

DIETNÍ NITRÁTY A SPORTOVNÍ VÝKONNOST

APKIN 2016/2017

Oxid dusnatý (NO)

Furchgott, R. F., & Zawadzki, J. V. (1980) The obligatory role of endothelial cells in the relaxation of arterial smooth muscle by acetylcholine. *Nature*, (288), 373-6. (State University of New York)

Popsán EDRF (endothelium-derived relaxing factor)

Ignarro, L. J., Buga, G. M., Wood, K. S., Byrns, R. E., & Chaudhuri, G. (1987) Endothelium-derived relaxing factor produced and released from artery and vein is nitric oxide. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 84(24), 9265-9269. (University of California, Los Angeles, School of Medicine)

EDRF = NO

Moncada, S. R. M. J., Palmer, R. M. L., & Higgs, E. (1991). Nitric oxide: physiology, pathophysiology, and pharmacology. *Pharmacological reviews*, 43(2), 109-142.

- Napoli C, Ignarro LJ. Nitric oxide and atherosclerosis. *Nitric Oxide* 2001;5:88–97.
- Bian K, Murad F. Nitric oxide (NO) - biogenesis, regulation, and relevance to human diseases. *Front Biosci* 2003;8:d264–78.
- Alderton WK, Cooper CE, Knowles RG. Nitric oxide synthases: structure, function and inhibition. *Biochem J* 2001;357:593–615.
- Furchgott RF. Introduction to EDRF research. *J Cardiovasc Pharmacol* 1993;22 Suppl 7:S1–2.

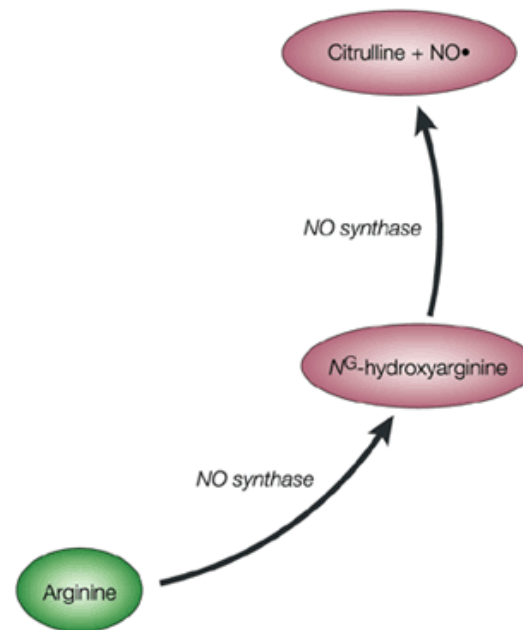
Signalizační molekula regulující rozdílné procesy

- vaskulární homeostázu - vaskulární tonus (vázodilatace)
- krevní tlak
- srážení krve
- neurální transmise
- imunomodulaci
- oxidativně senzitivní mechanismy (mitochondriální respiraci)
- cytotoxicitu

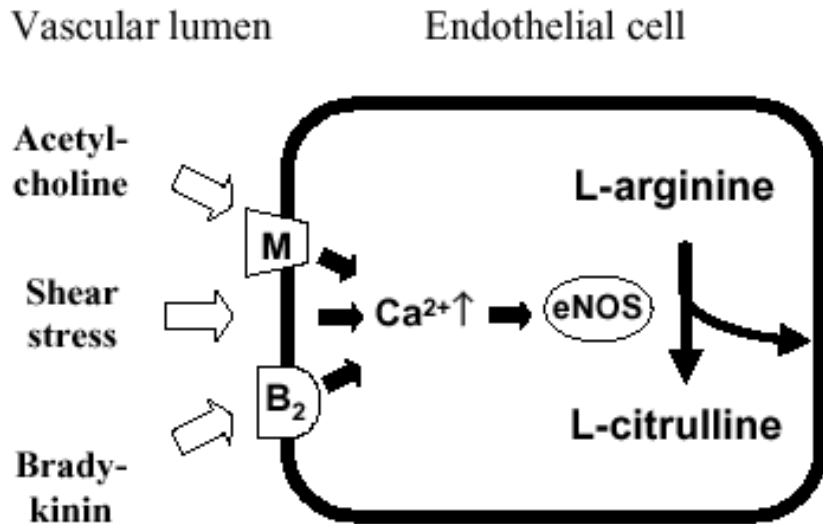
Oxid dusnatý (NO)

Autokrinní nebo parakrinní posel

Za podmínek adekvátního zásobení kyslíkem
syntéza z L-argininu katalyzovaná NO syntázou (NOS)



Oxid dusnatý (NO)



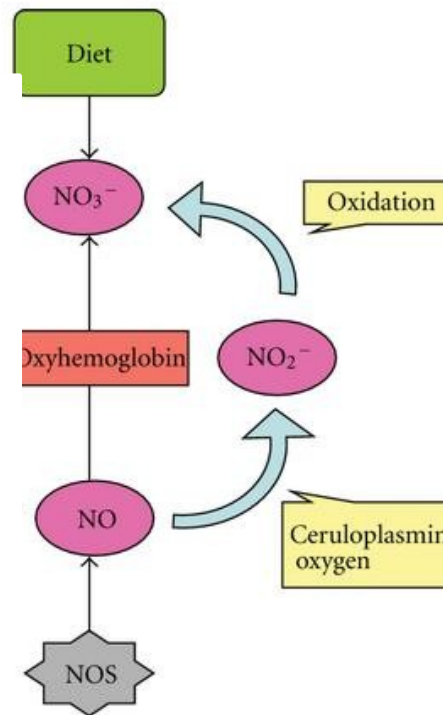
- Vázodilatace
- Redukce agregace trombocytů
- Redukce růstu buněk hladkého svalstva
- Redukce adheze neutrofilů

Interakce s hemovou skupinou guanyl-cyklázy (GC)

Zvýšení produkce cGMP

Druhý posel (signální molekula)

Fosforylace kaskády cGMP-dependentních proteokináz



NO se rychle oxiduje na nitráty (NO_3^-) a nitrity (NO_2^-)
ty mohou být redukovány zpět na bioaktivní NO (*jednoelektronová redukce*)

**Reverzní cesta reprezentuje alternativní zdroje NO
za podmínek dysfunkční syntézy z L-argininu
= neadekvátní zásobené kyslíkem**

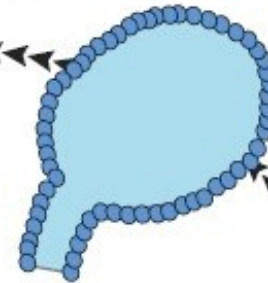
Figure 4:

The Entero-Salivary Circulation cycle showing the complex interconversion of nitrate, nitrite and NO in the body and the concentration and recirculation of nitrates in the salivary glands. (From Lundberg et al., 2008)

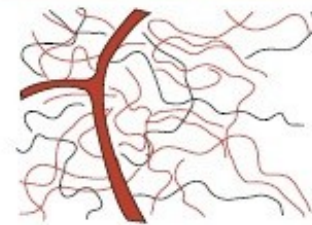


velké množství
nitrátů v zelené
listnaté zelenině

Nitrate in the blood can also be picked up by the salivary glands and start the cycle of NO production all over again



Some nitrate and nitrite reach the blood and can be converted into NO when oxygen levels are low



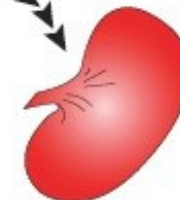
nezávisle na aktivitě NOS
redukovány běžnou
mikroflórou na nitrity v ústech
a v potních žlázách člověka



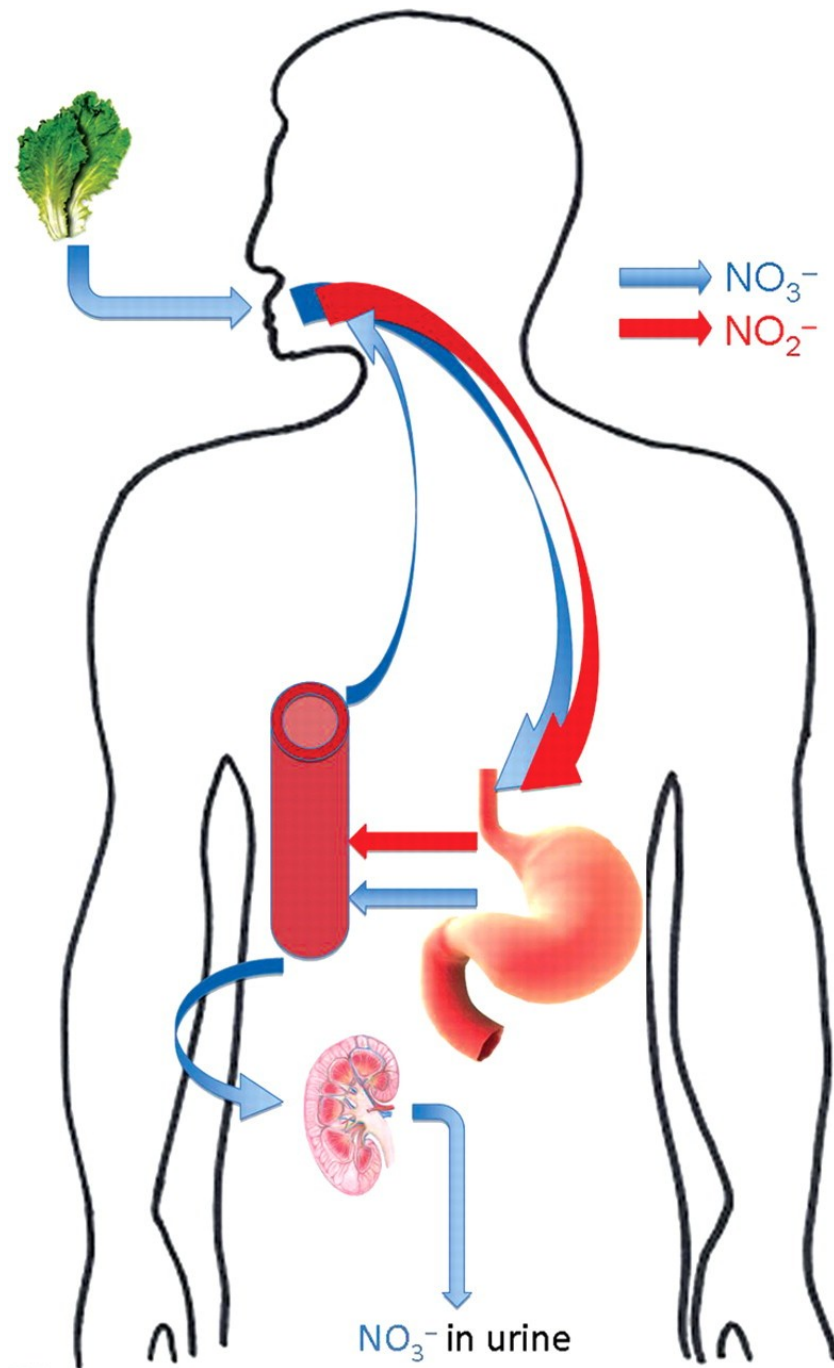
Rychlá konverze nitritů
na NO



Any left over nitrate and nitrite are absorbed in the intestine



Excess nitrate is excreted by the kidneys



Oxid dusnatý (NO)

Řada biochemických reakcí v krvi a tkáních přispívají k dalšímu metabolizování NO_2^- na NO a jiné molekuly s aktivitou NO

•Weitzberg E, Lundberg JO. Novel aspects of dietary nitrate and human health. *Annu Rev Nutr* 2013;33:129–59.

•Gladwin MT, Schechter AN, Kim-Shapiro DB, Patel RP, Hogg N, Shiva S, Cannon RO 3rd, Kelm M, Wink DA, Espey MG, et al. The emerging biology of the nitrite anion. *Nat Chem Biol* 2005;1:308–14.

Nitráty → nitrity → oxid dusnatý

•**protektce proti ischemicko-reperfuznímu poškození**

Webb AJ, Patel N, Loukogeorgakis S, Okorie M, Aboud Z, Misra S, Rashid R, Miall P, Deanfield J, Benjamin N, et al. Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. *Hypertension* 2008;51:784–90.

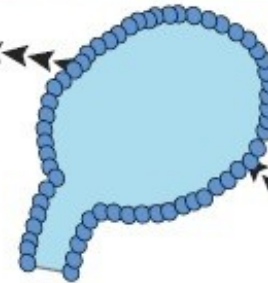
Figure 4:

The Entero-Salivary Circulation cycle showing the complex interconversion of nitrate, nitrite and NO in the body and the concentration and recirculation of nitrates in the salivary glands. (From Lundberg et al., 2008)



velké množství
nitrátů v zelené
listnaté zelenině

Nitrate in the blood can also be picked up by the salivary glands and start the cycle of NO production all over again



Relativně velké intravaskulární
zásoby nitritů

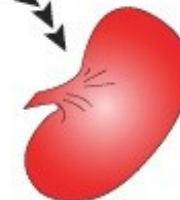
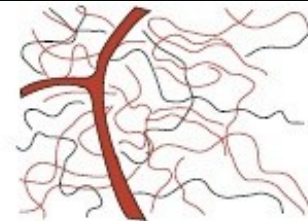
nezávisle na aktivitě NOS
redukovány běžnou
mikroflórou na nitrity v ústech
a v potních žlázách člověka



Rychlá konverze nitritů
na NO

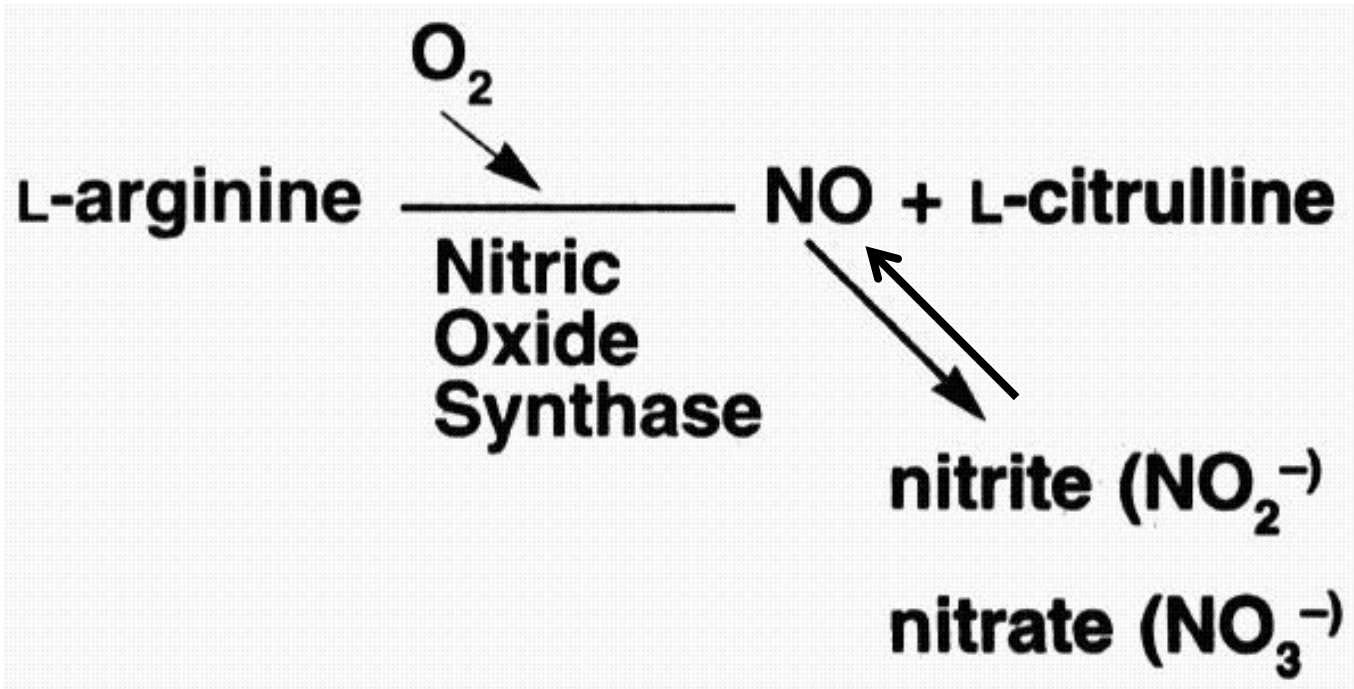


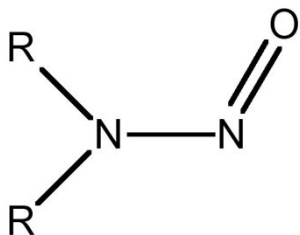
Any left over nitrate and nitrite are absorbed in the intestine



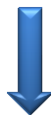
Excess nitrate is excreted by the kidneys

NO (oxid dusnatý)

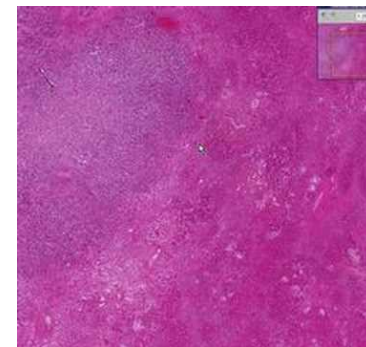




Tvorba nitrosaminů z nitritů a nitrátů



??? vliv na vznik karcinomu ???



Magee, P. H.; Barnes, J. M. The production of malignant primary hepatic tumors in the rat by feeding dimethylnitrosamine. *Br. J. Cancer* 10:114–122; 1956.

Hepatokarcinom

vliv N-nitrosodimethylaminu

N-nitrosaminy s nízkou molekulární váhou vznikají nitrosací různých aminů

•Bartsch, H.; Montesano, R. Relevance of nitrosamines to human cancer. *Carcinogenesis* 5 (11):1381–1393; 1984.

•Craddock, V. M. Nitrosamines and human cancer: proof of an association? *Nature* 306:638, 1983.

Spojení N-nitrosaminů s karcinomem u člověka

Ward, M. H., et al. Workgroup report: Drinking-water nitrate and health recent findings and research needs. *Environ. Health Perspect.* 113 (11):1607–1614; 2005.

Důkaz kauzativního vztahu chybí dodnes

???

Široké využití nitritů

- *barva a konzervace masa a ryb*
- *textilní průmysl*
- *fotografie*
- *vázodilatátor*
- *bronchodilatátor*
- *intestinální relaxant*
- *antidotum při otravě kyanidem*



Smrtelná dávka 22 - 23 mg/kg

I nižší dávka vyvolává akutní methemoglobinémii u novorozenců

=

spojení s blue baby syndrome

Tyto negativní konotace vedly
k regulaci a restrikci nitritů a nitrátů
v potravě a v pitné vodě



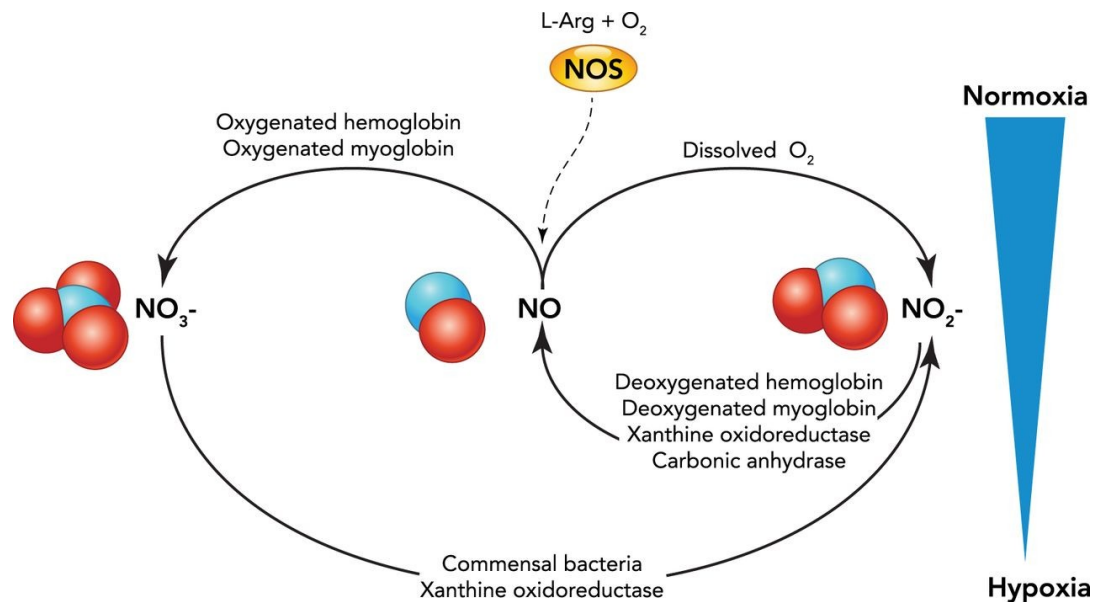
Koncem 70. let prudký obrat

Studie dusíkové rovnováhy u člověka

+

nitrity a nitráty se vytvářejí de novo ve střevech člověka

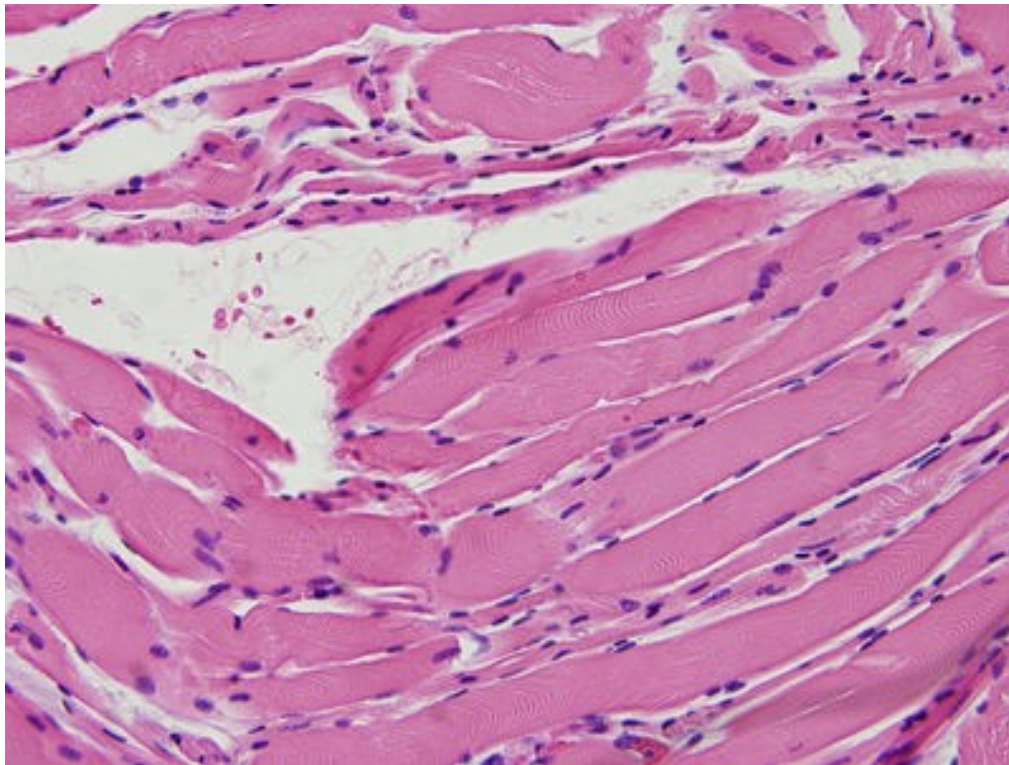
**Významná nezávislost množství nitritů v organismu
na příjmu potravou a vodou**





Kosterní svaly překvapivě řídí vnitřní mechanismus nitrátové homeostázy

Hlavní zdroje nitrátů a hlavní distributor



The L-arginine-nitric oxide pathway

L-arginine + O₂

NO synthase

NO

oxidation

NO₃⁻ / NO₂⁻

Biological effects

The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway

Diet

NO₃⁻

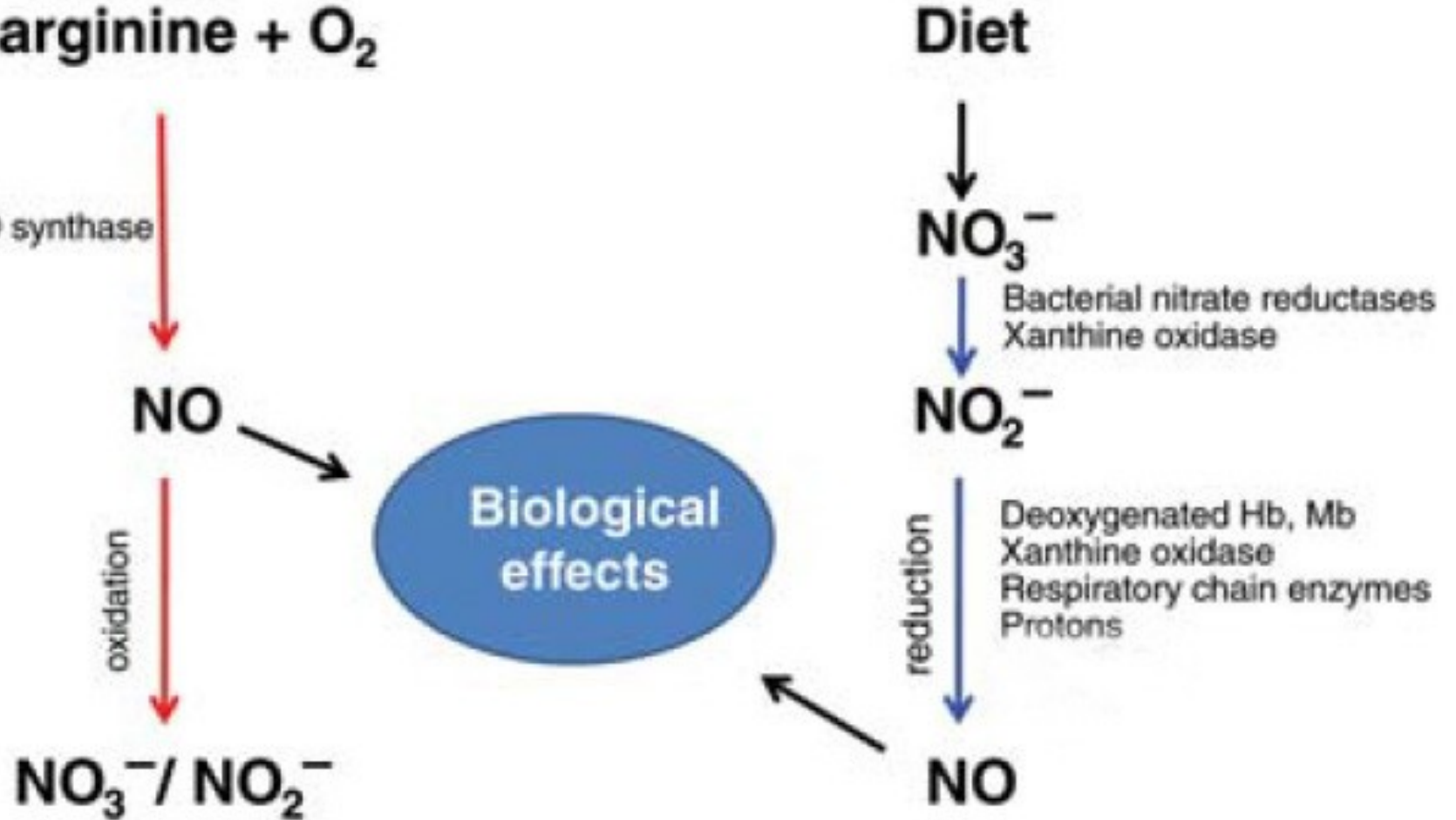
Bacterial nitrate reductases
Xanthine oxidase

NO₂⁻

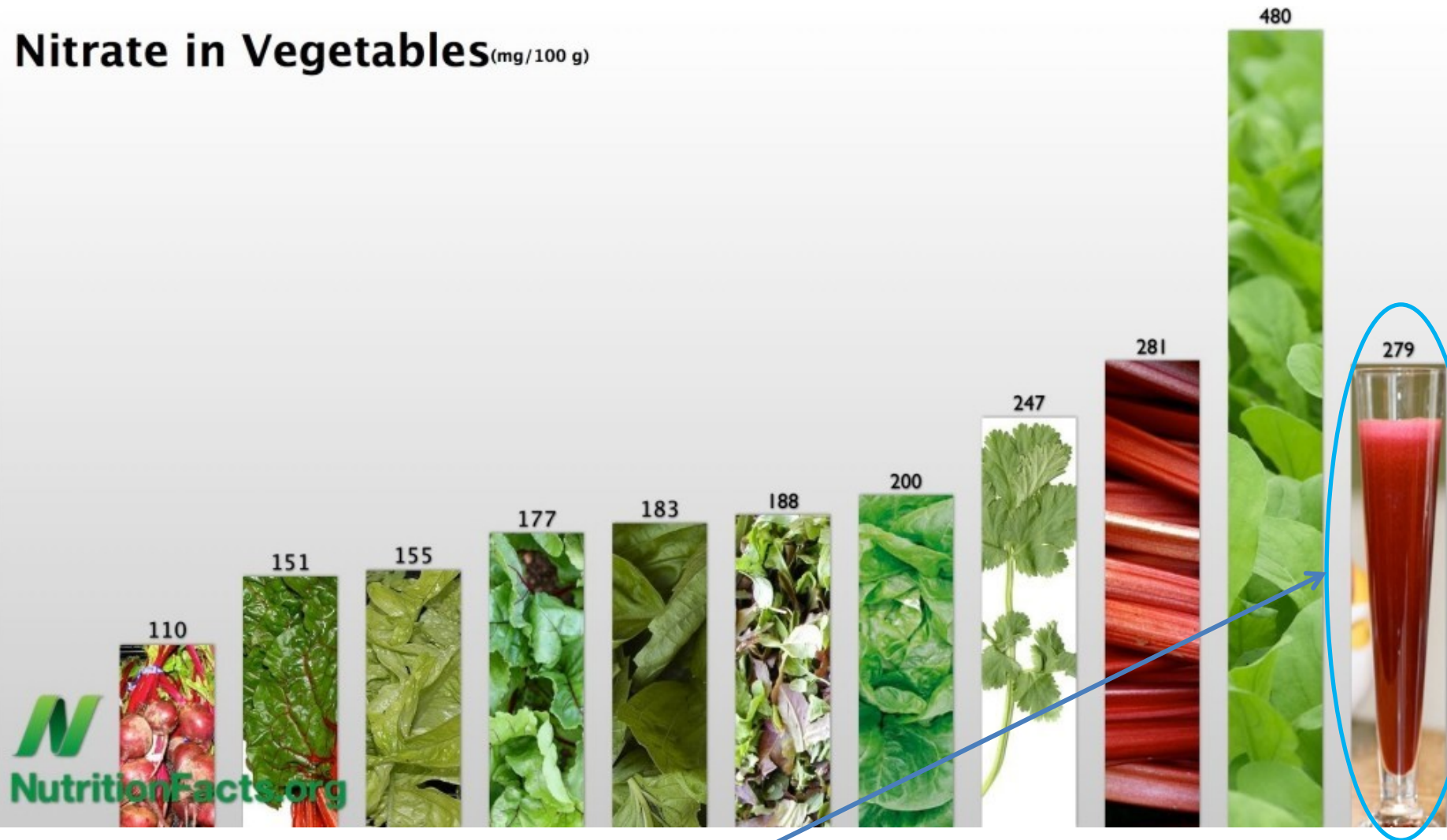
reduction

Deoxygenated Hb, Mb
Xanthine oxidase
Respiratory chain enzymes
Protons

NO



Nitrate in Vegetables (mg/100 g)



Fazole, cibulková zelenina (česnek, cibule), plodící zelenina (baklažán), houby, kořenová zelenina (mrkev, řepa), stopkatá zelenina (celer a rebarbora)

Zdroj anorganického nitrátu

- **řepný extrakt (řepný džus)**

- sodíkový nebo draslíkový nitrát

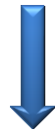
žádný negativní vliv na zdraví člověka popsán nebyl

Řepný extrakt obsahuje další bioaktivní látky
(*např. antioxidanty nebo polyfenoly*)
synergistické působení s nitráty

PLACEBO = ŘEPNÝ EXTRAKT ZBAVENÝ POUZE NITRÁTŮ



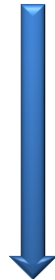
Redukce nitritů na NO v krvi a v dalších tkáních stimulována v podmínkách zhoršené dostupnosti kyslíku a sníženého pH!



V PRŮBĚHU TĚLESNÉ PRÁCE

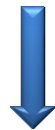
NO reguluje

- *krevní zásobení*
- *kontraktilitu*
- *glukózovou a kalciovou homeostázu*
- *mitochondriální respiraci*



pozitivní vliv na funkce a výkonnost kosterních svalů

Zvýšení hladiny plazmatických nitritů cestou suplementace dietními nitráty



ergogenní účinky

Suplementace nitráty redukují VO_2 při svalové práci

Larsen FJ, Weitzberg E, Lundberg JO, et al. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. *Acta Physiol.* 2007;191:59–66. (Swedish School of Sport and Health Sciences, Stockholm)

Suplementace nitráty (SN) (3 dny 0,1 mmol/kg nitrát sodíku)

- signifikantní vzestup plazmatické nitrity (o 82 %)
- signifikantní pokles TKs o 8 a TKd o 6 mm Hg
- VO_2
 - při lehké práci nevýznamný pokles o 5 %
 - při práci střední intenzity významné zvýšení
 - celkové účinnosti práce (práce/vynaložená energie) z $19,7 \pm 1,6$ na $21,1 \pm 1,3$ %
 - změny účinnosti (změna práce/změna vynaložené energie) z $22,1 \pm 1,6$ na $22,9 \pm 1,9$ %

La, SF, ventilace, RER – nezměněny při submaximálním zatížení 45 – 80 % VO_2 max

Nitráty redukují VO_2 při svalové práci

Larsen FJ, Weitzberg E, Lundberg JO, et al. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. Acta Physiol. 2007;191:59–66.



SN neovlivňuje

- anaerobní glykolýzu
- energetický výdej kardiopulmonálních procesů
- substrátovou utilizaci

Ovlivňuje účinnost oxidativního metabolismu svalové tkáně

Nitráty redukují VO_2 při svalové práci

Poole DC, Richardson RS. Determinants of oxygen uptake. Implications for exercise testing. Sports Med. 1997;24:308–20.

Princip fyziologie zátěže:

VO_2 při daném výkonu při submaximální práci je neměnná, v podstatě fixovaná, bez ohledu na věk, zdravotní stav a zdatnost a nereagující na fyzické, nutriční nebo farmakologické intervence.

ÚČINNOST JE STÁLÁ

Larsen FJ, Weitzberg E, Lundberg JO, et al. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. Acta Physiol. 2007;191:59–66.

ÚČINNOST NENÍ STÁLÁ, ALE ZÁVISÍ NA KREVNÍCH NITRÁTECH

Nitráty redukují VO_2 při svalové práci

- Coyle EF. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev.* 1995;23: 25–63.
- Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 2000;29:373–86.

Vytrvalostní výkonnost je funkcí VO_2 max, frakční utilizace VO_2 max a účinnosti práce

Předpoklad: Stejná hodnota VO_2 max a % VO_2 max

ZVÝŠENÍ ÚČINNOSTI SVALOVÉ PRÁCE

=

**PŘI STEJNÉM ENERGETICKÉM VÝDEJI
ZLEPŠENÍ VYTRVALOSTNÍHO VÝKONU**

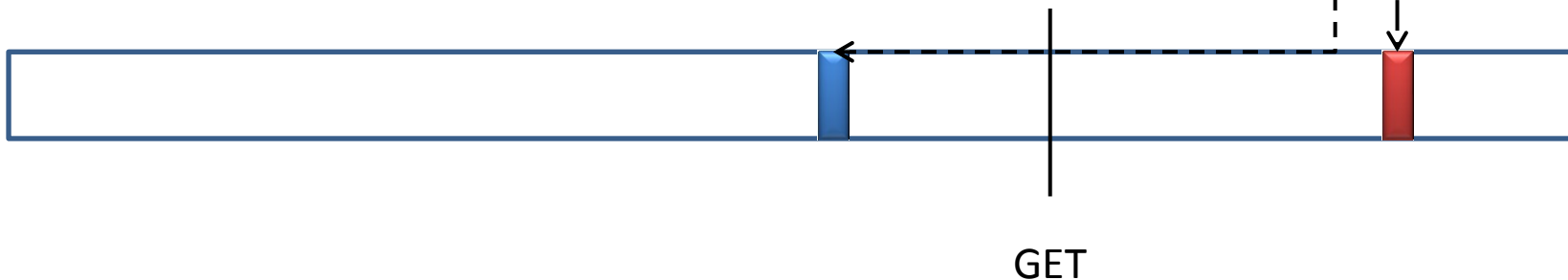
Nitráty redukují VO_2 při svalové práci

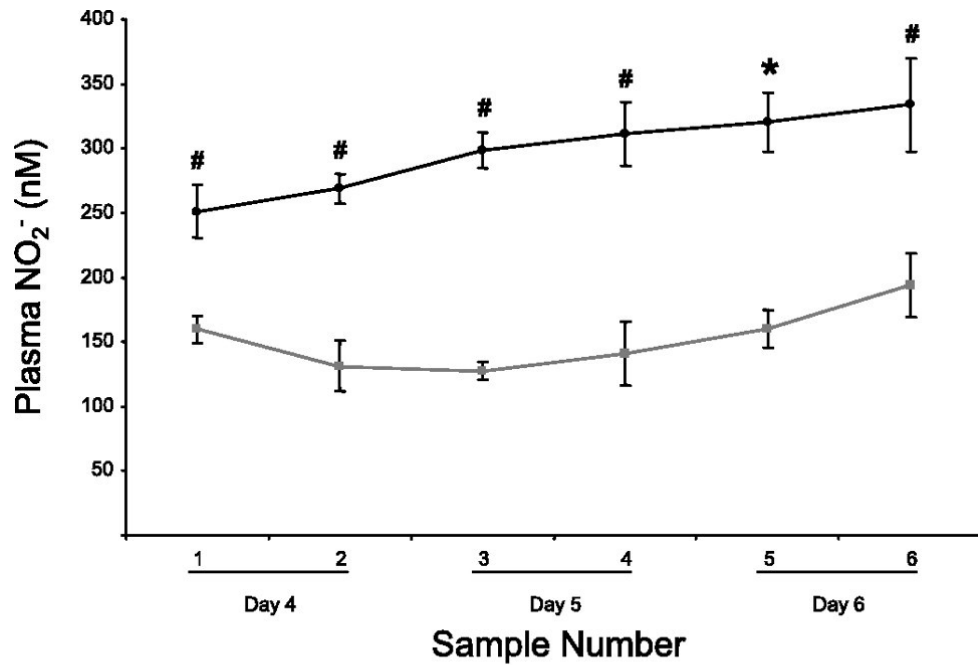
Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O_2 cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2009;107:1144–55.
(School of Sport and Health Sciences, University of Exeter, Exeter, United Kingdom)

SN = přírodní řepný džus (5,6 mmol nitrátu)

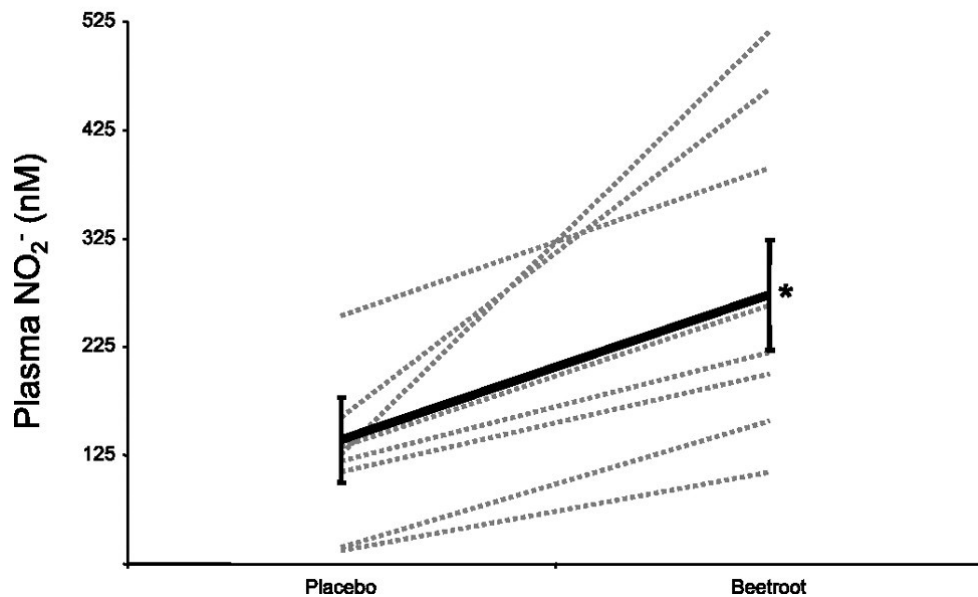
Zátěž střední intenzity (80 % ventilačního anaerobního prahu - GET)

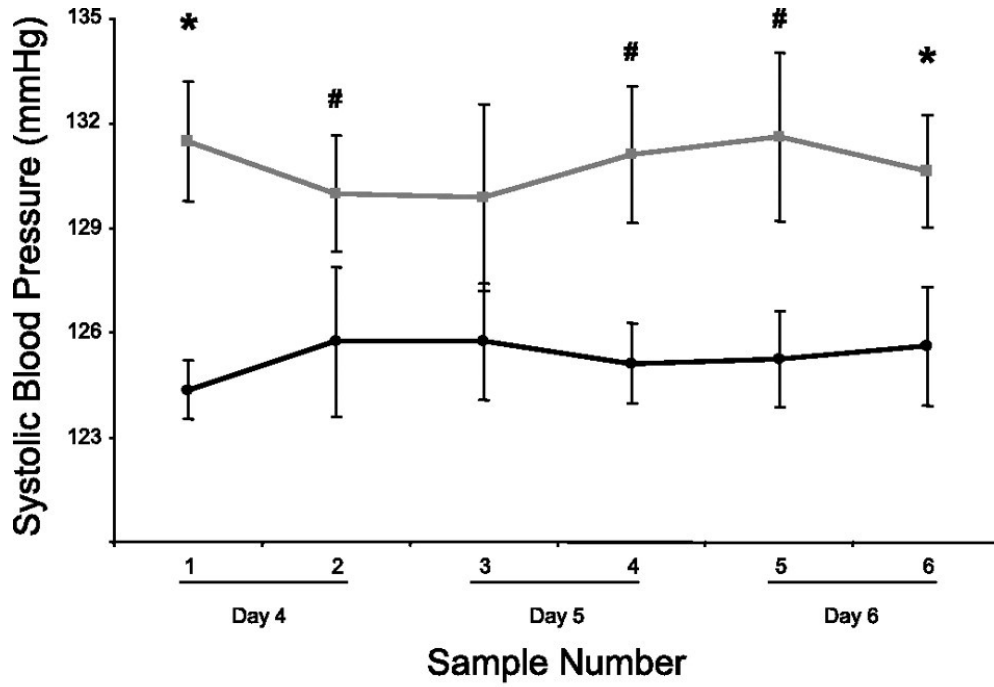
Zátěž vysoké intenzity (70 % rozdílu mezi GET a VO_2 max) následným pokračováním do vyčerpání (ukazatel zátěžové tolerance)



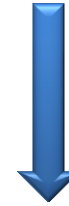


**Plazmatické nitrity [NO_2^-]
ve 4. až 6. dnu SN nebo placebem**

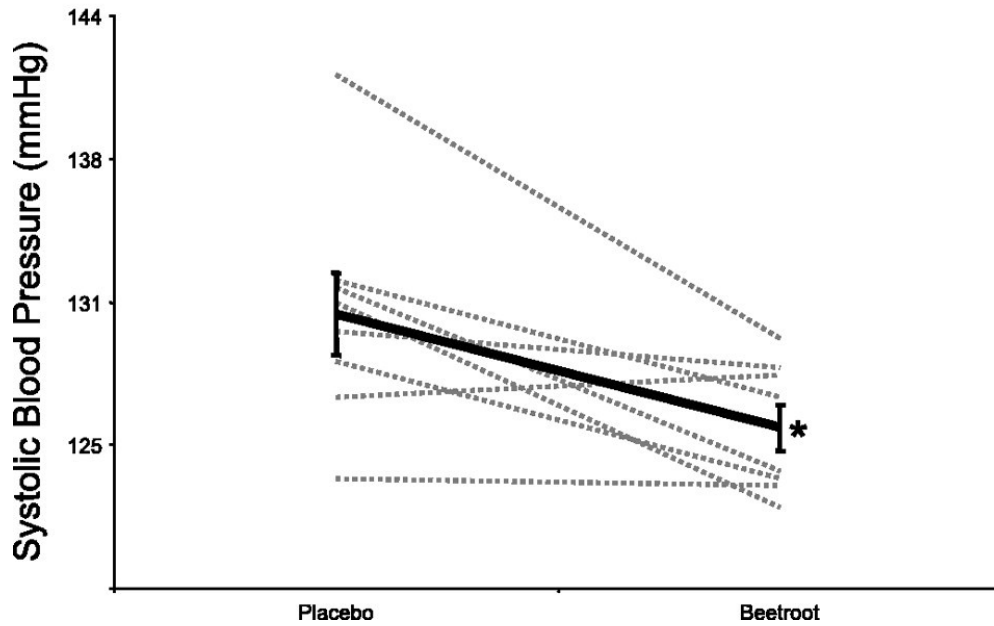




TKs
po 4 – 6 dnech SN nebo placebo

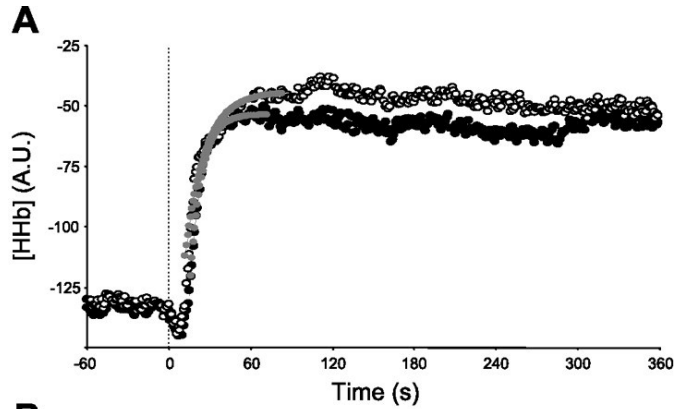


pokles v průměru o 8 mmHg

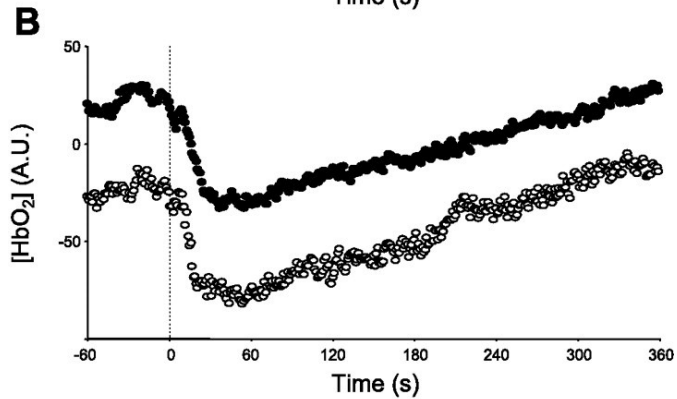


Průměrné koncentrace po SN a placebu při práci střední intenzity

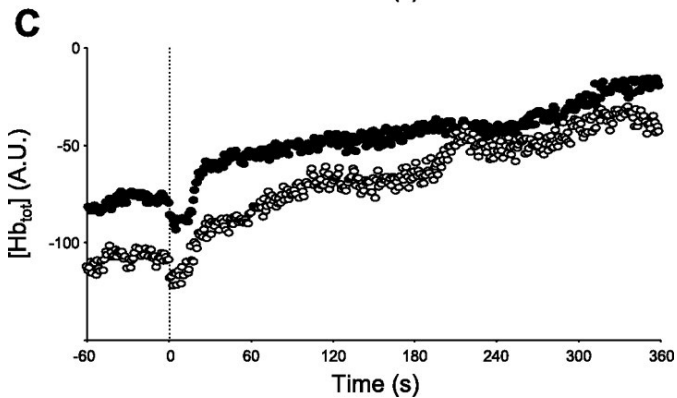
deoxyhemoglobin [HHb],



oxyhemoglobin [HbO₂],

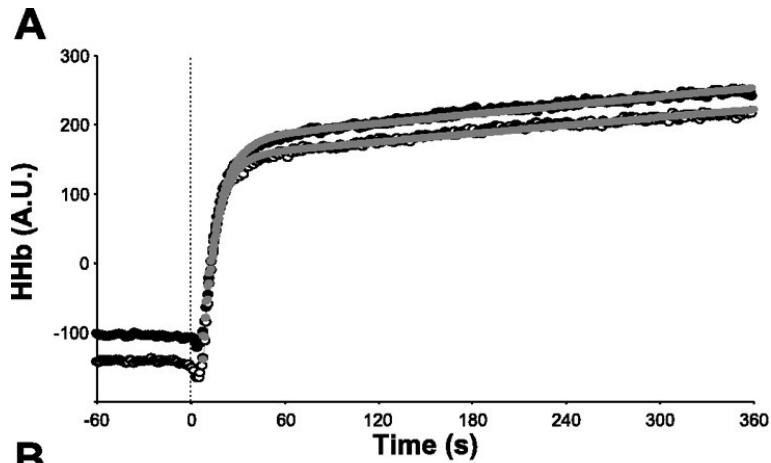


celkového hemoglobinu [Hb_{tot}]

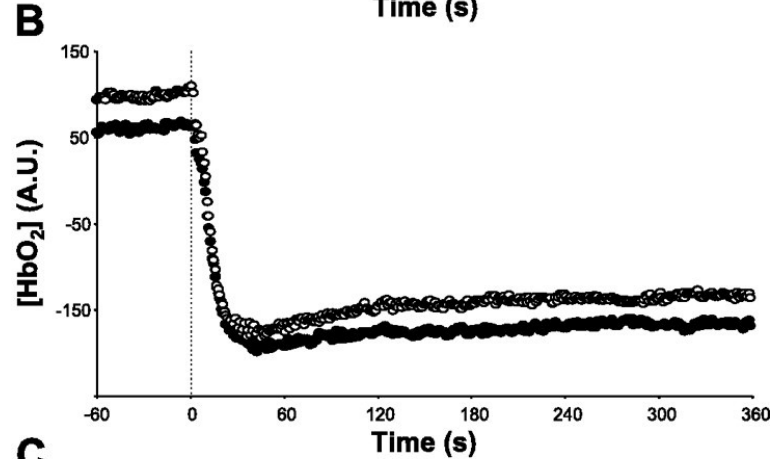


Průměrné koncentrace po SN a placebo
při práci vysoké intenzity

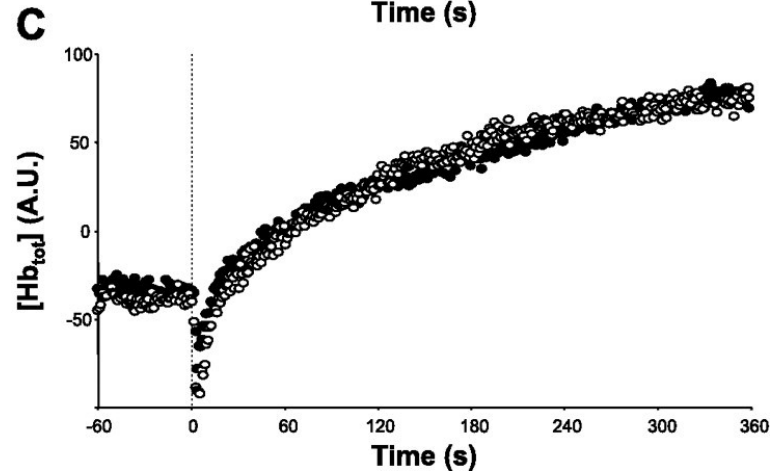
deoxyhemoglobin [HHb]



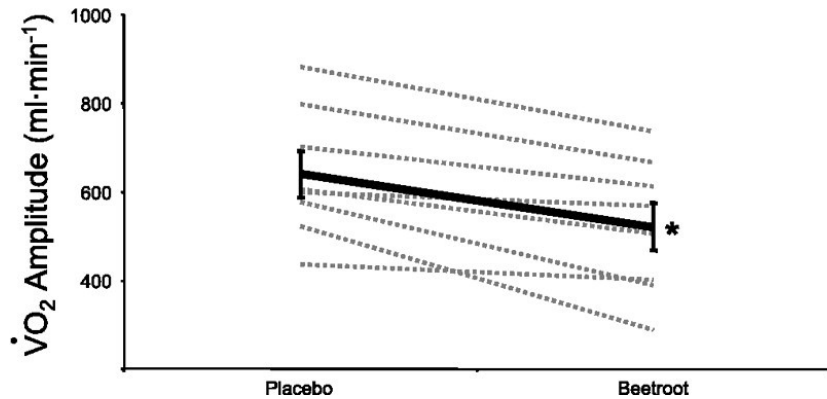
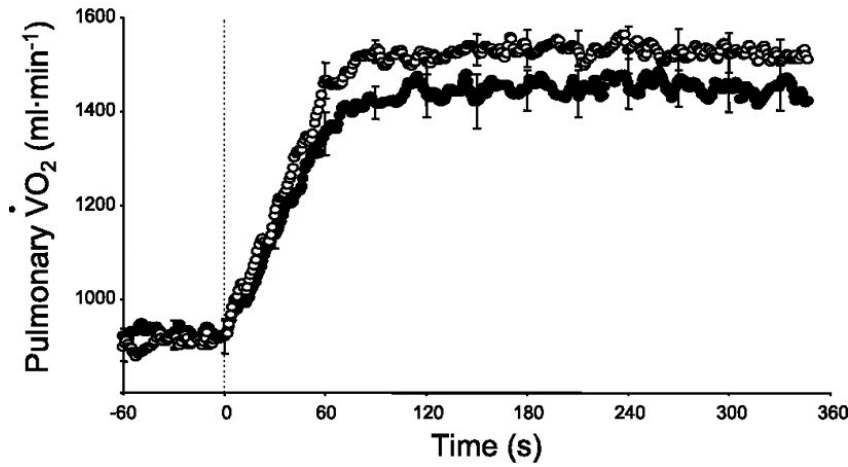
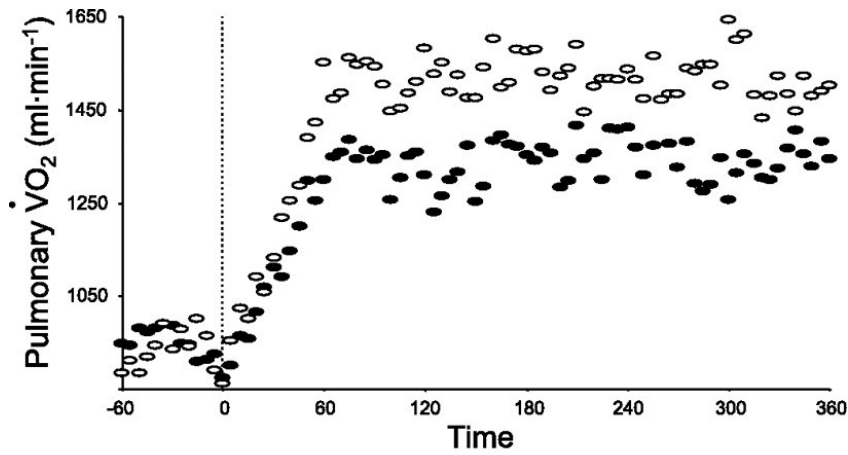
oxyhemoglobin [HbO₂]



celkového hemoglobinu [Hb_{tot}]

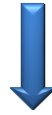


$\dot{V}O_2$ po SN a placebo při práci střední intenzity



Pokles v průměru o 5 %

ZVÝŠENÍ ÚČINNOSTI SVALOVÉ PRÁCE



VĚTŠÍ VÝKON PŘI STEJNÉM ENERGETICKÉM VÝDEJI

Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, DiMenna FJ, Wilkerson DP, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. J Appl Physiol. 2009;107(4):1144-55.

3 - 6 dní nitrátové suplementace BE, ↑ plazmatické nitrity, ↓ TKs v klidu

- 1. 80 % ventilačního prahu**
- 2. 70 % difference mezi ventilačním prahem a VO₂ max**
- 3. práce do vyčerpání**

Ad 1. ↑ PCr, ↓ celkový obrat ATP, ↓ VO₂

Ad 2. ↓ celkový obrat ATP, ↓ amplituda pomalé komponenty

VO₂ = ↑ účinnosti svalové práce

Ad 3. ↑ trvání práce do vyčerpání

beze změny VO₂ max

Ad 1., Ad2., Ad 3.:

stejný krevní laktát, srdeční frekvence, ventilace a RQ

Při práci nad GET $\dot{V}O_2$ po SN a placebo
progresivní úbytek svalové účinnosti = pomalá komponenta $\dot{V}O_2$ intenzity
= výraz svalové únavy

- Redukce pomalé komponenty (SC)
 $\dot{V}O_2$ o 23 %

Jones AM, Grassi B, Christensen PM, et al. Slow component of O₂ kinetics: mechanistic bases and practical applications. Med Sci Sports Exerc. 2011;43:2046–62.

SC reflektuje progresivní redukci svalové účinnosti při práci o vysoké intenzitě



**Doba do vyčerpání prodloužená
o 16 % - z $9,7 \pm 2,4$ to $11,3 \pm 3,4$ min**

Nitráty redukují VO_2 při svalové práci

Nezměněný La, HR, V, RER ani při lehké, ani při těžké zátěži

Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2009;107:1144–55.

Bailey SJ, Fulford J, Vanhatalo A, et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during kneeextensor exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2010;109:135–48.

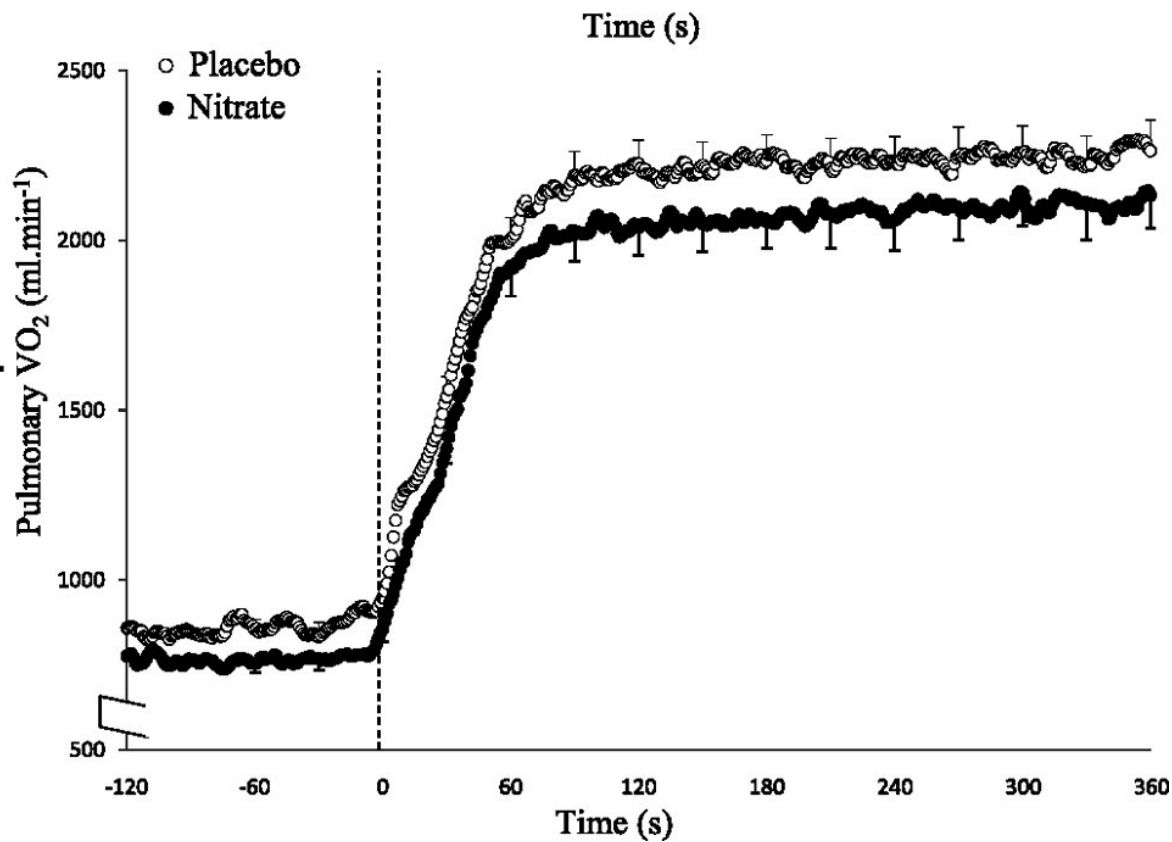
- **Redukce submaximálního VO_2 během zátěže střední intenzity**
- **Redukce VO_2 pomalé komponenty při vysoké intenzitě zátěže**
- **Prodloužený čas do vyčerpání o 25 % při vysoké intenzitě zátěže**

2,5 hod po SN steady-state VO_2 během zátěže střední intenzity významně redukována v průměru asi o 4 %, po 5 dnech a po 15 dnech zůstala významně redukována

Nevýznamné vyšší W max po 2,5 hod nebo po 5 dnech SN, významně vyšší hodnota W max po 15 dnech SN

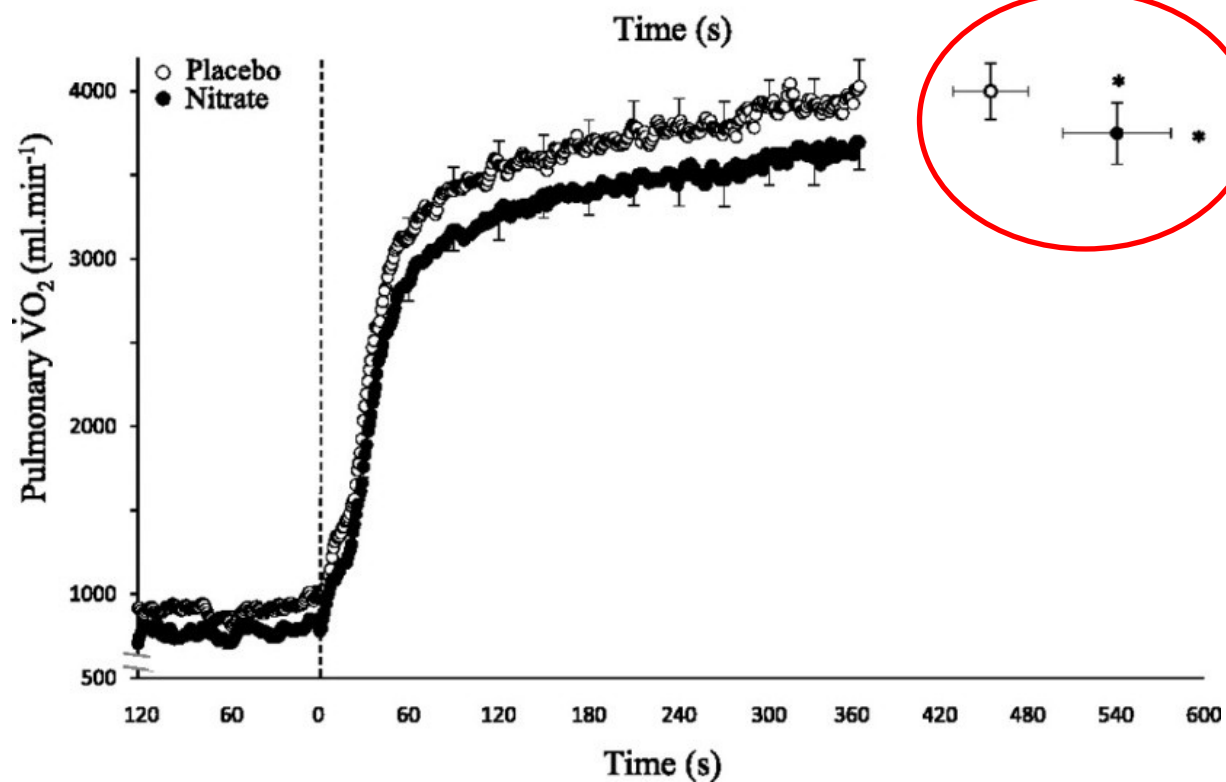
Lansley, K. E., Winyard, P. G., Fulford, J., Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., ... & Jones, A. M. (2011). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. *Journal of Applied Physiology*, 110(3), 591-600.

VO₂ během postupného zvyšování rychlosti do úrovně střední běžecké rychlosti



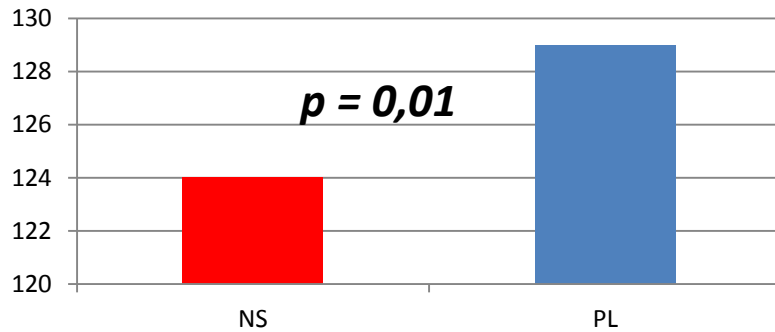
Lansley, K. E., Winyard, P. G., Fulford, J., Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., ... & Jones, A. M. (2011). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. *Journal of Applied Physiology*, 110(3), 591-600.

VO₂ během postupného zvyšování rychlosti do vysoké intenzity

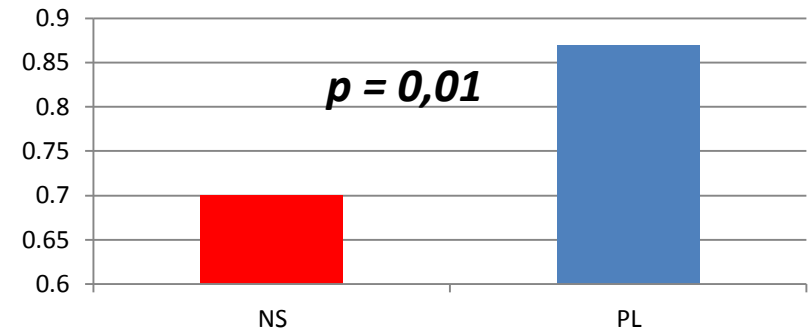


Lansley, K. E., Winyard, P. G., Fulford, J., Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., ... & Jones, A. M. (2011). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. *Journal of Applied Physiology*, 110(3), 591-600.

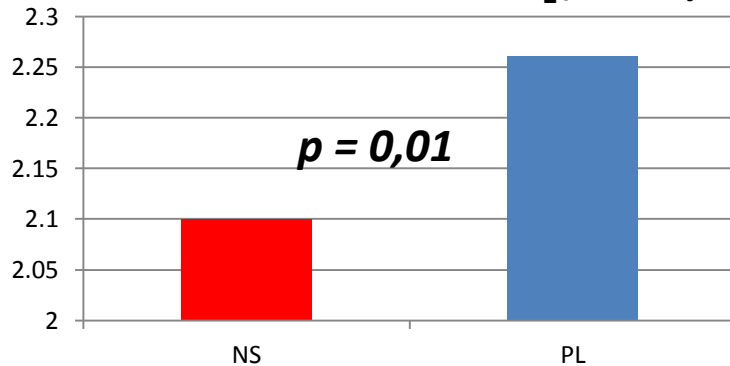
TKs (mmHg)



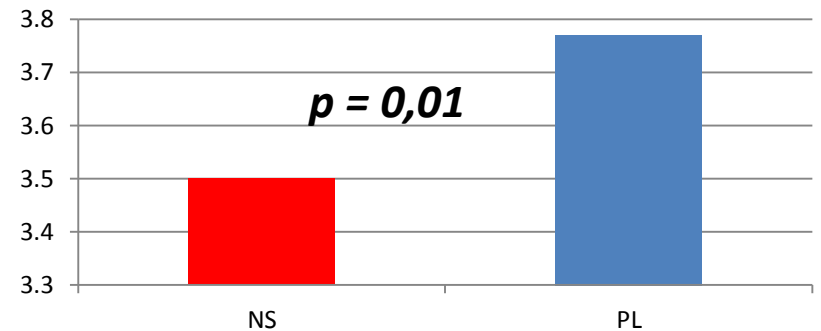
Chůze VO₂ (L/min)



Běh mírná intenzita VO₂ (L/min)



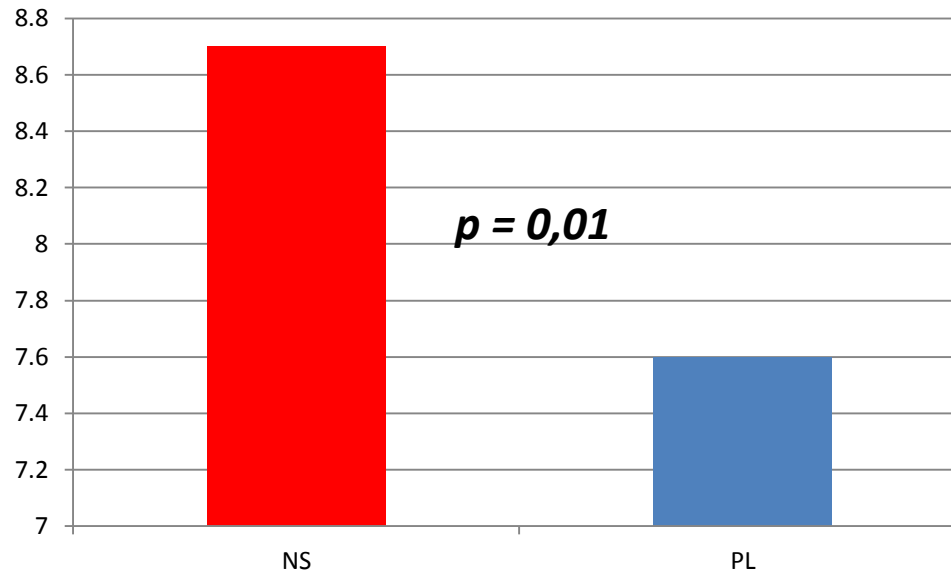
Běh vysoká intenzita VO₂ (L/min)



•Lansley, K. E., Winyard, P. G., Fulford, J., Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., ... & Jones, A. M. (2011). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. *Journal of Applied Physiology*, 110(3), 591-600.

•Paavolainen L, Häkkinen K, Hämmäläinen I, Nummela A, Rusko H. Explosive strength training improves 5 km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* 86: 1527–1533, 1999.

Čas do vyčerpání při intenzivním běhu (min)



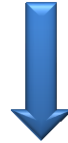
**Redukce energetického výdeje asi o 6 % při běhu na 1 km
Odpovídá zlepšení běžecké ekonomiky asi po 6 – 9týdenním tréninku**



VZESTUP VYTRVALOSTNÍ VÝKONNOSTI

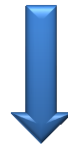
VYSVĚTLENÍ VLIVU NITRÁTOVÉ SUPLEMENTACE NA ZÁTĚŽOVÉ PARAMETRY

1. pH beze změny - nebyla akcentovaná anaerobní glykolýza

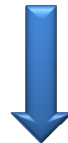


↓ VO_2 = změny svalové energetiky

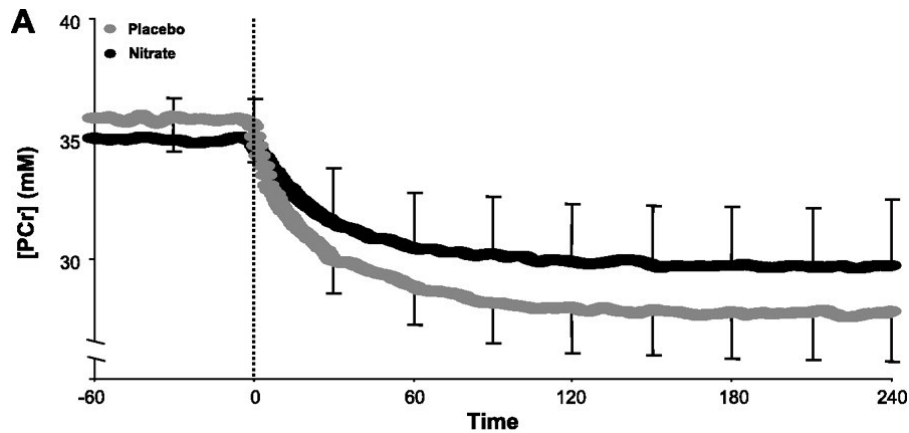
2. Méně rozloženého (spotřebovaného) ATP



↓ změny PCr, ADP a P_i (stimulují mitochondriální respiraci)

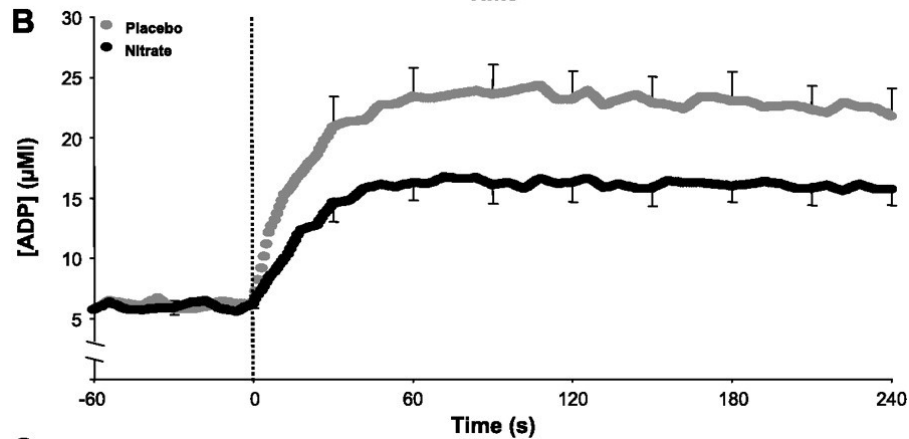


redukci VO_2 při tělesné práci submaximální intenzity

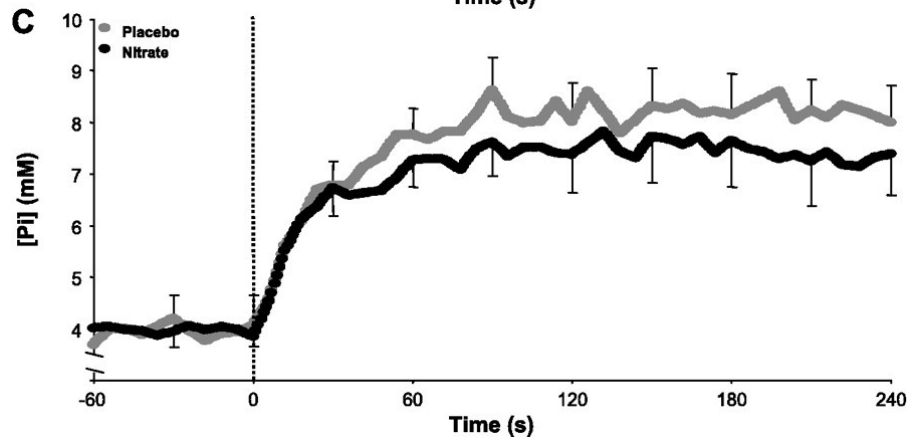


Zátěž nízké intenzity po SN a placebo z klidu do setrvalého stavu

PCr

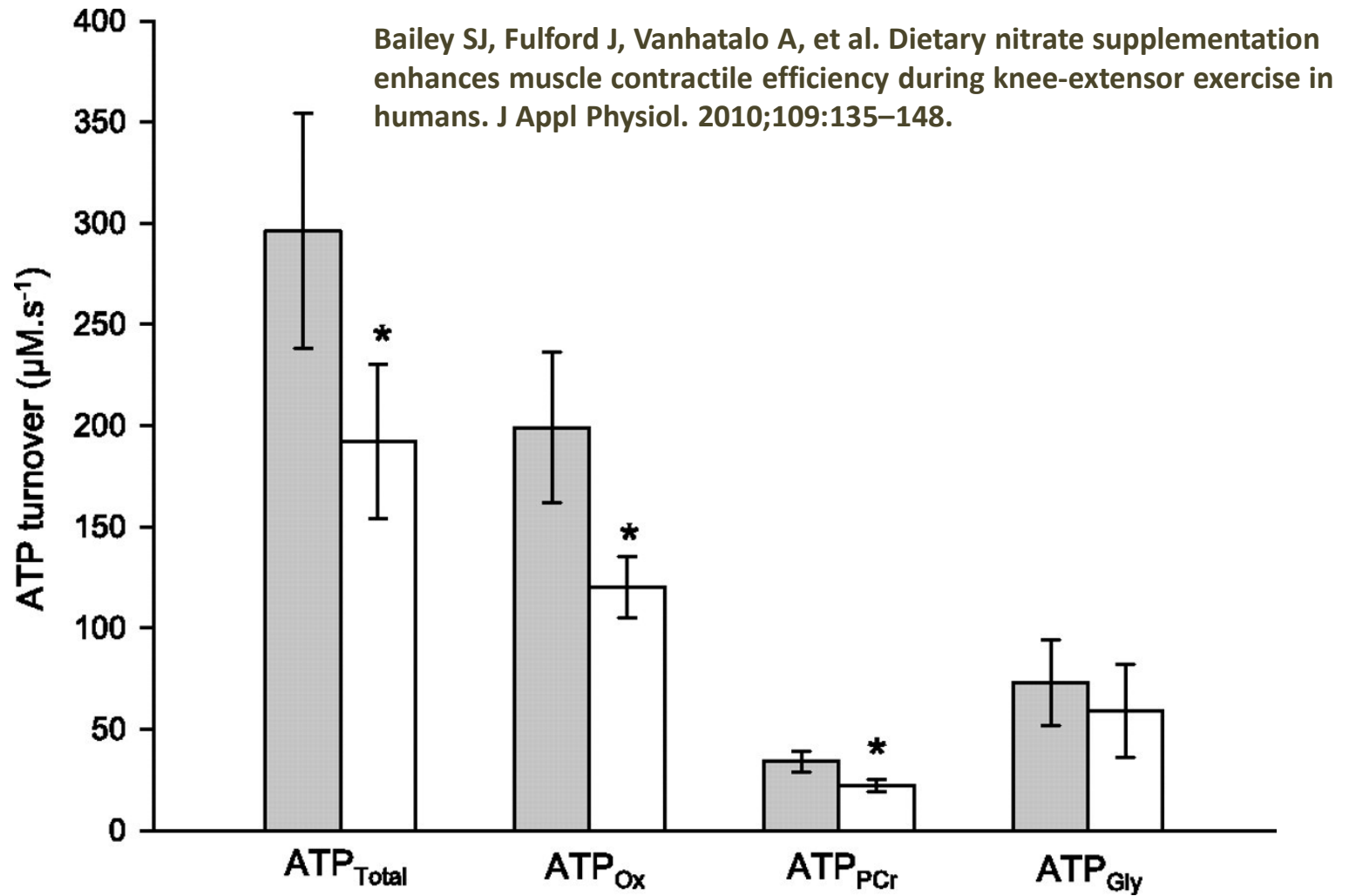


ADP

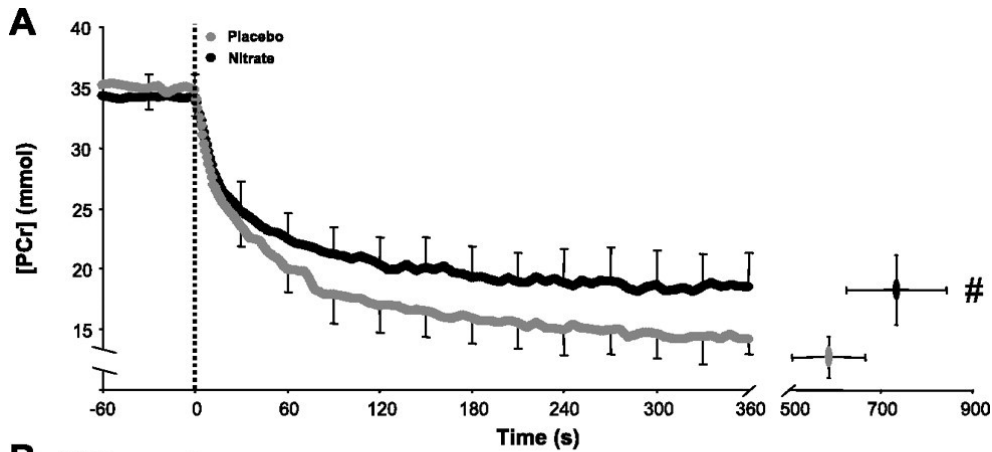


P_i

Bailey SJ, Fulford J, Vanhatalo A, et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2010;109:135–148.

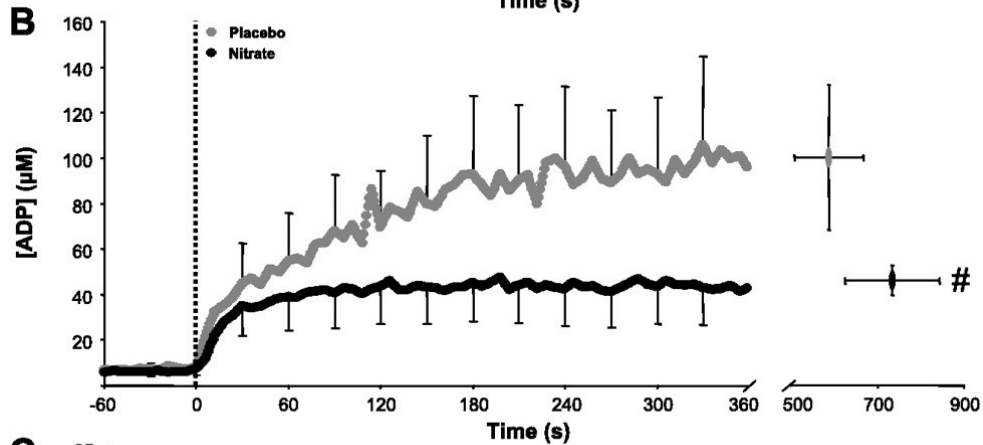


Průměrná rychlost resyntézy ATP v průběhu zátěže nízké intenzity po SN a po placebo

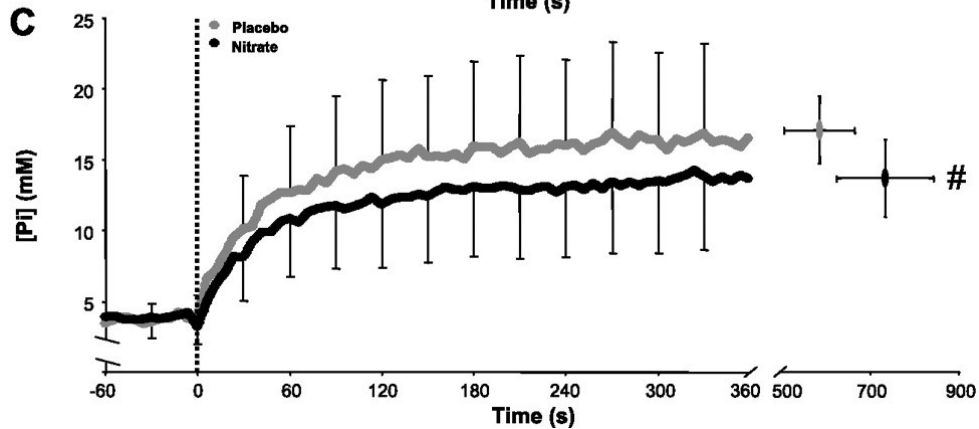


Zátěž vysoké intenzity
po SN a placebo

PCr

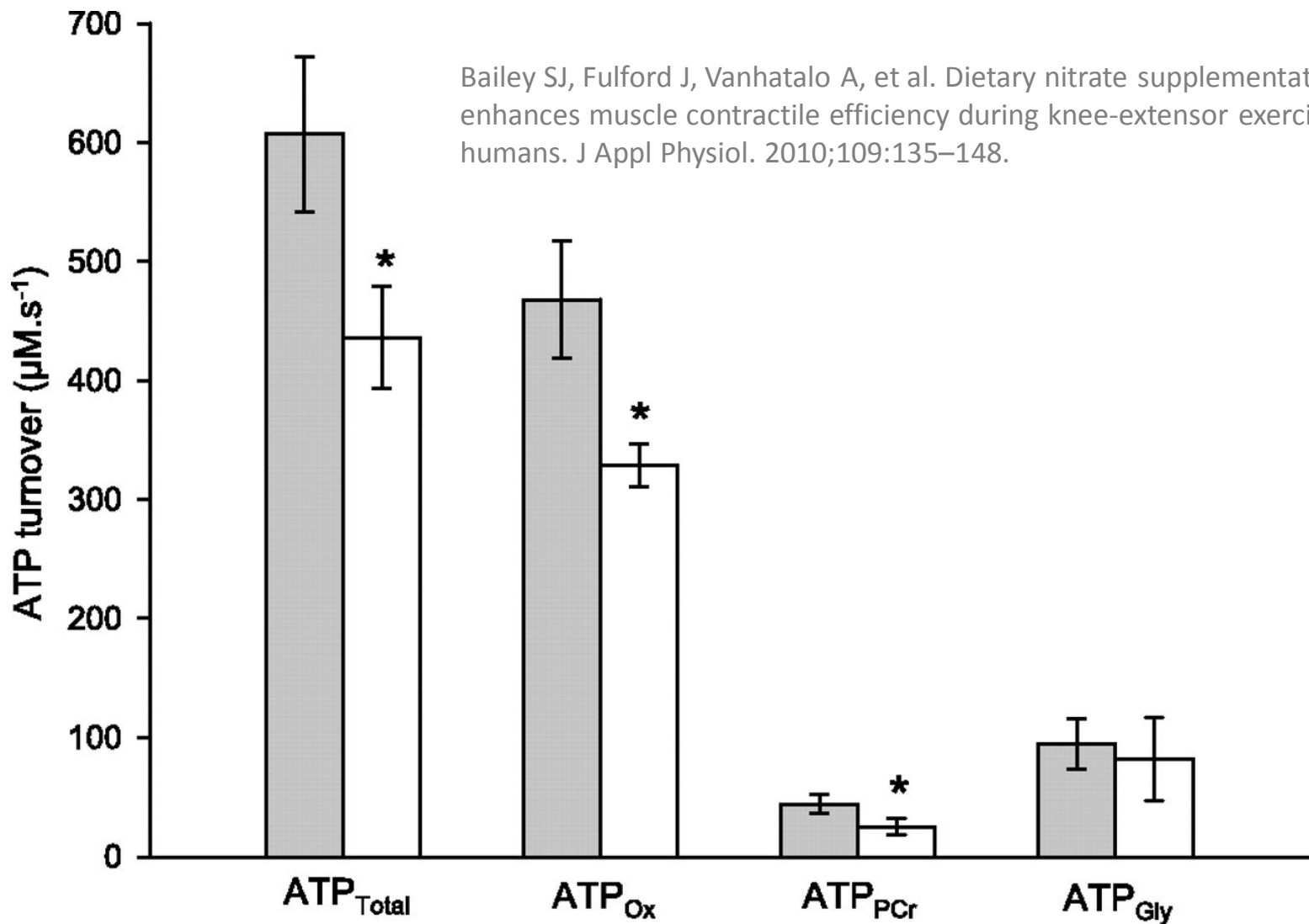


ADP



P_i

Bailey SJ, Fulford J, Vanhatalo A, et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2010;109:135–148.



Bailey SJ, Fulford J, Vanhatalo A, et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2010;109:135–148.

Průměrná rychlost resyntézy ATP v průběhu zátěže vysoké intenzity po SN a po placebu

Čili:

**Redukce $\dot{V}O_2$ po SN je výsledkem redukováného obratu ATP
v kontrahujících se myocytech**

Redukce poklesu makroergních fosfátů

=

redukce stimulace oxidativní fosforylace

**Zvýšení účinnosti svalového metabolismu při SN
(včetně poklesu rychlosti deplece konečné rezervy PCr)
bylo spojeno se zlepšením tolerance zátěže vysoké intenzity**

Deplece PCr a akumulace ADP a Pi



spojené se svalovou únavou při intenzivní zátěži

Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiol Rev.* 2008;88:287–332.

Ztlumení deplece PCr a akumulace ADP a Pi

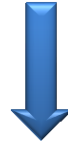


PŘÍČINA ZLEPŠENÍ ZÁTĚŽOVÉ TOLERANCE PO SN

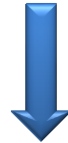
VYSVĚTLENÍ VLIVU NITRÁTOVÉ SUPLEMENTACE NA ZÁTĚŽOVÉ PARAMETRY

3. Nitrátová suplementace

redukce exprese **adenin nukleotid translokázy (ANT)**
(podílí se na mitochondriální protonové konduktanci)

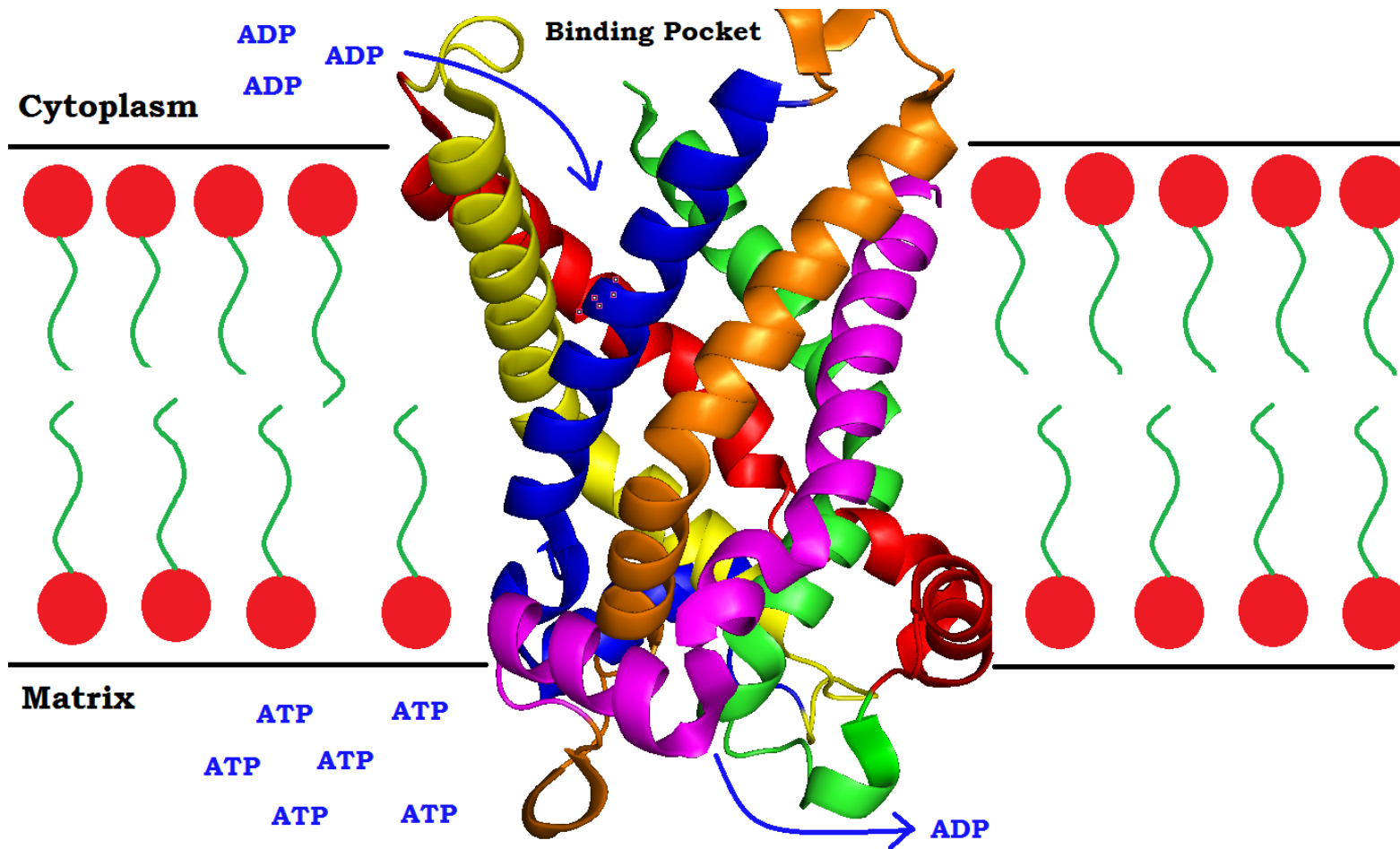


↓ respirační netěsnost na vnitřní mitochondriální membráně



↑ účinnost oxidativní fosforylace
↑ (o 20 %) mitochondriální poměr P/O
(ukazatel množství spotřebovaného kyslíku na produkováný ATP)
těsně koreluje s ↓ VO₂

↓ VO₂ po nitrátové suplementaci při práci submaximální intenzity
↓ unikání protonů přes vnitřní mitochondriální membránu



Adenin nukleotid translokáza (ANT)

=

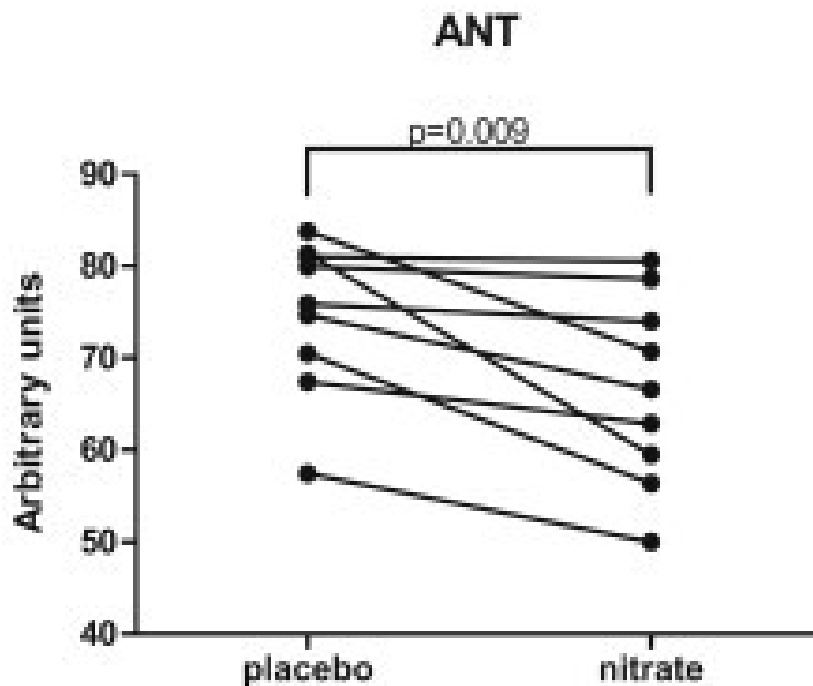
transport protonů přes vnitřní membránu mitochondrií

SN zvyšuje mitochondriální účinnost i kontraktilní svalové funkce.

Larsen FJ, Schiffer TA, Borniquel S, et al. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metab.* 2011;13:149–59.

Hernandez A, Schiffer TA, Ivarsson N, et al. Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fasttwitch muscle. *J Physiol.* 2012;590:3575–83.

**Po 3 dnech SN svalová biopsie + submaximální zátěžový test:
Redukovaná exprese adenin nukleotid translokázy (ANT)**



SN zvyšuje mitochondriální účinnost i kontraktilní svalové funkce.

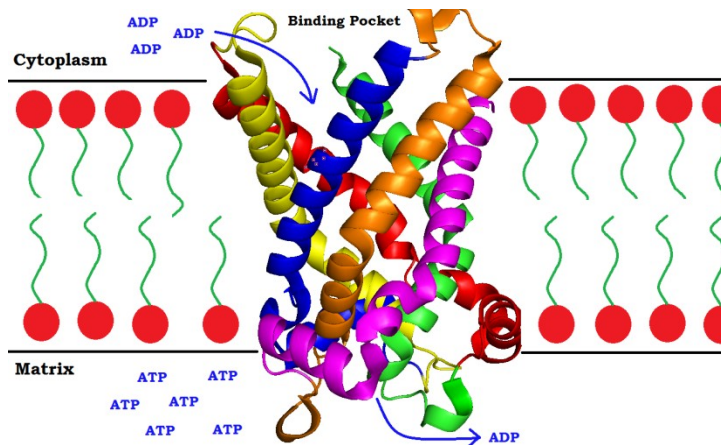
Larsen FJ, Schiffer TA, Borniquel S, et al. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metab.* 2011;13:149–59.

Hernandez A, Schiffer TA, Ivarsson N, et al. Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fasttwitch muscle. *J Physiol.* 2012;590:3575–83.

**Po 3 dnech SN svalová biopsie + submaximální zátěžový test:
Redukovaná exprese adenin nukleotid translokázy (ANT)**



**redukce úniku mitochondriálních protonů
a zlepšení účinnosti oxidativní fosforylace**

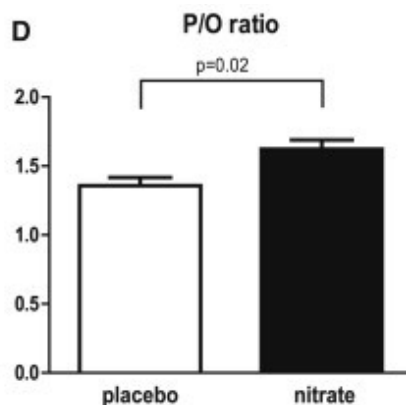


SN zvyšuje mitochondriální účinnost i kontraktilní svalové funkce.

Larsen FJ, Schiffer TA, Borniquel S, et al. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metab.* 2011;13:149–59.

**Při submaximální zátěži 19 % zvýšení mitochondriálního P/O
(indikátor množství O_2 spotřebovaného na produkci ATP)**

**Redukce VO_2 během zátěže
ve vztahu k redukci protonové ztráty
přes vnitřní membránu mitochondrií**



Larsen FJ, Schiffer TA, Borniquel S, et al. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metab.* 2011;13:149–59.

Brown GC, Cooper CE. Nanomolar concentrations of nitric oxide reversibly inhibit synaptosomal respiration by competing with oxygen at cytochrome oxidase. *FEBS Lett.* 1994;356: 295–8.

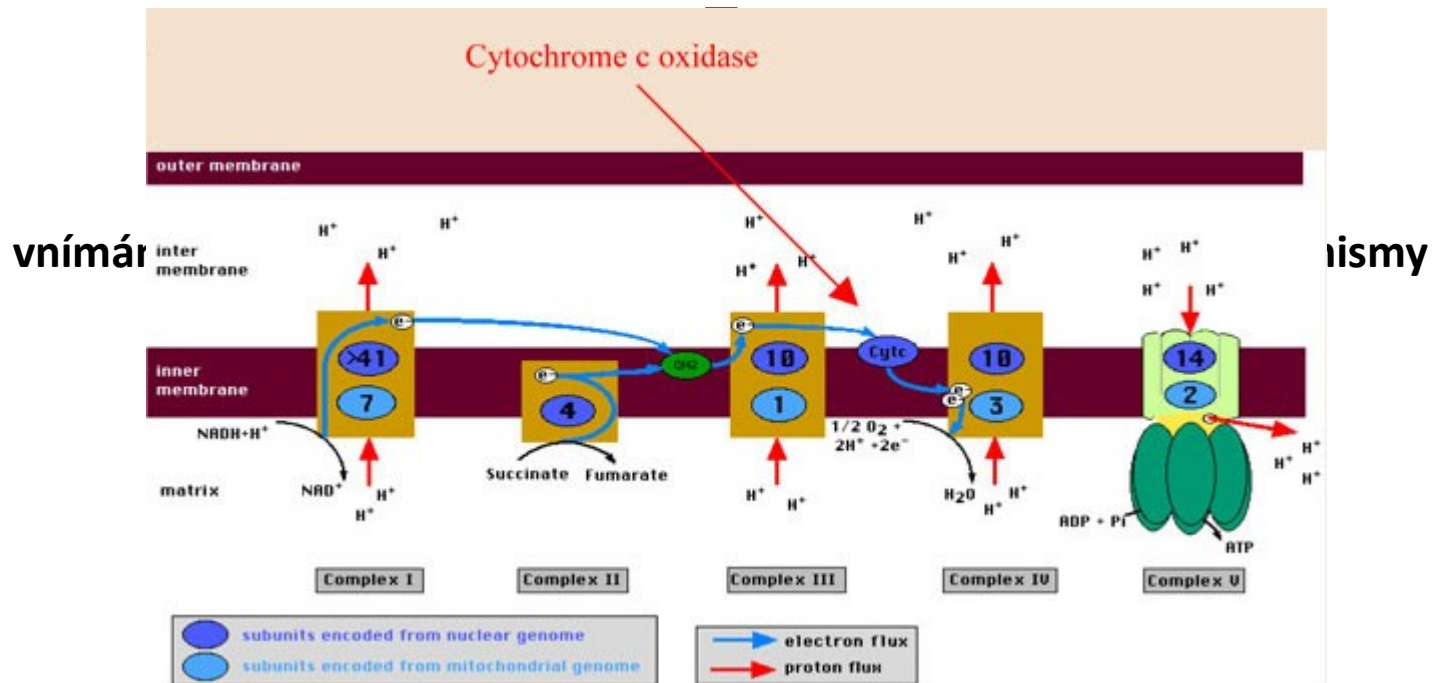
Cleeter MW, Cooper JM, Darley-Usmar VM, et al. Reversible inhibition of cytochrome c oxidase, the terminal enzyme of the mitochondrial respiratory chain, by nitric oxide. Implications for neurodegenerative diseases. *FEBS Lett.* 1994;345:50–4.

SN

=

mírná inhibice cytochrom c oxidázy NO

(NO vytvoří reverzibilní vazba a tím inhibuje cytochrom c oxidázu)



VYSVĚTLENÍ VLIVU NITRÁTOVÉ SUPLEMENTACE NA ZÁTĚŽOVÉ PARAMETRY

Ferguson S, Hirai D, Copp S, Holdsworth C, Allen J, Jones A, et al. Impact of dietary nitrate supplementation via beetroot juice on exercising muscle vascular control in rats. *J Physiol.* **2013**;591(.2):547-57.

Hernández A, Schiffer TA, Ivarsson N, Cheng AJ, Bruton JD, Lundberg JO, et al. Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fast-twitch muscle. *J Physiol.* **2012**;590:3575-83.

4. Potravové nitráty krysám

submaximální zátěž - **↑ krevního průtoku téměř o 40 %**

zejména svalstva zadních končetin (vysoká frakce **svalových vláken II. typu**)

(↓ pO_2 facilituje redukci nitritů na NO)

Výhradně vlákna typu II b (ne pomalá vlákna) nitrátová suplementace

- **↑ koncentraci volných vápníkových iontů**
- **↑ kontraktilní sílu**
- **↑ rychlost nárůstu síly**

NITRÁTOVÁ SUPLEMENTACE A SPORTOVNÍ VÝKONNOST

Joyner MJ, Coyle EF. *Endurance exercise performance: the physiology of champions. J Physiol.* **2008**;586:35-44.

Pracovní účinnost = klíčová fyziologická komponenta
predikce vytrvalostní výkonnosti
přímo determinuje rychlost pohybu nebo výkon
generované a udržované při určité kyslíkové spotřebě

Středně trénovaní cyklisté – v simulovaném závodě na 4,0 km, 10,0 km, 16,1 km

Rekreační běžci - simulovaný 5 km závod na běhacím koberci

Kajakáři – simulovaný závod na 500 m

Průměrně trénovaní veslaři - 6krát 500 m na veslařském trenažéru

významné **ZLEPŠENÍ ZÁVODNÍHO ČASU**

Vliv nitrátů na výkonnost

Lansley KE, Winyard PG, Bailey SJ, et al. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:1125–31.

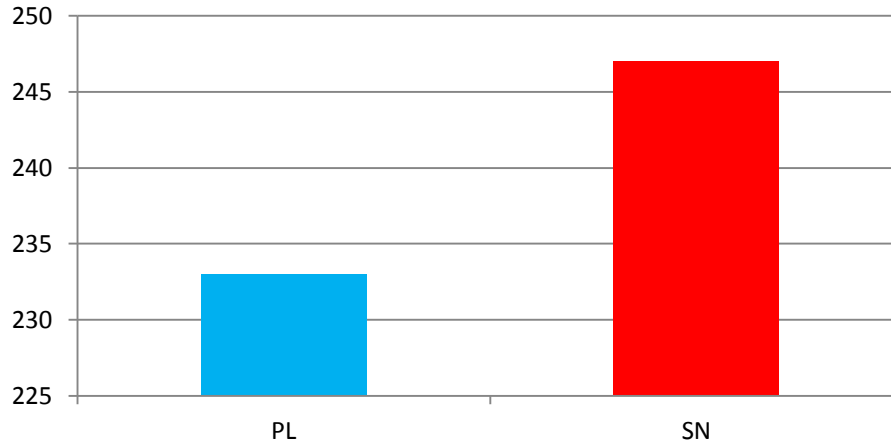
**Cyklisté 4 km a 16,1 km na BE
2,5 hod po jednorázovém požití 0,5 L řepného džusu (6,2 mmol nitrátu)**

Srovnání SN a placebo (PL)

Vliv nitrátů na výkonnost

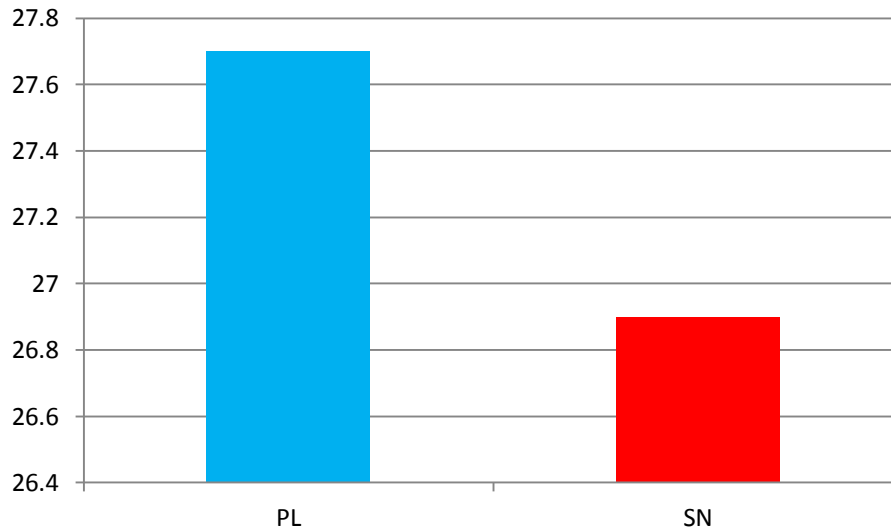
4 km

W



PL = 279 ± 51 vs SN = 292 ± 44 W,
p < 0.05

min

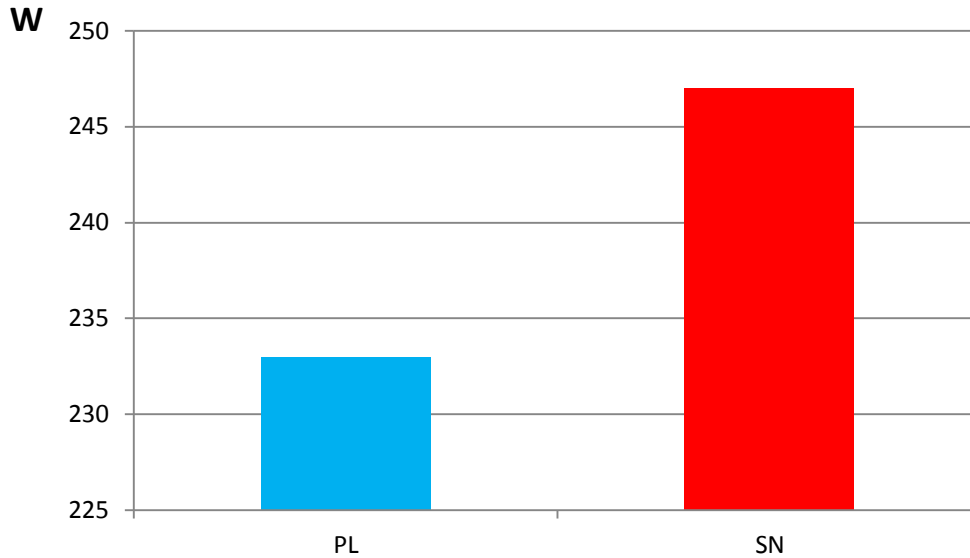


PL = 6.45 ± 0.42 vs SN = 6.27 ± 0.35 min,
p < 0.05,

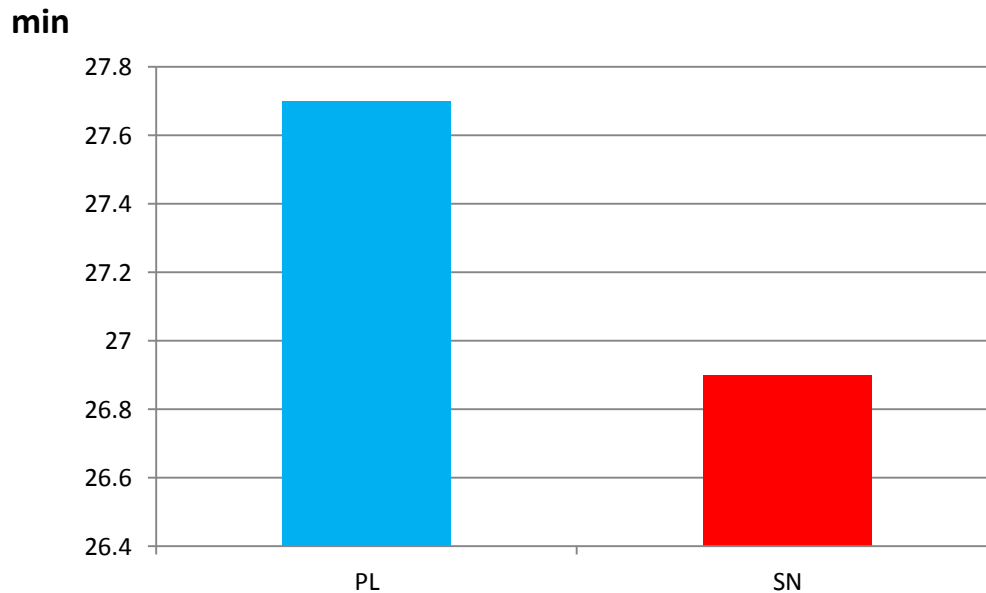
čas lepší o 2,8 %

Vliv nitrátů na výkonnost

16,1 km



PL = 233 ± 43 vs SN = 247 ± 44 W,
p < 0.01



PL = 27.7 ± 2.1 vs BR = 26.9 ± 1.8 min,
p < 0.01

čas lepší o 2,7 %

Vliv nitrátů na výkonnost

Lansley KE, Winyard PG, Bailey SJ, et al. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:1125–31.

**Cyklisté 4 km a 16,1 km na BE
2,5 hod po jednorázovém požití 0,5 L řepného džusu (6,2 mmol nitrátu)**

Srovnání SN a placebo (PL):

VO₂ stejná, ale signifikantně vyšší výkonnost

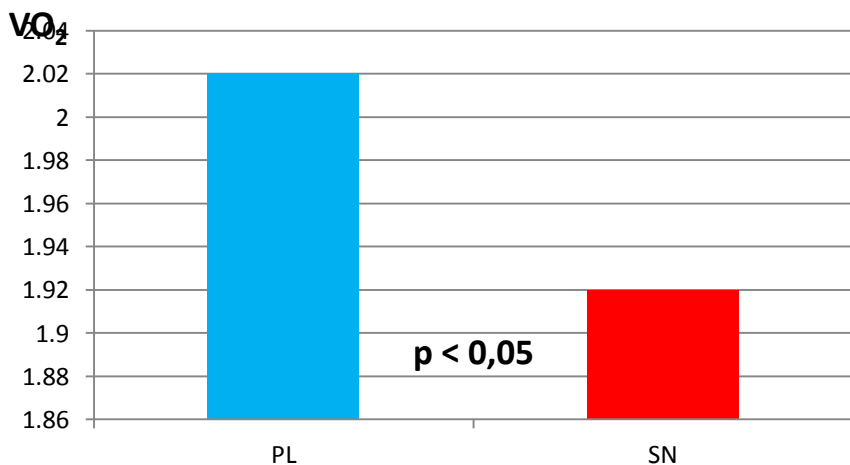
Vliv nitrátů na výkonnost

Cermak NM, Gibala MJ, van Loon LJ. Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2012;22:64–71.

**6 dnů SN – koncentrovaný řepný džus (8 mmol nitrátů/den)
trénovaní cyklisté (double blind)
2 x 30 min 45 a 65 % W max
+ 10 km maximálním úsilím (na čas)**

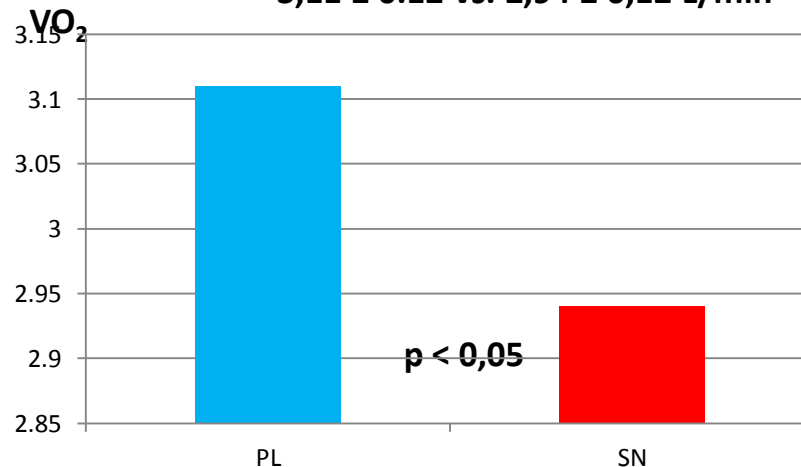
45 % W max

2,02 ± 0,09 vs. 1,92 ± 0,06 L/min

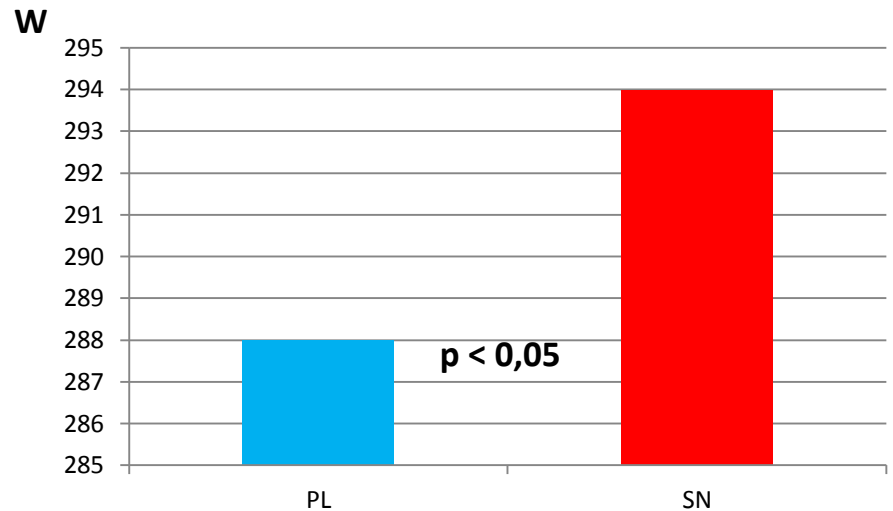
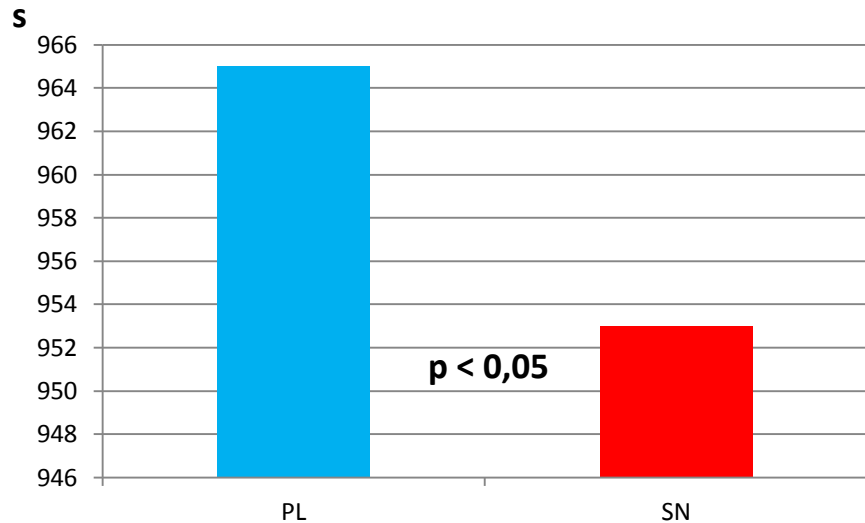


65 % W max

3,11 ± 0,12 vs. 2,94 ± 0,12 L/min



Vliv nitrátů na výkonnost



Test 10 km maximálním úsilím

čas

16,1 ± 0,3 vs. 15,9 ± 0,3 min

výkon

288 ± 12 vs. 294 ± 12 W

Jak jednorázové tak opakované podání dietní nitrátů zlepšuje pracovní účinnost a výkonnost závodních cyklistů (53 – 63 ml/kg.min)

Vliv nitrátů na výkonnost

Murphy M, Eliot K, Heuertz RM, et al. Whole beetroot consumption acutely improves running performance. J Acad Nutr Diet. 2012;112:548–52.

Rekreačně sportující zdravé osoby, běhátko, vzdálenost 5 km

Po jednorázové SN (75 min před testem) ve srovnání s PL

- 1. lepší čas ($p = 0,06$).**
- 2. při 1,8 km běhu významně nižší RPE**
- 3. rychlost mezi 1,8 km a 5 km o 5 % větší**



Vliv nitrátů na výkonnost

Bond, H., Morton, L., & Braakhuis, A. J. (2012). Dietary Nitrate Supplementation Improves Rowing Performance in Well-Trained Rowers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22, 251-256.

6 dnů NS nebo PL

Veslařský ergometr, výborně trénovaní veslaři

6krát 500 m maximálním úsilím

NS čas při opakování lepší než PL

Zejména 4. – 6 opakování (1,7%, 95% CL, $\pm 1,0\%$).

Závěr:

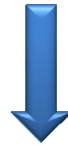
NS = zlepšení maximální výkonnosti na veslařském ergometru



Lansley, K. E., Winyard, P. G., Fulford, J., Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., ... & Jones, A. M. (2011). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. *Journal of Applied Physiology*, 110(3), 591-600.

**SN nejen redukce VO₂ při submaximální zátěži,
ale i při normální chůzi (o 12 %!)**

**Důležité konsekvence pro zvýšení kvality života starších a nemocných osob
s redukováným VO₂ peak**



**prevence těžkého metabolického stresu
při relativně fyzicky náročnější svalové práci**



Kerley, C. P., Cahill, K., Bolger, K., McGowan, A., Burke, C., Faul, J., & Cormican, L. (2015). Dietary nitrate supplementation in COPD: An acute, double-blind, randomized, placebo-controlled, crossover trial☆. *Nitric Oxide*, 44, 105-111.

**Pacienti se stabilní CHOPN, 3 hod po SN
Vzestupný člunkový test**

Vyšší koncentrace plazmatických nitrátů ($p < 0.000005$) a nitritů = ($p < 0.01$)

=

- Pokles TK v klidu
- Významné prodloužení vzdálenosti při testování

Závěr:

**Jednorázová SN u pacientů se stabilní CHOPN
zvyšuje zátěžovou kapacitu a redukuje klidový TK**

Kapil, V., Weitzberg, E., Lundberg, J. O., & Ahluwalia, A. (2014). Clinical evidence demonstrating the utility of inorganic nitrate in cardiovascular health. *Nitric Oxide*, 38, 45-57.

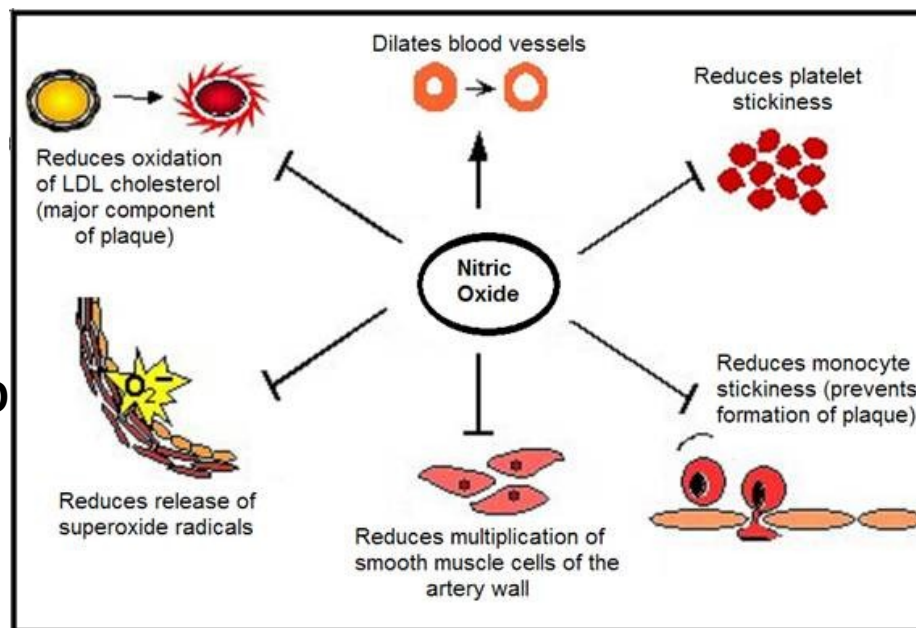
Redukce biologické dostupnosti NO

- u pacientů s rizikovými faktory ICHS
- u pacientů s manifestním kardiovaskulárním onemocněním

V současných studiích prokázán benefiční vliv na

- TK
- destičkové funkce
- vaskulární zdraví
- zátěžová kapacita

akcentování zdrojů NO



...ts can lower
pressure

blood
pressure
10 mm Hg
lower for
24 hrs

Dietary nitrates found in beetroot juice and green leafy vegetables can lower blood pressure.

NITRÁTOVÁ SUPLEMENTACE A SPORTOVNÍ VÝKONNOST

Ferguson S, Hirai D, Copp S, Holdsworth C, Allen J, Jones A, et al. Impact of dietary nitrate supplementation via beetroot juice on exercising muscle vascular control in rats. J Physiol.

2013;591(.2):547-57.

Hernández A, Schiffer TA, Ivarsson N, Cheng AJ, Bruton JD, Lundberg JO, et al. Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fast-twitch muscle. J Physiol.

2012;590:3575-83.

Zlepšení kontraktilních funkcí zejména v **rychlých svalových vláknech**

Hultström M, de Paula CA, Porcelli S, Ferguson SK, Bourdillon N, Hoon MW, et al. Commentaries on Viewpoint: Can elite athletes benefit from dietary nitrate supplementation? . J Appl Physiol.

2015;119(6):762-9.

Pozitivní vliv i na výkonnost sportovců

v silových a rychlostních sportovních odvětvích

Thompson C, Wylie LJ, Fulford J, Kelly J, Black MI, McDonagh ST, et al. Dietary nitrate improves sprint performance and cognitive function during prolonged intermittent exercise. Eur J Appl Physiol.

2015;115(9):1825-34.

Prolongovaný intermitentní sprinterský test na BE

Suplementace nitráty zvyšuje opakovanou sprinterskou výkonnost

+ brání poklesu kognitivních funkcí

(provádějící prolongovanou intermitentní zátěž)

NITRÁTOVÁ SUPLEMENTACE A SPORTOVNÍ VÝKONNOST

NITRÁTOVÁ SUPLEMENTACE BEZ STATISTICKY VÝZNAMNÉHO EFEKTU!

- **Výborně trénovaní cyklisté – závod na 50 mil**
- **Výborně trénovaní cyklisté – hodinovka**
- **Výborně trénovaní cyklisté – 120 minut + závod do 400 kcal + 6krát 20 sekundový sprint + 100 sekund zotavení**
- **Výborně trénovaní cyklisté a triatlonisté - 40minutový závod na BE**
- **Výborně trénovaní juniorští běžci na lyžích - závod v běhu na 5 km**
- **Výborně vytrvalostně trénovaní běžci – závod v běhu na 5 km**
- **Elitních běžci na 1500 m – závod v běhu na 1500 m**

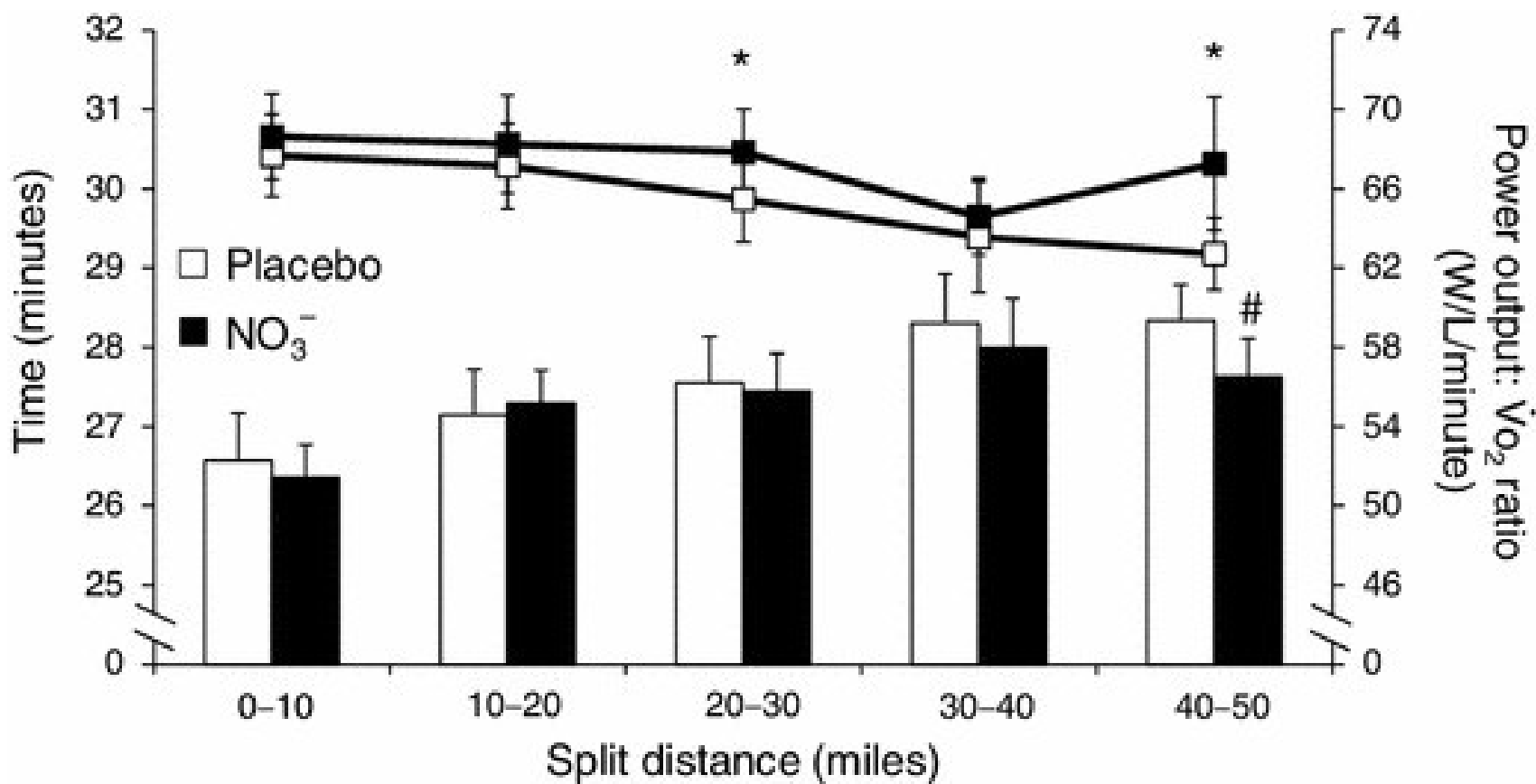
NITRÁTOVÁ SUPLEMENTACE BEZ STATISTICKY VÝZNAMNÉHO EFEKTU!

Vliv nitrátů na výkonnost

Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, et al. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:4127–34.

Jednorázová SN nebo PL (2,5 hod před testem) trénování cyklisté, test 50 mil na čas
Nezjištěny významné rozdíly v dosaženém čase

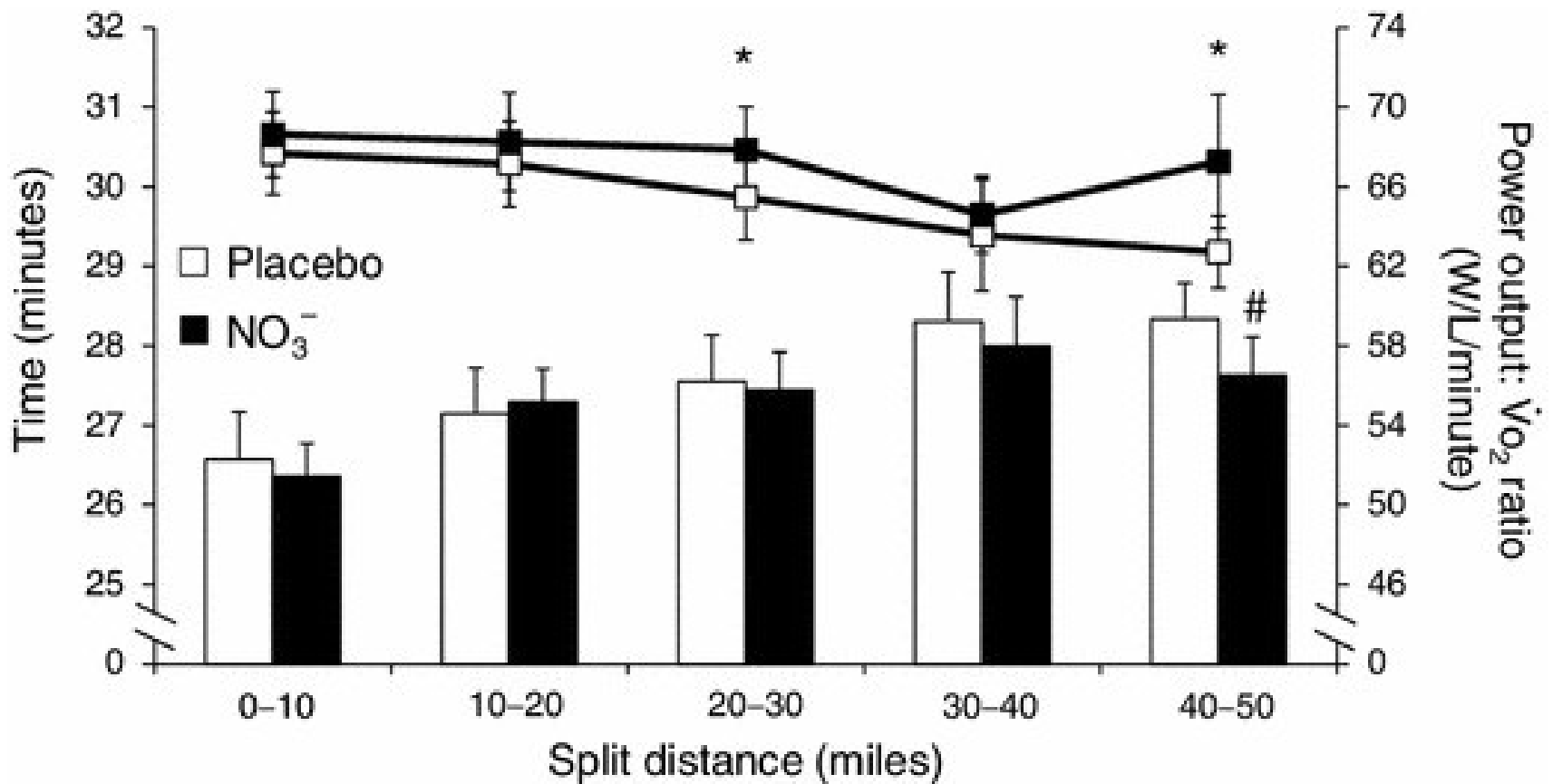
$136,7 \pm 5,6$ vs. $137,9 \pm 6,4$ min



Vliv nitrátů na výkonnost

Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, et al. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:4127–34.

Jednorázová SN nebo PL (2,5 hod před testem) trénování cyklisté, test 50 mil na čas
W/VO₂ naznačená tendence zvýšení



Příčiny rozdílné efektivity suplementace nitráty u elitních a hůře trénovaných sportovců

Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, Vanhatalo A, Blackwell JR, Jones AM. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. Eur J Appl Physiol. 2012;112(12):4127-34.

1. Netrénované osoby při konkrétním zatížení
nižší úroveň oxygenace + nižší pH svalové tkáně



stimulace tvorby NO z nitrátů

Green DJ, Maiorana A, O'Driscoll G, Taylor R. Effect of exercise training on endothelium-derived nitric oxide function in humans. J Physiol. 2004;561(1):1-25.

2. Vytrvalostně trénovaní sportovci
asi o 60 % vyšší aktivita nNOS μ
(hlavní izoforma NOS ve všech typech svalových vláken)



dostatečná tvorba NO působením NOS

Příčiny rozdílné efektivity suplementace nitráty u elitních a hůře trénovaných sportovců

Hernández A, Schiffer TA, Ivarsson N, Cheng AJ, Bruton JD, Lundberg JO, et al. Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fast-twitch muscle. J Physiol.

2012;590:3575-83.

3. Nitrátová suplementace pozitivně mění kontraktilní funkce vláken II. typu (téměř výhradně)

U ELITNÍCH VYTRVALCŮ ZASTOUPENY RELATIVNĚ V MENŠÍM MNOŽSTVÍ

Vliv dietních nitrátů na sportovní výkonnost sportovců více vyjádřen

KRATŠÍ VÝKON O VYSOKÉ INTENZITĚ ZATÍŽENÍ

s dominantním využitím relativně **MENŠÍCH SVALOVÝCH SKUPIN**

a rychlých svalových vláken horní poloviny těla

(větší hypoxie a většího poklesu pH)

Peeling P, Cox G, Bullock N, Burke L. Beetroot juice improves on-water 500 m time-trial performance, and laboratory-based paddling economy in national and international-level

kayak athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. **2015**;25(3):278-84.

Příčiny rozdílné efektivity suplementace nitráty u elitních a hůře trénovaných sportovců

4. DÉLKA SUPLEMENTACE

JEDNORÁZOVÁ SUPLEMENTACE NITRÁTY

- Vanhatalo A, Bailey SJ, Blackwell JR, DiMenna FJ, Pavey TG, Wilkerson DP, et al. Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* **2010**;299(4):R1121-R31.
- Kenjale AA, Ham KL, Stabler T, Robbins JL, Johnson JL, VanBruggen M, et al. Dietary nitrate supplementation enhances exercise performance in peripheral arterial disease. *J Appl Physiol.* **2011**;110(6):1582-91.

RYCHLE OVLIVNÍ VASKULÁRNÍ TONUS A OKYSLIČENÍ PERIFERNÍCH TKÁNÍ

- Hernández A, Schiffer TA, Ivarsson N, Cheng AJ, Bruton JD, Lundberg JO, et al. Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fast-twitch muscle. *J Physiol.* **2012**;590:3575-83.
- Larsen FJ, Schiffer TA, Borniquel S, Sahlin K, Ekblom B, Lundberg JO, et al. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metab.* **2011**;13(2):149-59.

NEOVLIVNÍ POMĚR P/O, NEOVLIVNÍ EXPRESI ANT

NEOVLIVNÍ ZMĚNY MITOCHONDRIÁLNÍCH A KONTRAKTILNÍCH PROTEINŮ

Příčiny rozdílné efektivity suplementace nitráty u elitních a hůře trénovaných sportovců

DÉLKA SUPLEMENTACE

PROTRAHOVANÁ SUPLEMENTACE NITRÁTY

Vanhatalo A, Bailey SJ, Blackwell JR, DiMenna FJ, Pavey TG, Wilkerson DP, et al. Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2010;299(4):R1121-R31.

**Prodloužení nitrátové suplementace z 5 na 15 dnů
zvýšilo významně maximální výkonové parametry**

Hoon MW, Johnson NA, Chapman PG, Burke LM. The effect of nitrate supplementation on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2013;23(5):522-32.

**PRO ZLEPŠENÍ SPORTOVNÍ VÝKONNOSTI
NĚKOLIKADENNÍ APLIKAČNÍ STRATEGIE ÚČINNĚJŠÍ
NEŽ JEDNORÁZOVÉ PODÁNÍ DIETNÍCH NITRÁTŮ**

Příčiny rozdílné efektivity suplementace nitráty u elitních a hůře trénovaných sportovců

5. DÁVKA SUPLEMENU

- Wylie LJ, Kelly J, Bailey SJ, Blackwell JR, Skiba PF, Winyard PG, et al. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *J Appl Physiol.* **2013**;115(3):325-36.
- Hoon MW, Jones AM, Johnson NA, Blackwell JR, Broad EM, Lundy B, et al. The effect of variable doses of inorganic nitrate-rich beetroot juice on simulated 2000-m rowing performance in trained athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* **2014**;9(4):615-20.

Jednorázová dávka řepného extraktu

- 70 ml 4,2 mmol
- 140 ml 8,4 mmol
- 280 ml 16,8 mmol

NA DÁVCE ZÁVISLÝ ÚČINEK V CELÉM ROZSAHU PODANÝCH NITRÁTŮ

- TK
- submaximální VO_2
- tolerance intenzivní zátěže
- závodní výkon

Změny plazmatických nitritů inverzní vztah k dosaženému času

NITRÁTOVÁ SUPLEMENTACE A SPORTOVNÍ VÝKONNOST

NITRÁTOVÁ SUPLEMENTACE

BEZ STATISTICKY VÝZNAMNÉHO EFEKTU!

- *Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, Vanhatalo A, Blackwell JR, Jones AM. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. Eur J Appl Physiol. 2012;112(12):4127-34.*
- *Cermak NM, Res P, Stinkens R, Lundberg JO, Gibala MJ, van Loon LJ. No improvement in endurance performance after a single dose of beetroot juice. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2012;22(6):470-8.*
- *Peacock O, Tjonna AE, James P, Wisloff U, Welde B, Bohlke N, et al. Dietary nitrate does not enhance running performance in elite cross-country skiers. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(11):2213-9.*
- *Bescós R, Ferrer-Roca V, Galilea P, Roig A, Drobnic F, Sureda A, et al. Sodium nitrate supplementation does not enhance performance of endurance athletes. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(12):2400.*
- *Christensen P, Nyberg M, Bangsbo J. Influence of nitrate supplementation on VO₂ kinetics and endurance of elite cyclists. Scand J Med Sci Sports. 2013;23:e21-e31.*
- *Sandbakk SB, Sandbakk Ø, Peacock O, James P, Welde B, Stokes K, et al. Effects of acute supplementation of L-arginine and nitrate on endurance and sprint performance in elite athletes. Nitric Oxide. 2014;48:10-5.*
- *Boorsma R, Whitfield J, Spriet L. Beetroot juice supplementation does not improve performance of elite 1500-m runners. Med Sci Sports Exerc. 2014;46(12):2326-34.*

ASI U 20 – 25 % SPORTOVců
VÝRAZNÉ ZLEPŠENÍ ZÁVODNÍHO ČASU

Příčiny rozdílné efektivity suplementace nitráty u elitních a hůře trénovaných sportovců „RESPONDERS“ A „NON-RESPONDERS“

- Boorsma R, Whitfield J, Spriet L. Beetroot Juice Supplementation Does Not Improve Performance of Elite 1500-m Runners. *Med Sci Sports Exerc.* **2014**;46(12):2326-34.
- Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, Vanhatalo A, Blackwell JR, Jones AM. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* **2012**;112(12):4127-34.
- Totzeck M, Hendgen-Cotta UB, Rammos C, Frommke L-M, Knackstedt C, Predel H-G, et al. Higher endogenous nitrite levels are associated with superior exercise capacity in highly trained athletes. *Nitric Oxide.* **2012**;27(2):75-81.
- Christensen P, Nyberg M, Bangsbo J. Influence of nitrate supplementation on VO₂ kinetics and endurance of elite cyclists. *Scand J Med Sci Sports.* **2013**;23:e21-e31.
- Jonvik KL, Nyakayiru J, van Loon LJ, Verdijk LB. Last Word on Viewpoint: Can elite athletes benefit from dietary nitrate supplementation? *J Appl Physiol.* **2015**;119(6):770.
- Štulrajterová L, Stejskal P. Effect of dietary nitrate supplementation on plasma nitrate/nitrite in physically active men. [Lecture]. Brno, Sport and Quality of Life, November **2015**. 2015.

Stejná dávka nitrátové suplementace
Responders - zvýšení plazmatických nitritů
Non-responders - bez efektu

Příčiny rozdílné efektivity suplementace nitráty u elitních a hůře trénovaných sportovců

„RESPONDERS“ A „NON-RESPONDERS“

Poveda J, Riestra A, Salas E, Cagigas M, López-Somoza C, Amado J, et al. Contribution of nitric oxide to exercise-induced changes in healthy volunteers: effects of acute exercise and long-term physical training. Eur J Clin Invest. 1997;27(11):967-71.

6. Vytrvalostně trénovaní sportovci = vyšší hladina plazmatických nitritů

**Odpověď na standardní dávku dietních nitrátů méně výrazná
(vyšší biologická dosažitelnost NO tlumí u trénovaných sportovců
benefity další nitrátové suplementace)**

Totzeck M, Hendgen-Cotta UB, Rammos C, Frommke L-M, Knackstedt C, Predel H-G, et al. Higher endogenous nitrite levels are associated with superior exercise capacity in highly trained athletes. Nitric Oxide. 2012;27(2):75-81.

**Vyšší hladina plazmatických nitritů u vytrvalostně trénovaných sportovců
spojená s vyšší úrovní laktátového anaerobního prahu
(je jeho nezávislým prediktorem)**

ZÁVĚR:

Jednorázové i opakované podání (3 – 15 dnů)
potravinových nitrátů (extrakt 70 – 140 ml, 6 – 9 mmol)

1. ↓ krevní tlak
2. ↓ submaximální spotřebu kyslíku
3. ↑ odolnost vůči vysoké zátěži

?? SIMULTÁNNÍ PŮSOBENÍ ??

- zvýšené dodávky kyslíku
- redukce obratu ATP
- redukce protonového úniku přes mitochondriální membránu
- zvýšení myoplazmatických a transportních kalciových proteinů

UNCLEAR

ZÁVĚR:

**Vliv suplementace dietními nitráty na sportovní výkonnost elitních sportovců
v normoxických i hypoxických podmínkách**

**ÚČINNÝ POUZE ASI U 25 %
VELKÁ VARIABILITA EFEKTIVITY, VĚTŠINOU NÍZKÁ**

- **Vstupní (bazální) hladina plazmatických nitritů**
- **Trvání a dávka suplementace**
- **Proporce jednotlivých typů svalových vláken**
- **Trénovanost**
- **Sportovní odvětví**
- **Intenzita, trvání a typ sportovního tréninku**
- **Kapilarizace**
- **Parciální tlak atmosférického kyslíku**
- **Zdravotní stav**
- **Dieta**
- **???**

Jones AM. Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Med.* **2014**;44(1):S35-S45

There are anecdotal reports that **beetroot juice supplementation** was used **extensively, and successfully, by members of several prominent national teams competing in a wide variety of sports at the 2012 London Olympic and Paralympic Games.**



Nitráty a nitrity samy o sobě nejsou karcinogenní!

Ale:

**za určitých okolností spojených s endogenní nitrosací
dietní nitráty a nitrity mohou vést k zvýšenému riziku rakoviny**

**Zdravotních benefity potravinových
nitrátů a nitritů (*redukovaná tvorba
NO*)**

- hypertenze
- ischemické choroby srdeční
- onemocnění periferních tepen
- gastrické ulcerace

**zvýšená spotřeba dietních nitrátů a
nitritů za specifických podmínek
zvýšené riziko**

- kolorektálního karcinomu
- ovariálního karcinomu
- karcinomu prsu
- karcinomu štítné žlázy
- karcinomu žaludku



MOŽNÉ NEBEZPEČÍ DLOUHODOBÉHO NEKONTROLOVANÉHO POUŽÍVÁNÍ NITRÁTOVÝCH SUPLEMENTŮ



Další výzkum:

- 1. Prokázat neškodnost dlouhodobého podávání dietních nitrátů**
- 2. Vysvětlení příčin rozdílů ve vnímavosti nitrátové suplementace**
- 3. Zvýšení senzitivity detekce benefitů dietní nitrátové suplementace u sportovců**



Pavel Stejskal, Lucia Štulrajterová: Suplementace dietními nitráty, tělesná práce a sportovní výkonnost. I. Část. Med Sport Boh Slov 2016; 25(1):12–23.

Pavel Stejskal, Lucia Štulrajterová: Suplementace dietními nitráty, tělesná práce a sportovní výkonnost. I. Část. Med Sport Boh Slov 2016; 25(2)



Děkuji za pozornost!



Zkouška z APaENN

X1. Diabetes mellitus 2. typu, pohybová aktivita.

X2. Adaptace CNS a jeho funkcí.

X3. Využití SA HRV při optimalizaci sportovního tréninku a ladění sportovní formy.

Y1. Angina pectoris a tichá ischemie. Infarkt myokardu. Fibrilace síní.

Y2. Hormonální adaptace.

Y3. Dvě cesty vzniku oxidu dusnatého.

1.6.2017, 9:00, miestnost 225

