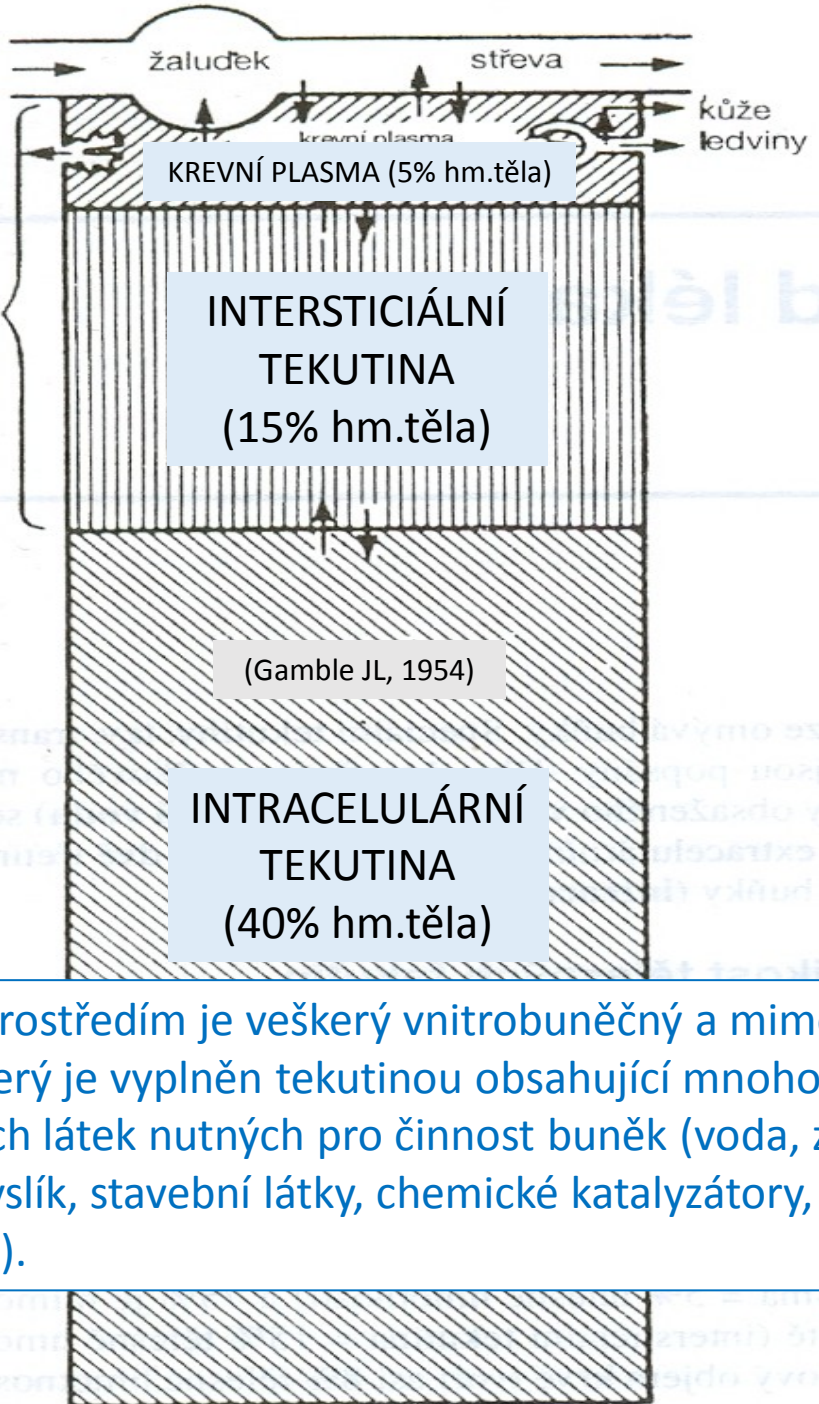


KONDIČNÍ TRENÉR
Fyziologie sportu 3/12
Fyziologie a patofyziologie vnitřního prostředí, únava
Jan Novotný
2017

Vnitřní prostředí, homeostáza, zpětnovazebná regulace, biorytmy, acidobazická rovnováha, oxidační stres, únava, glykémie



EXTRACELULÁRNÍ
TEKUTINA
(20% h.těla)

INTERSTICIÁLNÍ
TEKUTINA
(15% hm.těla)

INTRACELULÁRNÍ
TEKUTINA
(40% hm.těla)

(Gamble JL, 1954)

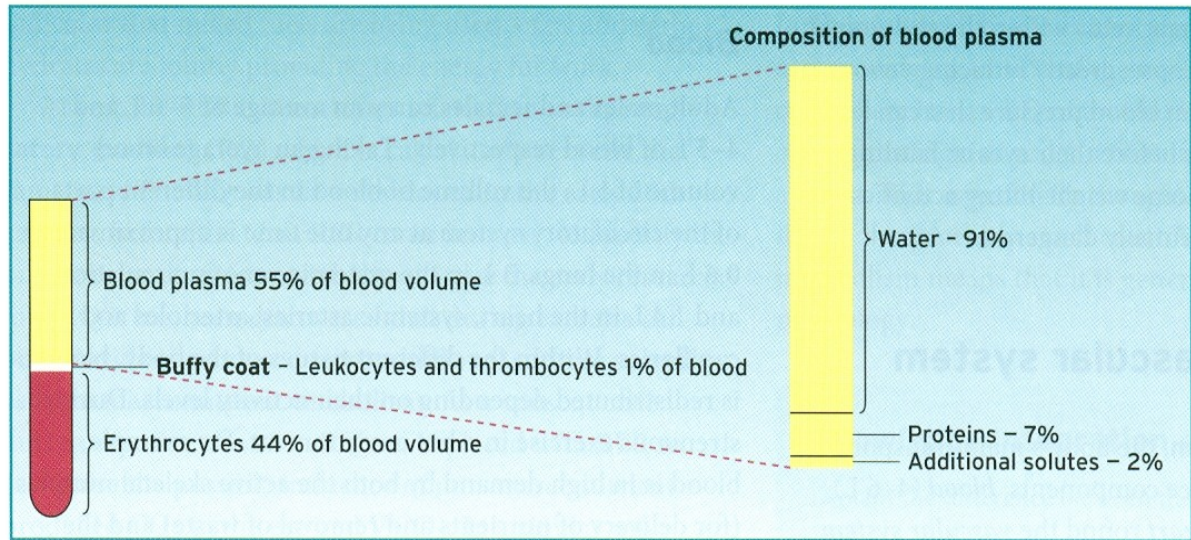
VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ lidského organismu jsou všechny látky v

- **prostoru uvnitř buněk (intracelulární) i**
- **mimo buňky (extracelulární).**

Tento prostor je bezprostředním životním prostředím pro buňky. Součástí extracelulárního prostoru je

- **těsný prostor mezi buňkami (intercelulární - intersticiální),**
- **vnitřní prostor dutin orgánů** nervové soustavy (mozkové komory a míšní kanál), trávicí soustavy (jícen, žaludek, střevo, žlučovody a žlučník), ledvin (pánvičky, močovody a močová roura) a dýchacího a oběhového systému (dýchací cesty a plicní sklípky, srdeční dutiny a cévy) a také prostor mezi orgány trupu (hrudní a břišní dutina), v končetinách (např. kloubní dutiny) a hlavě (např. epidurální prostor).

Vnitřním prostředím je veškerý vnitrobuněčný a mimobuněčný prostor, který je vyplněn tekutinou obsahující mnoho rozmanitých látek nutných pro činnost buněk (voda, zdroje energie, kyslík, stavební látky, chemické katalyzátory, minerální látky a jiné).



HOMEOSTÁZA je **stálost ve vnitřním prostředí** organismu člověka (řecky *homos* = stejný, *stasis* = stav).

Přežití buněk je možné pouze v prostředí s určitou fyzikální a chemickou stabilitou (teplota, tlak, chemické složení, prostupnost atd.).

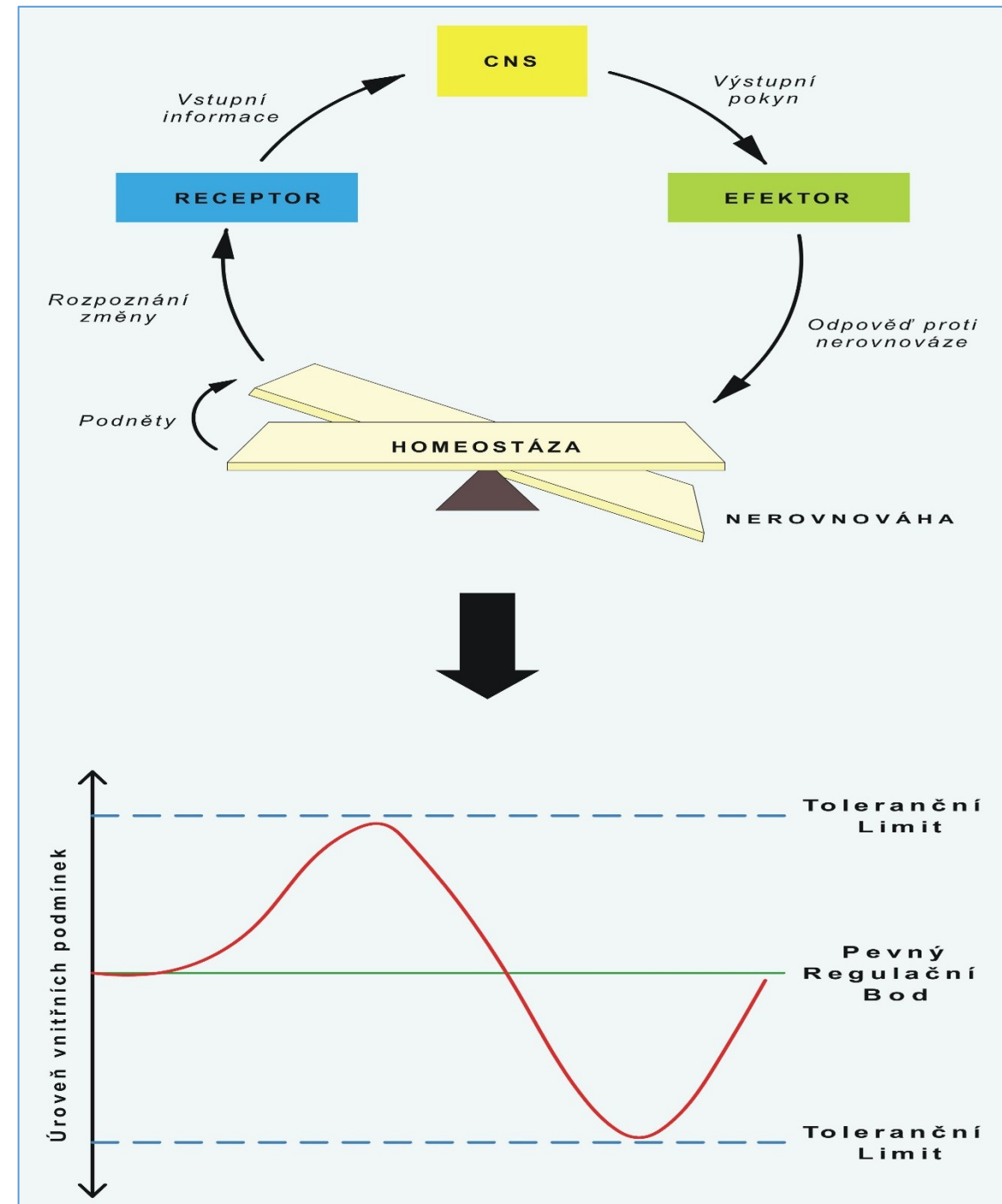
Organismus se snaží udržet v úzkých mezích podmínky pro strukturu a funkce svých buněk a tkání (např. nervová, svalová), orgánů (např. srdce a mozek) a orgánových systémů (např. oběhový systém). Tím se **zajišťuje přežití jedince v neustále se měnícím prostředí, které je zdrojem zátěže - stresu** (pracovní zátěž a odpočinek, horko a chlad, sucho a vlhko, nízký a vysoký atmosférický tlak atd.).

K **UDRŽENÍ HOMEOSTÁZY** organismus používá princip **negativní zpětné vazby**.

Například při *zvýšení teploty vnitřního prostředí při svalové práci* aktivizuje mechanismy k ochlazování (snížení aktivity energetického metabolismu) a při ochlazení naopak k zahřívání (zvýšení aktivity energetického metabolismu).

Tím dochází k neustálému, pokud možno co nejmenšímu, kolísání stavu vnitřního prostředí. Pravidelně kolísajícím (oscilujícím) stavům v živém organismu se říká **biorytmy**.

Kromě kolísání stavu vnitřního prostředí (výchylek homeostázy) jsou popisovány také rytmické změny dýchání, srdeční činnosti, aktivity žláz s vnitřní sekrecí a jiné.



SOUČÁSTI VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ A JEJICH ZMĚNY PŘI SVALOVÉ PRÁCI

- **voda** – úbytek nejprve v extracelulárním, později v intracelulárním prostoru, ztráty pocením
- **zdroje energie** (ATP, CP, glukóza) – úbytek v buňkách, přesuny z krve a jater, později úbytek i v krvi a játrech, při anaerobní práci je produkce až kumulace laktátu
- **stavební látky** (bílkoviny) – při vysoce intenzivní aerobní zátěži (oxidačním stresu) destrukce myocytů, případně elementů krve a jiných tkání
- **plyny** – spotřeba O_2 v buňkách a jeho úbytek i v krvi; produkce CO_2 v buňkách a nárůst v krvi
- **minerály** (např. Na^+ , K^+ , Mg^+) – přechod K^+ z ICT do ECT (i díky acidóze) a zpět (vlivem adrenalinu a aldosteronu), ztráty Na^+ v potu
- **vodík** - produkce H^+ v buňkách při rozpadu ATP a kyseliny mléčné, přesun do krve → **acidóza**
- **další látky** (např. enzymy, vitaminy) – úbytek

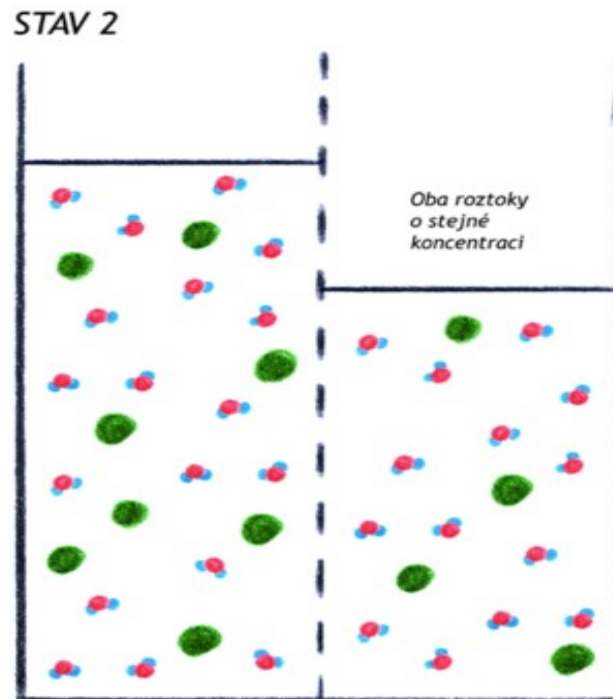
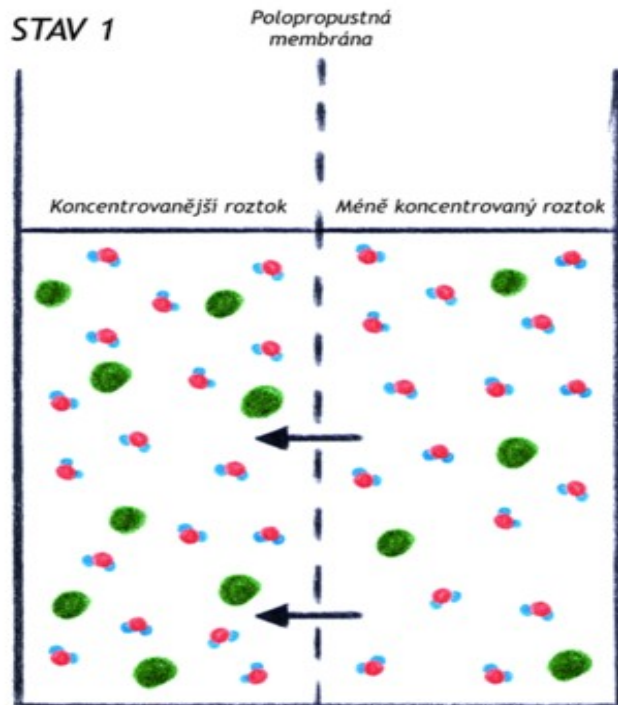
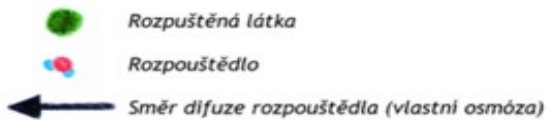
Na zajištění stability vnitřního prostředí se podílejí všechny fyziologické soustavy, včetně kůže, trávicí a dýchací soustavy, ledviny.

Tyto orgány jsou řízeny nervovou a endokrinní soustavou a podporovány krevním a lymfatickým oběhem a dalšími systémy.

Rozhraní mezi jednotlivými oddíly tekutin tvoří polopropustné membrány buněk. Póry v membránách štěrbinami mezi buňkami dobře prochází voda, ionty a menší organické látky. Membrány nejsou pasivně propustné pro krvinky a větší molekuly bílkovin.

Přenos látek mezi buněčnou, mezibuněčnou a mimobuněčnou tekutinou zabezpečují různé mechanismy od pasivního přechodu, závislejícím na hydrostatickém tlaku a koncentračním spádu, až po aktivní transport za spotřeby energie.

Osmóza



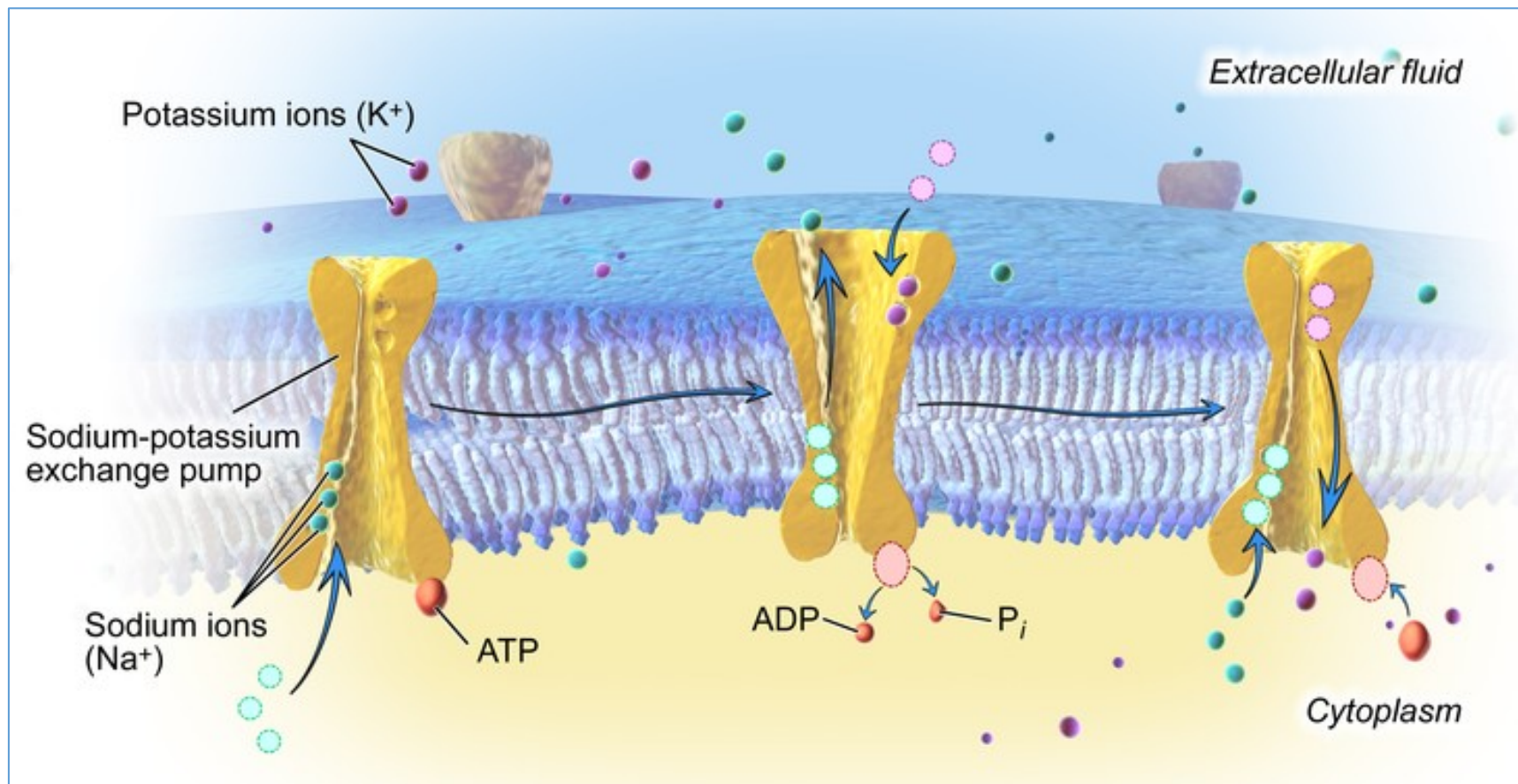
Poznámky:

Osmolalita je množství osmoticky aktivních látek v jednotce hmotnosti rozpouštědla.

Osmóza je typ pasivního transportu, při kterém přestupuje voda přes polopropustnou membránu z prostoru s méně koncentrovaným roztokem do prostoru s více koncentrovaným roztokem.

Sodíko – draslíková pumpa na povrchu buňky (K^+ do buňky, Na^+ z buňky za spotřeby energie ATP)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blausen_0818_Sodium-PotassiumPump.png



UDRŽENÍ OSMOLALITY EXTRACELULÁRNÍ TEKUTINY

U zdravého člověka kolísá osmolalita plazmy mezi 280 a 295 mmol.l⁻¹.

a) V případě zvýšené osmolality

(při zvýšeném příjmu **v koncentrovaných iontových nápojích**, při ztrátách a nedostatku vody **pocením**)

- se objevuje **pocit žízně, který nutí člověka přijmout tekutiny**.
- Současně dochází k aktivaci neurohormonálního systému *hypotalamus* → *hypofýza* (ADH – antidiuretický hormon) → **zadržování vody v ledvinách s následným udržením objemu krevní plazmy a dalších tekutin**. (Tvoří se méně moči a je více koncentrovaná.)

b) Při snížené osmolalitě (např. v důsledku nadměrného příjmu vody a ztrát iontů – **pití vody a silné pocení**)

klesá sekrece ADH a v ledvinách se uvolňuje více vody z krve do moči. (→ **hyponatrémie** – „otrava vodou“)
(Tvoří se více moči a je méně koncentrovaná.)

Zmenšení objemu ECT a mechanismy jeho ochrany

Zmenšení objemu ECT (hypovolémie, hypohydratace, dehydratace) může být způsobeno průjmy, zvracením, zvýšeným močením a **pocením**, krvácením. Klesá krevní tlak. Pro udržení objemu se uvolňuje mineralokortikoid *aldosteron*, *hormon kůry nadledvin*, který stimuluje **zadržování sodíku a vody v ledvinách**.

Krevní oběh - srdce a plíce. Formy Hb: HbO_2 = oxyhemoglobin, deoxyhemoglobin, Mb = svalový myoglobin.

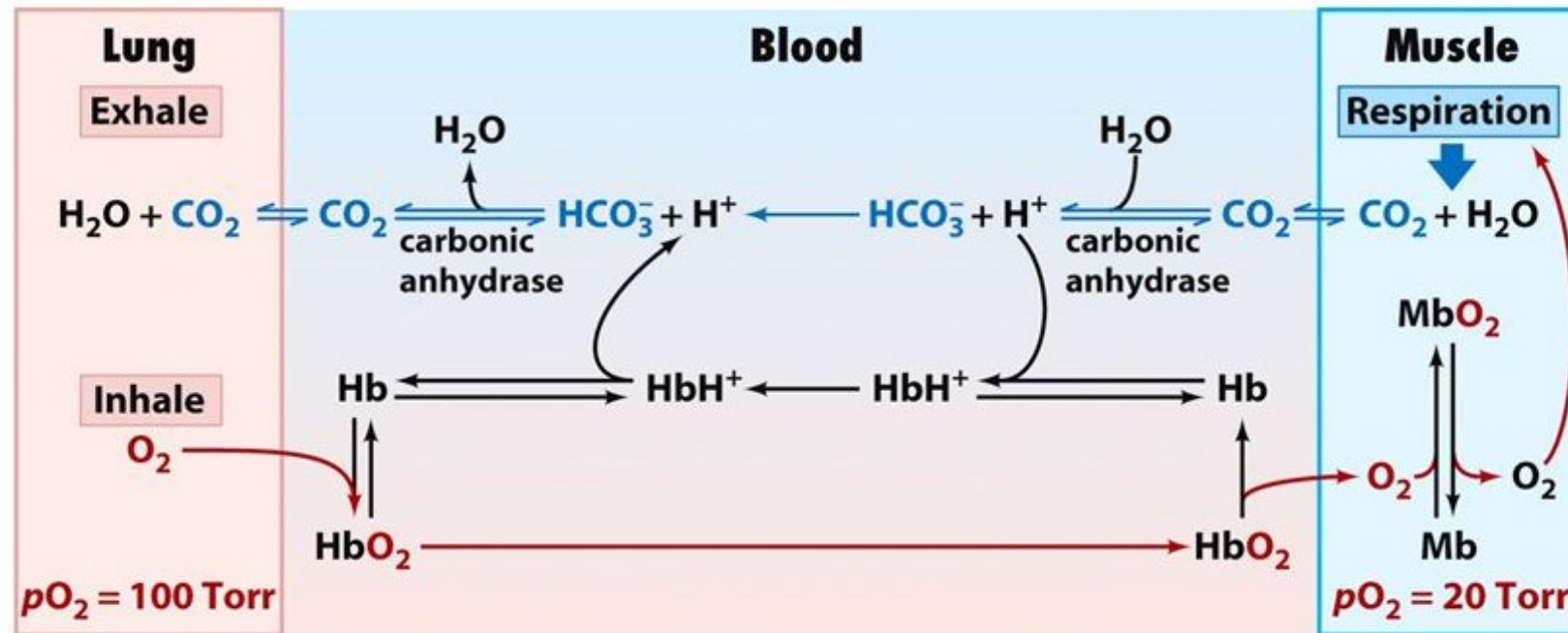


Figure 7-13 Fundamentals of Biochemistry, 2/e
© 2006 John Wiley & Sons

ACIDO-BAZICKÁ ROVNOVÁHA, ZÁTĚŽOVÁ ACIDÓZA

Při intenzivní svalové práci **je produkováno více H^+**

→ **↑ poměr kyselých (zdrojů vodíkových kationtů H^+) a zásaditých látek (bází - zdrojů hydroxylových aniontů OH^-)** ve vnitřním prostředí.

Buňky mohou dobře fungovat v prostředí se stálým množstvím H^+ a jeho poměru k OH^- . V krvi je u zdravého člověka v tělesném klidu slabě zásadité prostředí, kdy je **pH** kolem 7,4. (pH je záporný desítkový logaritmus koncentrace vodíkových kationtů).

Stavu s vyšším množstvím H^+ (pH < 7,3) se říká **acidóza** - kyselé prostředí.

(Stavu s nižším množstvím H^+ (pH > 7,5) se říká **alkalóza** - zásadité prostředí.)

K udržování stálé acido-bazické rovnováhy má organismus **kompenzační (pufrovací) mechanismy**.

Velkou pufrovací kapacitu má **system hydrogenkarbonát (bikarbonát) a oxid uhličitý“ (HCO_3^- a CO_2)**.

Jeho činnost je ovlivňována činností jater a ledvin a dýcháním.

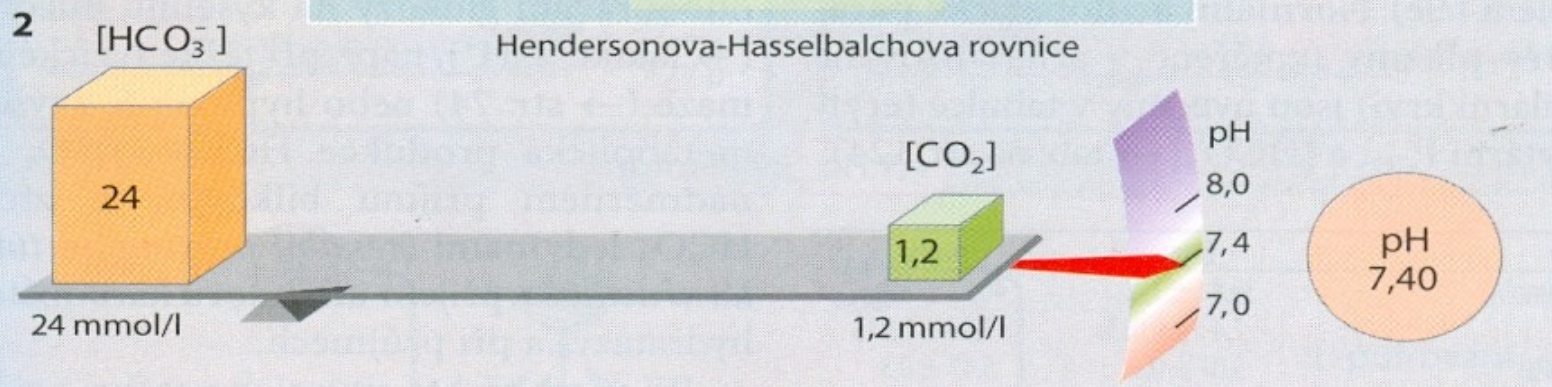
Pufrovací schopnosti má také hemoglobin v červených krvinkách.

KOMPENZACE ZÁTĚŽOVÉ ACIDÓZY

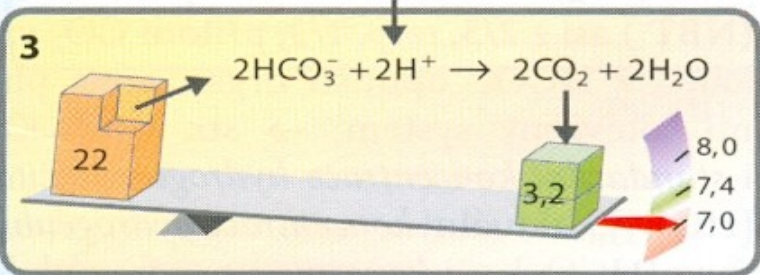
A. Hydrogenuhlíčitán (bikarbonát) jako pufr v uzavřeném a otevřeném systému

$$1 \quad 6,1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-] \text{ mmol/l}}{[\text{CO}_2] \text{ mmol/l}} = \text{pH}$$

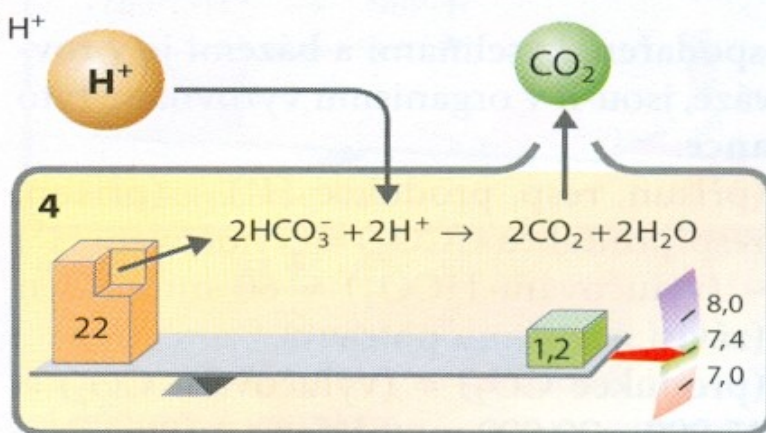
Hendersonova-Hasselbalchova rovnice



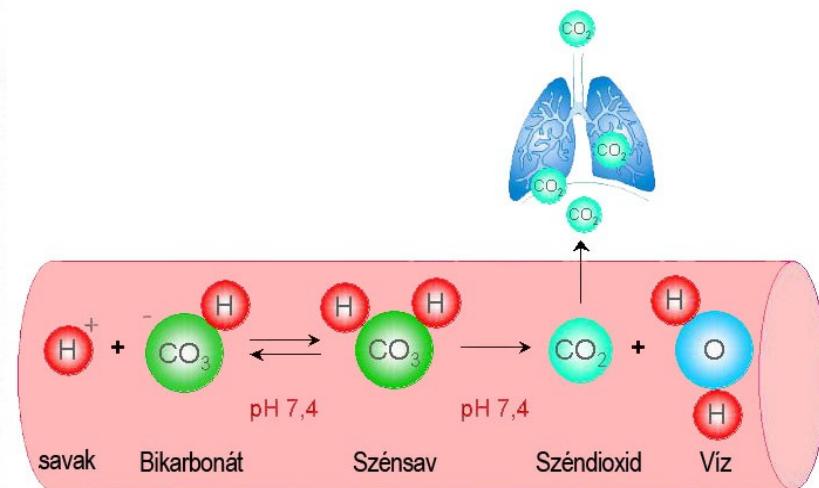
přívod H^+



uzavřený systém: pH 6,93



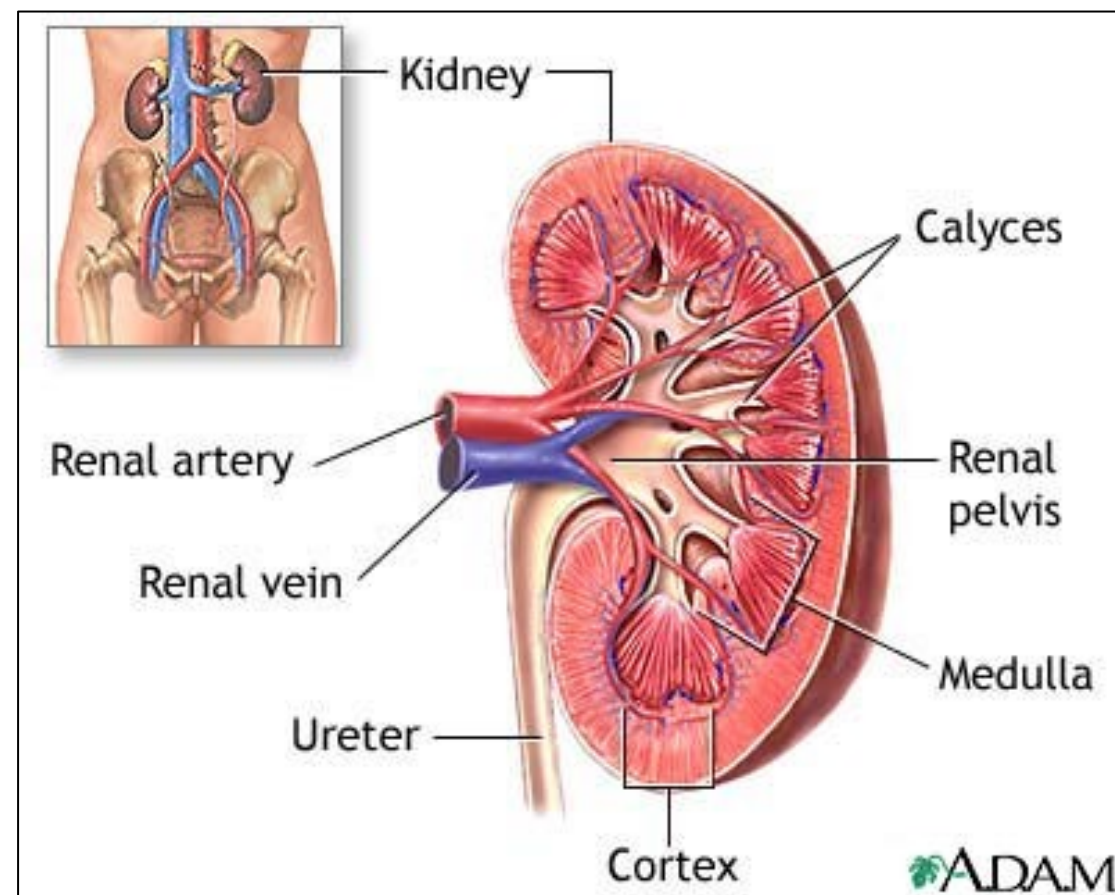
otevřený systém: pH 7,36



VÝZNAM LEDVIN

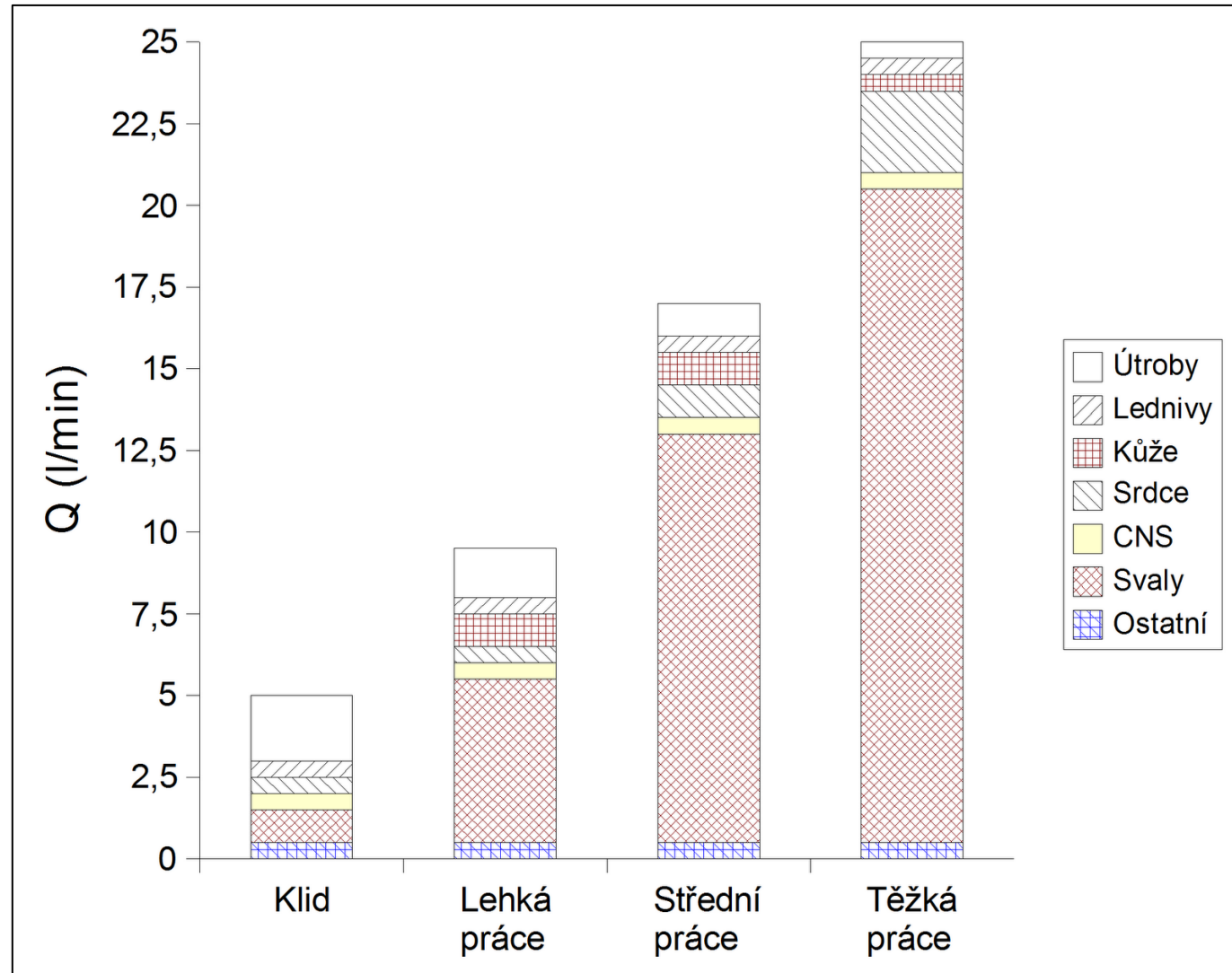
Ledviny mají pro udržení homeostázy mimořádný význam:

- kontrolují vylučování vody a minerálů z těla - **udržují stálý objem a osmolalitu extracelulární tekutiny** (poměr vody a látek v ní obsažených).
- podílejí se na **udržení acido-bazické rovnováhy** – podle potřeby mění množství vylučování vodíkových protonů H^+ a hydrogenkarbonátových aniontů HCO_3^- .
- podle potřeby **vylučují nebo zadržují produkty metabolismu**, např. močovinu a kyselinu močovou.
- reagují na výkyvy množství kyslíku v těle a podle potřeby tvoří hormon **erythropoetin**, který stimuluje tvorbu červených krvinek ve dřeni kostí.



Změny objemů krve v různých tkáních při různě intenzivní svalové práci

(<http://zdravotnictvi.studentske.cz/2010/12/kapitola-iv-srdce-krevni-obeh.html>)



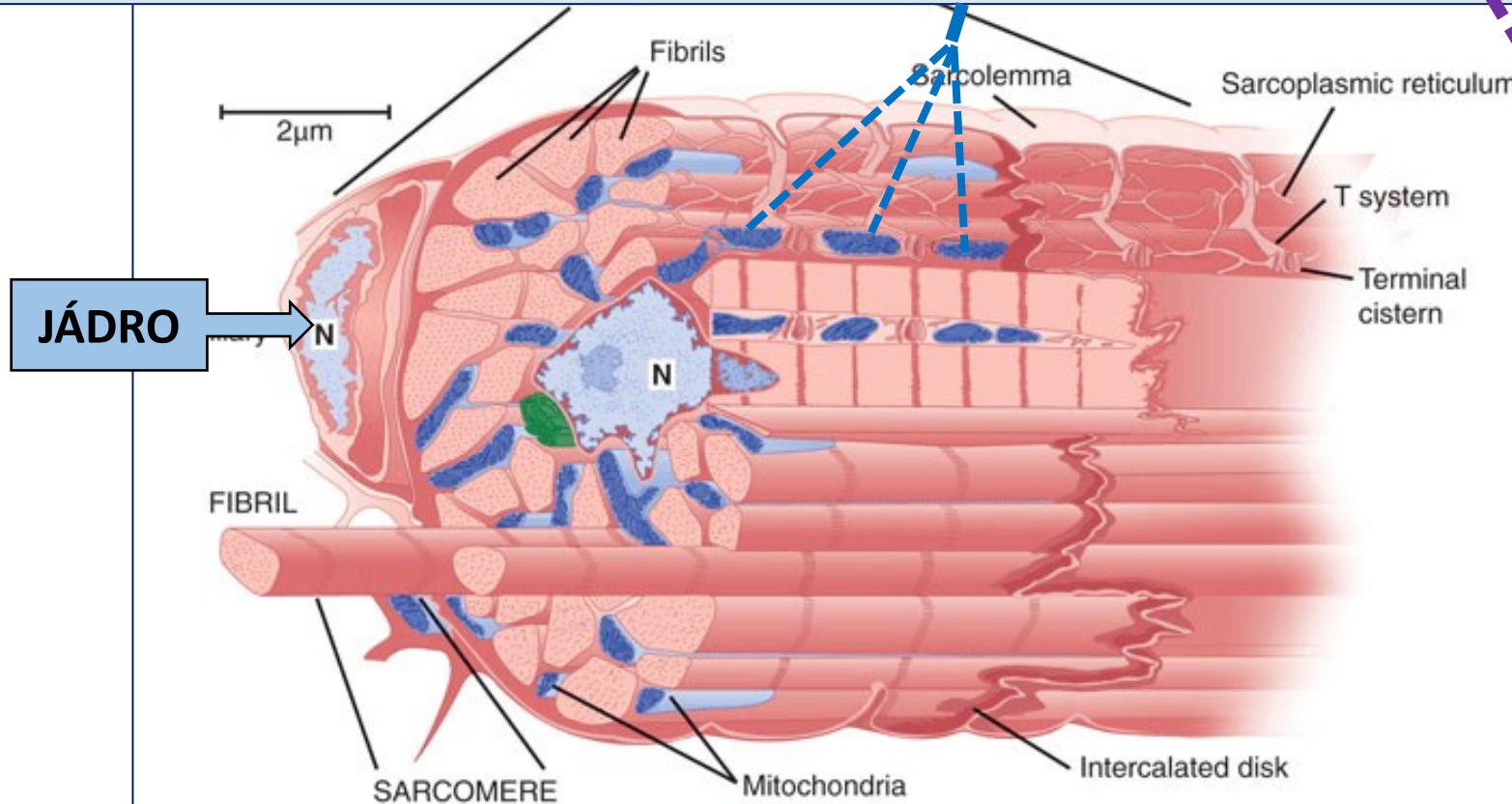
OXIDAČNÍ STRES A VYTRVALOSTNÍ TRÉNINK

Mechanismus působení ROS

Peroxidace lipidů → ničení **membrán mitochondrií - myocytů** → .. krev → další tkáně ..

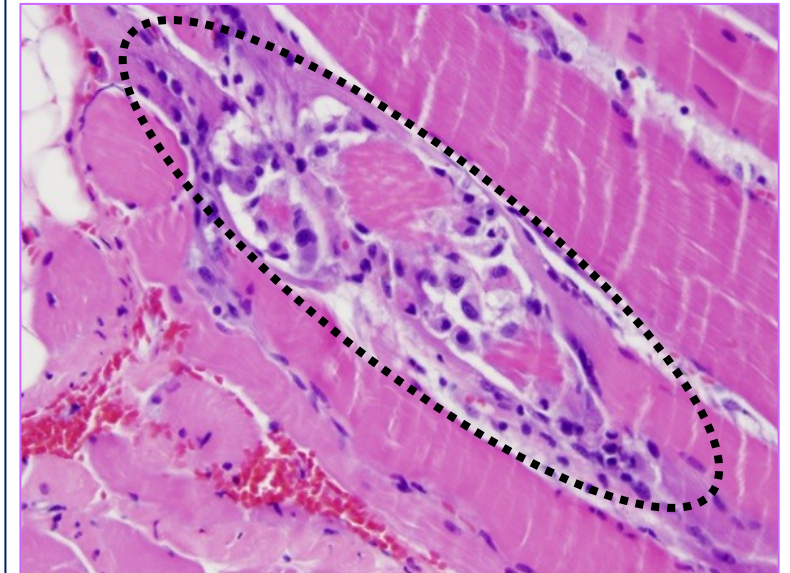
Oxidace proteinů → ničení **enzymů, hormonů, nosičů látek, struktur** intra- a extracelulárně

Poškození **DNA** v jádrech buněk – **genů**



JÁDRO

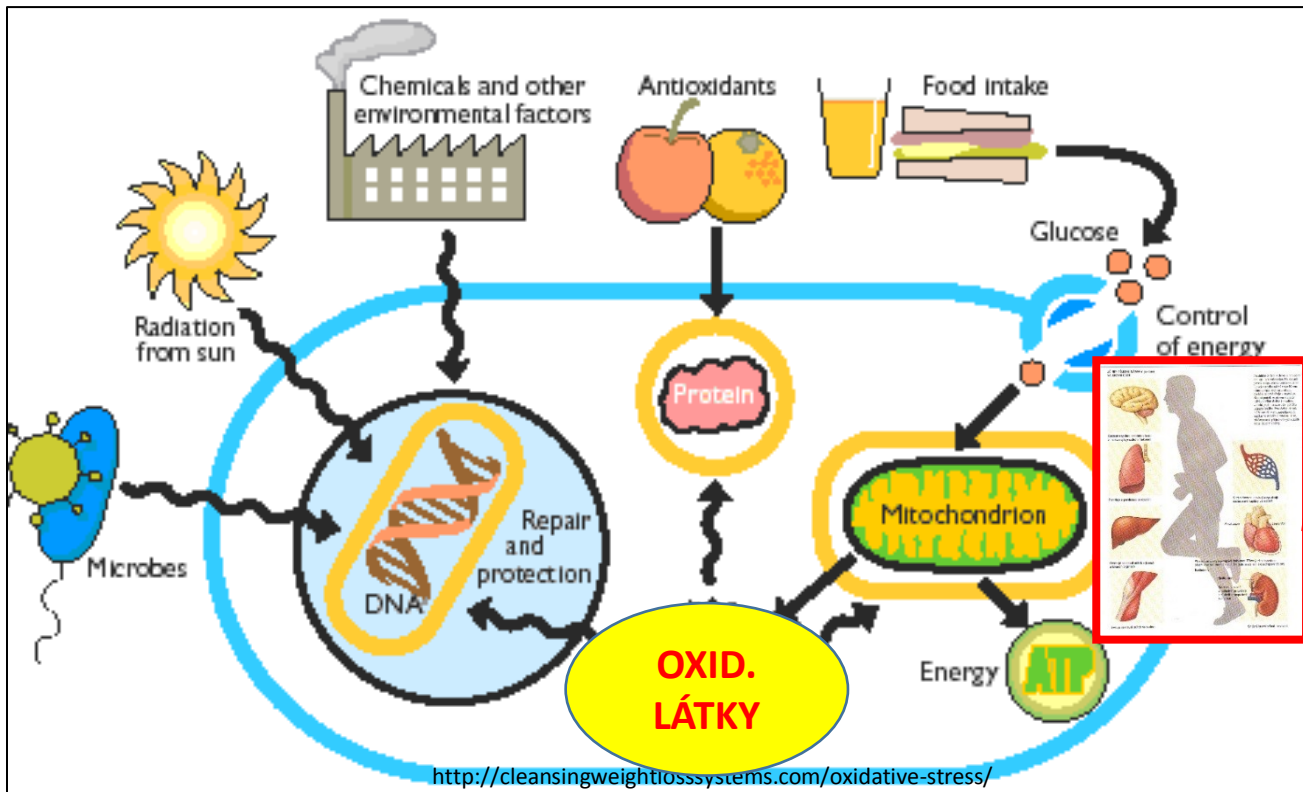
RABDOMYOLÝZA



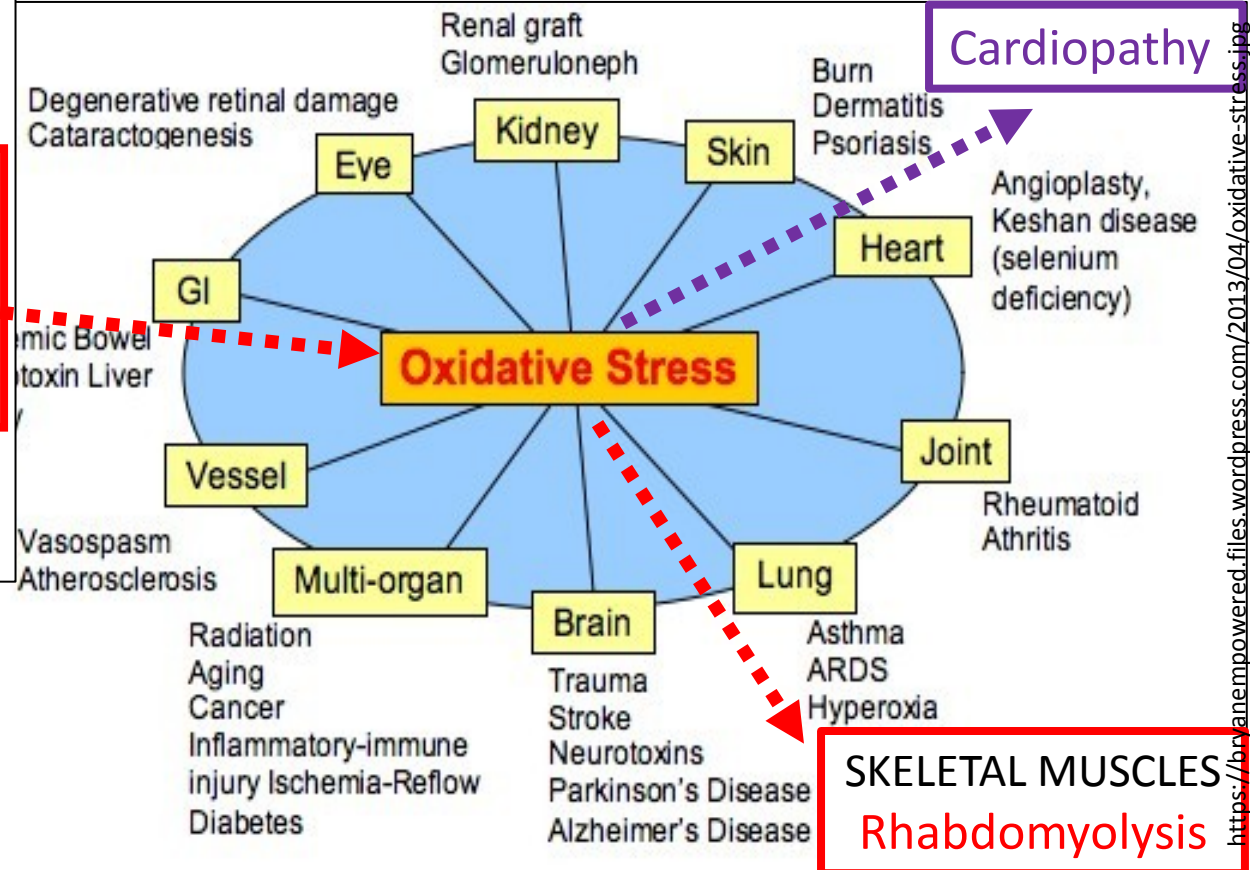
OXIDAČNÍ STRES A VYTRVALOSTNÍ TRÉNINK

Palazzetti et al. (2003). **Overloading training increases exercise-induced oxidative stress and damage.**

FAKTORY VZNIKU OXIDAČNÍHO STRESU



OXIDAČNÍ STRES V PATOGENEZI NEMOCÍ

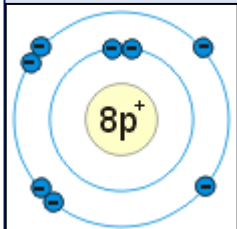


OXIDAČNÍ STRES A VYTRVALOSTNÍ TRÉNINK

Vznik oxidačních látek

[RO(N)S – reactive oxygen (and nitrogen) species]

Při sval. práci se většina přijatého O_2 v mitochondriích myocytů přeměňuje na H_2O , ale



nestabilní atom O^{2-}
2 nepárové elektrony

(za přítomnosti Fe)
hydroxyl (HO^*)

(v neutrofilních granulocytech)
kyselina chlorná ($HOCl$)



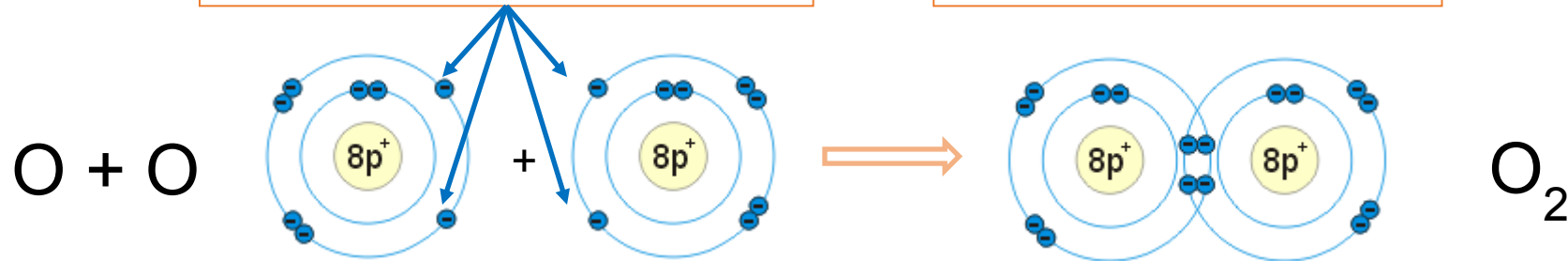
V tělesném klidu 1 g jaterní tkáně produkuje asi 24 nmol superoxidu / min.

Intenzivní svalová práce produkci ROS mnohonásobně zesiluje.

FORMY KYSLÍKU

2 nestabilní (**aktivní**) atomy
2 nepárové elektrony

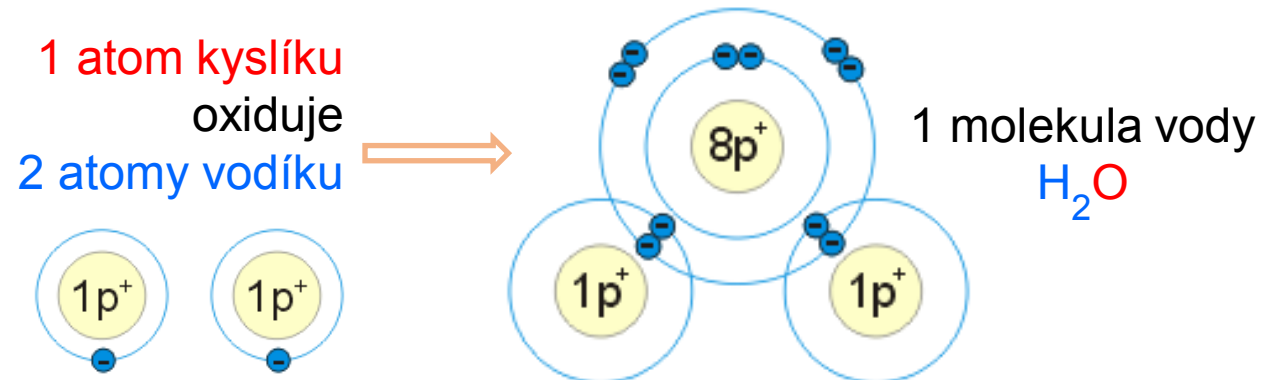
1 stabilní molekula
pouze párové elektrony



(<http://www.zschemie.euweb.cz/kyslik/kyslik5.html>, 2015)

OXIDO-REDUKČNÍ REAKCE

Oxidovaná látka (**H**) poskytuje elektron látce redukované (**O**):



(Oxidace je poskytnutí elektronu, redukce přijetí elektronu.)

DLOUHODOBÁ ODEZVA NA OXIDAČNÍ STRES

Sport.zátěž → oxid.stres → myolýza → antioxid.aktivita

CONCEPCION-HUERTAS et al.

Changes in the redox status and inflammatory response in handball players during one-year of competition and training.

Journal of Sports Sciences, 2013. Vol. 31, No. 11, 1197–1207.

(16 hráčů španělské ligy, věk 22.7 ± 3.1 r)

Krevní markery:

MYOLÝZA

CK – kreatinkináza

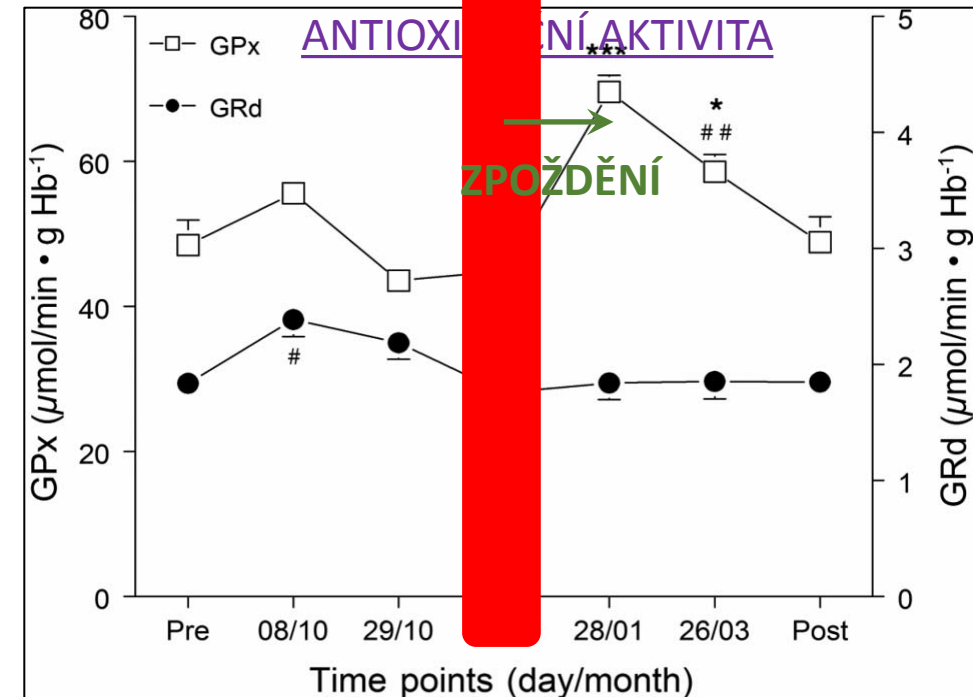
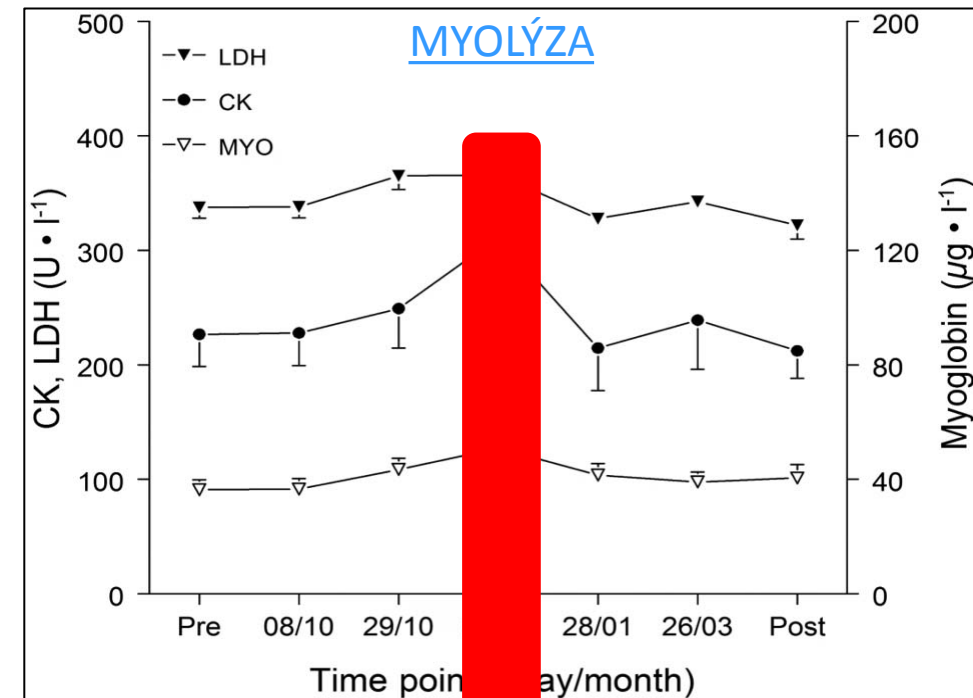
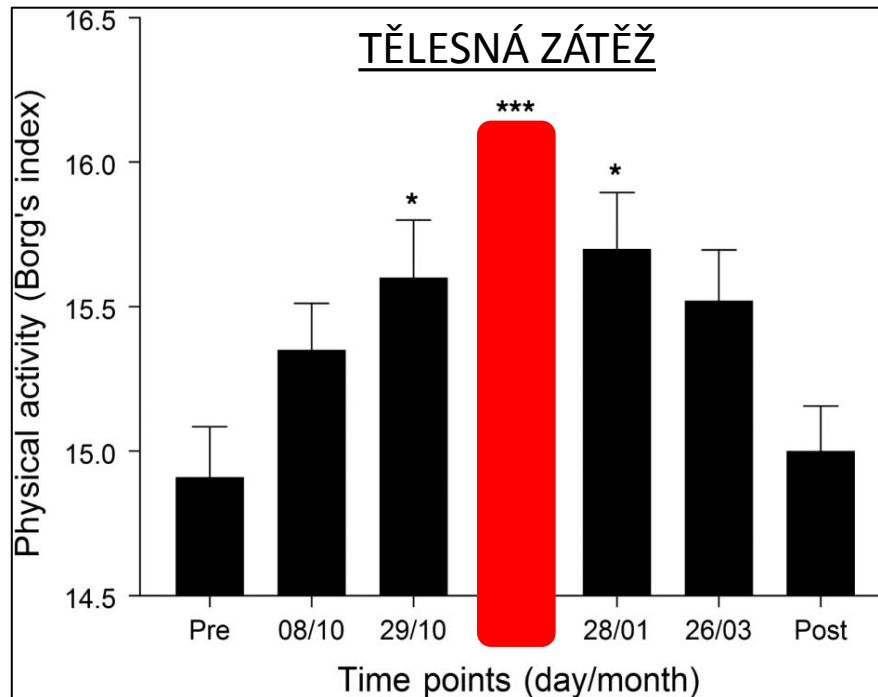
LDH – laktátdehydrogenáza

Myoglobin

ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA

GPx - glutathionpreoxidáza

GRd – glutathionreduktáza



Fyziologické funkce ROS v těle

- součást oxido–redukčních pochodů **energetického řetězce v mitochondriích**
- součást **imunitní ochrany** (ničí bakterie a viry)
- **syntéza cholesterolu** a jeho přeměna na žlučové kyseliny
- jsou **signálními molekulami** na něž reagují receptory na povrchu buňky.

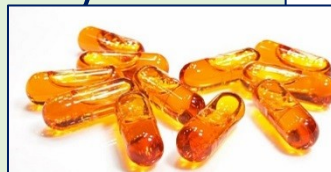
Vlastní tělesné antioxidační látky

- ❑ **SOD** – superoxid-dismutáza, **CAT** – kataláza, **GP** – glutathion-peroxidáza, **GST** – glutathiontransferáza, **TRX** – thioredoxinový systém
- ❑ Kyselina močová, bilirubin, transferin, laktoferin, feritin, haptoglobin, albumin, melatonin, ...

Dietetické antioxidační prostředky (antioxidanty)

- ❑ Vitamín **E** (α -tokoferol), Vitamin **C** (askorbát), Karotenoidy (karoteny a vitaminy **A** – retinol), Ubichinony (Koenzym - **Q10**), Flavonoidy, Třísloviny, Vitamin **B2** (Riboflavin), sloučeniny selenu, zinku, manganu, mědi, germania, ...

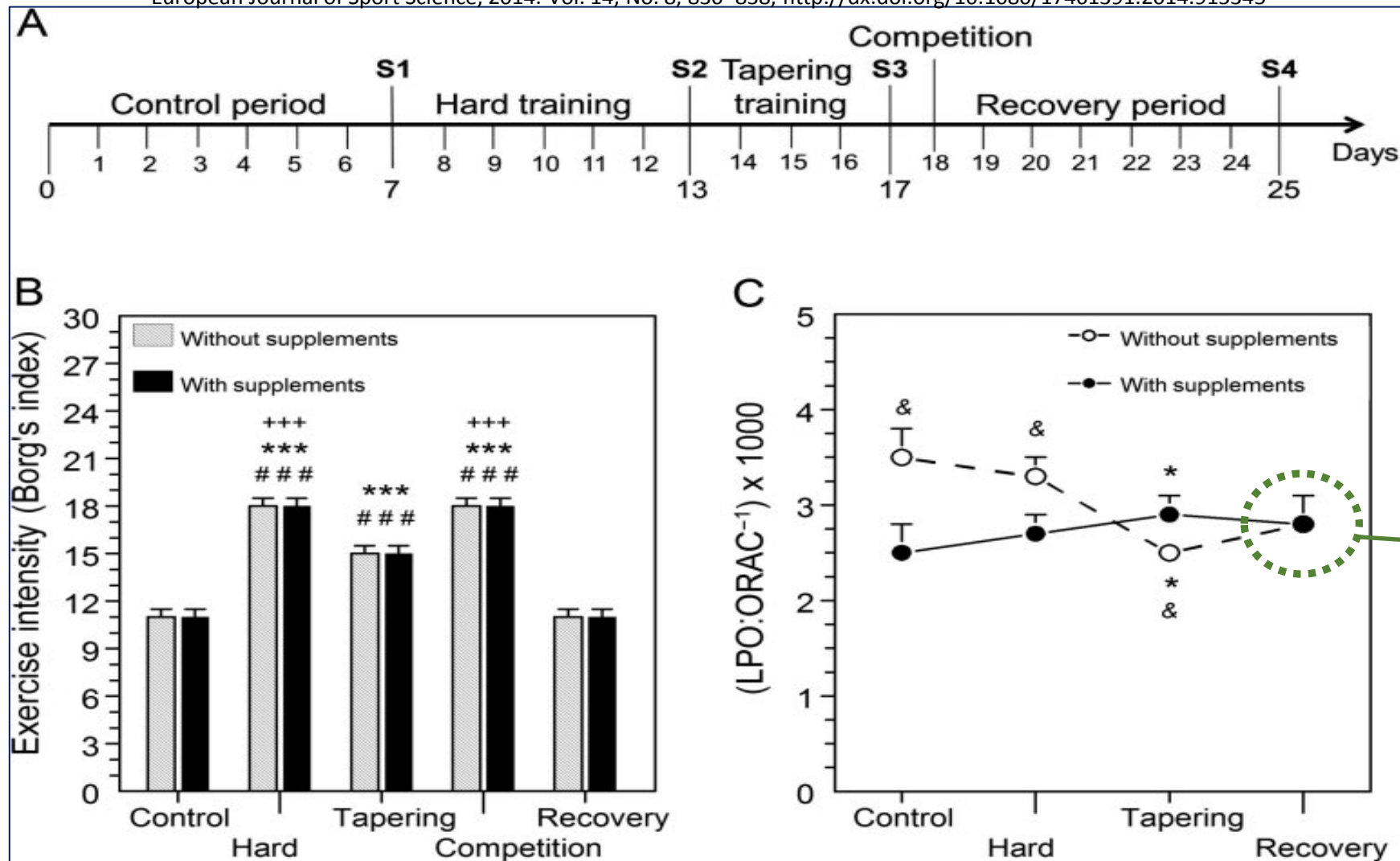
❖ **Použití antioxidantů nezlepšuje výkon, ale tlumí ROS (.. spíše po výkonu ? ..)**



OXIDAČNÍ STRES A VYTRVALOSTNÍ TRÉNINK

Vliv suplementace antioxidanty na oxidační stres u profesionálních cyklistů

LEONARDO-MENDONÇA et al., Redox status and antioxidant response in professional cyclists during training.
European Journal of Sport Science, 2014. Vol. 14, No. 8, 830–838, <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2014.915345>



10 cyklistů, věk 21.8 ± 2.5 r.

Suplementace:

Vit C (1000 mg day⁻¹)

Vit E (400 mg day⁻¹)

Poměr LPO:ORAC

- ukazatel oxidačního stresu

LPO – lipid peroxidation

ORAC - plasma oxygen

radical absorption capacity

Závěr:

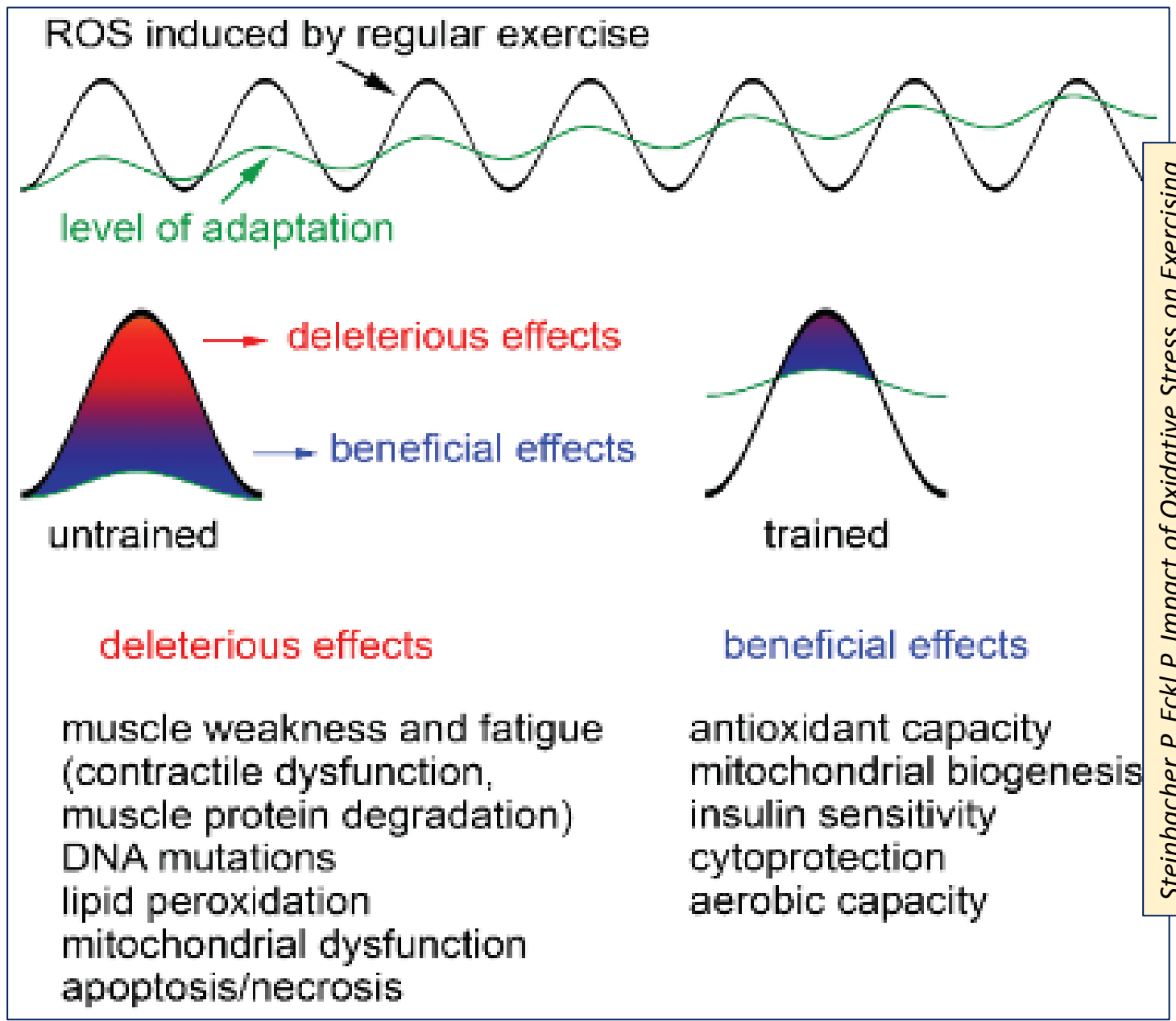
Trénování cyklisté nepotřebují ke zlepšení oxidační adaptace suplementaci antioxidanty.

OXIDAČNÍ STRES A VYTRVALOSTNÍ TRÉNINK

Vztah vytrvalostní zátěže a adaptace na oxidační stres

Soustavné správné aerobní cvičení
→ zvyšování antioxidační kapacity →
→ snižování oxidačního stresu

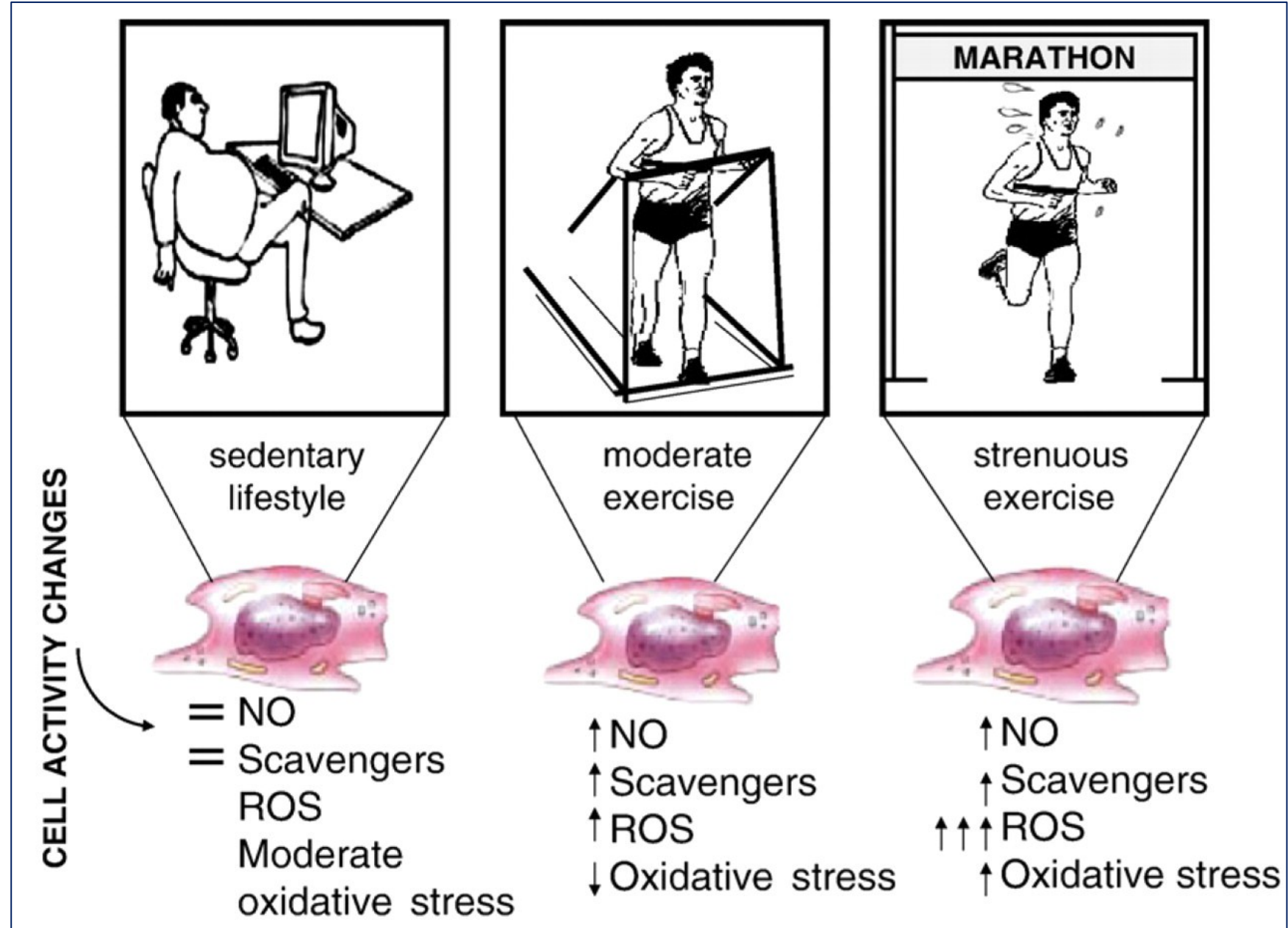
Poměr likvidace a tvorby ROS rozhoduje o velikosti oxidačního stresu.



Steinbacher P, Eckl P. Impact of Oxidative Stress on Exercising Skeletal Muscle. *Biomolecules*, 2015, 5(2), 356-377.

OXIDAČNÍ STRES A VYTRVALOSTNÍ TRÉNINK

Nutrition, physical activity, and cardiovascular disease: An update
Louis J. Ignarro, Maria Luisa Balestrieri, Claudio Napoli.
cardiores.2006.06.030 326-340



ZÁVĚR

- ❑ **Pravidelná vytrvalostní středně intenzivní zátěž** (< ANP, ~ 50-70% VO_2 max)
 - zlepšení kapacity antioxidačních mechanismů
(odolnosti vůči oxidačnímu stresu, posílení imunity)

- ❑ **Vysoce intenzivní zátěž** (> ANP, ~ > 70% VO_2 max)
 - oxidační stress → poškození kosterních svalů, bílých krvinek,
...(? ledvin, jater, cév, štítné žlázy, ...)

- ❑ Nebylo prokázáno, že by použití antioxidantů bezprostředně ovlivňovalo sportovní výkon.

HYPONATRÉMIE

EAH – exercise-associated hyponatremia

$\text{Na}^+ < 135 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$

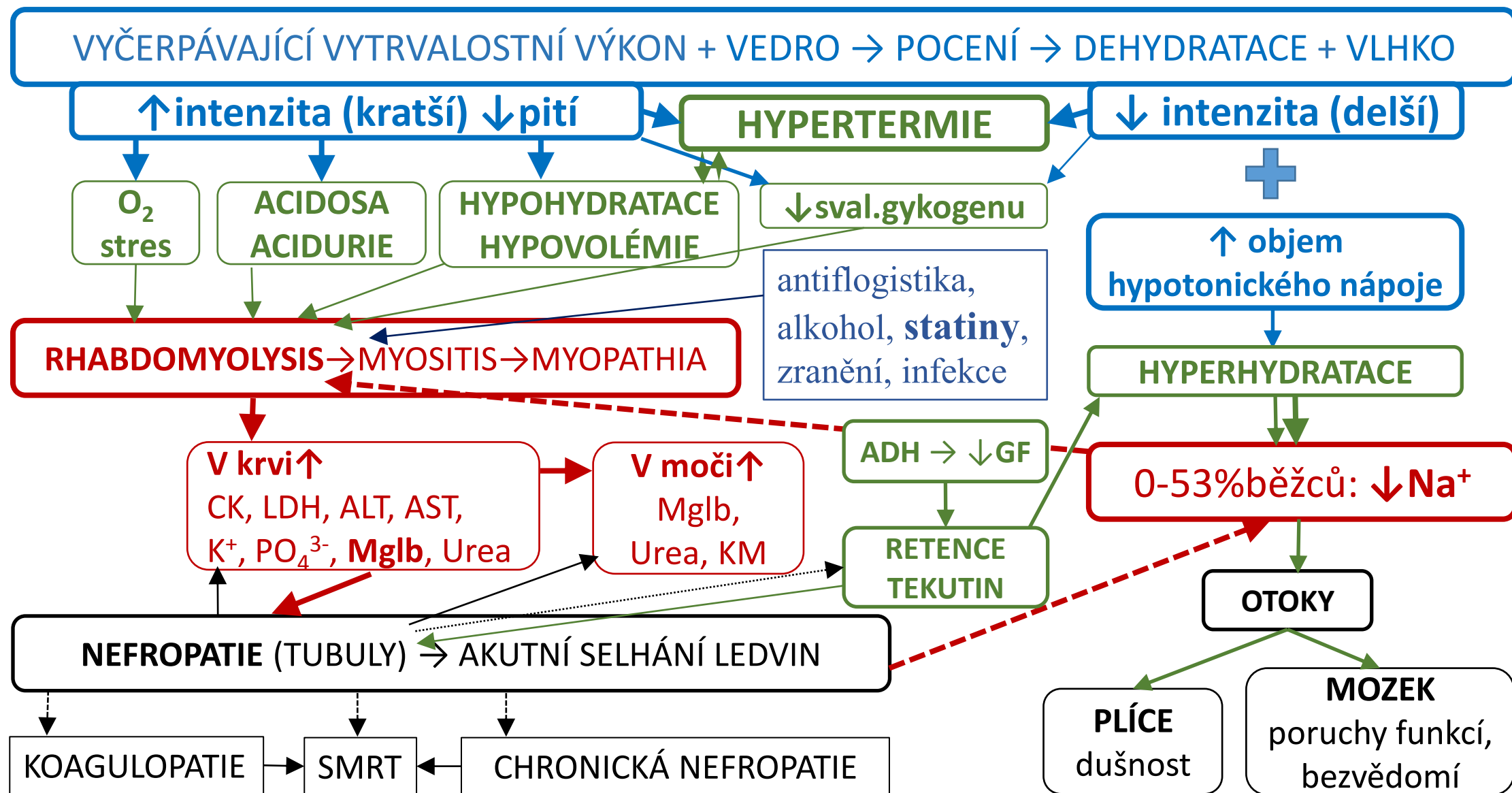
VÝSKYT HYPONATRÉMIE

(Knechtle B., 2013)

Plavání 26 km	8%,	36%
Kolo 109-720 km	0-0,5%	
Běh 100 km silnice	0-4,8%	
161 km hory	30-51%	
Dlouhý triatlon	2-28%	



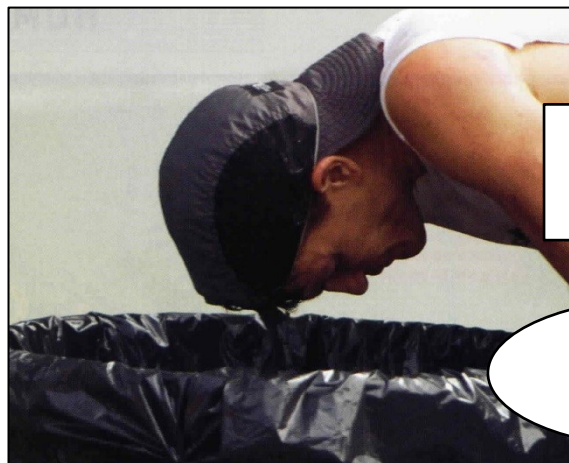
ETIOPATOGENEZE A NÁSLEDKY RABDOMYOLÝZY A **HYPONATRÉMIE**



HYPONATRÉMIE PŘI VYTRVALOSTNÍM CVIČENÍ

DIAGNOSTIKA A LÉČBA HYPONATRÉMIE (EAH)

(Bennet BL et al., 2013)



Příznaky s podezřením na EAH
alterace duševních funkcí, bezvědomí, záchvat křečí, těžká dušnost

ANO

Možnost měření elektrolytů v krvi

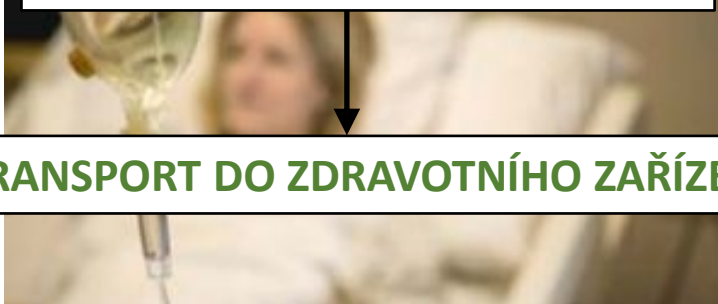
NE

$[Na^+] < 135 \text{ mmol/l}$
i.v. bolus 100 ml 3% fyz. roz.
(opakovat každých 10 minut do 3 dávek nebo do ústupu neurologických symptomů)

$[Na^+] > 135 \text{ mmol/l}$
Další diferenciální diagnostika
(přehřátí, hypernatrémie, hypoglykémie, výšková nemoc)

Zajistit žílu
Orálně hypertonický roztok
(vyvarovat se hypotonických tekutin)
Kyslík

TRANSPORT DO ZDRAVOTNÍHO ZAŘÍZENÍ

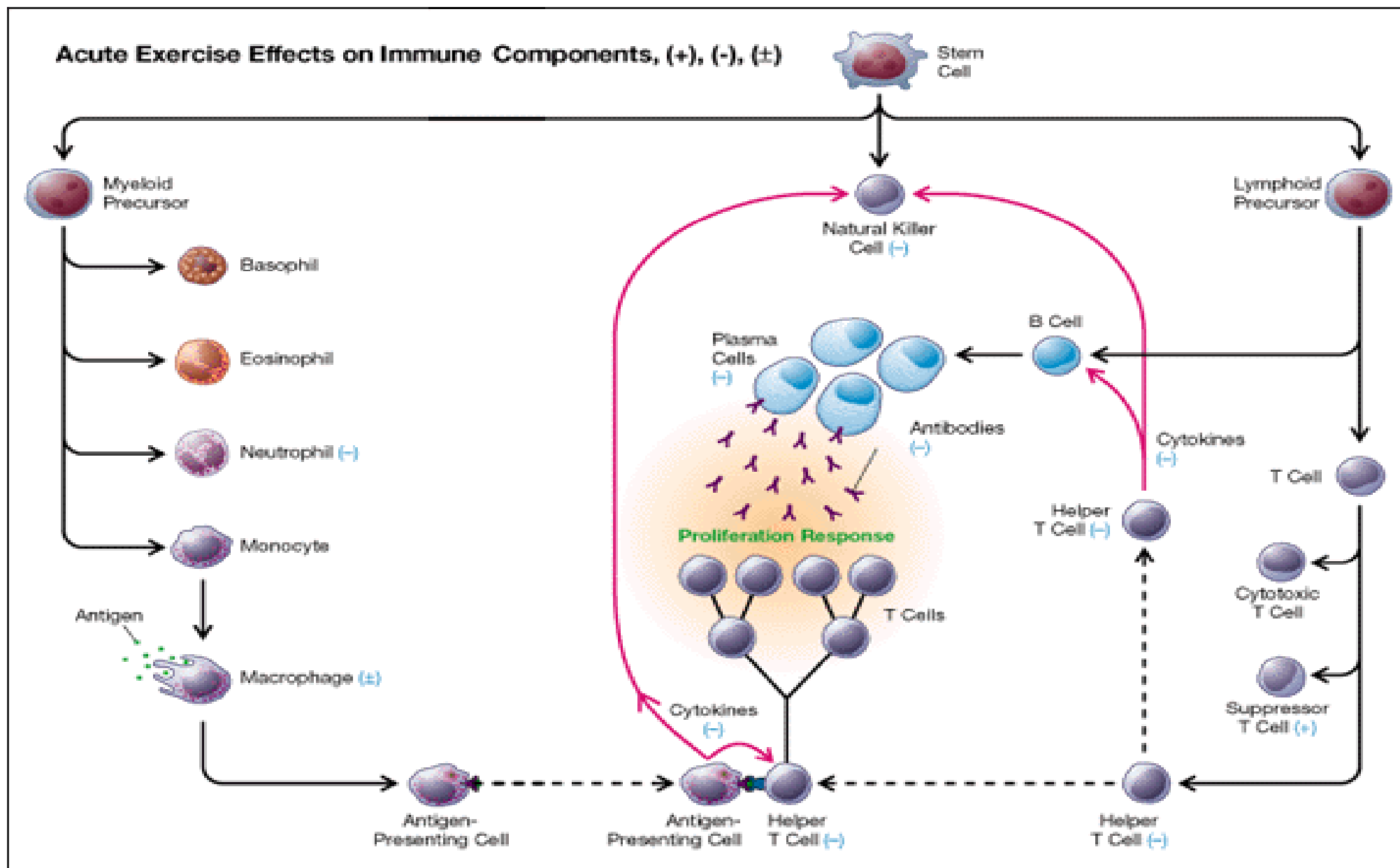


HYPONATRÉMIE PŘI VYTRVALOSTNÍ ZÁTĚŽI

ZÁVĚRY - PREVENCE

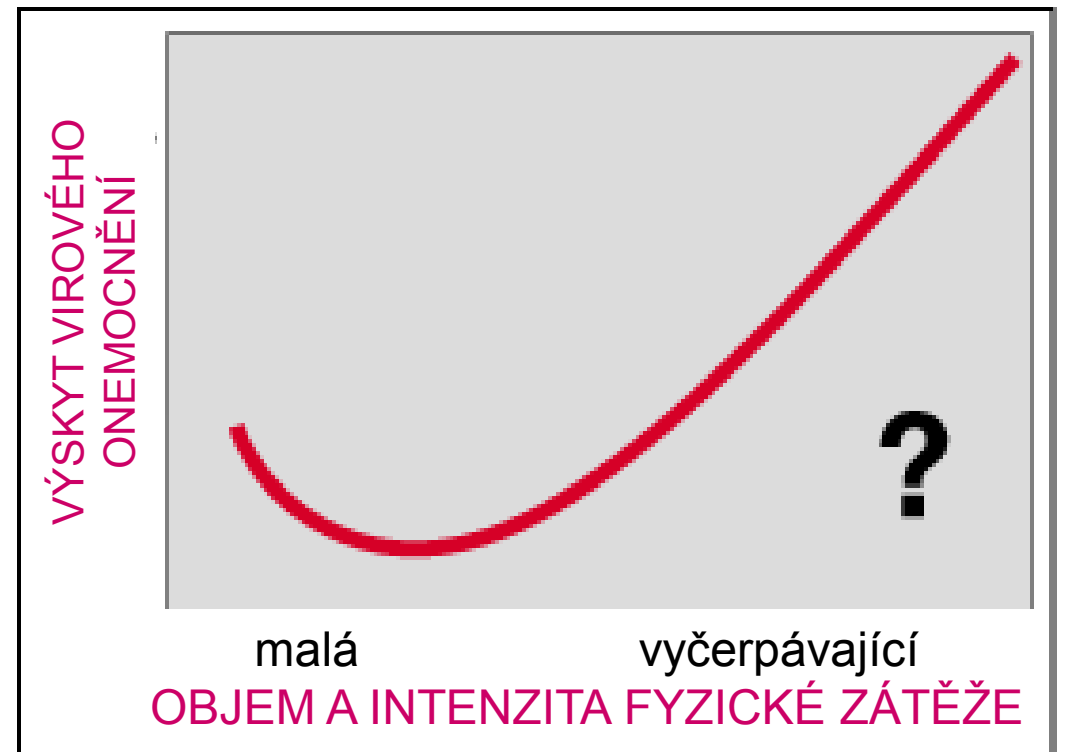
- **Dlouhodobé vytrvalostní cvičení + hyperhydratace**
→ hyponatrémie → otok mozku a plic.
- Doporučuji **sportovcům a jejich trenérům** rozumně
 - podle stavu sportovce volit druh a objem sportovní zátěže,
 - vnímat a respektovat odezvu těla na zátěž a případně ji omezit,
 - Doplnovat nejenom vodu, ale i **minerály** (Na^+ , Mg^+ , K^+ , ...) a energii.

BEZPROSTŘEDNÍ VLIV TRÉNINKU (+/-) NA IMUNITNÍ SYSTÉM



TRÉNINK A IMUNITNÍ SYSTÉM a výskyt virového onemocnění (R. Sephard, P.N. Shek 1999)

CVIČENÍ	BUNĚČNÉ MECHANISMY	HUMORÁLNÍ MECHANISMY
lehké	<ul style="list-style-type: none"> – <u>Natural Killers</u> – <u>Makrofágů</u> – <u>T-lymfocytů</u> 	
těžké dlouhodobé	<ul style="list-style-type: none"> ↓ <u>Natural Killers</u> ↓ <u>Makrofágů</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ↓ PI (IgA, IgG) ↓ Interferon ↓ C-reaktivní protein



TĚŽKÉ CVIČENÍ

1. → *kumulativní mikrotrauma* (rhabdomyolýza) → **lokální a systémové akutní fázi zánětu** (leukocytóza)
 2. → *destrukce bílkovin a leukocytů + psychický stres* → **IMUNOSUPRESE** (leukopenie)
- *nedostatek* glutaminu, argininu, L-karnitinu, esenciálních AMK, vit. B6, kys.listové, vit.E, ...

TRÉNINK

vznik - zvýšení

ÚNAVA

snížení - odstranění

**REGENERACE
SIL**

při zátěži

po zátěži

PŘÍČINY ÚNAVY

SOMATICKÉ FAKTORY

- Vyčerpání zdrojů energie (ATP, ADP, CP, pyruvát, glukosa, glykogen)
- Vyčerpání kapacity enzymů energetického metabolismu v myocytech
- Vyčerpání spouštěčů kontrakce sval. vláken (Ca^{2+})
- Vyčerpání mediátorů přenosu podráždění nervosvalových plotének a ve svalech (acetylcholin)
- Ztráty vody (hypohydratace)
- Ztráty minerálů (z buněk: K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ; do buněk a do potu: Na^+ , Cl^-)
- Metabolická acidóza ($\text{H}^+ \rightarrow \downarrow \text{pH}$), vyčerpání mechanismů kompenzace (HCO_3^- , $\uparrow \text{VCO}_2$, $\uparrow -\text{BE}$)
- Přehřátí (hypertermie), vyčerpání termoregulačních mechanismů ochlazování (pocení)
- Hypoxemie – hypoxie \Leftarrow nedostatečná ventilace a cirkulace
- Nedostatečné prokrvení (ischemie) \Leftarrow \uparrow viskozita krve (hypohydratace), únava srdce (oslabení kontrakcí myokardu)

PSYCHICKÉ FAKTORY

- Charakter sportovní zátěže - dlouhodobá, monotónní, ..
- Frustrace ve sportu \Leftarrow stagnace výkonnosti, neúspěchy, překážky v tréninku a soutěži
- Psychický stres a frustrace v rodině, škole, práci, společnosti..

DRUHY ÚNAVY

MÍSTNÍ ÚNAVA (lokální)

- **Fyziologická** (overloading) - *stresová reakce zatížených částí pohybového aparátu (svalu, šlachy, vazy, úponu, kloubu, kosti atd.),*
 - *přenos neuro-muskulárního podráždění, zdroje energie, přesuny vody, minerálů, hromadění metabolitů, acidóza; zahřátí, ...*
- **Patologická** – přetížení (overuse)
 - AKUTNÍ, CHRONICKÁ → **traumata a mikrotrauma** (zánět svalů, šlachy, burzy, vazy, plíživá zlomenina kosti ...)

CELKOVÁ ÚNAVA (i mimo pracující svaly)

- **Fyziologická**
 - *Maximální zatížení → stresová reakce, resistance a adaptace i mimo zatížený pohybový aparát (energetický metabolismus, oběh, dech, nervové a mentální funkce, imunita ...) → přetížení*
- **Patologická**
 - AKUTNÍ:
 - **Přetížení (overreaching)** → **schvácení**
 - CHRONICKÁ:
 - **Opakované dlouhodobé přetěžování**
→ **Syndrom přetrénování** (overtraining syndrom)

PROJEVY AKUTNÍ ÚNAVY

SUBJEKTIVNÍ

POCITY SPORTOVCE

únava

slabost

bolest

závrať

nevolnost

bolest břicha

vedro

↓ vnímání

atd.

MÍSTNÍ - SVALOVÉ

Metabolické změny

↓ aktivita enzymů, ↓ energie

Acidóza, Oxidační stres

Porucha homeostázy

CELKOVÉ

JAKO MÍSTNÍ

+

Porucha cirkulace

Porucha nervových funkcí

Porucha imunity

Porucha termoregulace

Porucha motoriky

Zvýšení rizika úrazu

OBJEKTIVNÍ

POZOROVATEL

↓ svalová síla - práce

svalová křeč

rhabdomyolýza

↓ celkový výkon,

hypoglykémie,

↓pH, ↑ laktát, ↑CK,

↑LDH, ↓TK,

↑celková teplota,

↓Leu, ↓Ig

atd.

PŘÍZNAKY PŘECHODU AKUTNÍ CELKOVÉ ÚNAVY Z FYZIOLOGICKÉ NA PATOLOGICKOU

PŘÍZNAKY	PŘETÍŽENÍ	ZCHVÁCENÍ
Výkon, slabost	↓	↓↓↓
Bolest hlavy, závrať	↑	↑↑↑
Výpadky zorného pole	↑	↑↑↑
Žaludeční komfort	nevolnost	zvracení
Pulz	nitkový	až nehmatný
Ventilace	hyperventilace tachypnoe lapavé dechy	⇒ + dušnost
Řeč	přerušovaná	nezřetelná
Barva kůže a sliznic	k.bledá,s.růžové	cyanotická
Poruchy vnímání, myšlení	↑	↑↑↑
Zkratové reakce	↑	↑↑↑
Svalové křeče	↑	↑↑↑ až tetanie
Termoregulace	bez poruch	poruchy
Cirkulace krve	zrychlená	kolaps

PŘETRÉNOVÁNÍ - PATOLOGICKÝ STAV I V TĚLESNÉM KLIDU

PŘÍČINY

Opakovaná akutní únava bez dostatečného odpočinku (regenerace sil) + nemoci

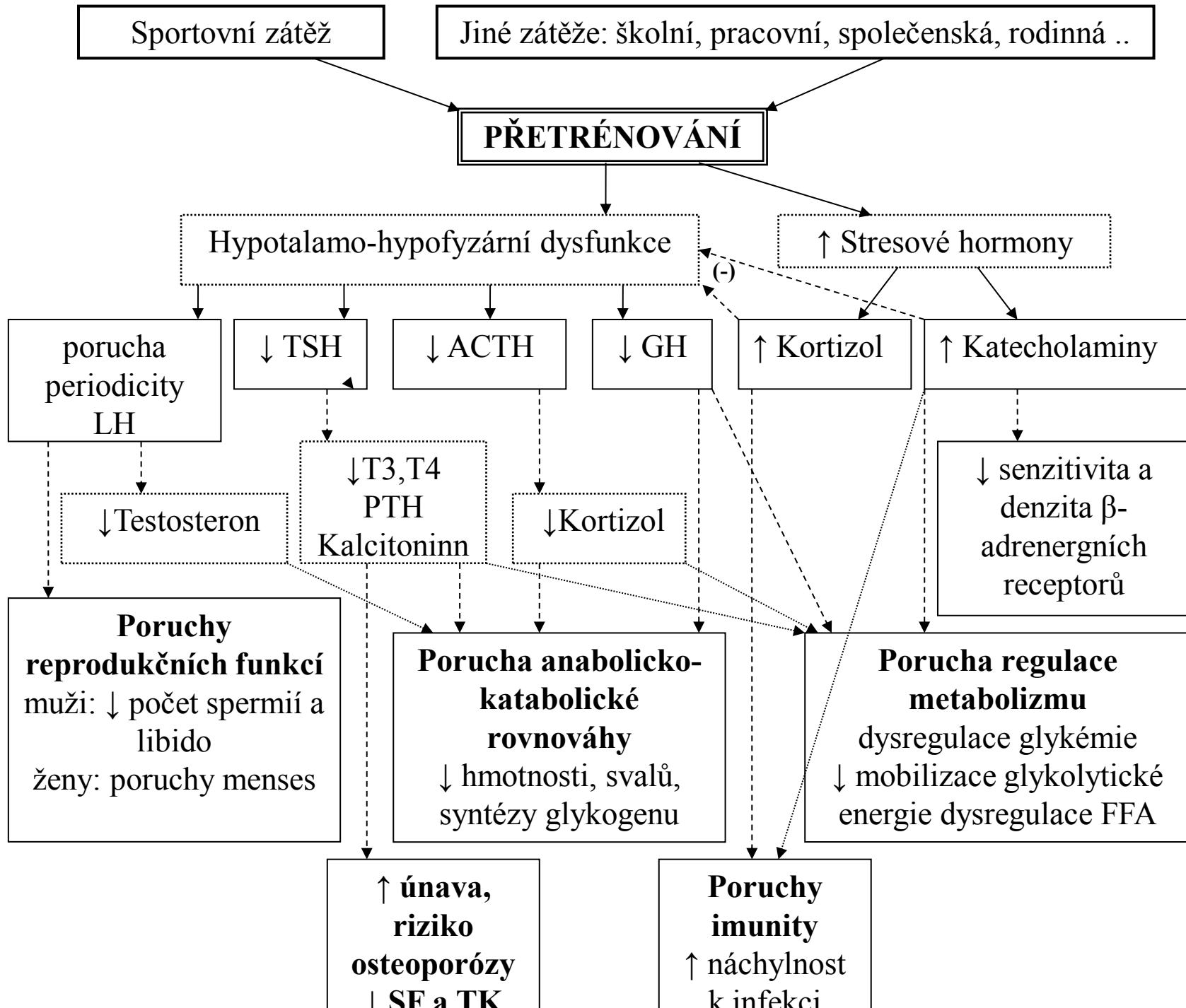
(Příčiny a mechanismy únavy jsou popsány výše.)

MECHANIZMY

- **NERVOVĚ-HORMONÁLNÍ DYSREGULACE** - *neurovegetativní dysfunkce*,
fáze přetrénování:
 1. Sympatikotonní (tachykardie, specifická variabilita HR, krevní hypertenze, ...)
 2. Parasympatikotonní (bradykardie, specifická variabilita HR, krevní dystenze, ...)

→ PROJEVY

- **SUBJEKTIVNÍ:** Nechuť k tréninku, ztráta motivace, bolesti hlavy, závratě, bušení srdce, malátnost, porucha koncentrace, bolesti břicha, ...
- **OBJEKTIVNÍ:**
 - pokles výkonnosti,
 - průjemy, pocení v klidu, třes, poruchy spánku,
 - poruchy imunity - častější infekce,
 - častější zranění, ...



Sportovní zátěž

Jiné zátěže: školní, pracovní, společenská, rodinná ..

PŘETRÉNOVÁNÍ

Hypotalamo-hypofyzární dysfunkce

↑ Stresové hormony

porucha periodicity LH

↓ TSH

↓ ACTH

↓ GH

↑ Kortizol

↑ Katecholaminy

↓ Testosteron

↓ T3, T4
PTH
Kalcitoninn

↓ Kortizol

↓ senzitivita a denzita β-adrenergických receptorů

Poruchy reprodukčních funkcí
muži: ↓ počet spermií a libido
ženy: poruchy menses

Porucha anabolicko-katabolické rovnováhy
↓ hmotnosti, svalů,
syntézy glykogenu

Porucha regulace metabolismu
dysregulace glykémie
↓ mobilizace glykolytické energie
dysregulace FFA

↑ únava,
riziko osteoporózy
| SF a TK

Poruchy imunity
↑ náchylnost k infekci

REGENERACE SIL

Souhrn opatření - činností → odstranění příčin a následků únavy, dosažení superkompenzace

☐ PŘI TRÉNINKU - těsně před a v průběhu

- Přiměřený trénink, případné omezení nebo ukončení zátěže

☐ PO TRÉNINKU

❖ AKTIVITA SPORTOVCE

- Pasivní regenerace (ukončení zátěže, tělesný klid, spánek)
- Aktivní regenerace (zahřátí, rozcvičení, vyklusání, pití, strava, atd...)

❖ DALŠÍ PROSTŘEDKY REGENERACE (často kombinované)

- **Somatické**
 - Podpora dodávky energie, vody, iontů (dieta, pití), cirkulace, termoregulace (oblečení, chlazení)
 - Denní režim – odpočinek, spánek
 - Fyzioterapeutické (RHB) prostředky – masáže, aquaterapie, el-terapie..
- **Psychologické**
 - pestrost tréninku,
 - odstraňování stresů (vyřešení problémů rodinných a společenských)
 - pěstování pozitivních emocí (RUN FREE)

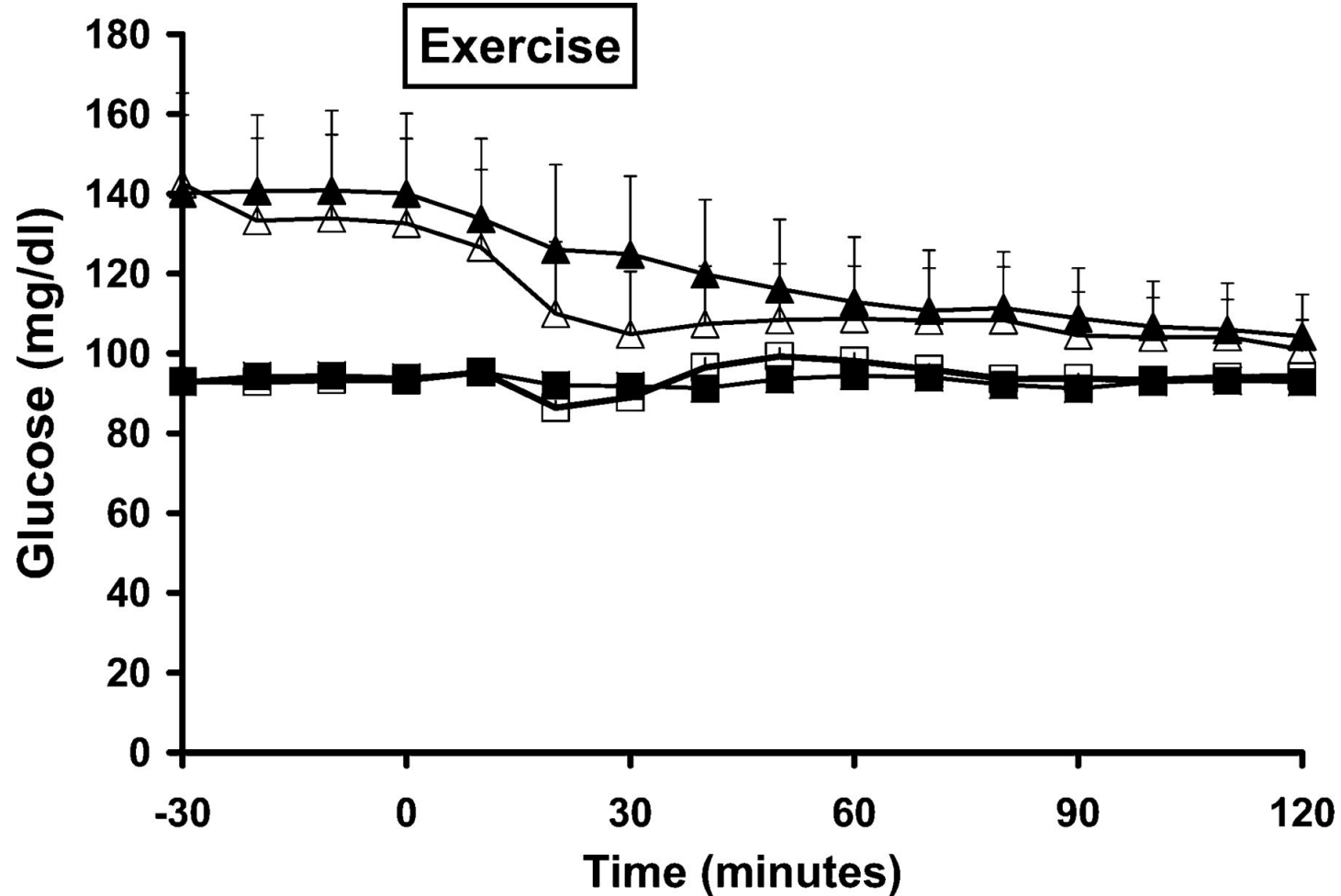
„Abstinenční příznaky“

- Vznikají asi po 3 týdnech při **náhlém přerušení tréninku** (obvykle úraz s imobilizací na lůžku).
- **Projevy**: ve sféře *psychické* (podráždění, poruchy spánku) i *somatické* ze všech orgánů, (nejčastěji zažívací trakt, oběhový aparát).
- **Příčinou**: je přetrvávání zvýšené dráždivosti CNS z období sportu.
- **Prevence a léčba**: časná rehabilitace, postupné snižování tréninkového zatížení.

(K.Barták, [http://www.lfhk.cuni.cz/bartak/ppt/5-D-PoskozeniSportemAnahlaSmrt\[1\].ppt](http://www.lfhk.cuni.cz/bartak/ppt/5-D-PoskozeniSportemAnahlaSmrt[1].ppt), 2013)

GLYKÉMIE DIABETIKŮ II. typu v klidu, při a po 30 min cvičení (cykloergometr, 70%VO₂peak)

Christ-Roberts et al., 2003



Plasma glucose concentrations during euglycemic, hyperinsulinemic clamps. Plasma glucose levels for control and diabetic subjects are shown during insulin stimulation alone and insulin stimulation with concomitant exercise. Glucose levels were maintained at euglycemia (90-100 mg/dl) by a variable glucose infusion. For diabetic subjects, glucose levels were allowed to fall until within the euglycemic range before variable glucose infusion was begun. Values are means \pm SE. \blacksquare , Control, insulin alone; \square , control, insulin + exercise; \blacktriangle , diabetic, insulin alone; \triangle , diabetic, insulin + exercise.

MONITORING GLYKÉMIE DIABETIKŮ

Sálová kopaná (2,5h) ve 14:00

A(trénovaný); B(netrénovaný)

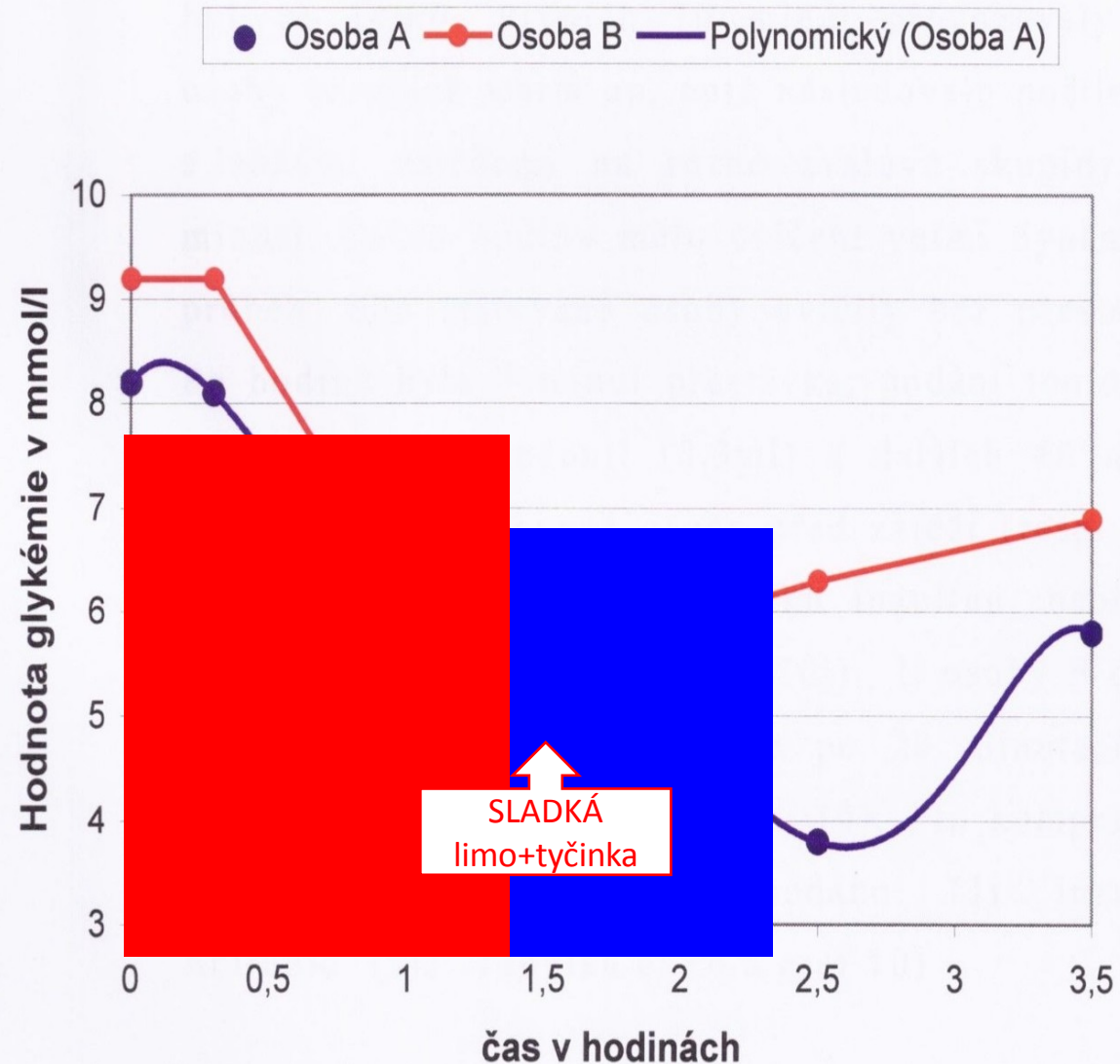
Snížení dávky Inz před obědem: 10→8; 14→10 j.

RPE: 16; 18,5

Tekutiny (l): 2,5; 2,7

	A trén.	B netrén.
Věk (r)	24	23
Hmot. (kg)	77	85
Výška (cm)	170	176
BMI (kg.m ⁻²)	26,6	27,4
Trvání DM (r)	7	9
HbA _{1C} (%)	6,8	11,8
DDI (j)	12-10-12	16-14-14
DDdep.l (j)	16	12

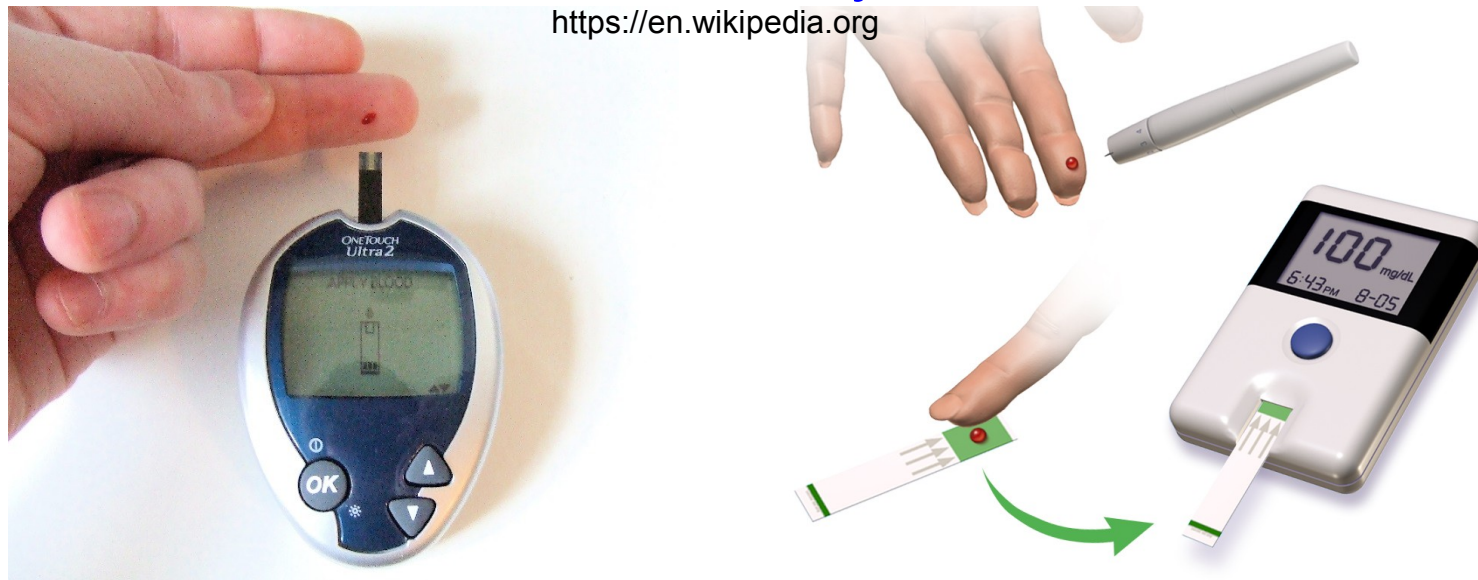
(Bečka J. Možnosti fyzického zatížení diabetiků I. typu.
Diplomová práce. Fakulta sportovních studií MU, 2002)



	0	0,3	1	1,5	1,75	2,5	3,5
Osoba A	8,2	8,1	6,3	5,8	5,4	3,8	5,8
Osoba B	9,2	9,2	6,2	5,2	5,7	6,3	6,9

Glukometry

<https://en.wikipedia.org>



Inzulínová pera a pumpa



<http://www.janekdickinson.com/insulin-pen-vs-vial-and-syringe/>



<http://www.in-pharmatechnologist.com/Drug-Delivery/Novo-Nordisk-and-Roche-insulin-pump-collaboration-gets-EU-thumbs-up>

Kontinuální monitoring glukózy

BIOSENZOR

<http://amal.net/?p=2658>



Fluorescenční senzor

[Jon Stefan Hansen, Jørn Bolstad Christensen. Recent Advances in Fluorescent Arylboronic Acids for Glucose Sensing. Biosensors 2013, 3\(4\), 400-418; doi:10.3390/bios3040400](#)
<http://www.mdpi.com/journal/biosensors>

