

Pohyb pro zdraví a oxidační stres



Brněnský běžecký pohár – Jehnice



2002

Jan Novotný
2016 - 2020



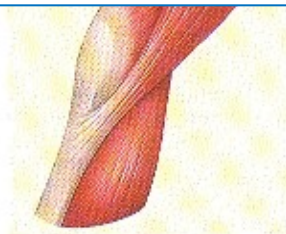
Pohyb pro zdraví a oxidační stres



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 svalech 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 svalech



Snižovaný krevní průtok ledvinami

Sekrece hormonů z nadledvin se zvyšuje v důsledku sympatické stimulace

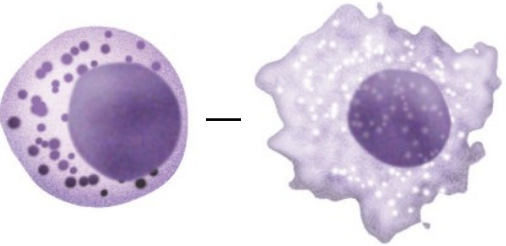
POHYB PRO ZDRAVÍ: vhodná chůze, běh, jízda na kole - koloběžce, plavání, in-line bruslení, běh na lyžích, veslování, pádlování, rekreační aerobik, tanec, ...

- **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
LEHKÉ (< 75% VO ₂ max)	Více T-lymfocytů + Natural Killers + Makrofágů 	Normální stav
TĚŽKÉ (měsíce tréninku)	Méně Natural Killers + Makrofágů	Méně protilátek IgA a IgG, Interferonu, C-reaktivního proteinu



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

IMUNOSUPRESE

častější infekce u vrcholových plavců ...

PŘÍČINA
???

POHYBOVÁ AKTIVITA → SVALY

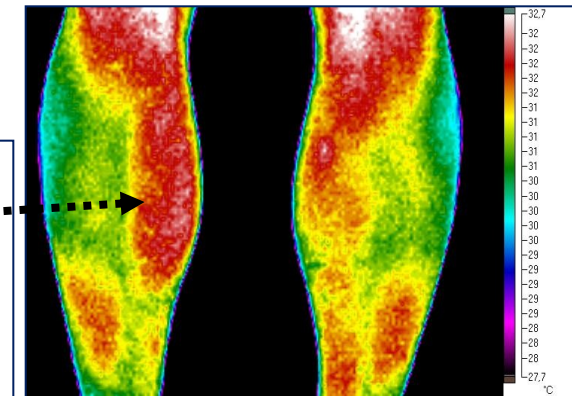
z lékařské praxe se sportovci ..

TERMOGRAM LÝTEK ZE ZADU u 40 letého badmintonisty po tréninku

vysoká teplota caput mediale m. gastrocnemius

MYOSITIS - ZAČÍNÁJÍCÍ RABDOMYOLÝZA ?

(archiv ambulance TV lékařství autora)

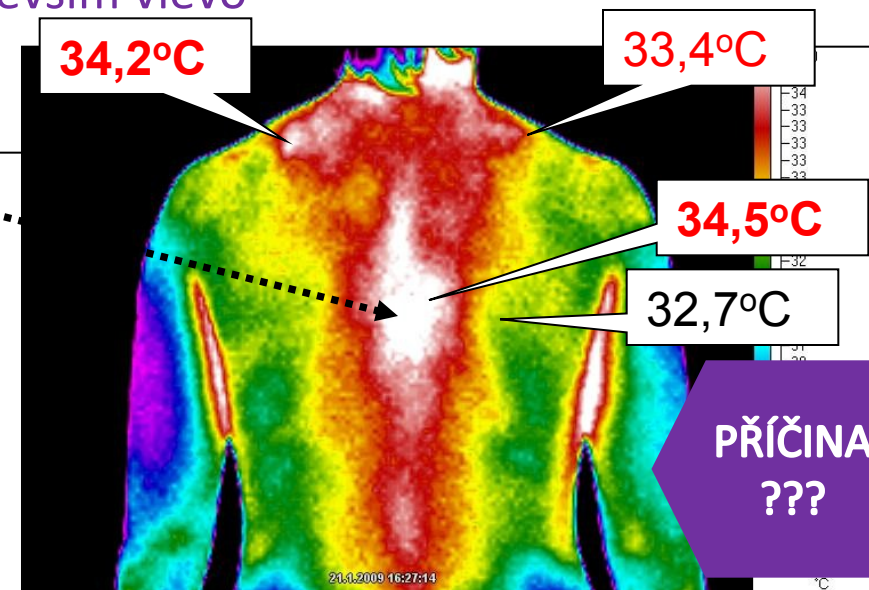


TERMOGRAM ZAD 19 letého fotbalisty s bolestmi hrudní části zad a zvýšeným napětím hrudního napřimovače páteře a trapezu

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%VO₂max) → **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.**

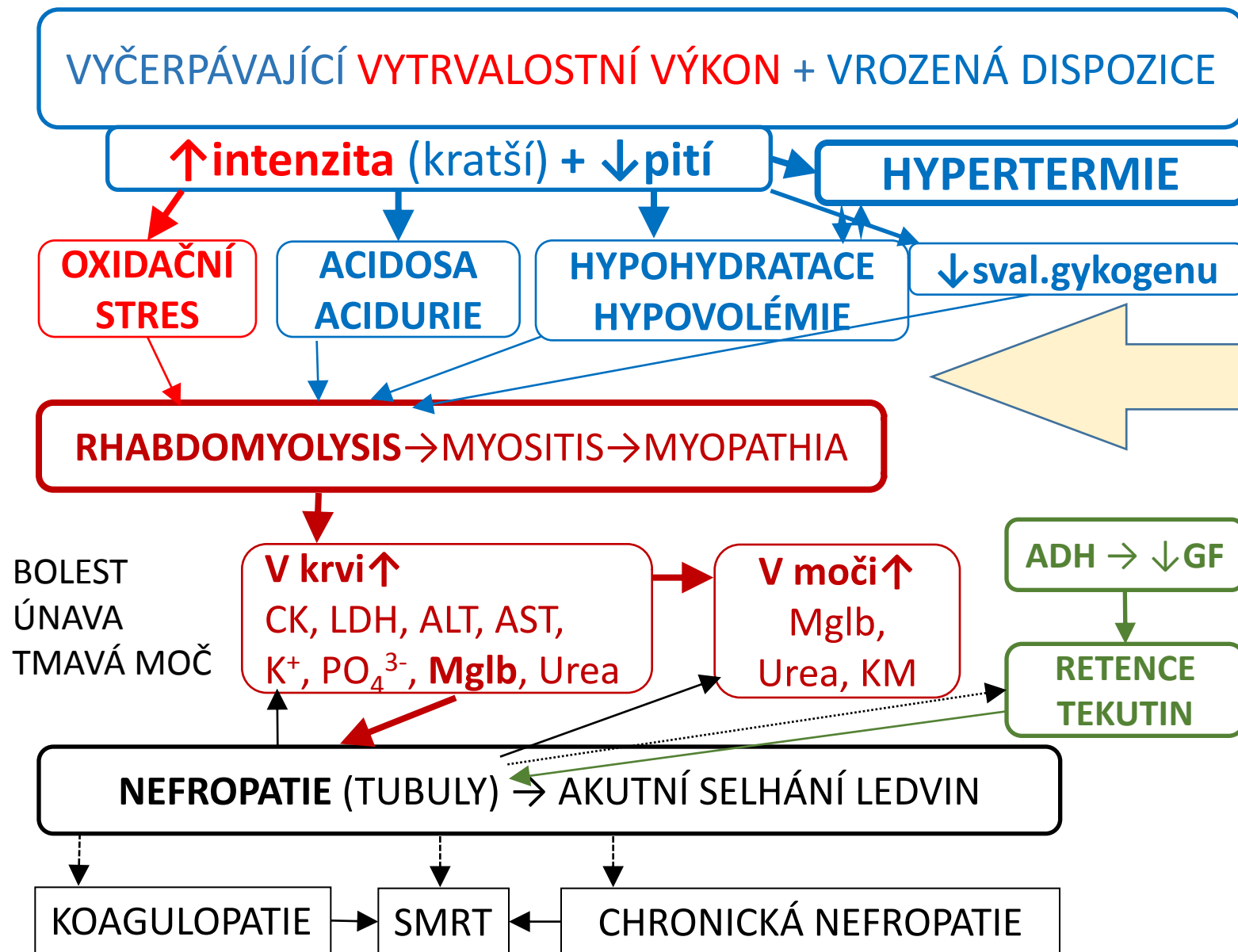
RABDOMYOLÝZA multifaktoriální patogeneze, symptomy, následky

antiflogistika, statiny, alkohol,
zranění, infekce

Landau et al., 2012:

GENET. FAKTORY – enzym.defekty:

Myofosforyláza (McArdler sy),
Carnitinpalmitoyltransferáza,
Myoadenylátdeamináza ..



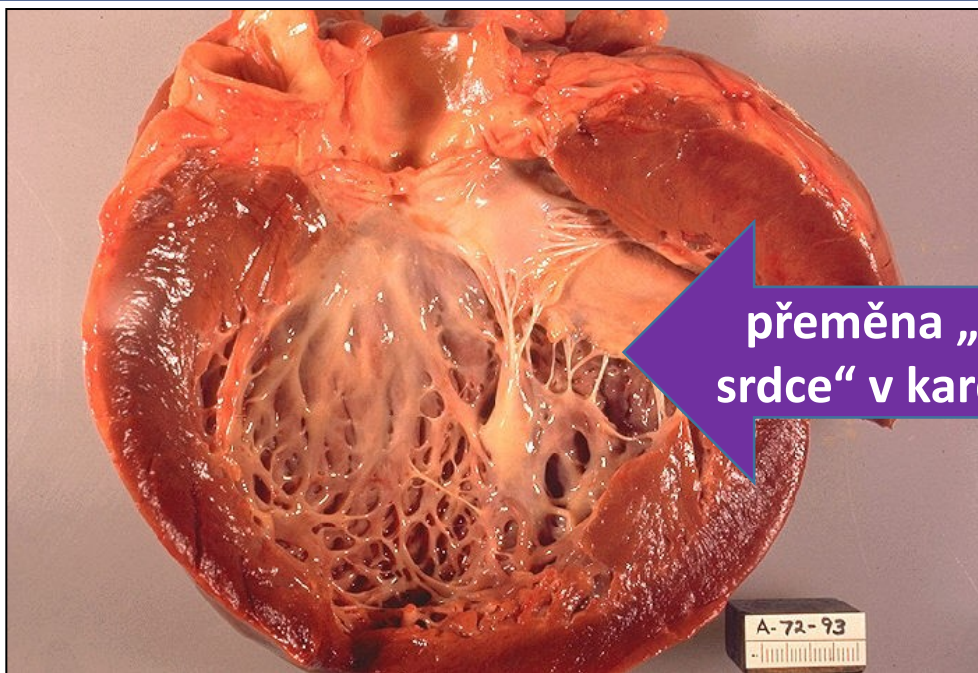
<https://leytonsportsmassage.com/news-articles/massage-after-exhaustive-exercise-may-aid-muscle-repair/>

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>



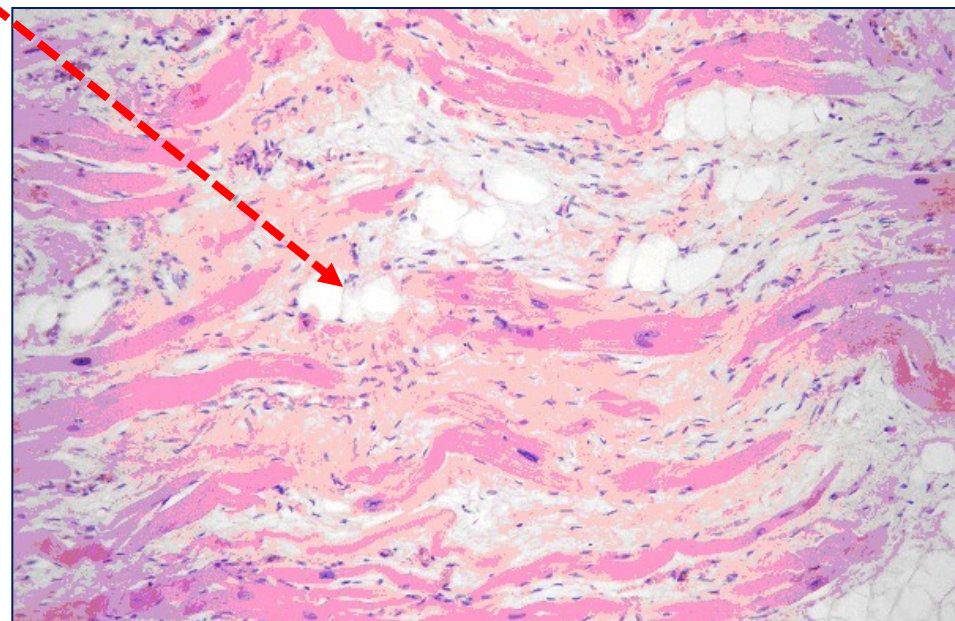
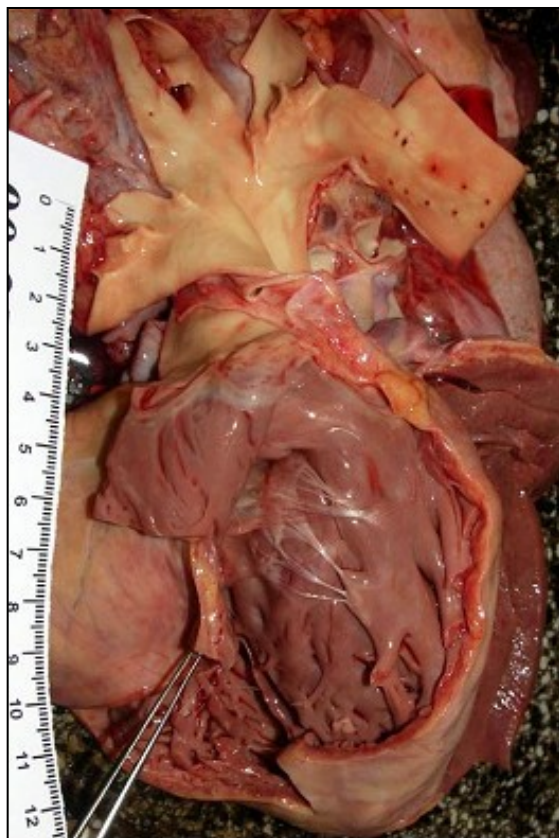
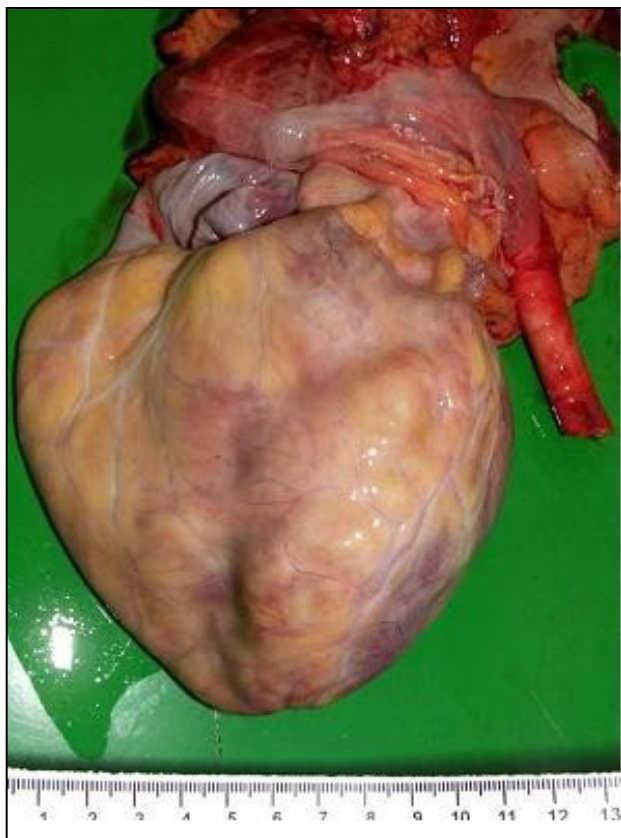
... kdo chce být první ...

**OXID.
STRES**

Náhlá srdeční smrt 16 letého fotbalisty

Arytmogenní **kardiomyopatie** (dysplazie) pravé komory

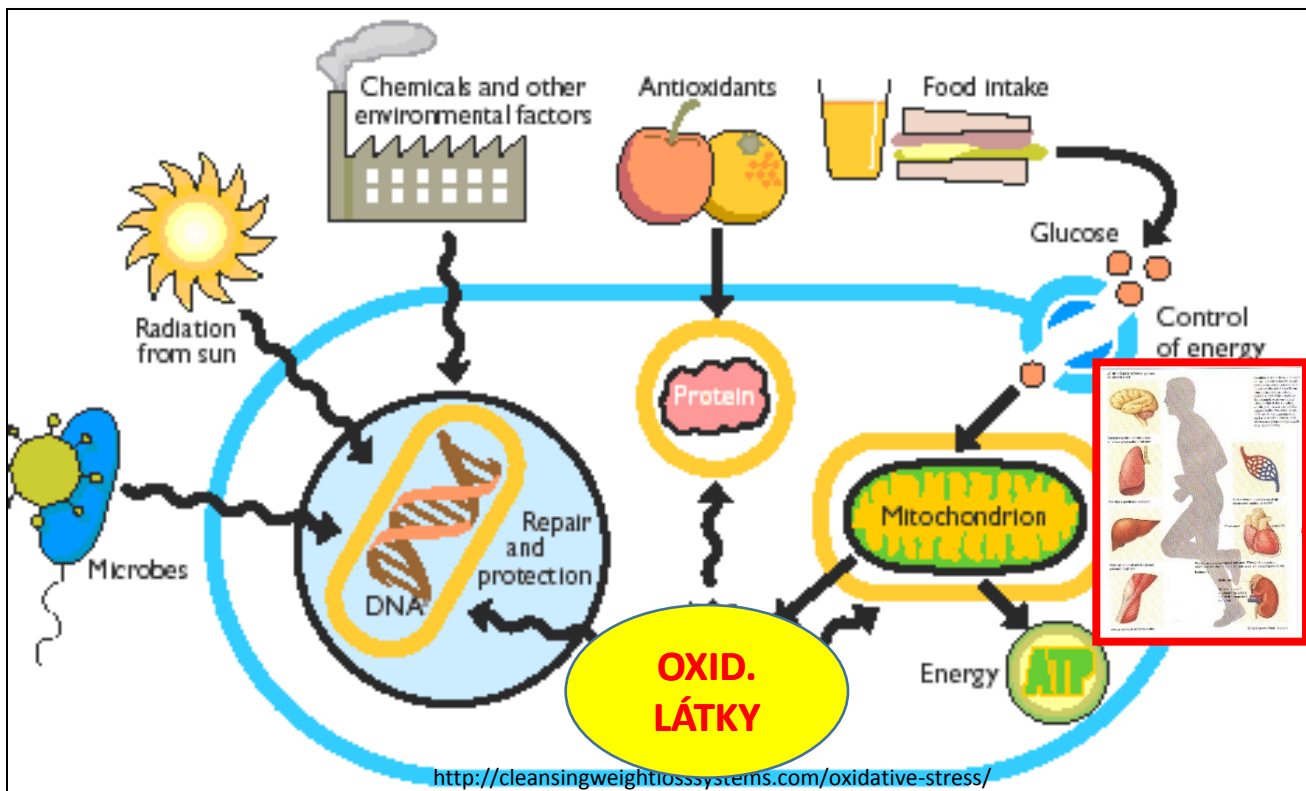
difúzní náhrada myokardu vazivově tukovou tkání (apoptóza), el. izolátorem



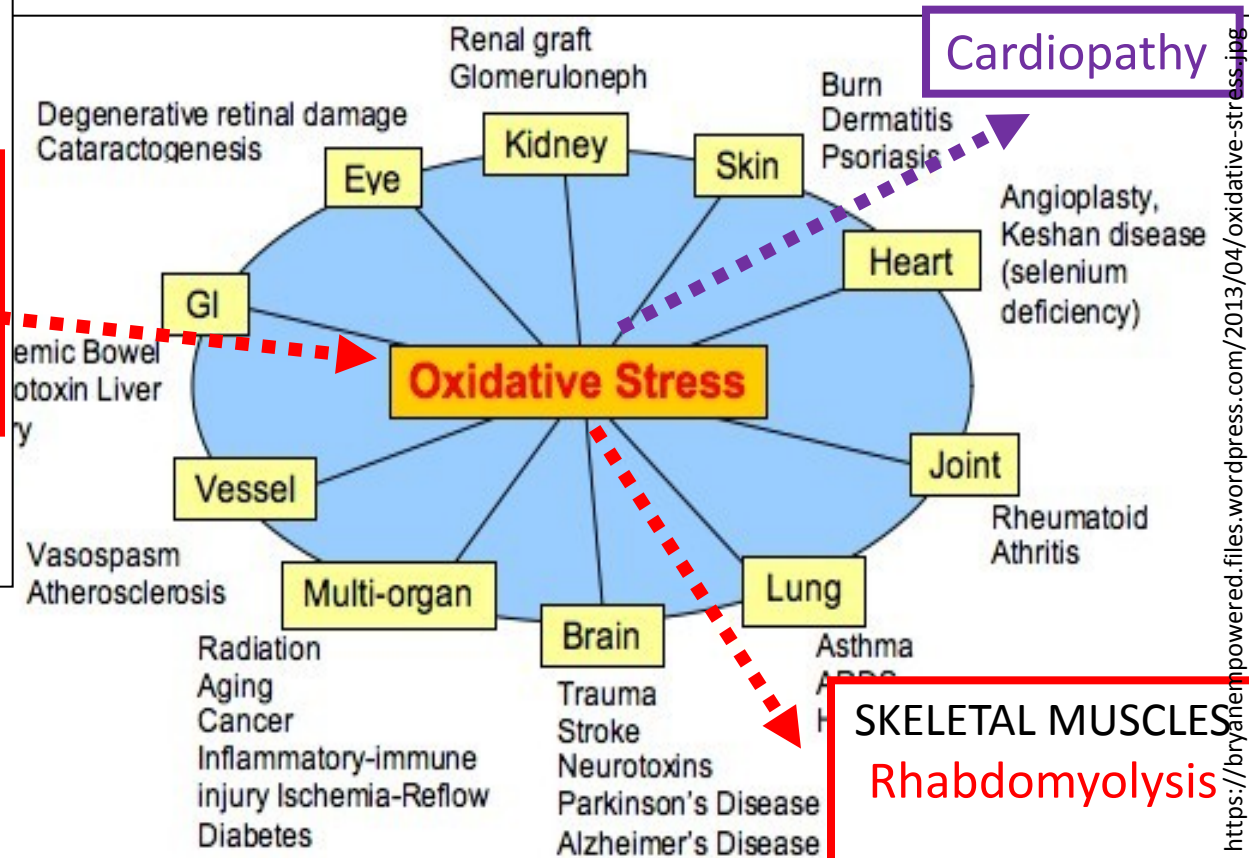
→ *maligní dysrytmie srdce* → *zástava*

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

FAKTORY VZNIKU OXIDAČNÍHO STRESU



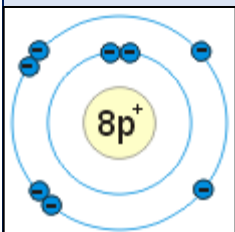
OXIDAČNÍ STRES V PATOGENEZI NEMOCÍ



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.

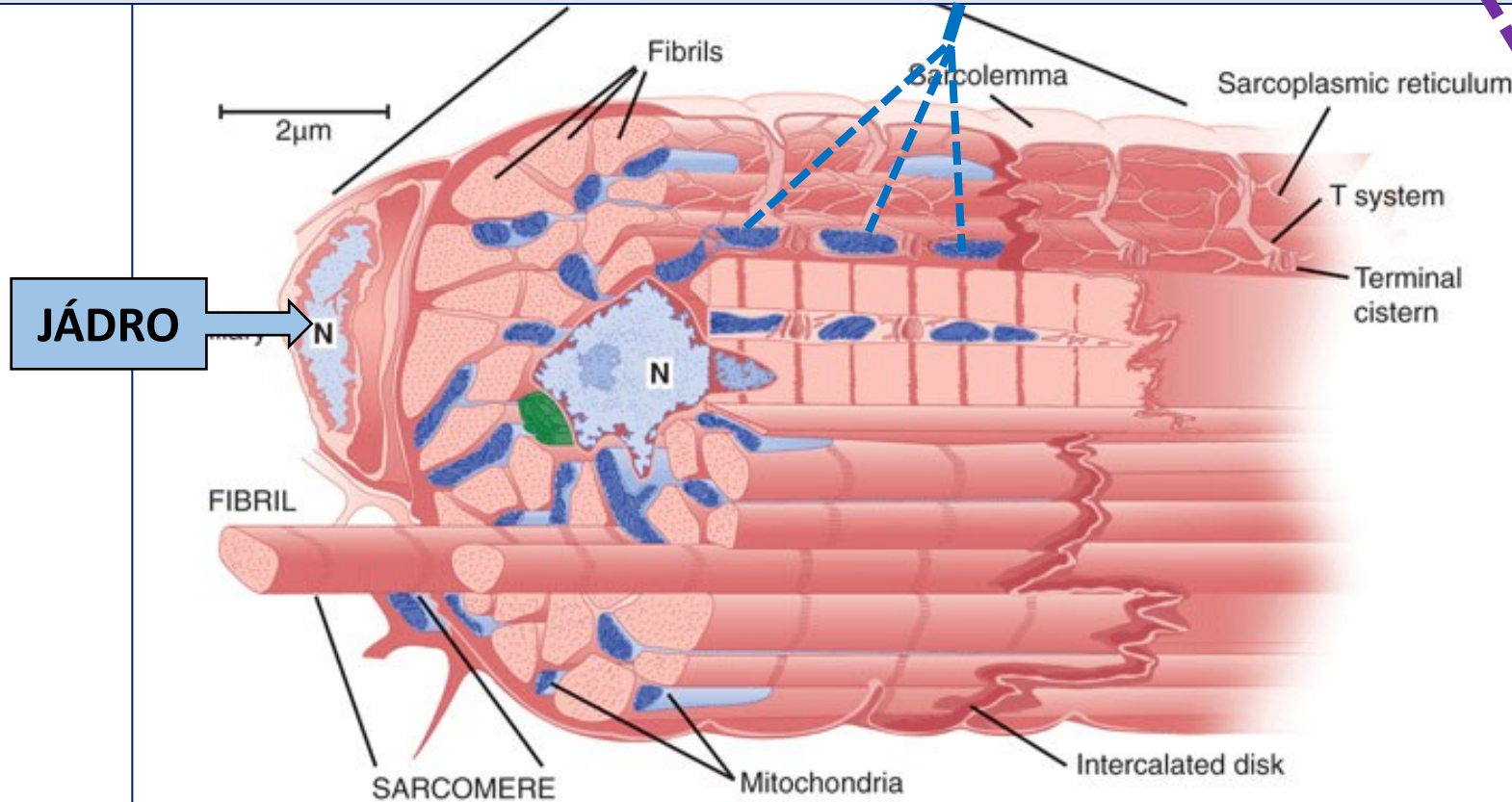
Intenzivní svalová práce produkci ROS mnohonásobně zesiluje.

Mechanismus působení ROS

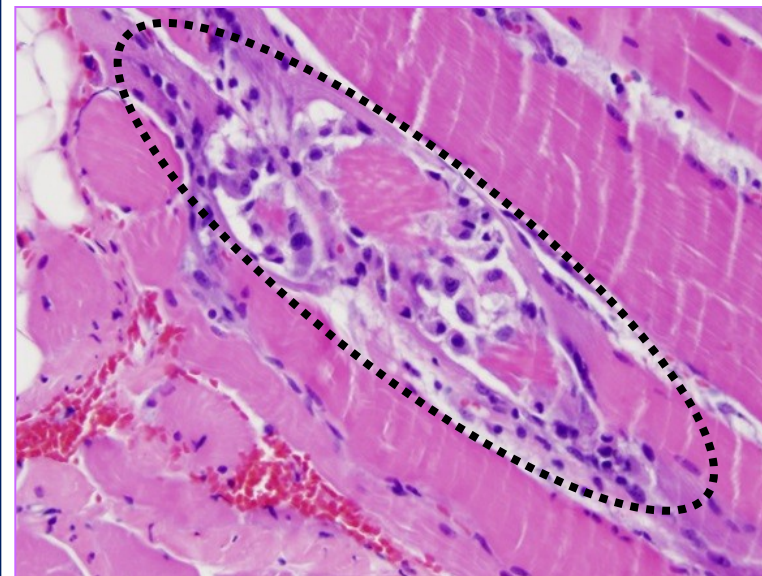
Peroxidace lipidů → ničení **membrán mitochondrií - myocytů** → .. krev → další tkáně ..

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.

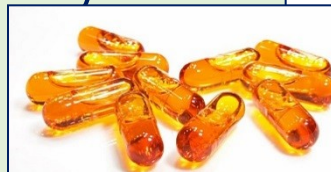
Vlastní tělesné antioxidační látky

- ❑ **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** (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 ? ..)**



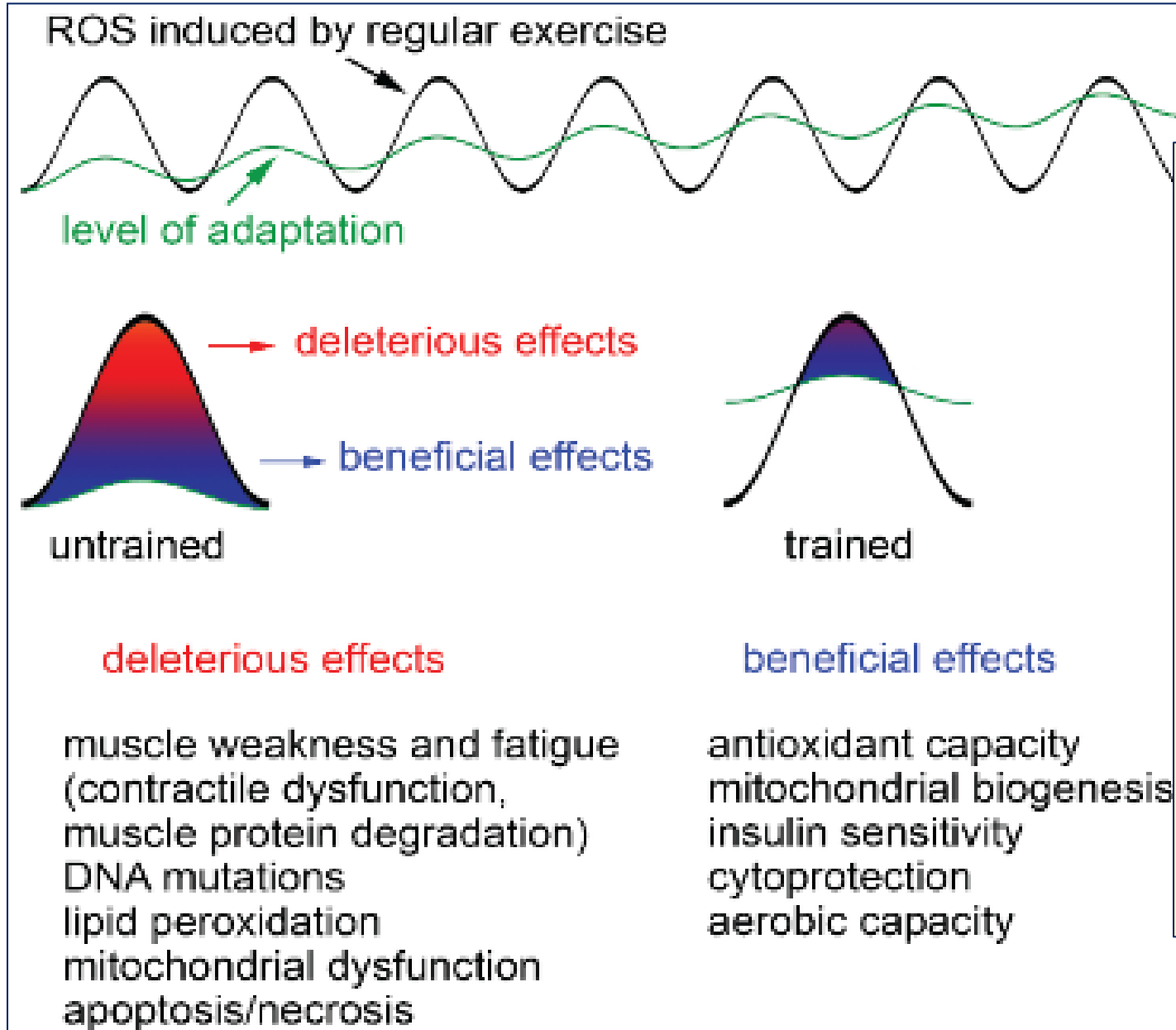
Vztah vytrvalostní zátěže a adaptace na oxidační stres

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

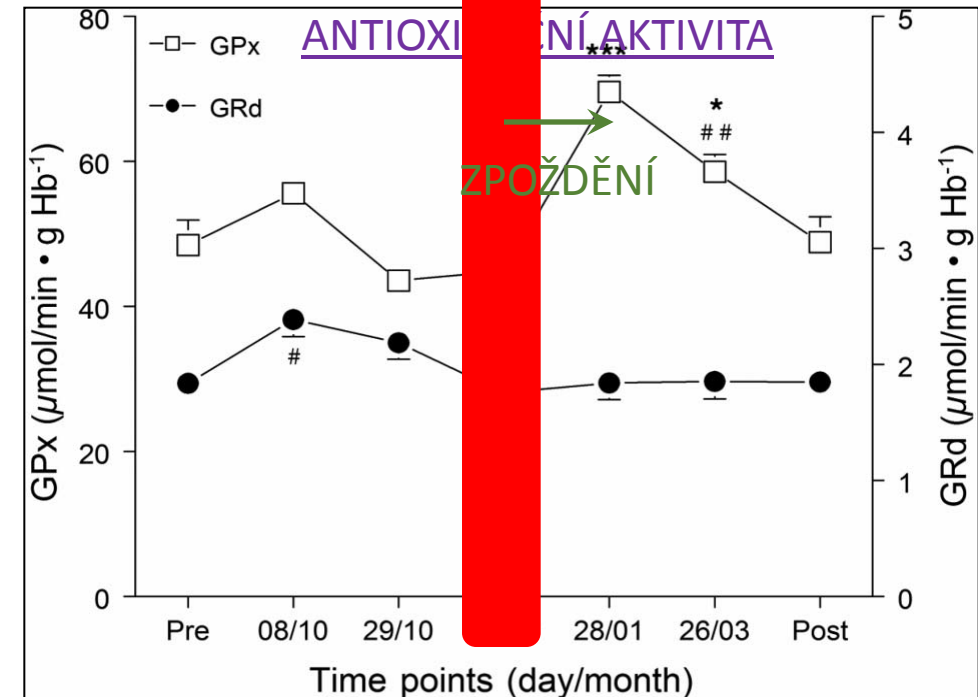
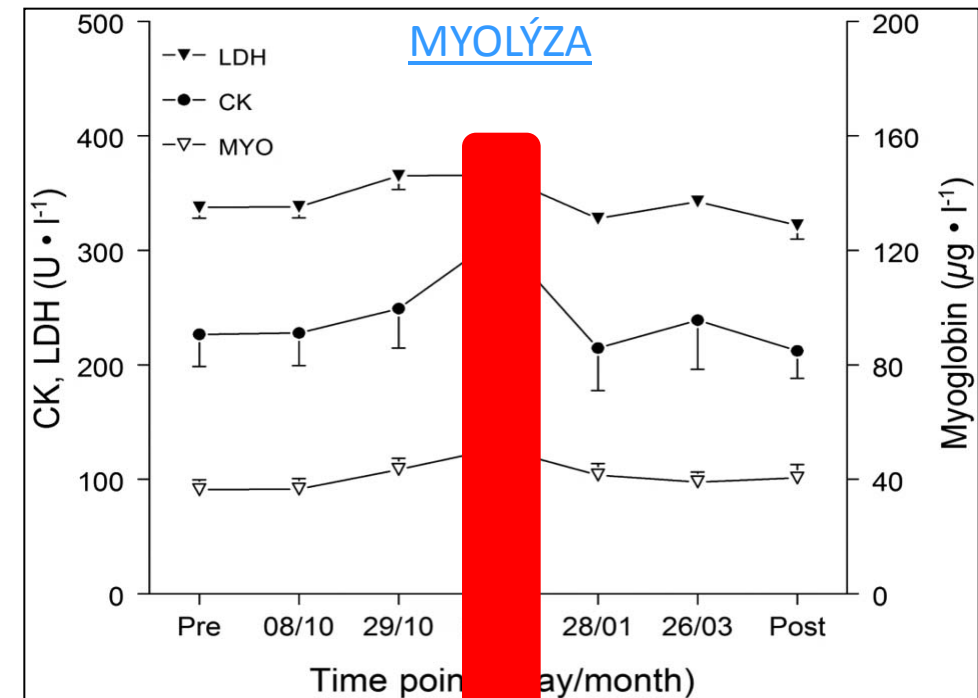
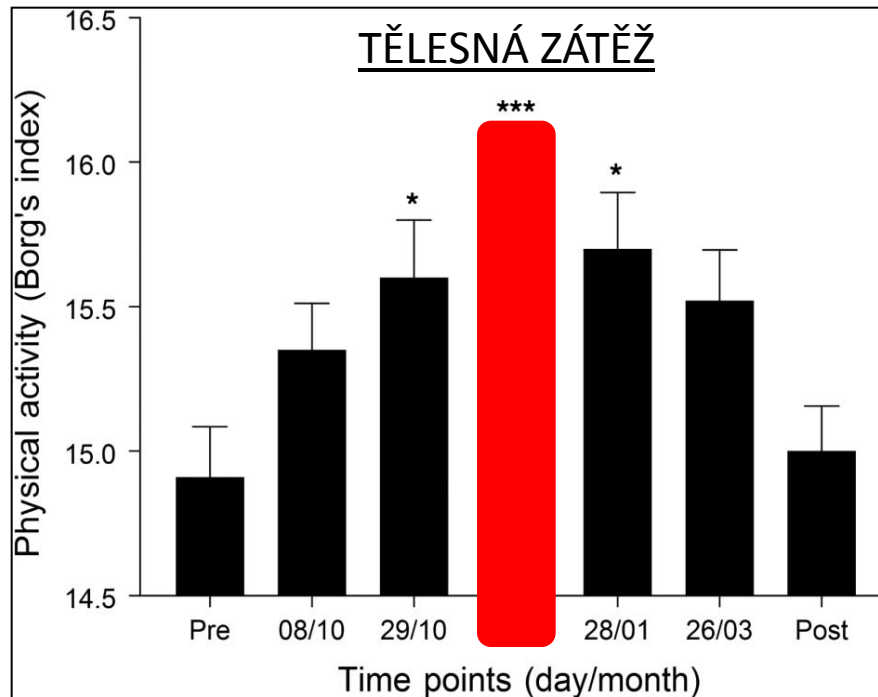
LDH – laktátdehydrogenáza

Myoglobin

ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA

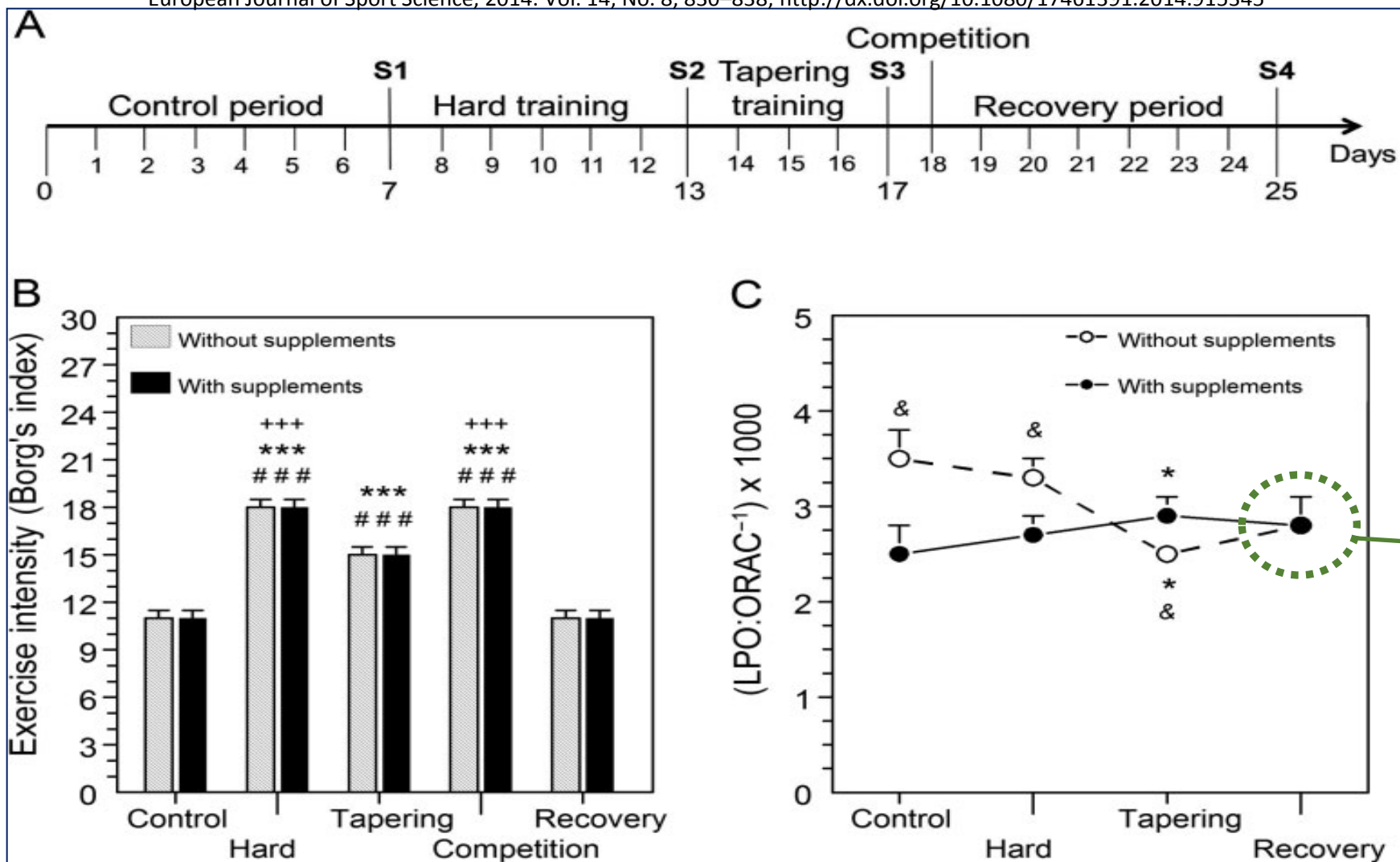
GPx - glutathionperoxidáza

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⁻¹)
 Vit E (400 mg day⁻¹)

Poměr LPO:ORAC
 - ukazatel oxidačního stresu
 LPO – lipid peroxidation
 ORAC - plasma oxygen radical absorption capacity

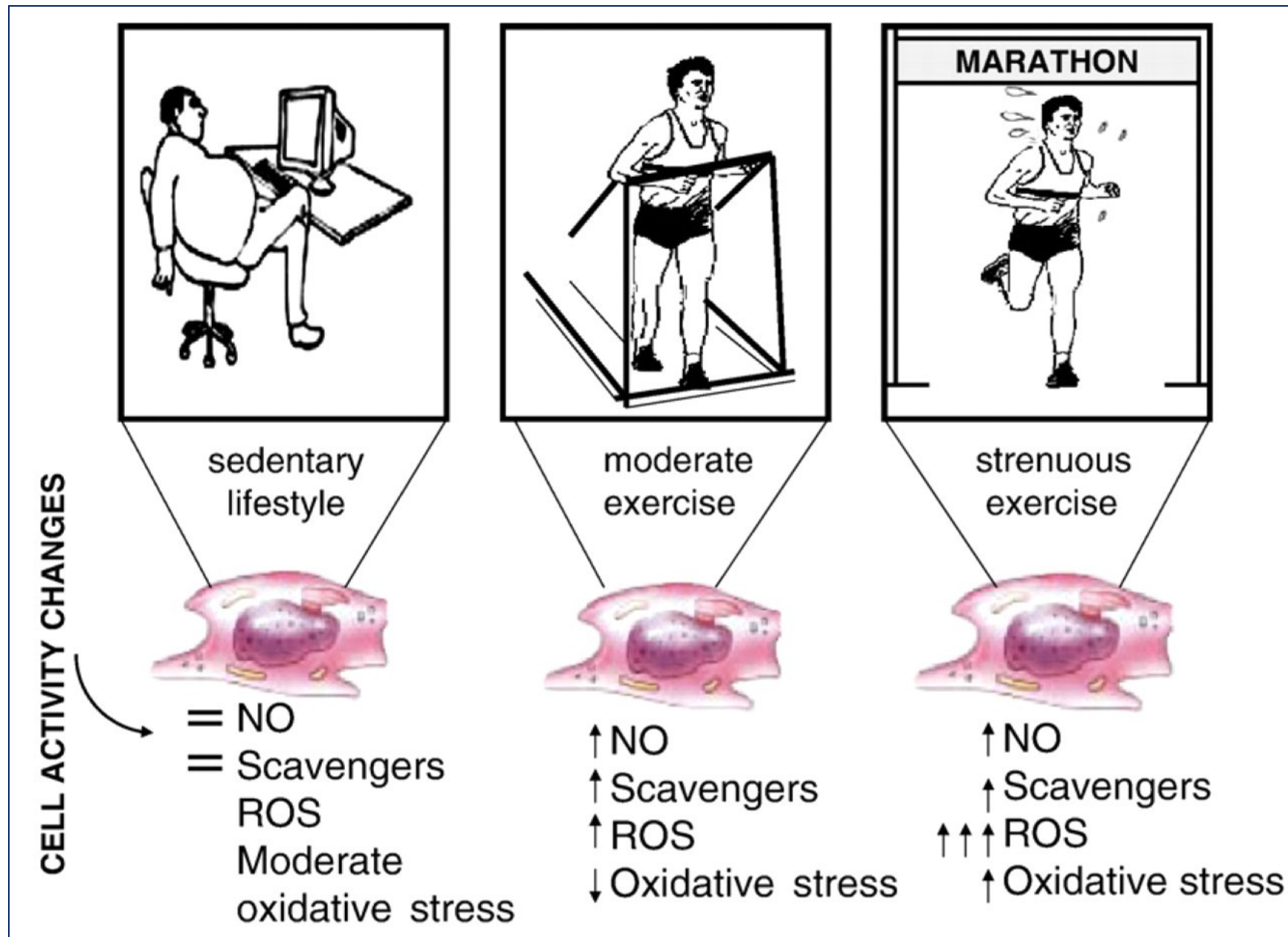
Závěr:
 Trénování cyklisté nepotřebují ke zlepšení oxidační adaptace suplementaci antioxidanty.

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**

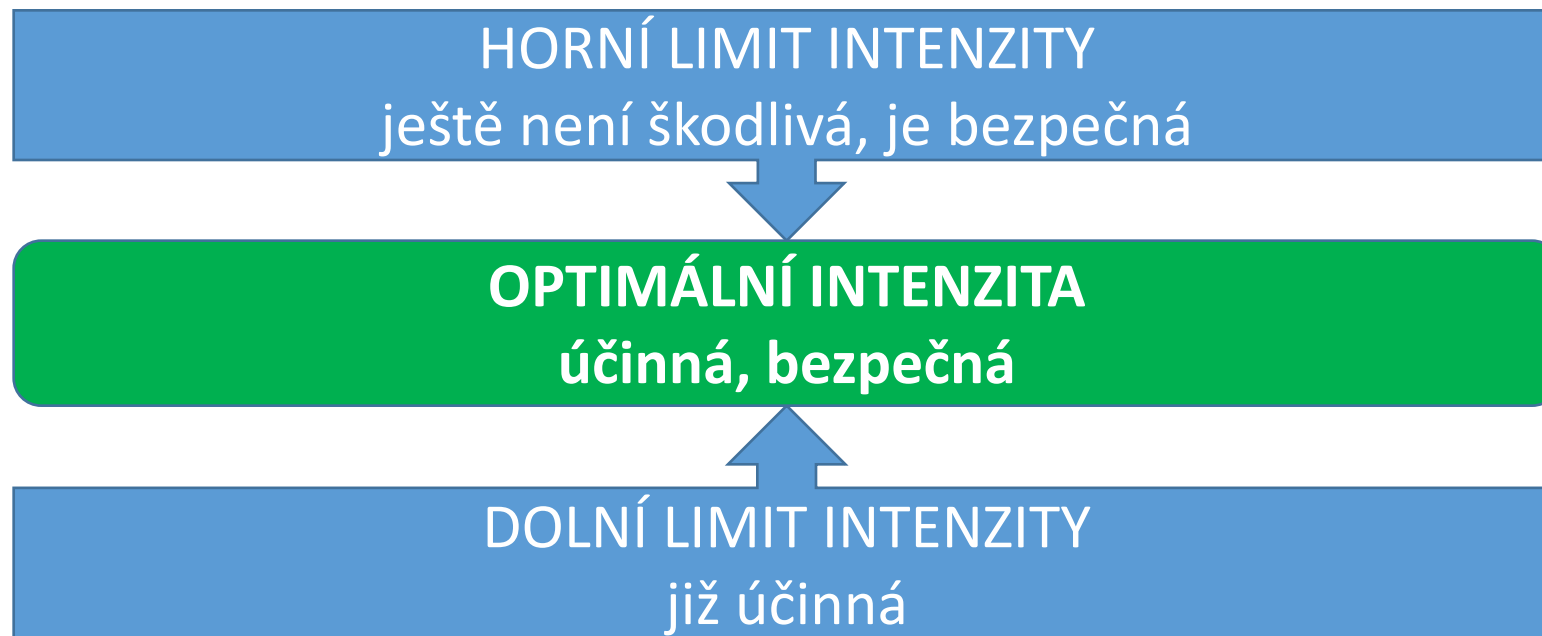
OMEZIT

Děkuji Vám za pozornost.

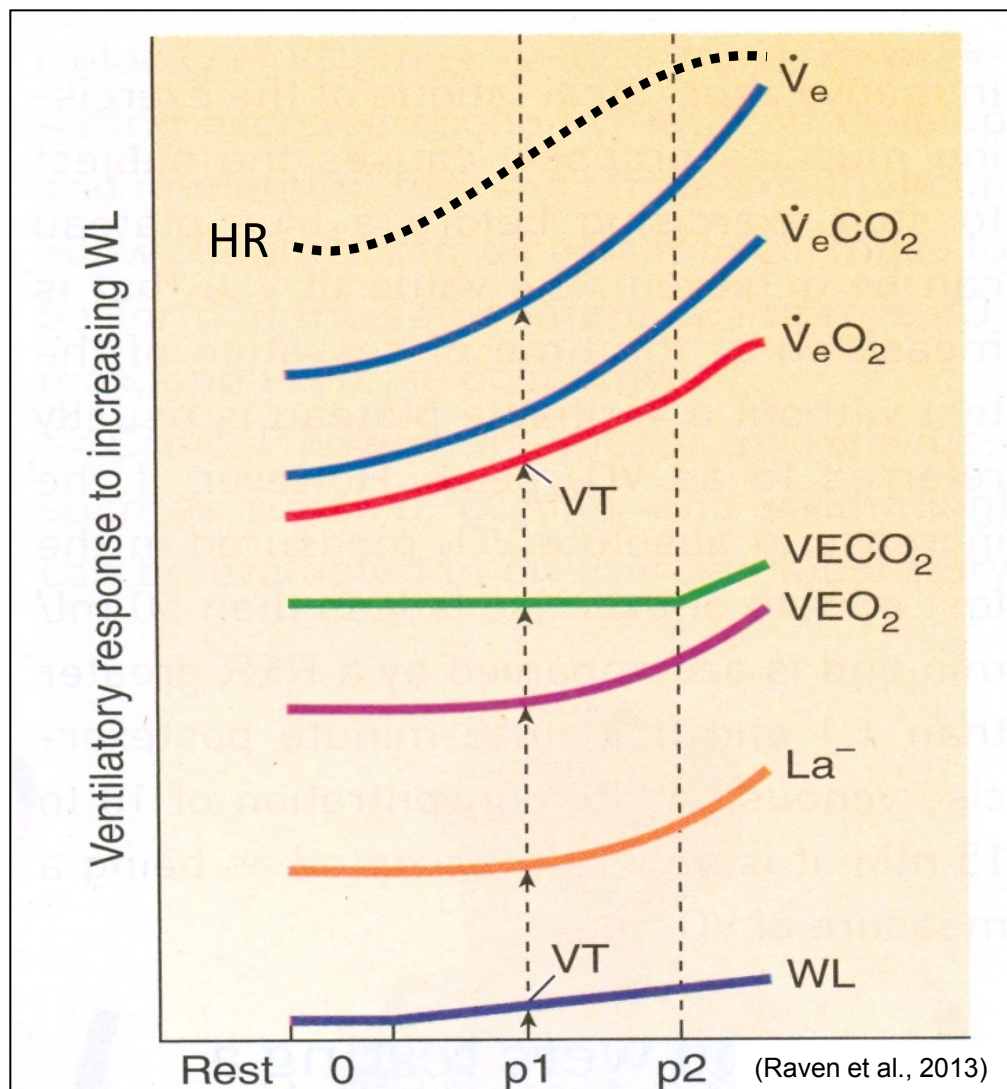
novotny@fsps.muni.cz

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 CO₂
- příjem O₂
- vent.ekvivalent CO₂
- vent. Ekvivalent O₂
- 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“

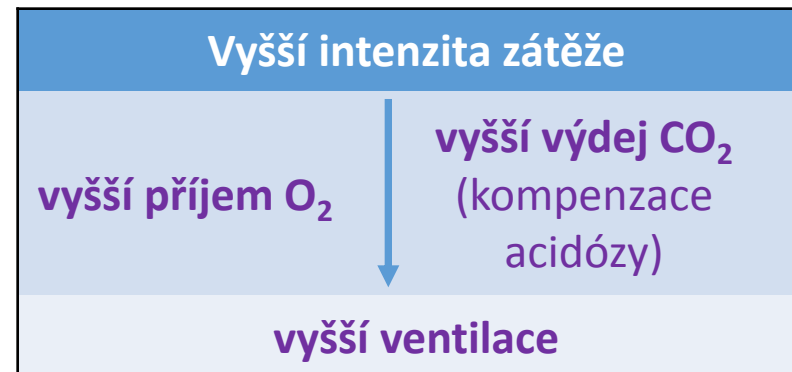
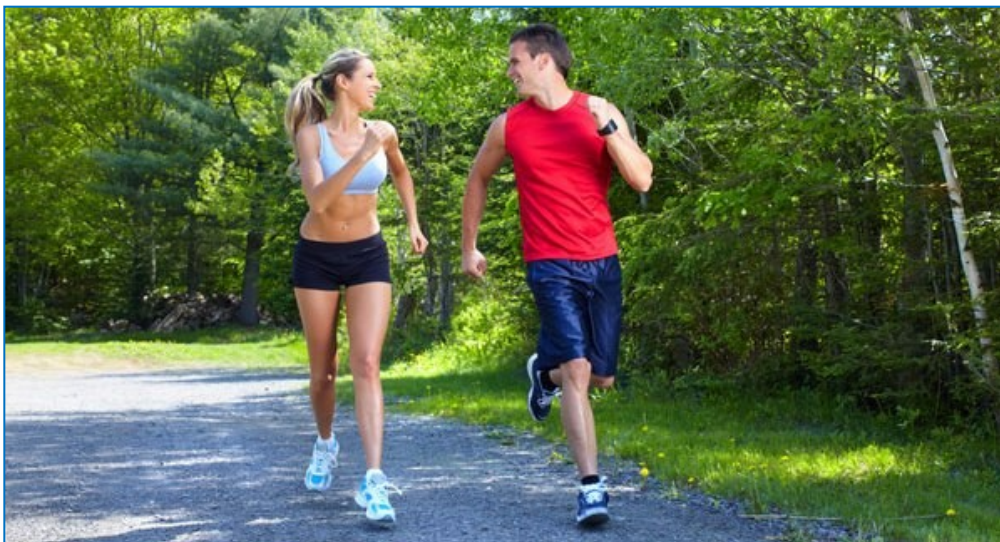
(Právo, 2011)

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 prahu“

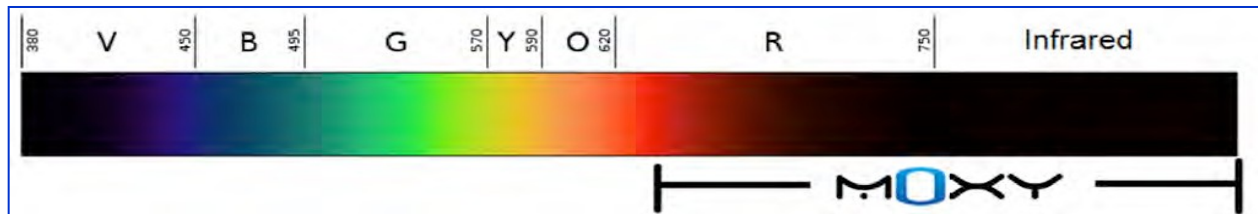


Nová metoda stanovení vodítek a limitů intenzity tréninkové zátěže

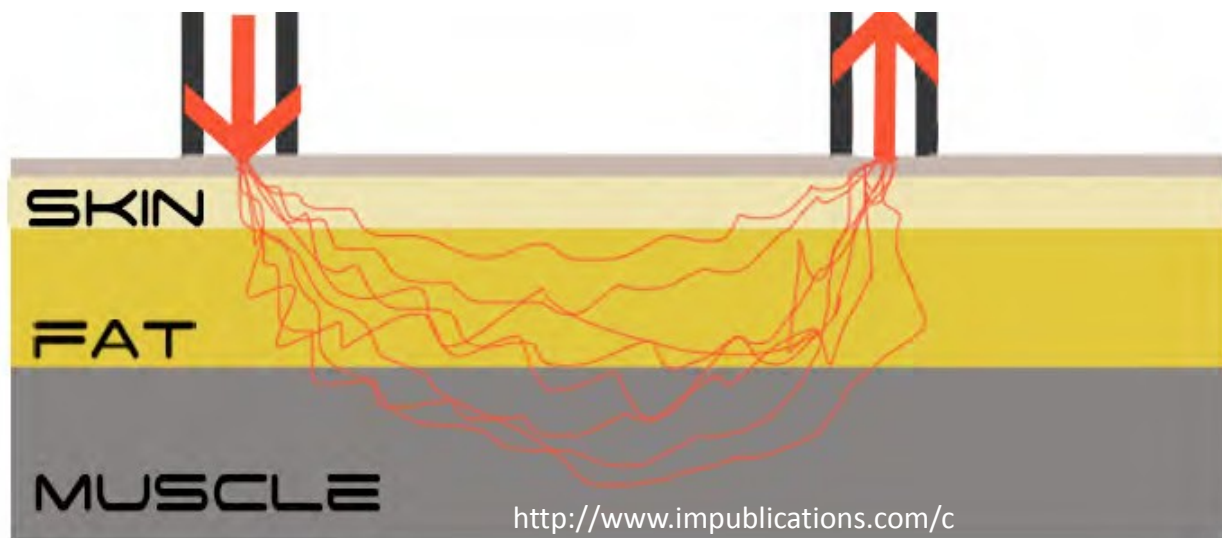
ZÁTĚŽOVÝ TEST SE SVALOVOU OXYMETRIÍ

sledování míry oxidace krve a tkání

Hemoglobin a deoxyhemoglobin absorbují červené a infračervené záření podle míry saturace O₂.
[poměr oxyHb a deoxyHb ve svalové tkáni v %]

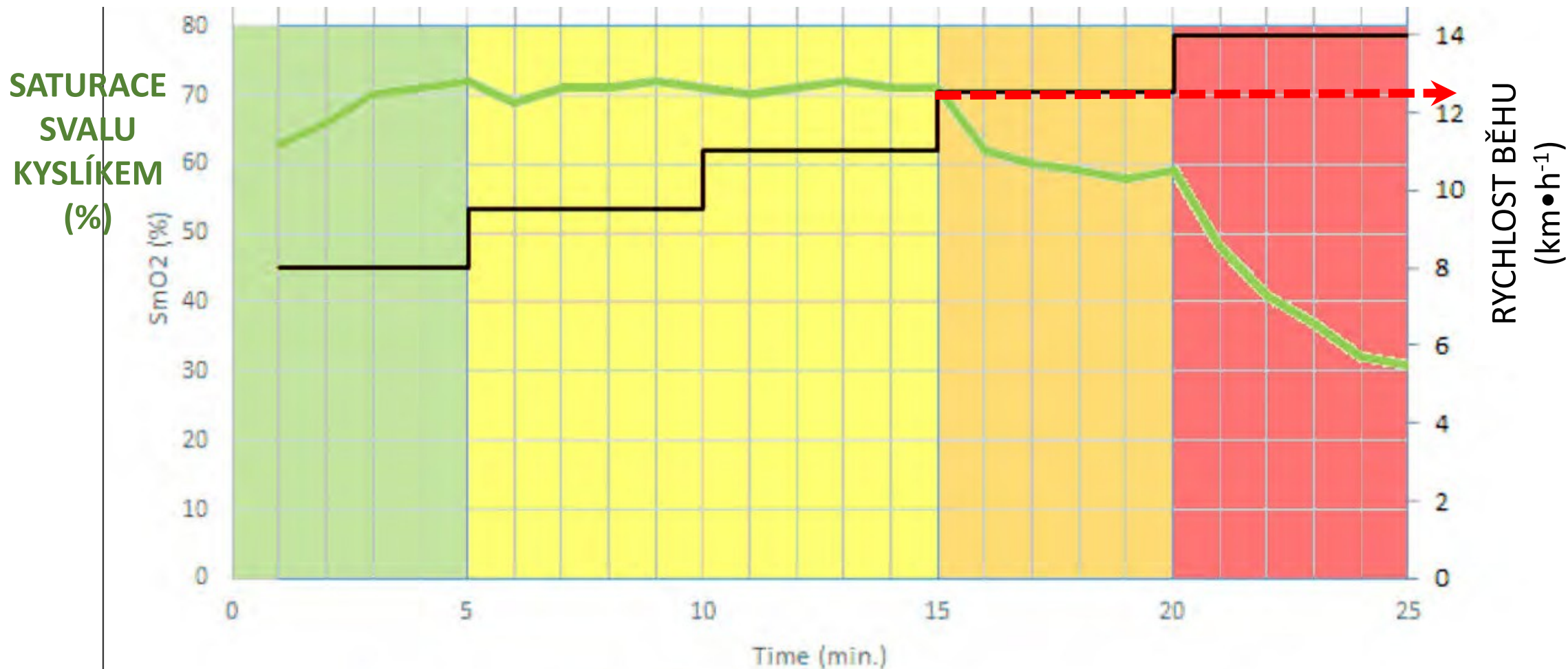


near infrared spectroscopy (NIRS)



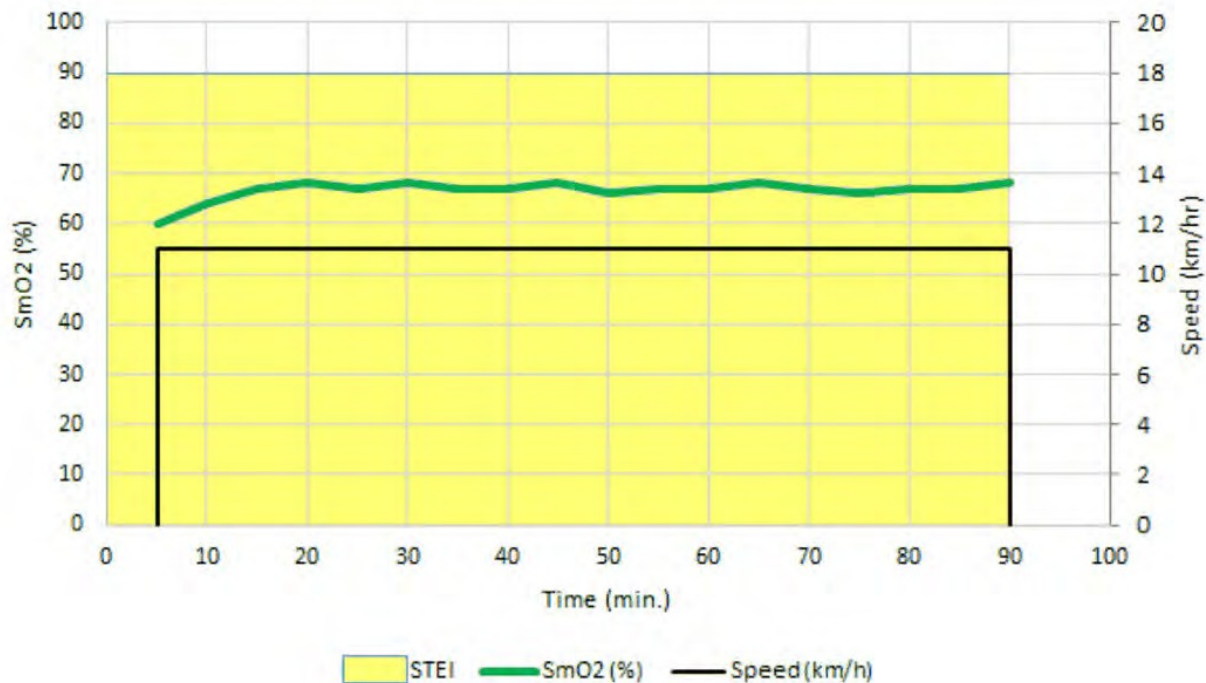
Stanovení horního „limitu intenzity vytrvalostního cvičení - „DEOXIDAČNÍ PRÁH?“

stupňovaná rychlost běhu, do udržení vysoké saturace svalů kyslíkem



Monitorování SmO₂ pro řízení tréninku

KONTINUÁLNÍ AEROBNÍ TRÉNINK (intenzita)
pro zdraví



INTERVALOVÝ TRÉNINK (čas a intenzita)
pro zdraví ?

