

# Pohyb pro zdraví a oxidační stres



Brněnský běžecký pohár – Jehnice



2002

Jan Novotný  
2016 - 2020



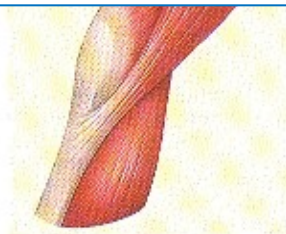
## Pohyb pro zdraví a oxidační stres



Pravidelné cvičení je dobré a prospěšné pro vás i pro vaše srdce. Ke zvládnutí úkolu z regulačního centra srdečních povelů v mozku potřebná srdece během namáhání tepat rychleji a silněji, dýchání se prohlubuje a zrychluje. Krevní průtok se přesouvá z jater, ledvin a břicha dále ke svalům, v nichž je při námaze větší potřeba přísunu kyslíku. Pravidelný trénink může rovněž zvýšit počet krevních kapilár ve svalu a množství krve, přecházející při jednotlivých stazích srdce (tepový objem).

### Obsah přednášky

1. Vytrvalostní **POHYB PRO ZDRAVÍ**
2. Zdravotní problémy při vytrvalostním pohybu  
(.. infekce, **rabdomyolýza**, kardiomyopatie ..)
3. **OXIDAČNÍ STRES** při vytrvalostním pohybu
4. Vytrvalostní **POHYB** → **antioxidační adaptace**  
Nastavení vhodné intenzity pohybu  
→ zátěžové testy (svalová oxymetrie)
5. Závěry, doporučení



Zvyšuje se krevní průtok ve svalu



Snižovaný krevní průtok ledvinami

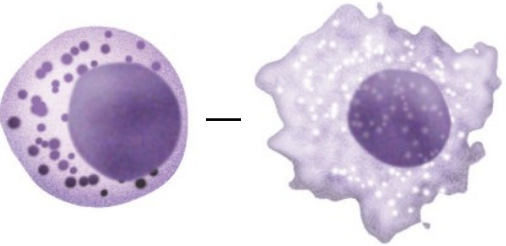
**POHYB PRO ZDRAVÍ:** vhodná chůze, běh, jízda na kole - koloběžce, plavání, in-line bruslení, běh na lyžích, veslování, pádlování, rekreační aerobik, tanec, ...

- **NORMÁLNÍ TĚLESNÝ ROZVOJ DĚTÍ ... TOLERANCE STÁRNUTÍ**
- **PREVENCE A LÉČBA CIVILIZAČNÍCH NEMOCÍ**

- **KREVNÍ A LYMFATICKÝ OBĚH: Prokrvení tkání - orgánů, hypertenze, ..**
- **ENERGETICKÝ METABOLIZMUS: Obezita, diabetes mellitus, hyperlipidémie, ..**
- **NERVOVÝ SYSTÉM: Autonomní NS, mozkové funkce, propriorecepce, spánek, ..**
- **RESPIRACE: Aerobní kapacita, pufrovací kapacita (ABR), ...**
- **TERMOREGULACE: Kapacita → odolnost vůči chladu a teple**
- **POHYBOVÝ APARÁT: Svaly, fascie, šlachy, klouby, ..**
- **IMUNITNÍ SYSTÉM: Leukocyty, protilátky → odolnost vůči infekci**
- **TRÁVICÍ SYSTÉM: funkce střev, ...**



## POHYBOVÁ AKTIVITA → IMUNITA

CVIČENÍ	BÍLÉ KRVINKY	PROTILÁTKY BÍLKOVINY
<b>LEHKÉ</b> (< 75% VO <sub>2</sub> max)	<b>Více T-lymfocytů + Natural Killers + Makrofágů</b> 	<b>Normální stav</b>
<b>TĚŽKÉ</b> (měsíce tréninku)	<b>Méně Natural Killers + Makrofágů</b>	<b>Méně protilátek IgA a IgG, Interferonu, C-reaktivního proteinu</b>



(R. Sephard, P.N. Shek 1999)

**IMUNOSUPRESE**

častější infekce u vrcholových plavců ...

**PŘÍČINA  
???**



## POHYBOVÁ AKTIVITA → SVALY

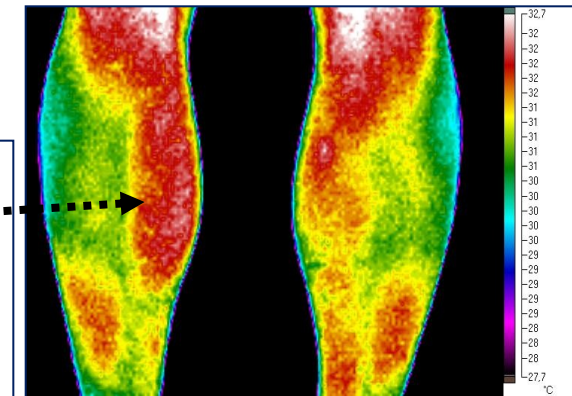
z lékařské praxe se sportovci ..

TERMOGRAM LÝTEK ZE ZADU u 40 letého badmintonisty po tréninku

vysoká teplota caput mediale m. gastrocnemius

**MYOSITIS - ZAČÍNÁJÍCÍ RABDOMYOLÝZA ?**

(archiv ambulance TV lékařství autora)

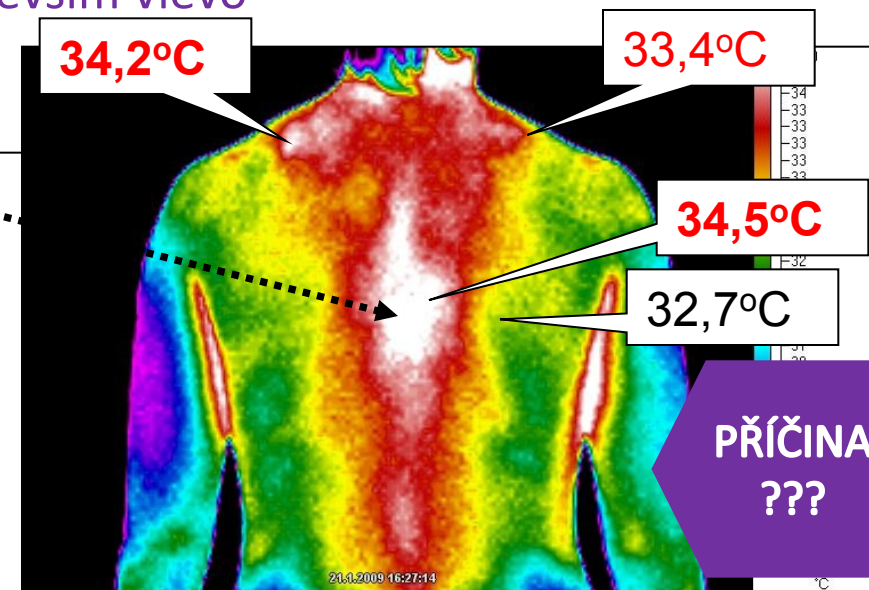


TERMOGRAM ZAD 19 letého fotbalisty s bolestmi hrudní části zad a zvýšeným napětím hrudního napřimovače páteře a trapezu

vysoká teplota napřimovače hrudní páteře a horního trapezu, především vlevo

**MYOSITIS - ZAČÍNÁJÍCÍ RABDOMYOLÝZA ?**

(archiv ambulance TV lékařství autora)





## POHYBOVÁ AKTIVITA → **RABDOMYOLÝZA** (RM)

Cooper et al.(2002): 20 min běh s kopce (75%VO<sub>2</sub>max) → **OXID.STRES?** → RM

Overgaard et al.(2004): RM u 24 mladých zdravých mužů a žen po běhu:

- běh 10 km → ↑ enzymů svalových buněk (LD, CK) v mezibuněč. prostoru
- běh 20 km → ↑↑ LD, CK ..

Lin & Wang (2005). „Rhabdomyolysis in 119 students after repetitive exercise“  
(17-18 letí chlapci a děvčata; **120 kliků** v 5 minutách)

Kabíček a kol. (2006): Opakovaná RM u 10 letého chlapce **po fotbale** se spolužáky

Anzalone et al. (2010): Smrt 19 letého fotbalisty v důsledku RM po tréninku (lifting se zátěží, sprinty).

Kahanov et al. (2012) RM u 19 letého (amer.) **fotbalisty po tréninku.**

Parmar et al.(2012): RM u 26 letého muže **po 30 min spinningu.**

Ciccolella et al. (2014): RM u 23 letého medika **po 8 mílích běhu** v rámci laboratorního pokusu.

RM u 14 letého žáka **po 100 dřepch.**

RM u 21 letého muže **po 50 min „fit“ cvičení** (sed-leh, malé činky).

Shinde et al. (2015): RM s následným akutním poškozením ledvin u 20 letého muže 3 dny **po těžkém cvičení v tělocvičně.**

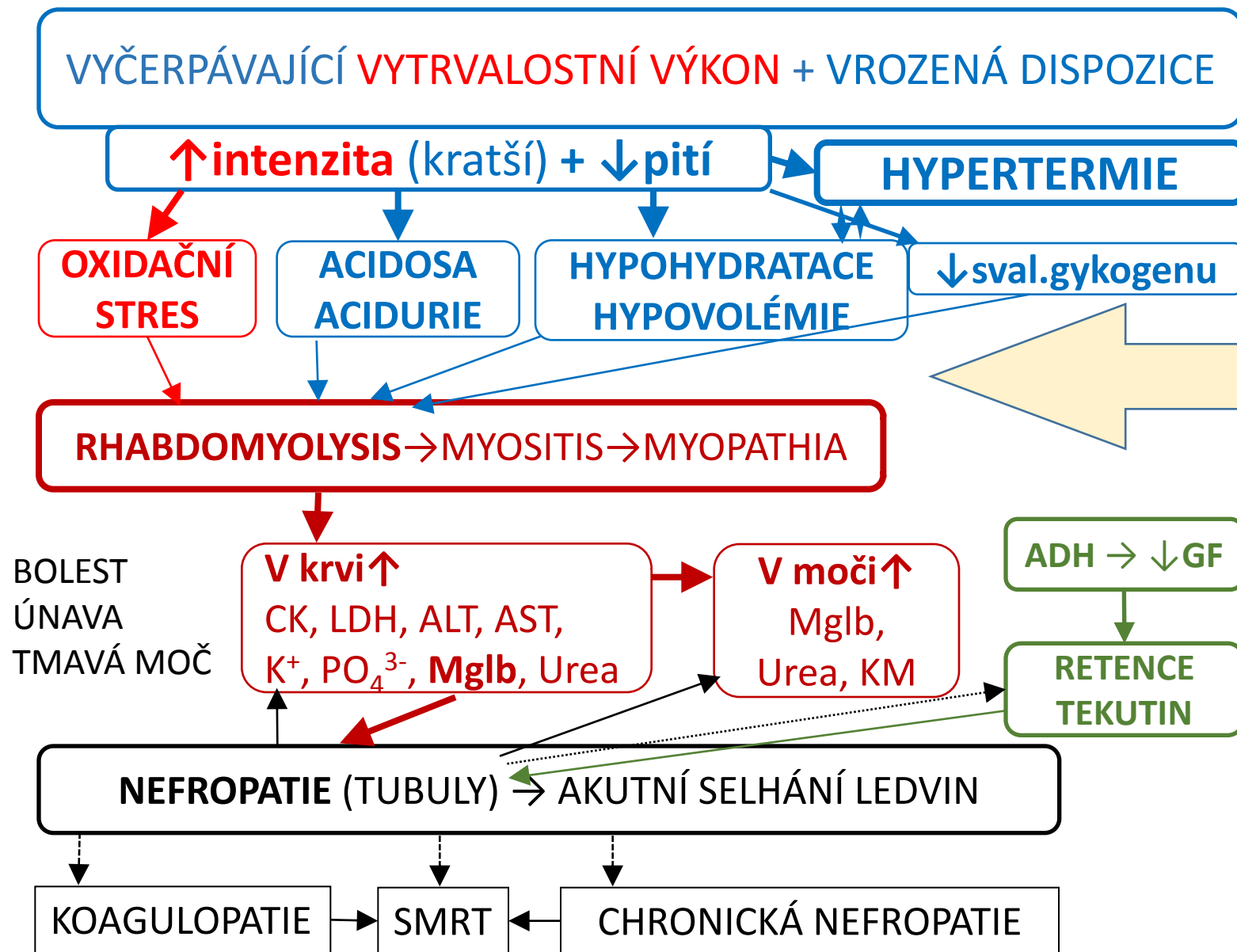
## RABDOMYOLÝZA multifaktoriální patogeneze, symptomy, následky

antiflogistika, statiny, alkohol,  
zranění, infekce

Landau et al., 2012:

**GENET. FAKTORY** – enzym.defekty:

Myofosforyláza (McArdler sy),  
Carnitinpalmitoyltransferáza,  
Myoadenylátdeamináza ..



<https://leytonsportsmassage.com/news-articles/massage-after-exhaustive-exercise-may-aid-muscle-repair/>

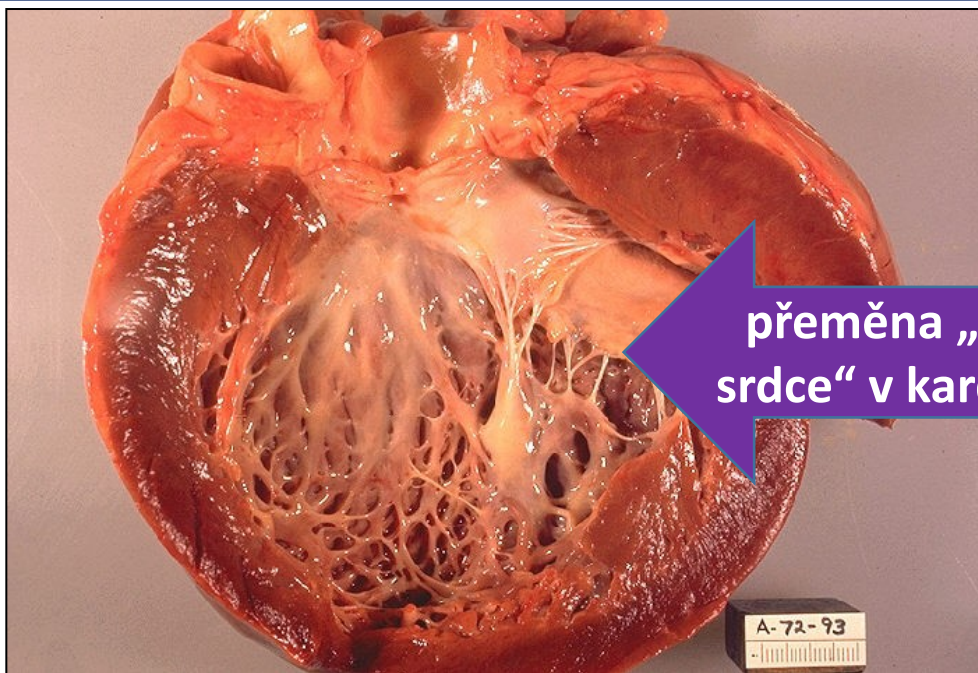


## POHYBOVÁ AKTIVITA PRO ZDRAVÍ ? → **POŠKOZENÍ MYOKARDU**

U 9 trénovaných triatlonistů (33 r.) po závodě [1,9 km plavání, 90 kolo, 21,1 běh] byla zjištěna

- zhoršená stažlivost levé komory srdeční
- v krvi větší množství enzymů srdečních buněk (CK) a srdeční bílkoviny (troponin)

(R. Shave et al., 2004)



**DILATAČNÍ KARDIOMYOPATIE**

16 letý basketbalista Wes Leonard, 2011

<http://healthyinsite.blogspot.cz/2011/03/hs-basketball-player-wes-leonard-latest.html>



... kdo chce být první ...

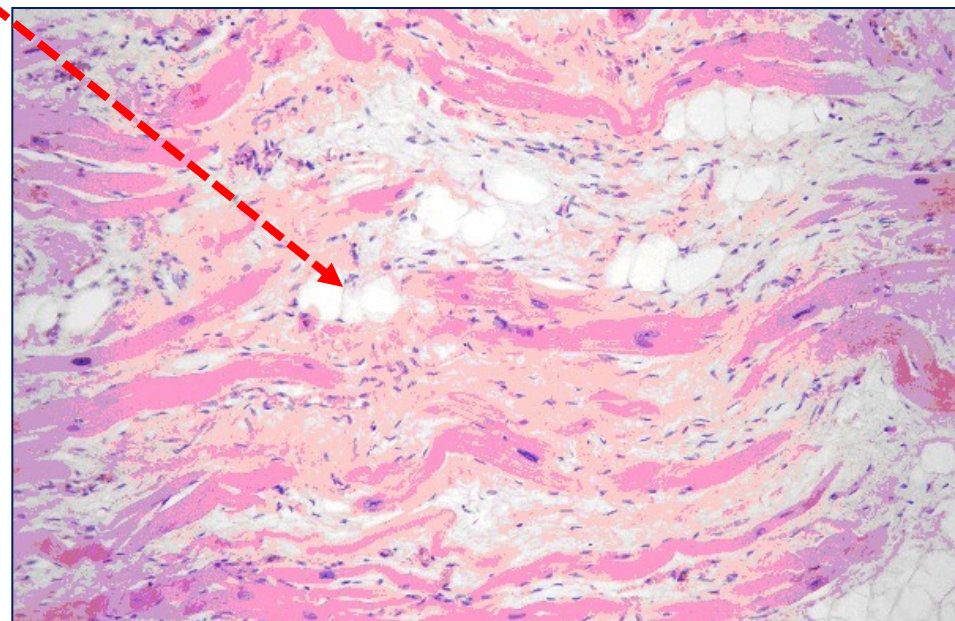
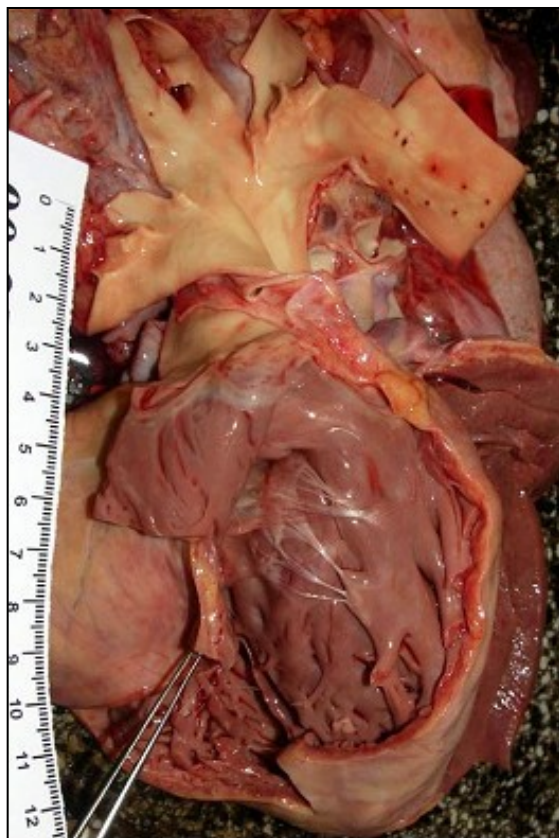
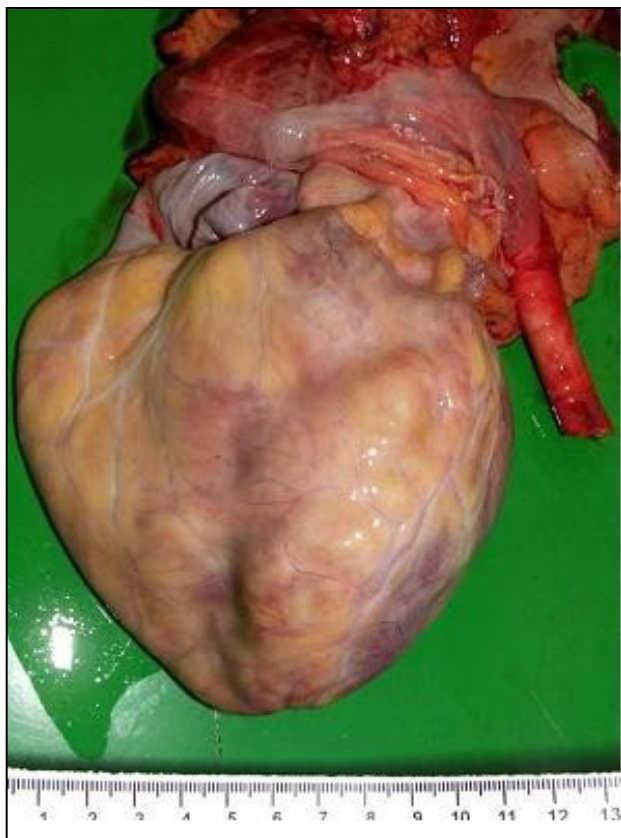
**OXID.  
STRES**



## Náhlá srdeční smrt 16 letého fotbalisty

### Arytmogenní **kardiomyopatie** (dysplazie) pravé komory

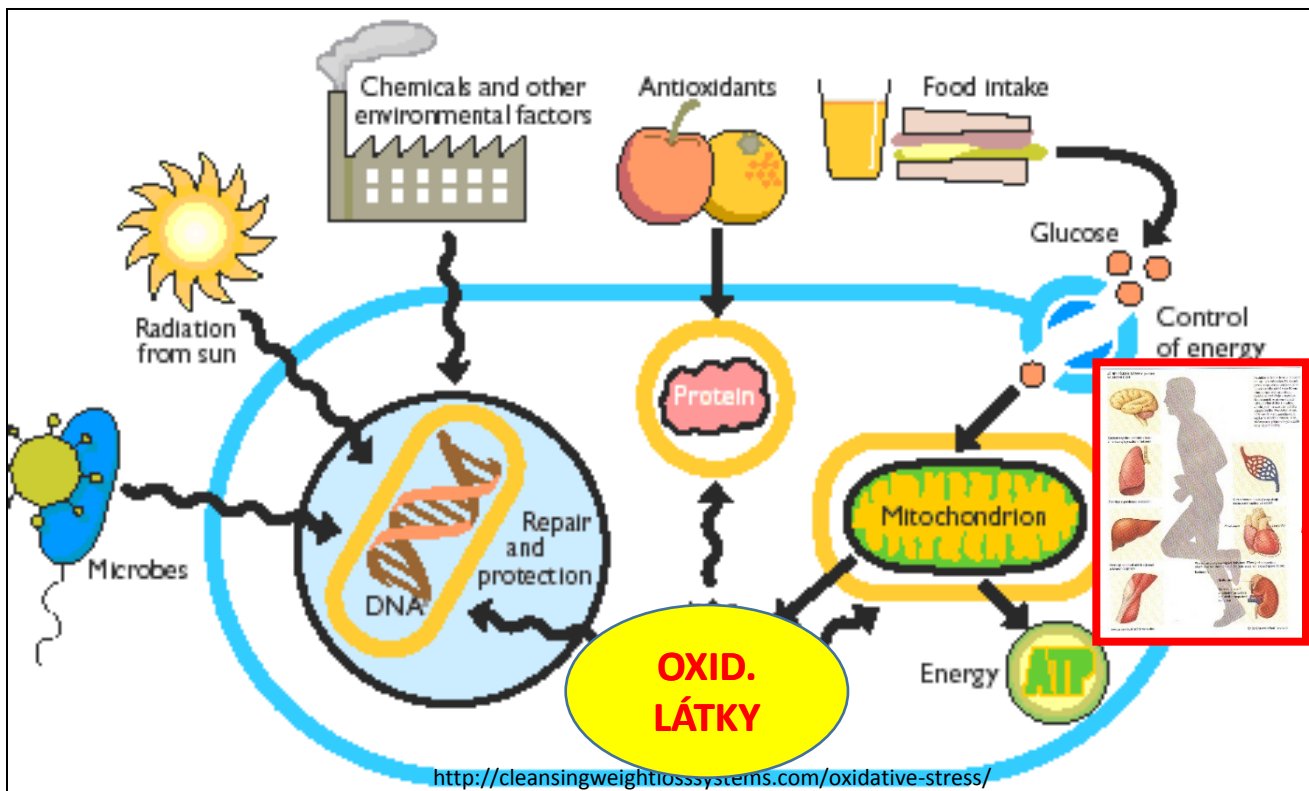
*difúzní náhrada myokardu vazivově tukovou tkání (apoptóza), el. izolátorem*



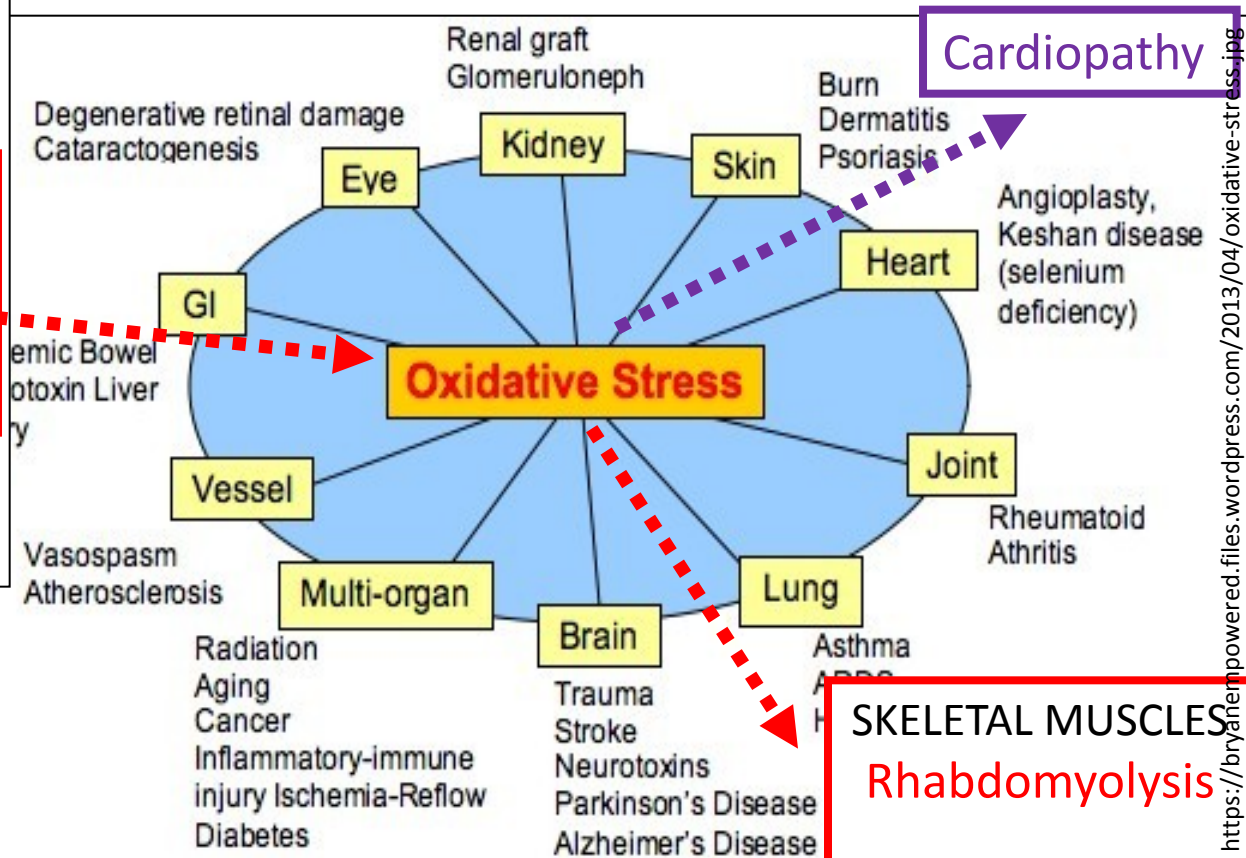
→ *maligní dysrytmie srdce* → *zástava*

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

### FAKTORY VZNIKU OXIDAČNÍHO STRESU



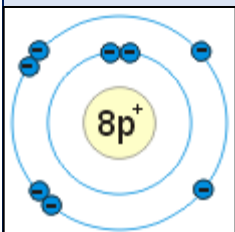
### OXIDAČNÍ STRES V PATOGENEZI NEMOCÍ



## 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.**

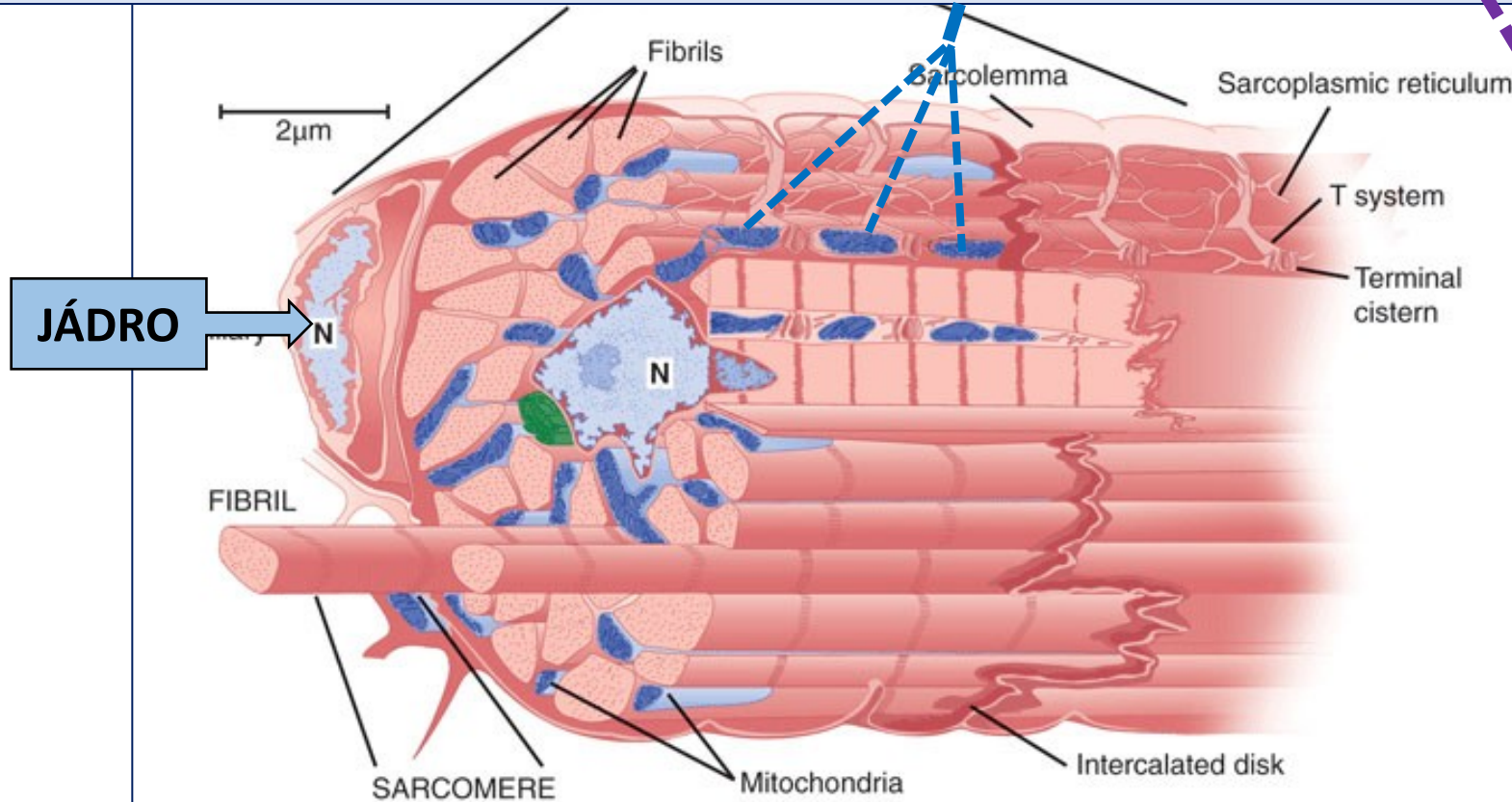


## Mechanismus působení ROS

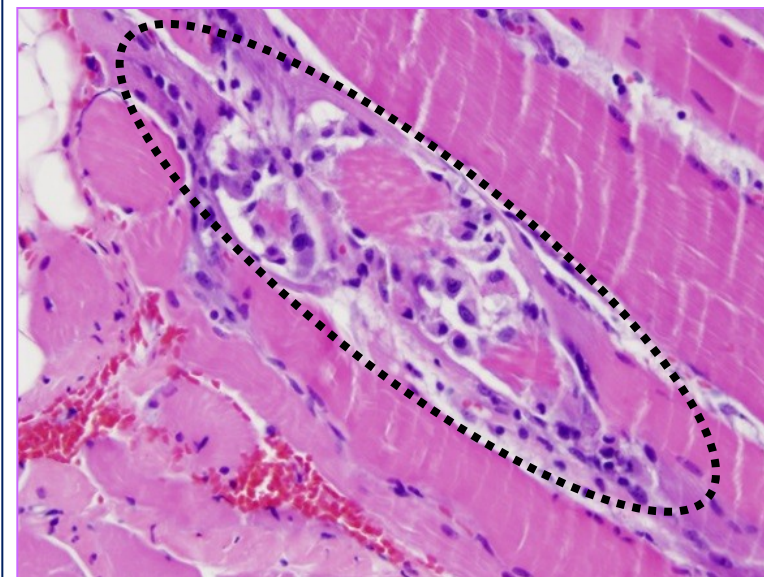
Peroxidace lipidů → ničení **membrán mitochondrií - myocytů** → .. krev → další tkáně ..

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

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



## RABDOMYOLÝZA





## 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.

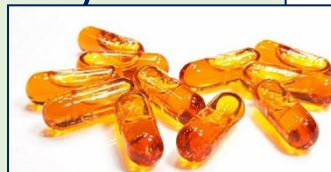
## Vlastní tělesné antioxidační látky

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

## Dietetické antioxidační prostředky (antioxidanty)

- ❑ Vitamín **E** ( $\alpha$ -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 ? ..)**



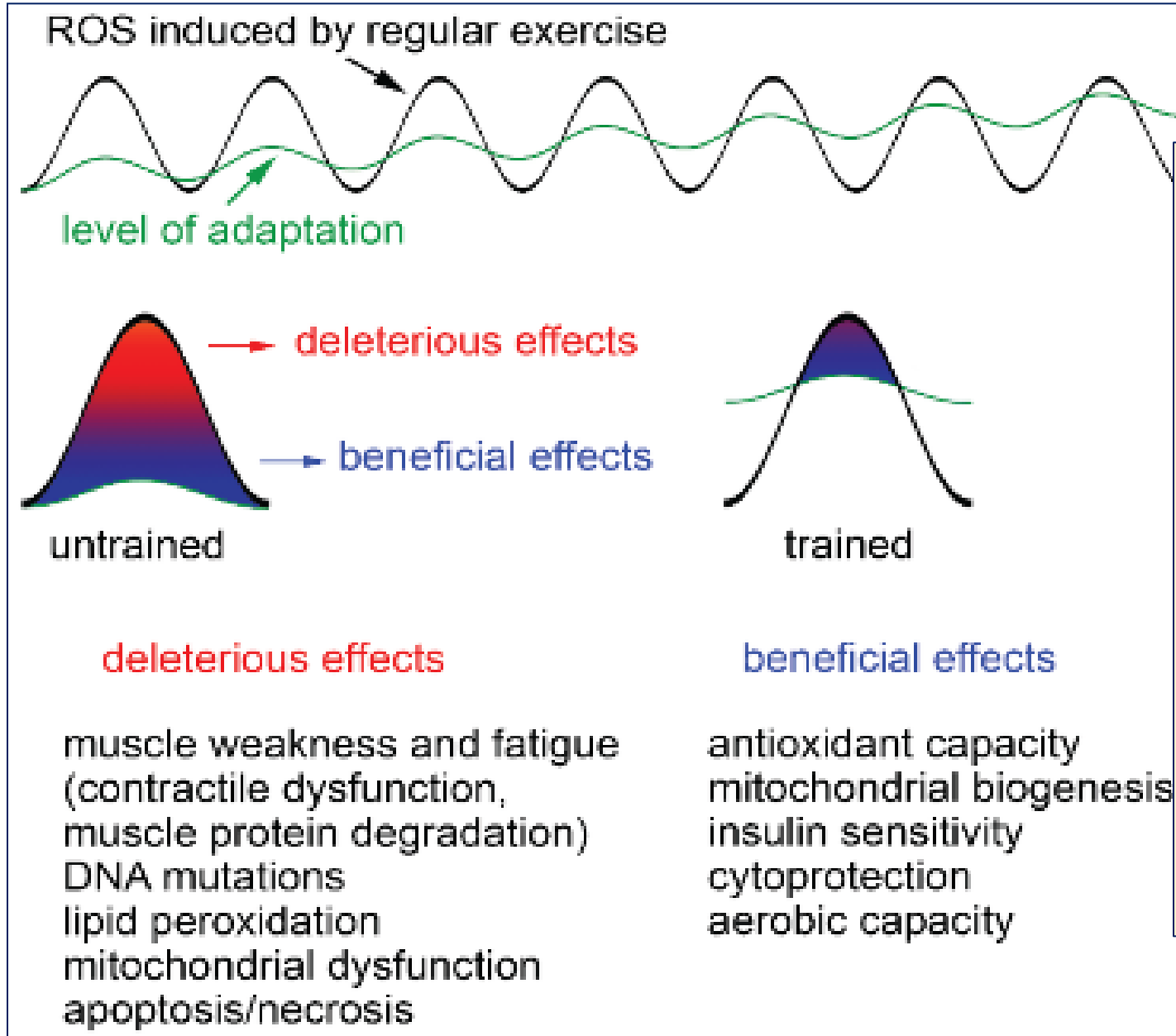
## Vztah vytrvalostní zátěže a adaptace na oxidační stres

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.

## DLOUHODOBÝ POHLED

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

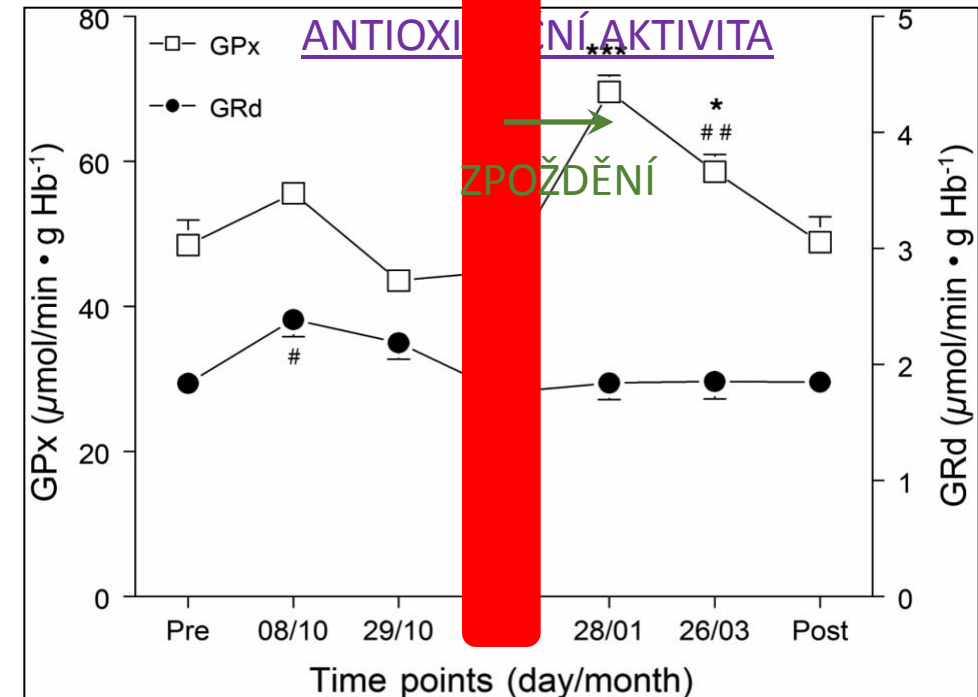
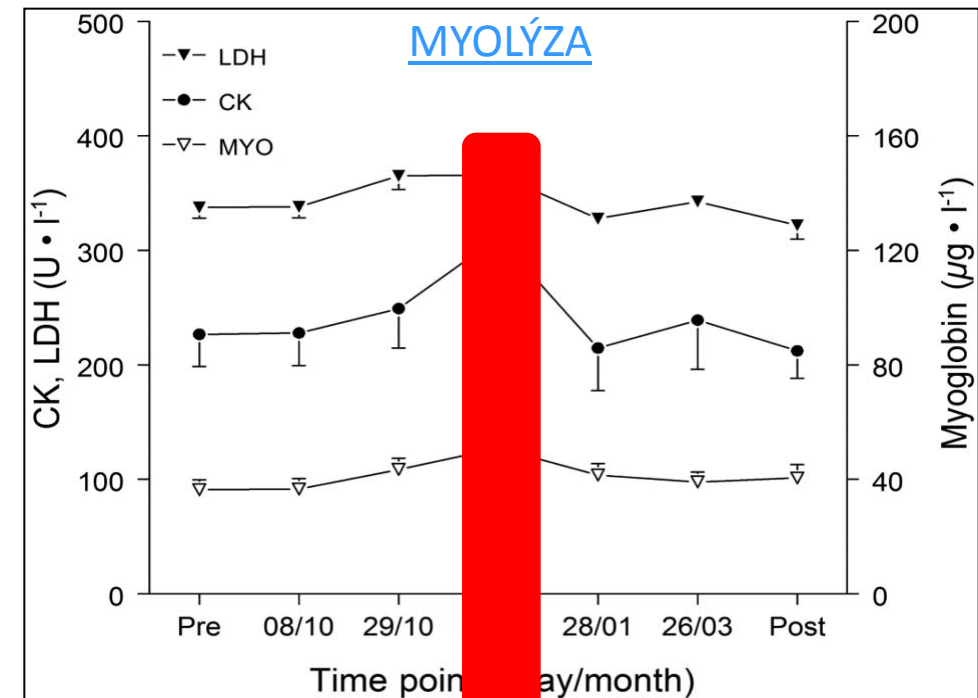
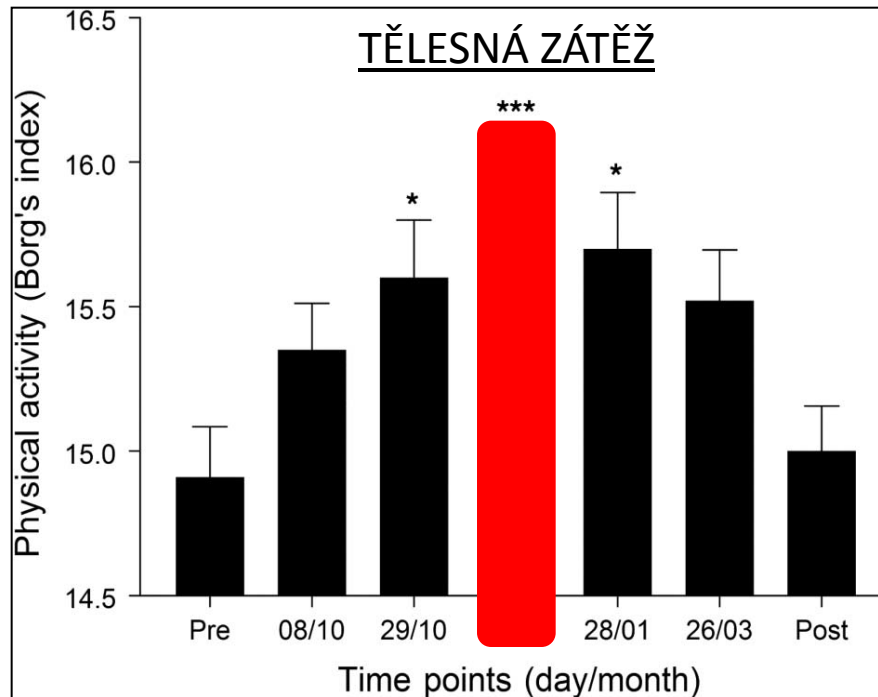
LDH – laktátdehydrogenáza

Myoglobin

ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA

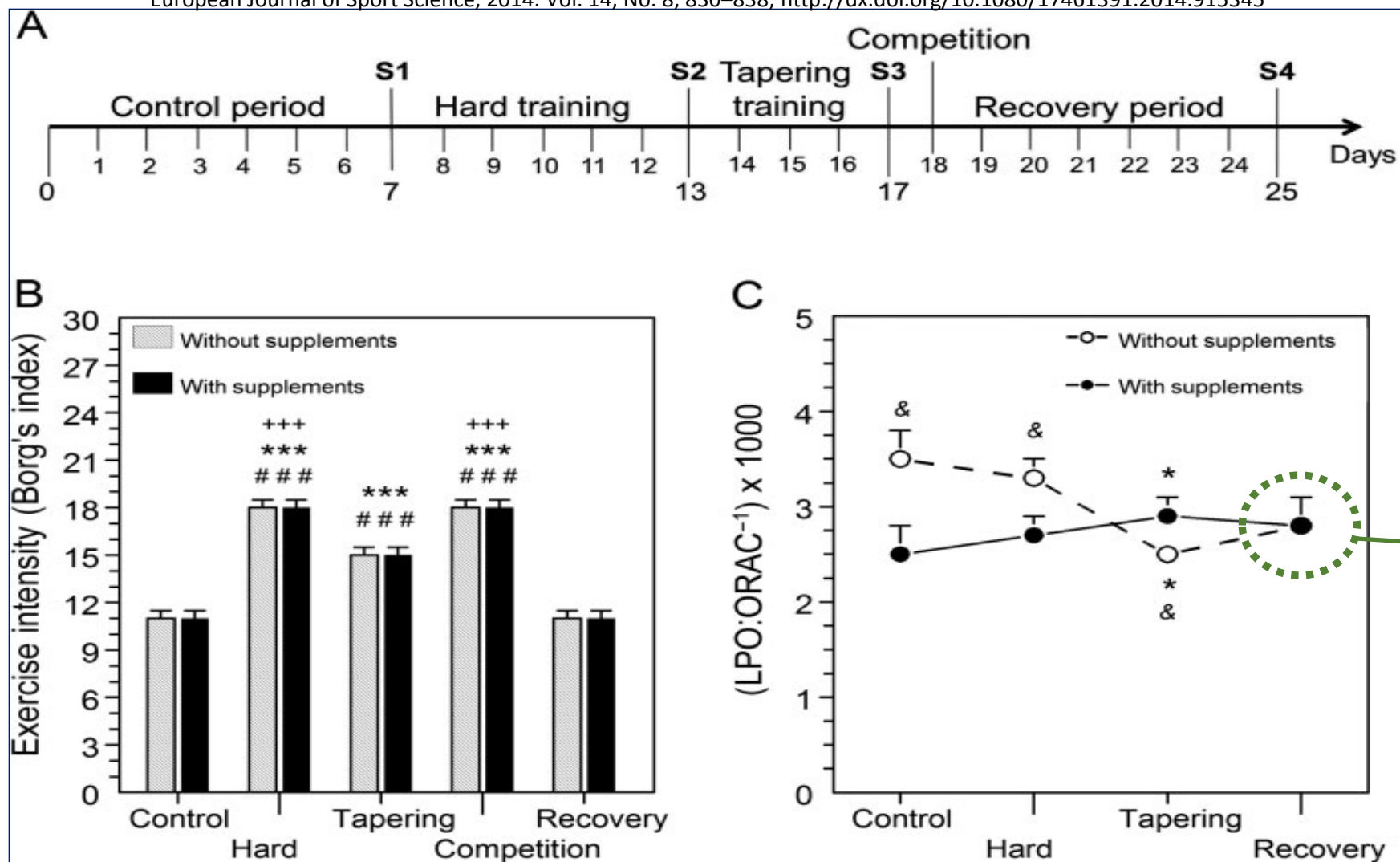
GPx - glutathionpreoxidáza

GRd – glutathionreduktáza



## 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<sup>-1</sup>)  
 Vit E (400 mg day<sup>-1</sup>)

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.

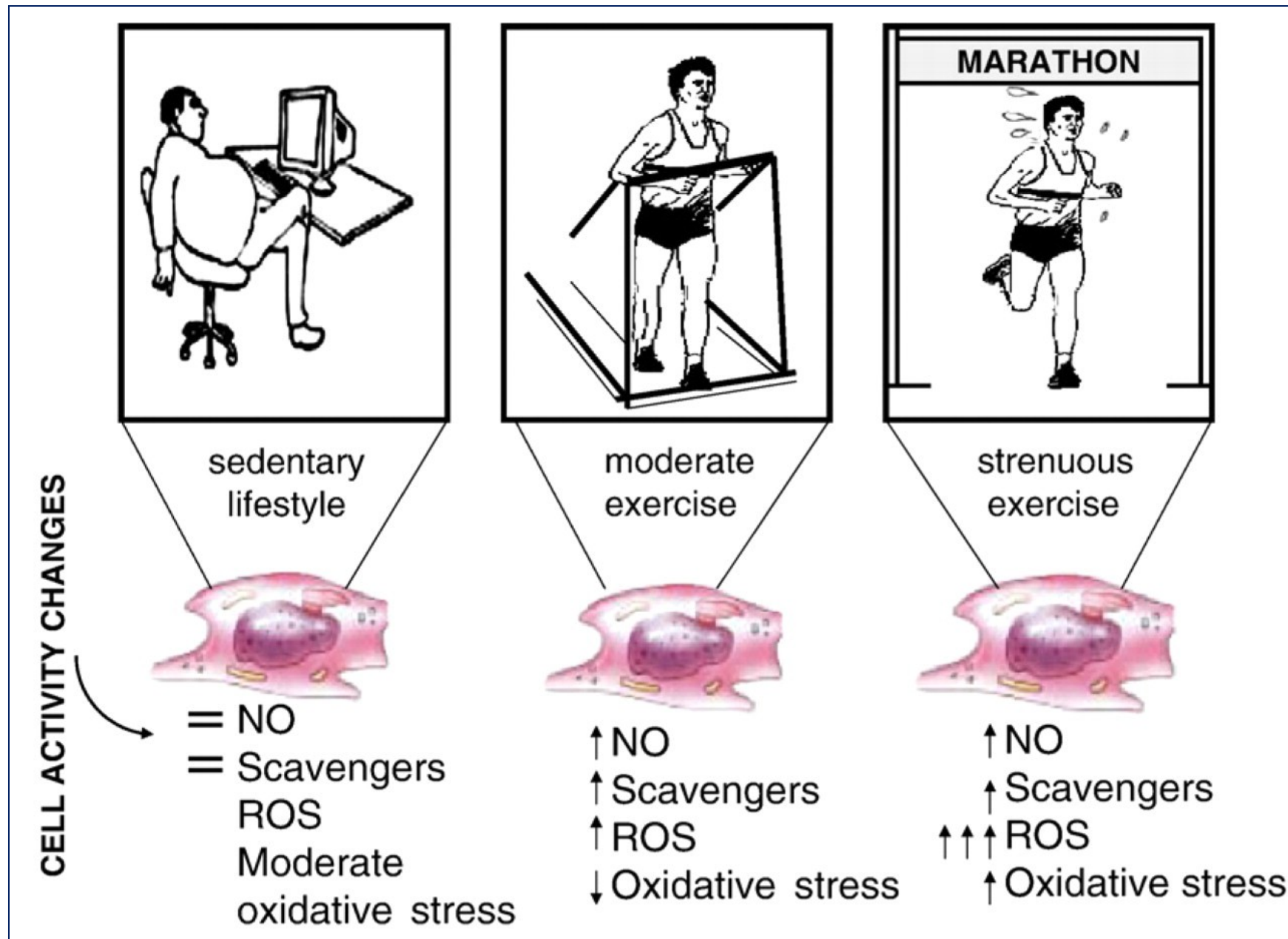


# POHYBOVÁ AKTIVITA A OXIDAČNÍ STRES

*Nutrition, physical activity, and  
cardiovascular disease: An update*

Louis J. Ignarro, Maria Luisa  
Balestrieri, Claudio Napoli.

[cardiores.2006.06.030](#) 326-340



## ZÁVĚRY - DOPORUČENÍ

- ❑ Pravidelné vytrvalostní „poněkud namáhavé“ cvičení  
→ ... zlepšení odolnosti vůči oxidačnímu stresu ...
- ❑ Použití antioxidantů pomůže ztlumit oxidační stres (vhodnější po sport. výkonu).



Kurz cykloturistiky studentů FSpS MU, Mílovy (foto: autor)

- ❑ Vysoce intenzivní vytrvalostní zátěž → **příliš velký oxidační stres**  
→ poškození buněk – tkání – orgánů ...

**DOPORUČENÝ  
POHYB PRO  
ZDRAVÍ**

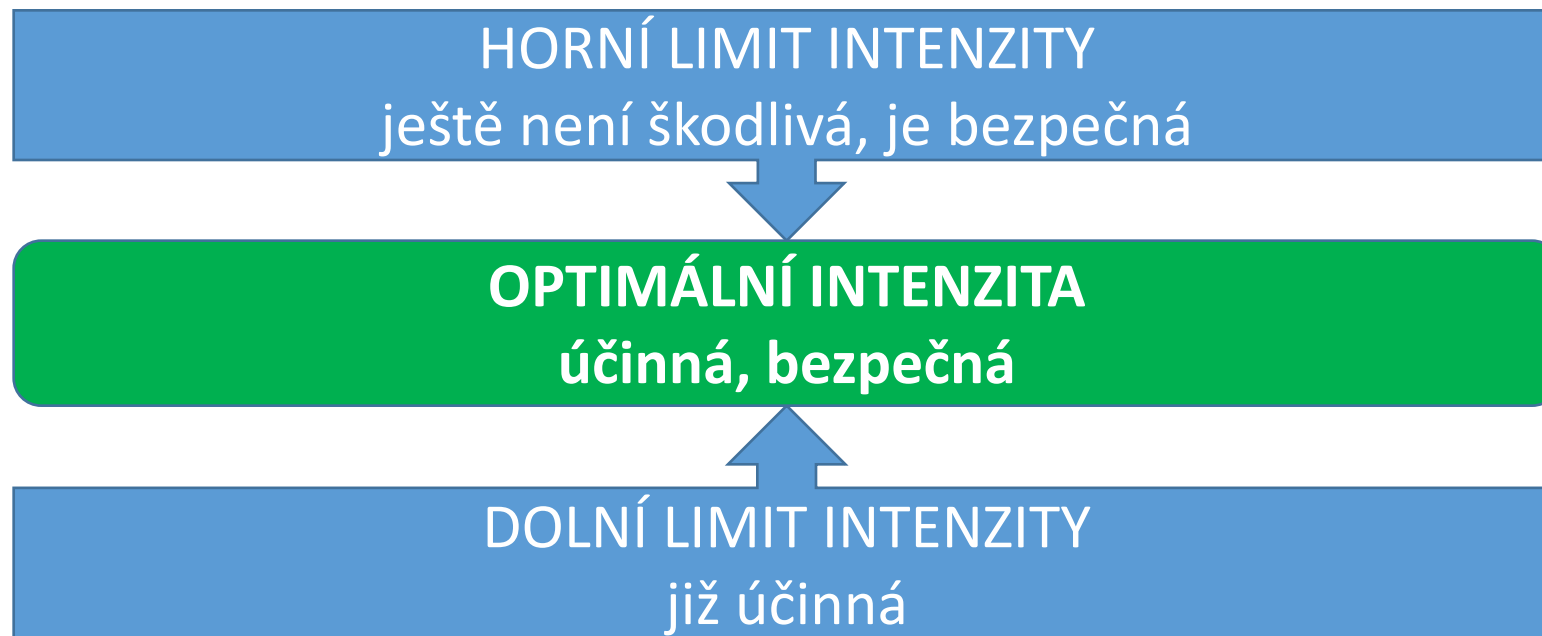
OMEZIT

***Děkuji Vám za pozornost.***

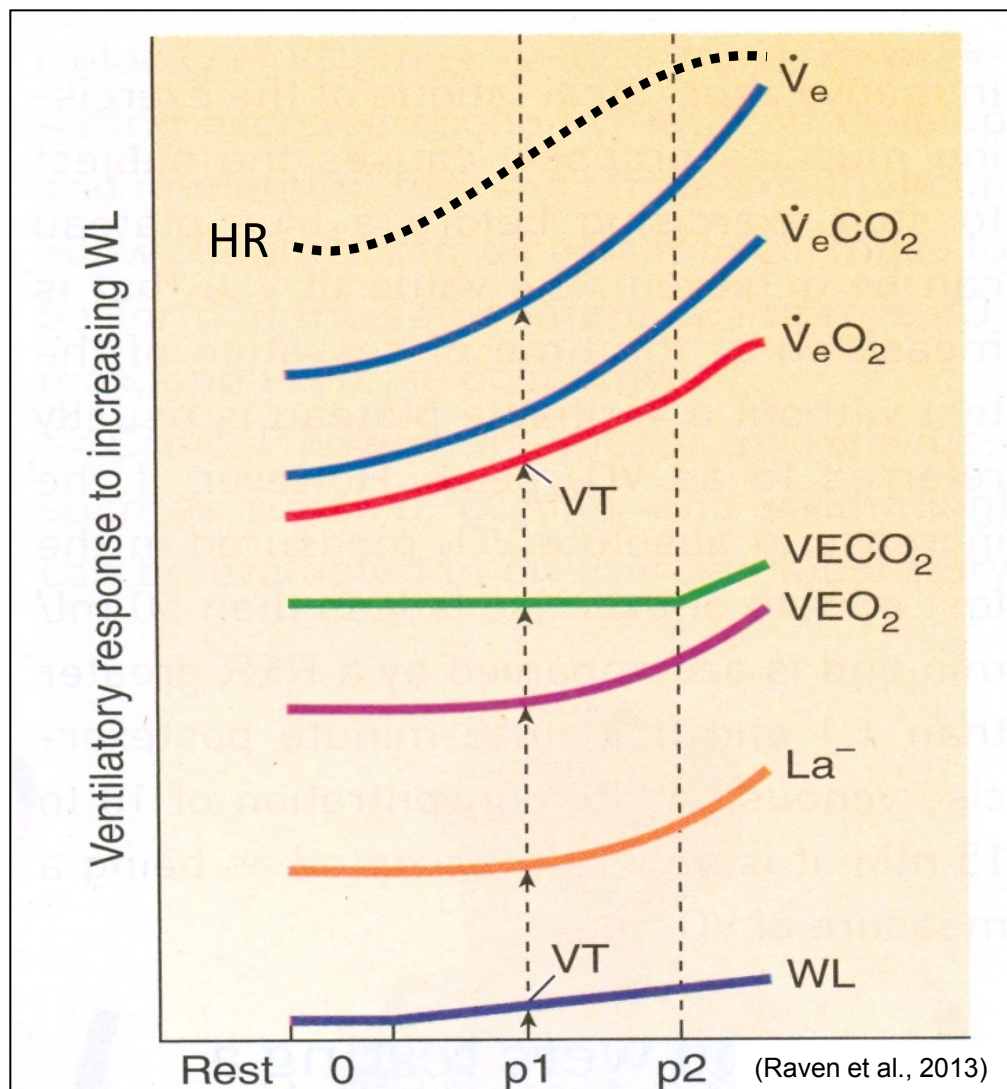
[novotny@fsps.muni.cz](mailto:novotny@fsps.muni.cz)

[www.fsps.muni.cz/~novotny](http://www.fsps.muni.cz/~novotny)

**Individuální stanovení intenzity plánované vytrvalostní zátěže**  
→ test reakce na zátěž → vodítka pro řízení intenzity



**Tradiční stanovení vodítek a limitů intenzity tréninkové zátěže zátěžovým testem anaerobní práh (VT, LT),  $\approx 50-75\%$  max. příjmu kyslíku nebo srdeční rezervy**



- ventilace
- HR – srdeční frekvence
- výdej CO<sub>2</sub>
- příjem O<sub>2</sub>
- vent.ekvivalent CO<sub>2</sub>
- vent. Ekvivalent O<sub>2</sub>
- laktát
- pracovní zátěž - INTENZITA



## Doporučená intenzita rekreační a léčebné pohybové aktivity

- těsně pod anaerobním prahem (ANP)
- **POCIT ZÁTĚŽE „PONĚKUD NAMÁHAVÁ“**  
(„13“ dle Borga, 1962)
- přijatelná – příznivá produkce oxidačních látek



Fauja Singh: „pořád se smát a běhat“

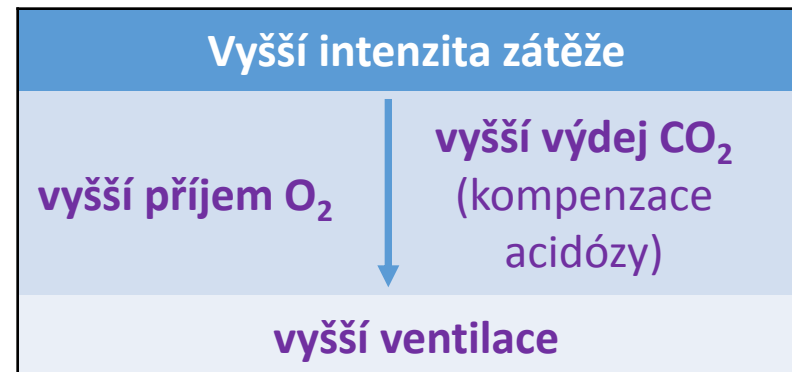
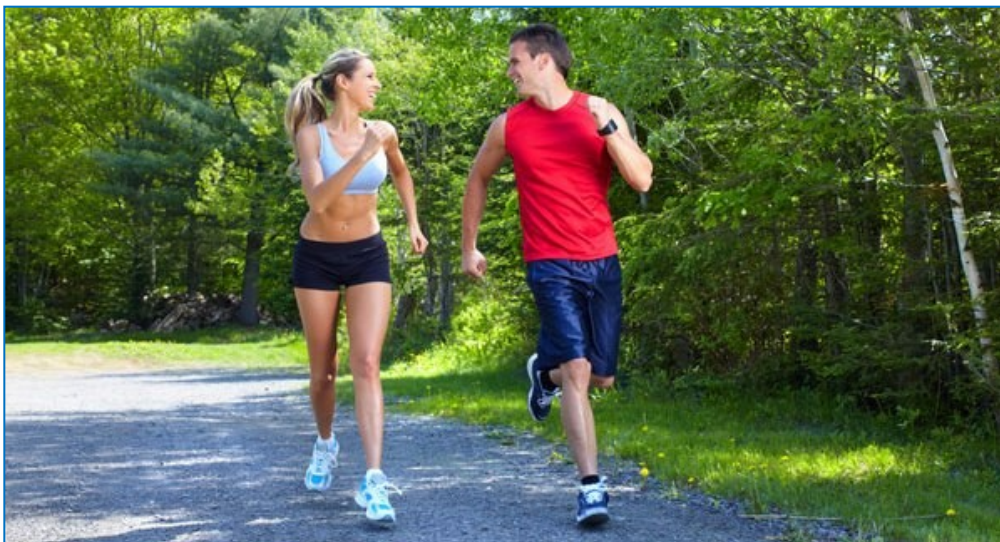
(Právo, 2011)

Stupeň	Slovní hodnota
6	
7	VELMI VELMI LEHKÁ
8	
9	VELMI LEHKÁ
10	
11	LEHKÁ
12	
13	PONĚKUD NAMÁHAVÁ
14	ANP
15	NAMÁHAVÁ
16	
17	VELMI NAMÁHAVÁ
18	
19	VELMI VELMI NAMÁHAVÁ
20	

Doporučená intenzita rekreační a léčebné pohybové aktivity  
pod úrovní ventilačního anaerobního prahu → přijatelná produkce oxidačních látek

**„Test du parler“ (Croteau et al.)**

INTENZITA ZÁTĚŽE, při níž přestáváme být schopni souvislé řeči,  
blíží se úrovni „1. ventilačního (anaerobního) prahu“

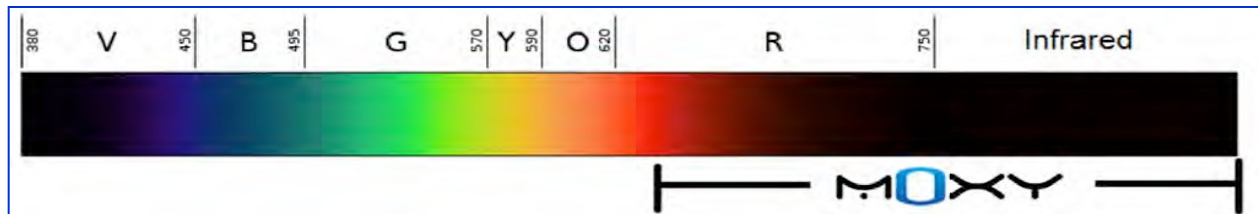


## Nová metoda stanovení vodítek a limitů intenzity tréninkové zátěže

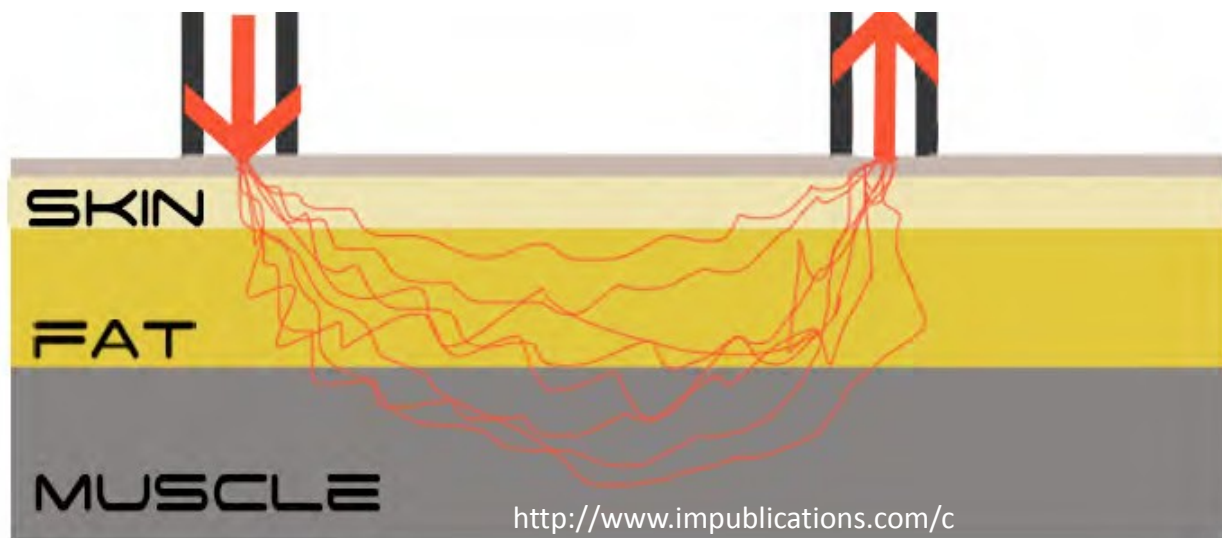
### ZÁTĚŽOVÝ TEST SE SVALOVOU OXYMETRIÍ

sledování míry oxidace krve a tkání

Hemoglobin a deoxyhemoglobin absorbují červené a infračervené záření podle míry saturace O<sub>2</sub>.  
[poměr oxyHb a deoxyHb ve svalové tkáni v %]



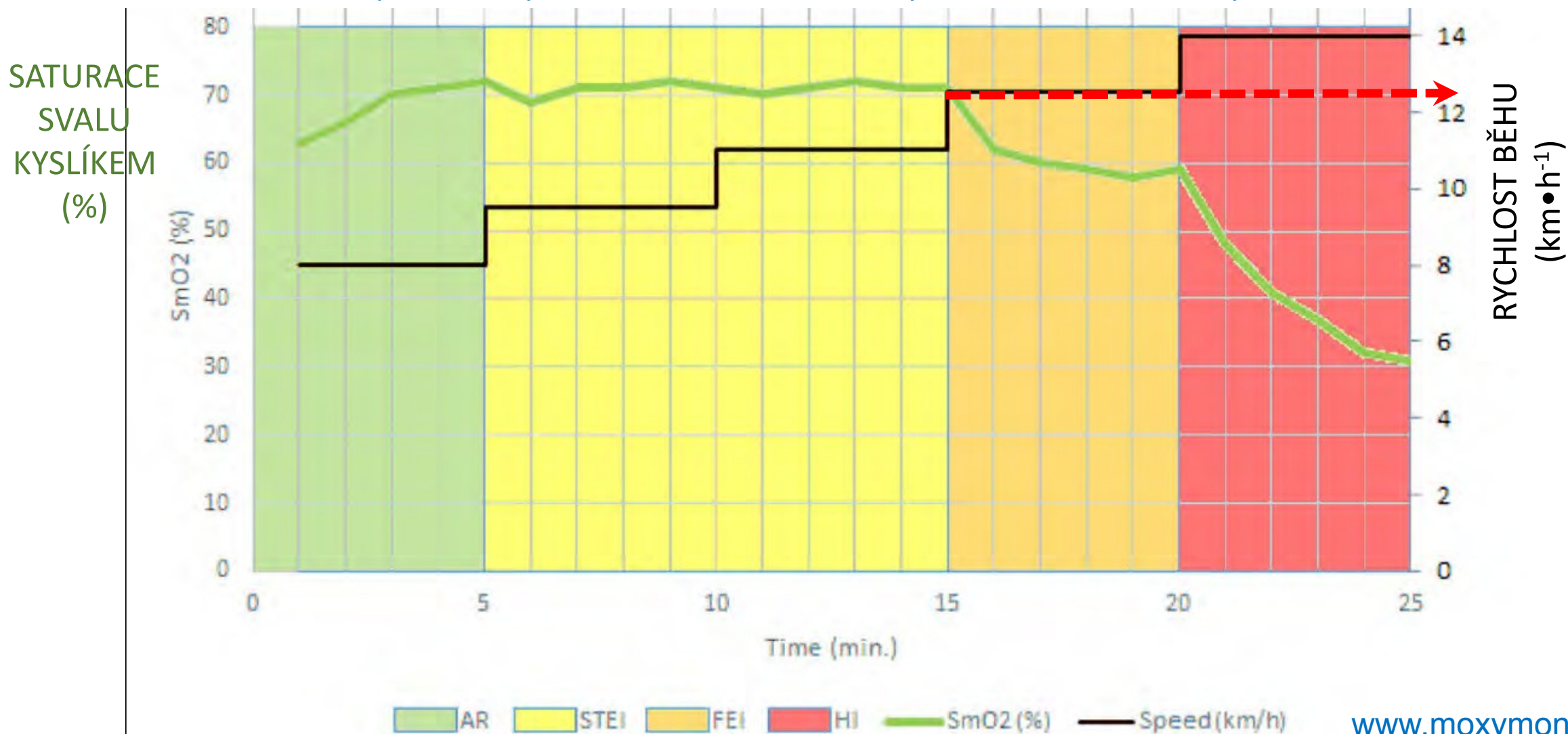
near infrared spectroscopy (NIRS)





## Stanovení horního limitu intenzity vytrvalostního cvičení - „DEOXIDAČNÍ PRÁH?“

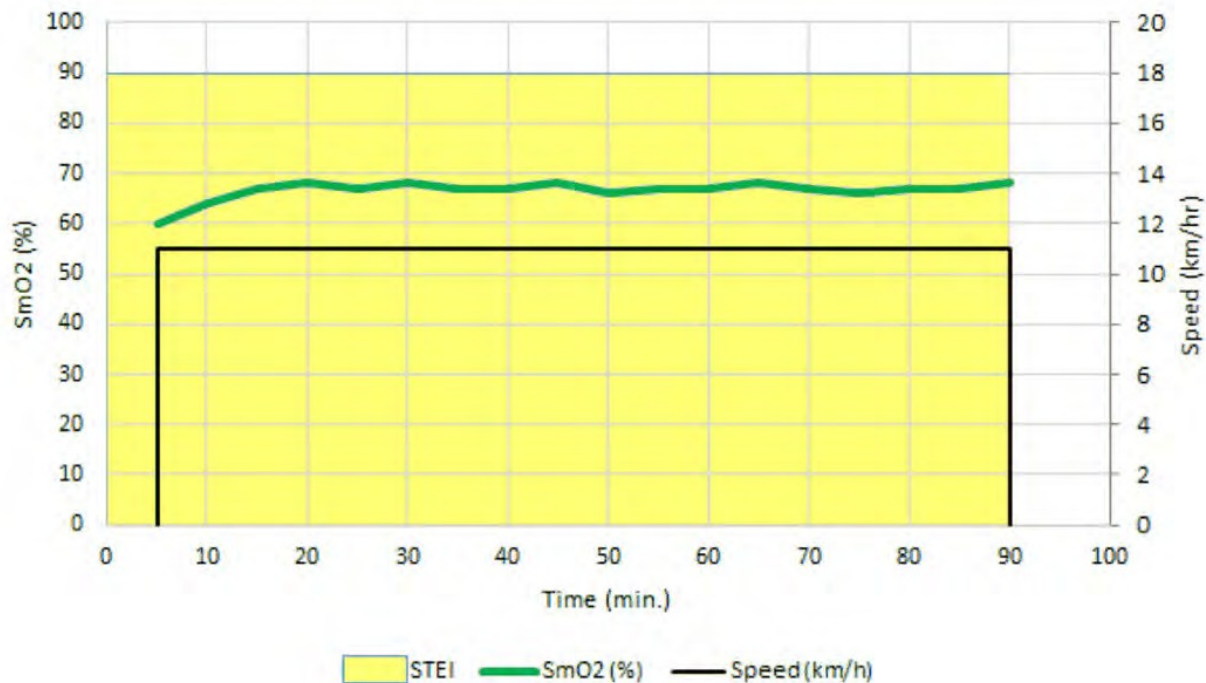
stupňovaná rychlost běhu, do udržení vysoké saturace svalu kyslíkem





## Monitorování SmO<sub>2</sub> pro řízení tréninku

KONTINUÁLNÍ AEROBNÍ TRÉNINK (intenzita)  
pro zdraví



INTERVALOVÝ TRÉNINK (čas a intenzita)  
pro zdraví ?

