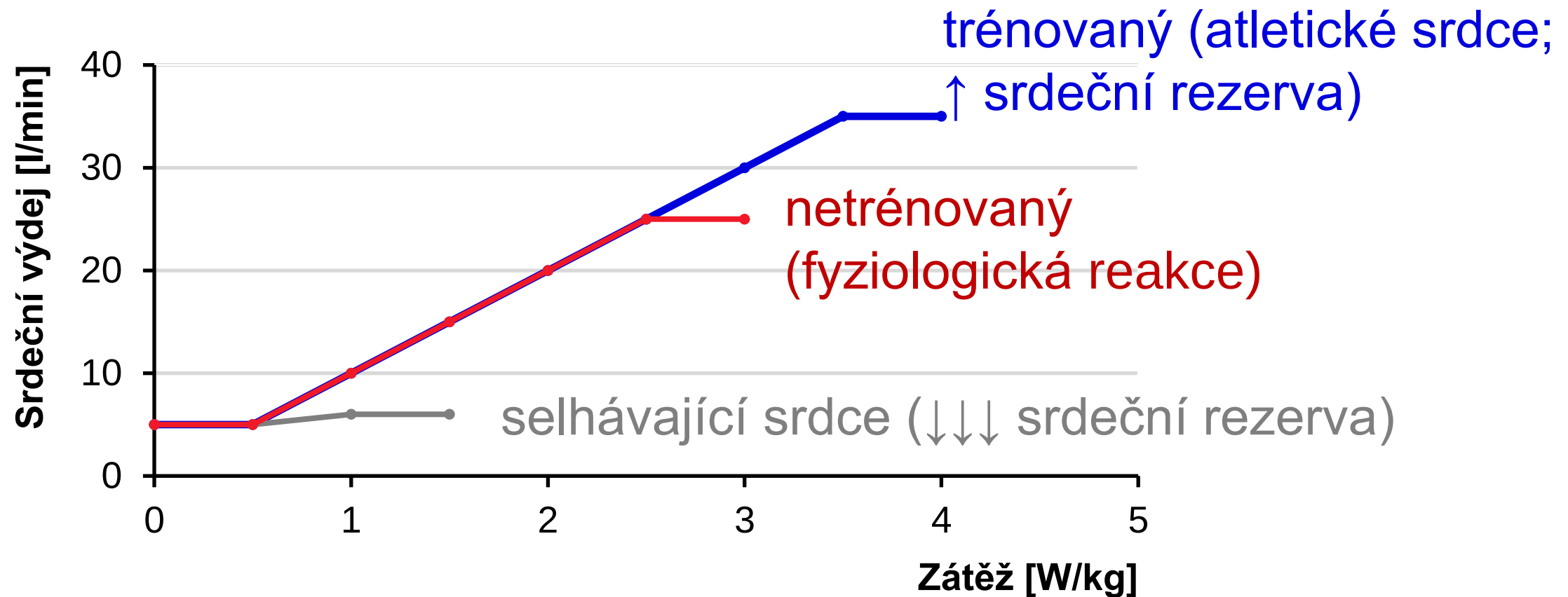
Atletické srdce

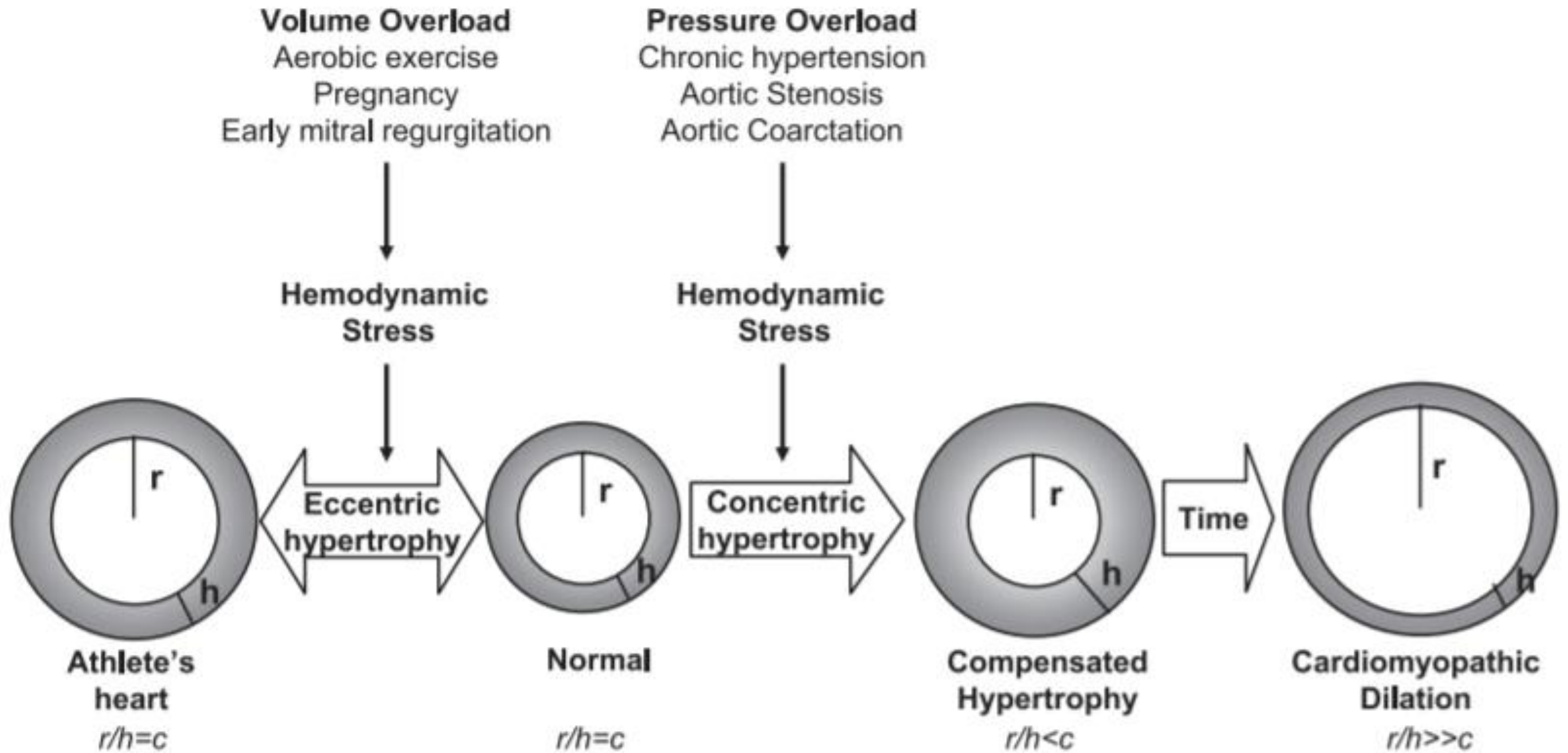
- Adaptace srdce na vytrvalostní zátěž
- $\uparrow$ LVEDO - $\uparrow$ SO - (baroreflex) $\downarrow$ SF
- $\sim$ SV v klidu
- $\uparrow$ srdeční rezerva

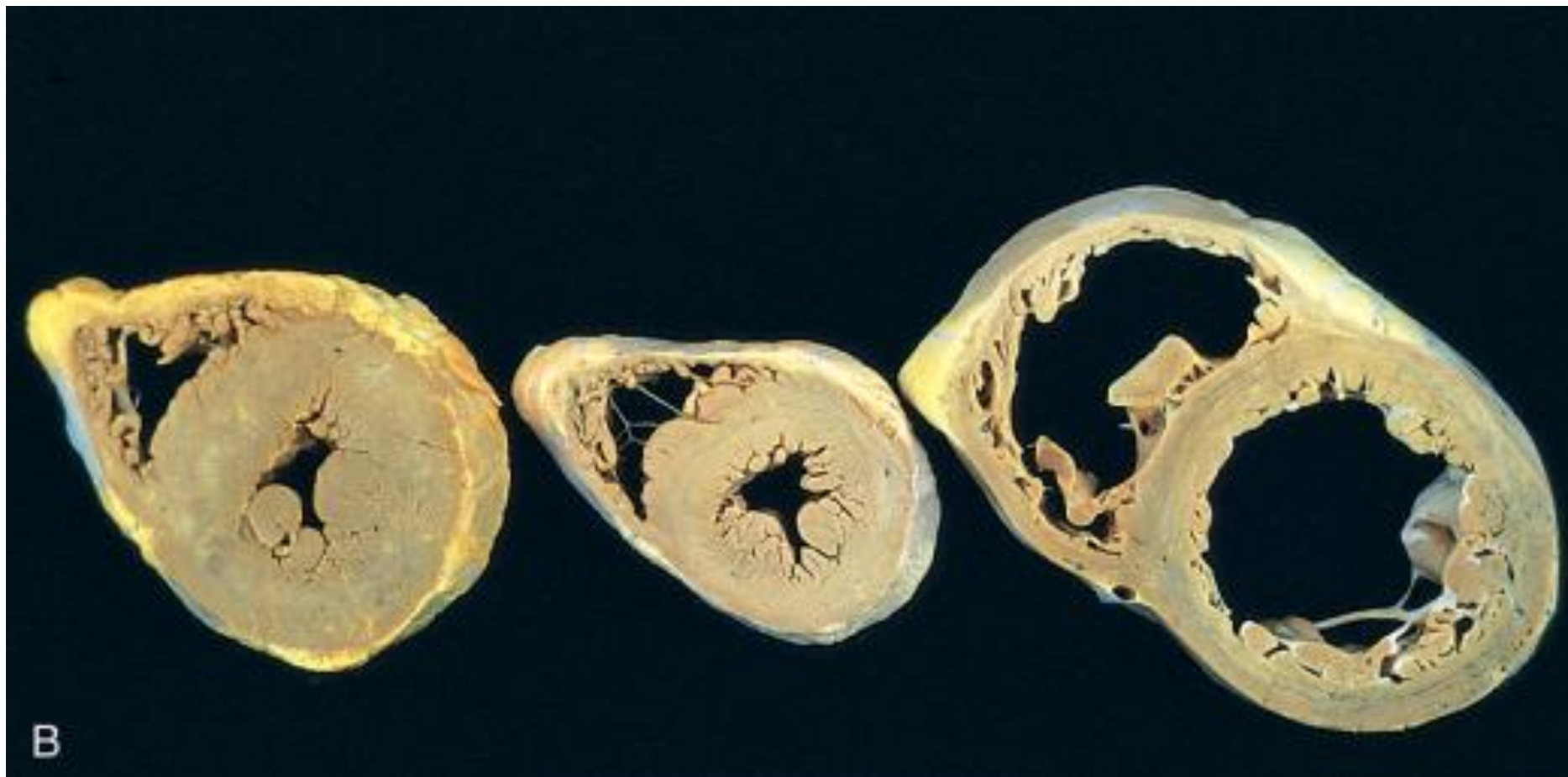


Source: <https://assets.beta.meta.org/discover/thematic-feed/83-athletic-heart-syndrome.jpg>

Srdeční rezerva u atletického srdce







Transversální řezy srdcem:

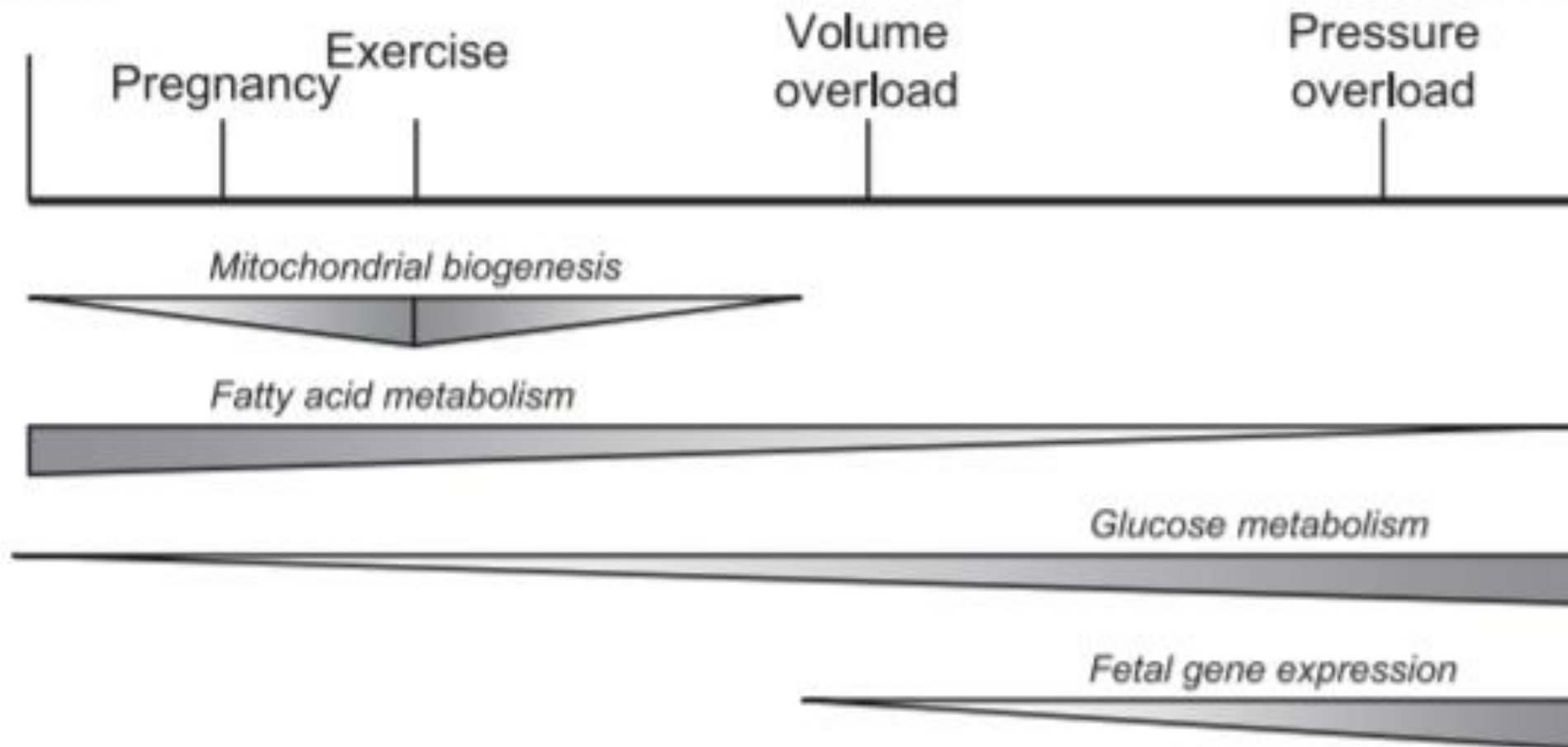
hypertonické srdce s koncentrickou hypertrofií (vlevo)

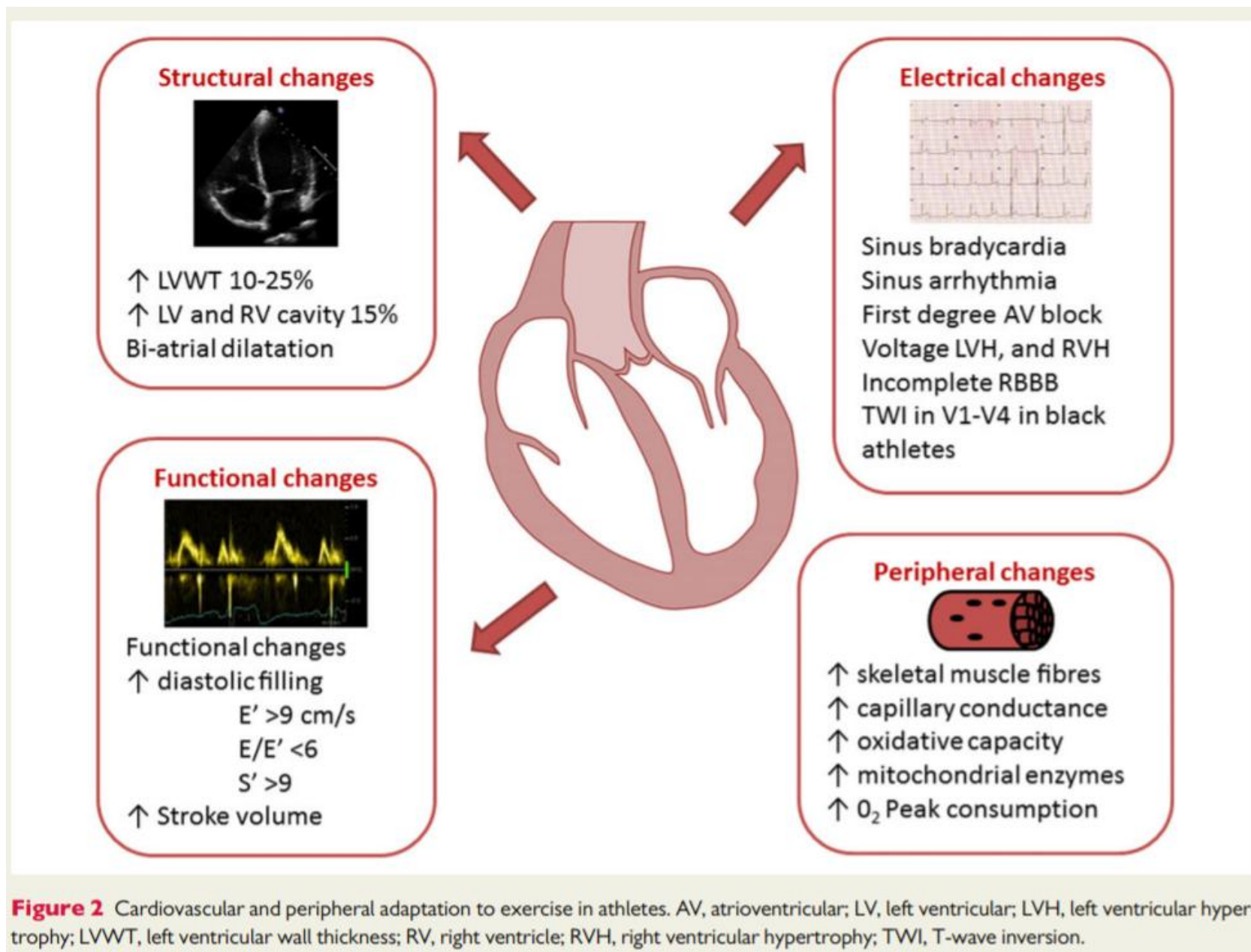
normální srdce (uprostřed)

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

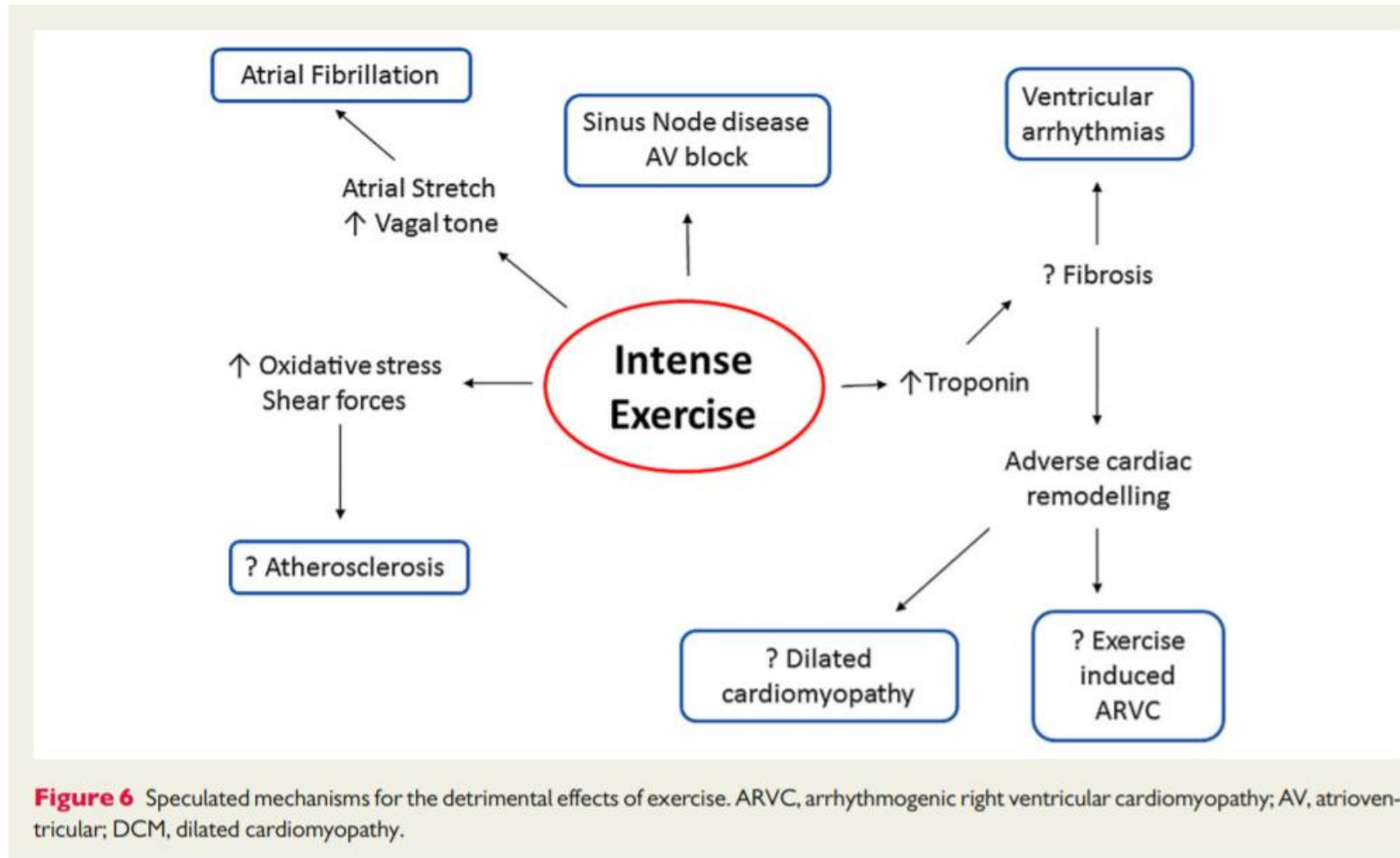
**Physiologically
normal**

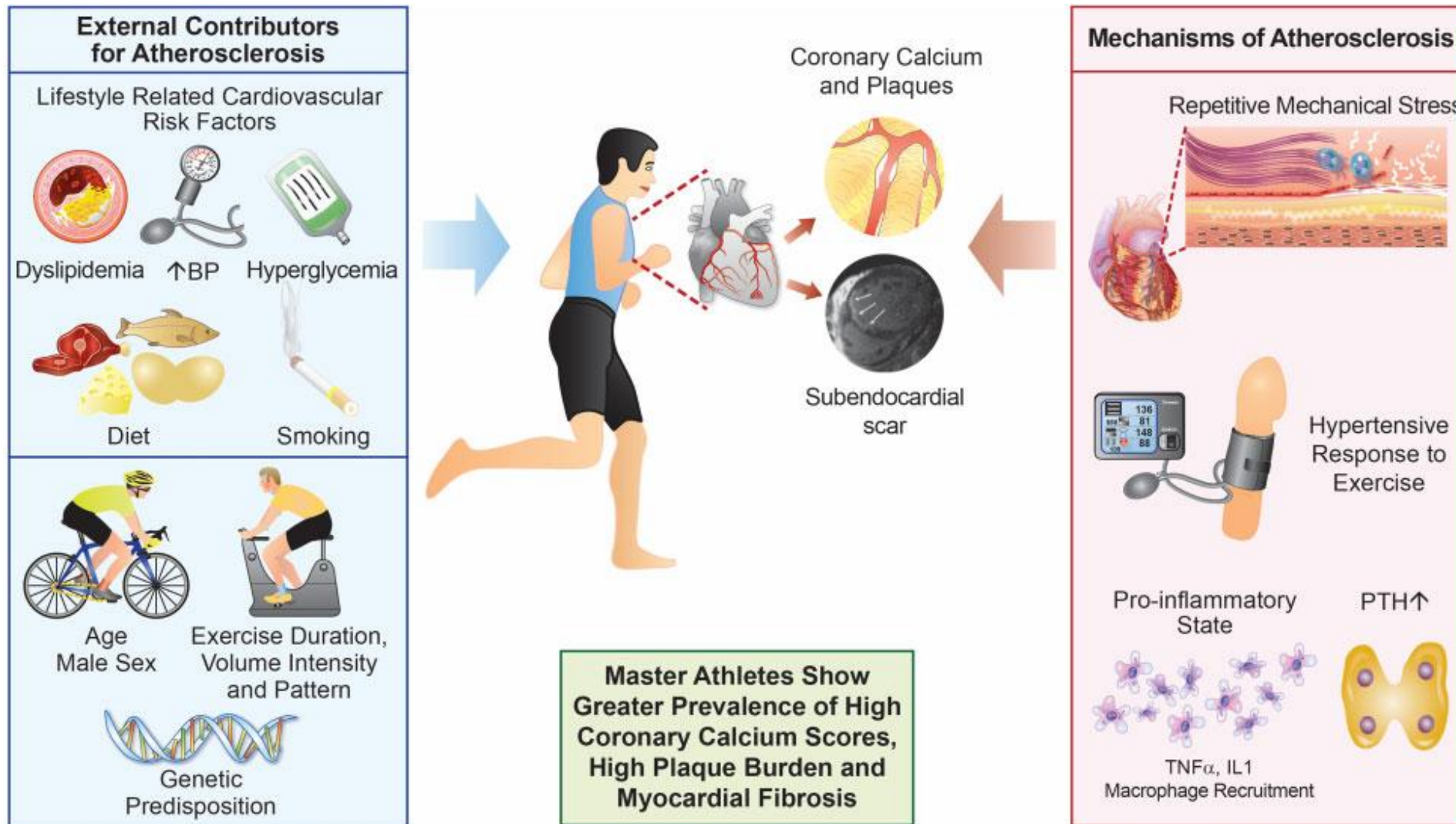
**Pathological
heart failure**





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





Gemma Parry-Williams et al. The heart of the ageing endurance athlete: the role of chronic coronary stress. European Heart Journal (2021) 42, 2737–2744