

PŘEHLEDOVÝ ČLÁNEK

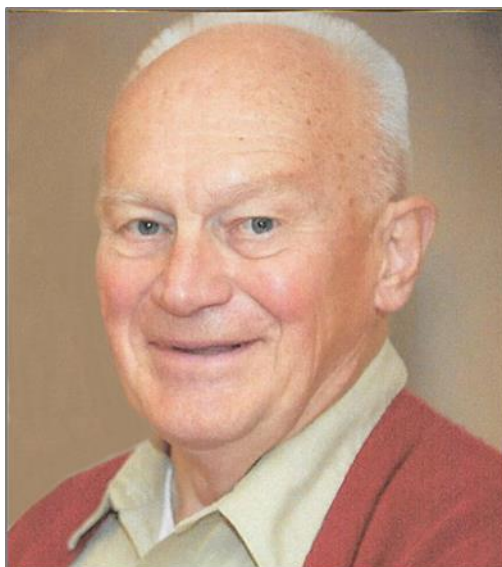
ÚČINKY KOENZYMU Q10 NA SPORTOVNÍ VÝKON V ODBORNÉ LITERATUŘE – REVIEW

ZDENĚK VILIKUS, RADKA PETRÁKOVÁ-DOLEŽALOVÁ, PAVEL KYSEL, SIMONA MAJOROVÁ

ÚVOD

Koenzym Q10 byl objeven v roce 1957. Prvenství se přičítá americkému biochemikovi Frederiku Craneovi, který se zabýval tvorbou energie v buňkách. Na jatkách si nasbíral několik hovězích

srdcí, připravil z nich emulzi, kterou odstředil na centrifuze. Všiml si oranžových krystalků ve zkumavce a podrobil je absorpční spektroskopii. Zjistil, že jde o chinony. Chemickou strukturu odhalil Karl Folkers v roce 1958.



Obrázek 1 Frederic Crane (1925-2016), americký biochemik

Folkers zjistil, že koenzym Q₁₀ patří mezi karotenoidy a má podobnou chemickou strukturu jako vitamin K₂ (fytichinon); postranní řetězec je odvozen od izoprenu. Jeho systematický název

tedy zní: 2,3-dimethoxy-5-methyl-6-dekaprenyl benzochinon (obr. 3). Triviální název koenzymu Q₁₀ je odvozen od chemického základu, kterým je chinon (quinon, Q) a desítka znamená počet

izoprenylových jednotek v postranním řetězci (10).

Význam koenzymu Q₁₀ pro lidský organizmus odhalil anglický biochemik Peter Mitchell, který již v roce 1961 publikoval koncepci fungování tzv. dýchacího řetězce a úlohu, kterou v něm

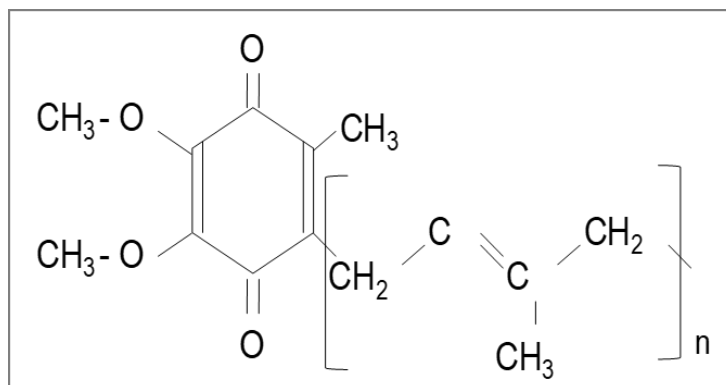
hraje koenzym Q₁₀. Dýchací řetězec je finálním procesem aerobního získávání energie z glukózy, který probíhá v každé buňce lidského organismu. Předchází mu chemický proces glykolýzy a Krebsův cyklus.



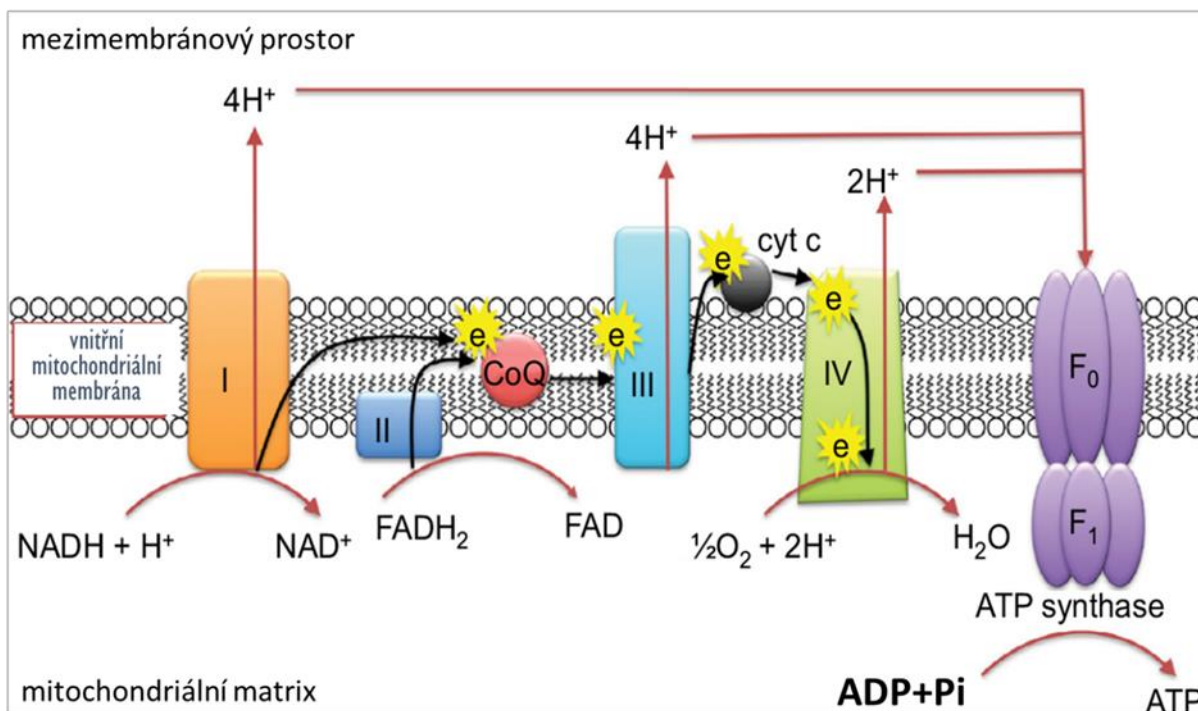
Obrázek 2 Peter Dennis Mitchell (1920-1992), anglický biochemik

Mitchellova hypotéza byla potvrzena objevem ATP-syntázy, proteinu vázaného na vnitřní mitochondriální membránu, který využívá potenciální energii elektrochemického gradientu

k produkci ATP (obr. 4). V roce 1978 získal Peter Mitchell Nobelovu cenu za objevení funkce koenzymu Q₁₀ při produkci energie v buňkách.



**Obrázek 3 Strukturální chemický vzorec Koenzymu Q₁₀
2,3-dimethoxy-5-methyl-6-dekaprenyl benzochinon**



Obr. 3 Dýchací řetězec a úloha koenzymu Q10 v něm

Dýchací řetězec je životně důležitý proces ke získávání energie. Probíhá v mitochondriích. CoQ₁₀ se pohybuje na vnitřní mitochondriální membráně mezi flavoproteinovými komplexy I, II a III, kde funguje jako mobilní elektronový nosič. CoQ₁₀ pomocí svých redoxních schopností uvolňuje elektrony z komplexu I (NADH-reduktáza) a z komplexu II (sukcinát-reduktáza) do komplexu III (cytochrom c reduktáza). Uvolněním elektronů z vodíkových atomů dochází k vytváření vodíkových protonů, které se dostávají do mezimembránového prostoru. Na vnitřní membráně tak vzniká elektrochemický potenciál (v mezimembránovém prostoru přebytek vodíkových protonů a kyselé prostředí, v matrix přebytek elektronů a alkalické prostředí). Membrána je pro vodíkové protony propustná pouze v místě ATP-syntázy. Při vyrovnávání potenciálu a pronikání H⁺ do mitochondriální matrix poskytne proud H⁺ energii ATP-syntáze a dojde k fosforylaci ADP na ATP. Molekuly ATP jsou pak následně transportovány prostřednictvím ATP translokázy do cytoplazmy buňky.

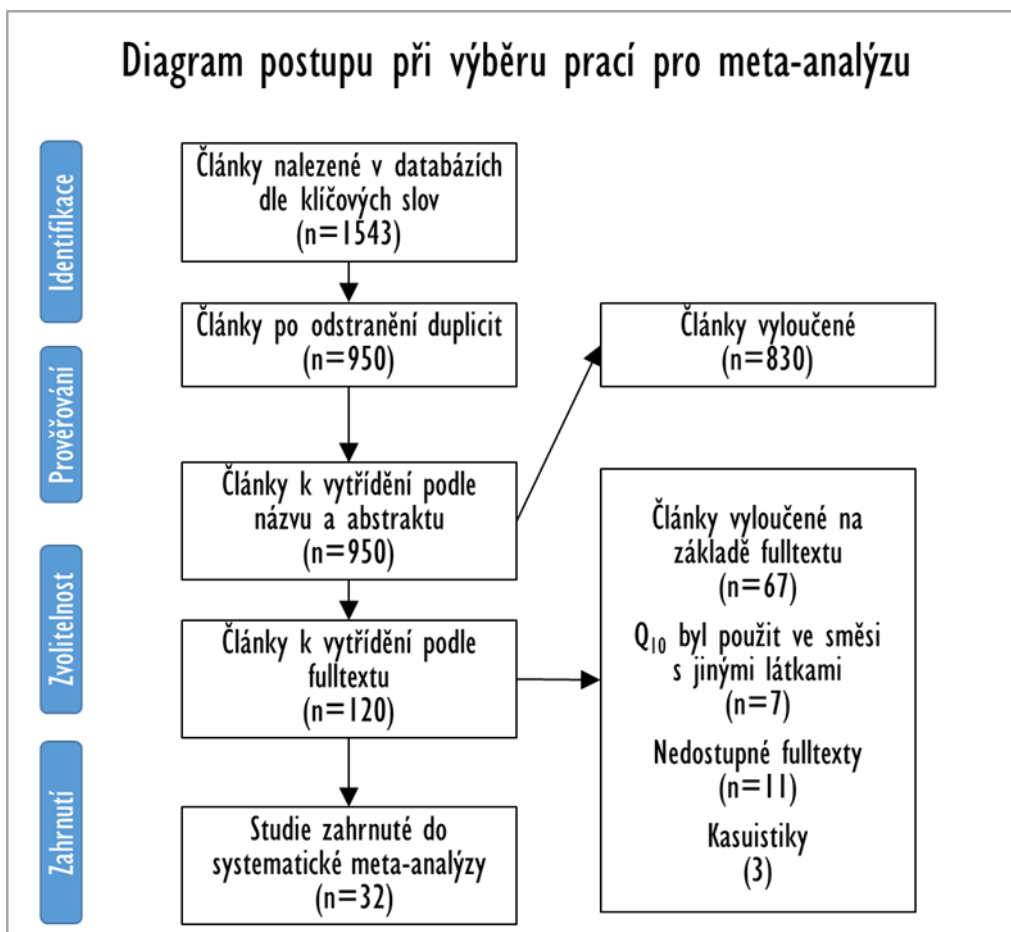
CÍL

Cílem našeho přehledového článku bylo zjistit současný stav vědění o účinku koenzymu Q₁₀ na sportovní výkon.

METODA

V databázích odborné literatury (Google Scholar, Scopus, Web of

Science) jsme podle klíčových slov našli 1543 prací. Při výběru posuzovaných studií jsme postupovali podle diagramu (viz obr. 4). Do našeho přehledového článku jsme zařadili celkem 32 relevantních studií.



Obrázek 4 Diagram postupu při výběru odborných prací pro meta-analýzu

VÝSLEDKY

Q₁₀ patří ke koenzymům vnitřní mitochondriální membrány, které fungují jako přenašeče elektronů v dýchacím řetězci a podílí se tak na tvorbě a recyklaci ATP. Koenzymu Q₁₀ je obecně připisováno snížení únavy po vyčerpávajících výkonech a také snížení oxidačního poškození buněk vyvolaného intenzivní sportovní zátěží [30]. O účincích koenzymu Q₁₀ na sportovní výkon existuje mnoho studií často s protichůdnými závěry.

Někteří autoři (viz tab. 1) nezjistili žádné zlepšení aerobní kardiorespi-

rační zdatnosti (VO_{2max} zůstala nezměněná) Abdizadeh^[1] Laaksonen^[16], Porter^[24], Weston^[34], Zhou^[37] ani žádnou změnu v silově vytrvalostním výkonu Braun^[1], či v anaerobním prahu Abdizadeh^[1], Weston^[34], Zhou^[37][37]. Protektivní vliv na svalové buňky při sportovní zátěži neprokázali Snider^[29] ani Nielsen^[29].

Jiní autoři uvádějí, že suplementace CoQ₁₀ výkon zvyšuje (viz tab. 2): Cooke^[5], Gökbel^[9], Kapoor^[23], Leelarungrayub^[23], Mizuno^[23], Shimomura^[28], Ylikoskia 1997^[35] aj.

Tabulka 1

Koenzym Q ₁₀ – studie bez efektu na výkon								
	autor	rok	probandi	n	dávka/den	doba	testování	efekt
1	Braun ⁺	1991	elit cykl M	10	100 mg	8 týdnů	W _{max}	žádný
2	Snider ⁺	1992	triathlon M	11	100 mg	4 týdny	CK, La	žádný
3	Laaksonen ⁺	1995	sport M	19	120 mg	6 týdnů	VO _{2max} , ↑TTE*	jen TTE
4	Porter ⁺	1995	nesport M	15	150 mg	8 týdnů	VO _{2max} , La	žádný
5	Weston ⁺	1997	elit cykl M	18	1 mg/kg	4 týdny	VO _{2max} , AT	žádný
6	Malm ⁺	1997	cyklo sprint	9	120 mg	3 týdny	↑čas, ↑La	zhoršení
8	Nielsen ⁺	1999	triathlon M	?	100 mg	12 týdnů	VO _{2max} , CK	žádný
9	Zhou ⁺	2005	nesport M	6!	150 mg	4 týdny	VO _{2max} , AT	žádný
10	Östman ⁺	2011	sport M	23	90 mg	8 týdnů	W _{max} , ↑La	žádný
11	Abdizadeha ⁺	2015	horolezci	20	5 mg/kg	2 týdny	VO _{2max} , AT	žádný

TTE = čas do vyčerpání, *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

CK = kreatinkináza, AT= anaerobní práh, ↑ zvýšení, ↓ pokles

* randomizované, dvojitě zaslepené studie s placebem a kontrolní skupinou,

Anaerobní výkon

Cooke^[5] po dvoutýdenní aplikaci koenzymu Q₁₀ 2x denně 100 mg zjistil zlepšení nejen anaerobního výkonu ve Wingate testu, ale i vytrvalostního výkonu. Navíc také došlo ke snížení hladiny superoxid-dismutázy v krvi v důsledku snížení oxidačního stresu. Gökbel^[9] aplikoval CoQ₁₀ při opakovaných Wingate testech a došel k závěru, že CoQ₁₀ zvyšuje výkon během opakovaných supramaximálních zátěží a může být použitý jako ergogenní suplement. Leelarungrayub^[17] naměřil u plavců po 12denní suplementaci a dávce 300 mg CoQ₁₀ denně zlepšení času v plaveckých sprintech na 100 m, stejně jako prodloužení doby běhu do vyčerpání. Yasukava^[17] testoval 10sekundové opakované vysoce intenzivní sprinty. CoQ₁₀ (100 mg) zvýšil

W_{max}; po současné aplikaci s kreatinem (5 g) došlo ještě k dalšímu signifikantnímu navýšení W_{max}.

Aerobní výkon

Ylikoskia^[35] po 6týdenní suplementaci 90 mg CoQ₁₀ denně naměřil v randomizované studii u 25 finských vrcholových lyžařů-běžců zlepšení VO_{2max}, anaerobního i aerobního prahu. Podobně Zeppilli^[35] po 4-8týdenní suplementaci 90-100 mg CoQ₁₀ denně zjistil zlepšení VO_{2max} o 11% (p<0,01) i pracovní kapacity W₁₇₀ o 10% (p<0,01). Dále Amadio^[35] u deseti sportovců zaznamenal zlepšení VO_{2max} o 18% (p<0,01) a Vanfraechem^[35] zlepšení VO_{2max} na 5% hladině významnosti, Wyss^[35] VO_{2max} o 7% (p<0,05) a W₁₇₀ o 33% (p<0,05). Gharahdaghiová^[37] po 4týdenní suplementaci

300 mg CoQ₁₀ rovněž naměřila zvýšení VO_{2max} u fotbalistů, avšak nezaznamenala žádné změny v tělesném složení, maximální rychlosti a anaerobním výkonu. Mizuno^[23] naměřil vyšší maximální rychlost při zátěžích od 30 do 210

minut u skupiny, které byl aplikován CoQ₁₀ v dávce 300 mg, než u kontrolní skupiny. Navíc subjektivní ukazatele únavy na vizuální analogové škále byly nižší než u skupiny s placebem.

Tabulka 2

Koenzym Q ₁₀ – studie s významným efektem na výkon							
	autor	rok	n	proměnné	mg/den	týdny	ukazatele výkonu
1	Vanfraechem	1981	?	SE bicykl max	60	4-8	↑VO _{2max} *, ↑SV*
2	Vanfraechem	1986	?	SE bicykl max	100	12	↑VO _{2max} *, ↑SV*
3	Wyss	1990	18	SE bicykl max	100	4	↑VO _{2max} o 7%*; ↑W ₁₇₀ *
4	Amadio	1991	10	SE bicykl	100	6	↑VO _{2max} *, ↑srdeční činnost*
5	Fiorella	1991	22	SE běhátko do max	100	40	↑TTE o 13%*
6	Zeppili	1991	19	SE bicykl max	90-100	4-8	↑VO _{2max} o 11%***; ↑W ₁₇₀ **
7	Karlsson	1991	neuveдено				↑ výkonu (cit in Ylikoski)
8	Ylikoski ⁺	1997	18	SE běhátko do max	90	6	↑VO _{2max} *; ↑AeT***; ↑AT***
9	Bonetti ⁺	2000	23	SE bicykl submax	?	8	↑TTE*, ↑VO _{2max} (NS)
10	Yasukawa ⁺	2006	28	cyklo sprinty 5x10 s	100	2	↑W _{max} *, ↑W _{avg} *
11	Mizuno ⁺	2008	17	cyklo sprinty 10 s	100, 300	1	↑v _{max} *; ↓únava**
12	Cooke ⁺	2008	40	cyklo, běh, síla	100, 200	2	↑TTE*, ↓únava*
13	Gökbel ⁺	2010	15	5x Wingate	100	8	↑W _{max} *; ↑W _{avg} * (supramax)
14	Leelarungrayub	2010	16	100 a 800 m plavání	300	3	↑TTE*, plavání 100 m*
15	Fu ⁺	2010	?	plavání se zátěží TTE	15/kg	4	↓únava*, ↑výkon*
16	Gharahdaghi ⁺	2013	11	SE běhátko do max	300	4	↑VO _{2max} **; ↑v _{max}
17	Alf ⁺	2013	100	SE bicykl max	300	6	↑W _{max} *; ↑W _{avg} *
18	Demirci	2014	15	2 hod. 70-80% max	100, 200	1	↓La po Q ₁₀ **; ↑TAC
19	Maruoka ⁺	2014	23	běhátko do vyčerp.	30/kg	52	↑TTE**; ↓biolog. věk*
20	Ackerman ⁺	2014	15	dřepy s činkou max	simult.	simult.	↑rychlost dřepu**; síla*
21	Fischer ⁺	2016	1301	handgrip	neuveдено		korel. s CoQ ₁₀ v plazmě**

TAC = total antioxidant capacity, TTE = čas do vyčerpání, *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

CK = kreatinkináza, AT= anaerobní práh, AeT = aerobní práh, ↑ zvýšení, ↓ pokles
⁺ randomizované, dvojité zaslepené studie s placebem a kontrolní skupinou,

Alf^[37] testoval vliv 6týdenní aplikace 300 mg CoQ₁₀ na maximální cyklistický výkon u stovky německých olympioniků; došlo u nich ke zlepšení W_{max}/kg ($p < 0,03$). Někteří autoři (Fiorella^[37], Bonetti^[37], Cooke^[37], Leelarungrayub^[37]) uvádějí signifikantní prodloužení času srovnatelného výkonu do vyčerpání.

Rosenfeldt^[27] ve své review podrobil analýze 11 prací, z nichž 6 studií potvrdilo zlepšení sportovního výkonu, pět zbývajících studií však nikoli.

Protektivní účinek na svalové buňky

Kon^[12] zjistil u elitních bojovníků kendo, že po aplikaci koenzymu Q₁₀ se po 6 dnech tréninku trvajícím v průměru 5,5 hodiny denně snížil oxidační stres (nižší hladina lipoperoxidázy) a rovněž tak se snížilo zátěží indukované poškození svalů (menší vzestup kreatinkinázy a myoglobinu v plazmě). Podobně Shimomura^[37] uvádí, že po 90 minutách běhu s kopce nedošlo u suplementovaných krys ke zvýšení kreatinkinázy, u krys s placebem se zvýšila hladina CK o 60%. Abdizadeh^[1] zjistil, že po aplikaci CoQ₁₀ v dávce 5 mg/kg/den u 20 horolezců při 30minutovém běhu s kopce (sklon 15%) se vysoce signifikantně snížila CK a CRP v krvi, což svědčí o protektivním účinku na svalové buňky. Mikrotraumata svalů způsobená těžkou zátěží mohou vést k zánětlivým reakcím, katabolickým jevům, degenerativním změnám až k rhabdomyolýze svalových buněk. Zde má CoQ₁₀ velký význam, protože má i protizánětlivé vlastnosti (Tiano^[37]). Mikrotraumata svalové tkáně po těžkém tréninku lze minimizovat mnohem rychleji přidáním koenzymu Q₁₀ (Diaz-Castro^[37]).

DISKUSE

V naší přehledové studii jsme posuzovali výsledky celkem 32 relevantních studií. Jednadvacet z nich prokázalo statisticky významný efekt na sportovní výkon (tab. 2), zbývajících 11 nikoli (tab. 1). Pokud bychom brali v úvahu pouze randomizované dvojtě zaslepené publikace s kontrolní skupinou a placebem, počet studií s prokázaným účinkem resp. bez prokazatelného účinku by byl 11 resp. 11 prací.

Signifikantně pozitivní účinky ve vytrvalostních ukazatelích, především v maximální aerobní kapacitě (VO_{2max}) a anaerobním prahu (AT) uvedlo celkem 8 studií. Zlepšení v silově-vytrvalostních schopnostech: maximální výkon (W_{max}), průměrný naměřený výkon (W_{avg}) a výkon při tepové frekvenci 170 tepů.min⁻¹ (W₁₇₀) zaznamenali autoři 7 studií. Statisticky významné zlepšení v rychlosti naměřili autoři 4 studií.

Série studií z Karolinska Institutet Malm^{[18][18]} u zdravých nesportujících jedinců, ale i u sportovců kteří podstoupili intenzivní trénink a kterým byl podáván koenzym Q₁₀ ve vysokých dávkách (500 mg denně a více), došlo dokonce ke zhoršení trénovanosti oproti kontrolní skupině s placebem. Skandinávští autoři se domnívají, že tvorba volných kyslíkových radikálů je nezbytným předpokladem tréninkového efektu ve svalu a že vysoké dávky CoQ₁₀ zabrání efektu adaptace, takže trénovanost může paradoxně i klesnout.

Kontroverzní výsledky posuzovaných studií mohly být způsobeny mnoha faktory, z nichž nejpravděpodobnější jsou různé věk probandů (koenzym Q₁₀ v tkáních ubývá s věkem, nejvíce v myokardu; Tiano^[37]), aplikace krystalické nebo bioaktivní formy

CoQ₁₀, ale i různá geneticky daná vnímavost jedince k aplikovaným suplementům, předcházející expozice stresu, různá tréninková zátěž probandů, rychlost absorpce ze zažívacího traktu, funkce imunitního systému apod (Malm^[21]).

Obvykle doporučené dávky jsou 60-300 mg denně podle intenzity tréninku. Koenzym Q₁₀ má ve sportu širší použití, je vhodný nejen pro rychlostní, ale i pro vytrvalostní a silové sportovce. Koenzym Q₁₀ se podle některých studií uplatňuje i v klinické praxi Kon^{Chyba! Nenašel jsem zdroj odkazů.}, kdy se využívá jeho jedinečné role v mitochondriální bioenergetice a jeho antioxidačních vlastností. Četné studie potvrzují jeho pozitivní vliv na regeneraci svalů zejména po velmi těžkém sportovním výkonu (Tiano^[37], Diaz-Castro^[37]).

ZÁVĚR

Přestože review světové literatury nedává jednoznačnou odpověď na otázku, zda CoQ₁₀ má nebo nemá pozitivní vliv na sportovní výkon, lze říci, že u tohoto suplementu rozhodně nejde jen o placebo efekt. Mnoho studií prokázalo zlepšení v různých druzích sportovního výkonu. Lze též považovat za prokázané, že CoQ₁₀ má protektivní efekt na svalové buňky a že urychluje jejich regeneraci po velmi těžkých sportovních výkonech, které jsou u vrcholových sportovců běžné.

LITERATURA

[1] **Abdizadeh** L, Jafari A, Armanfarb M. Effects of short-term coenzyme Q10 supplementation on markers of oxidativestress and inflammation after downhill

running in male mountaineers. *Science & Sports* 2015; 30: 328—334.

[2] **Alf** D, Schmidt ME, et al. Ubiquinol supplementation enhances peak power production in trained athletes: a double-blind, placebo controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2013, 10:24.

[3] **Amadio** E, Palermo R, Littarru G, et al. Effect of CoQ₁₀ administration on VO_{2max} and diastolic function in athletes in *Biomedical and clinical aspects of Coenzyme Q10*. Folkers K, Littarru GP, and Yamagami T, eds, 1991, 525—533.

[4] **Bonneti** A, Solito F, et al. Effect of ubiquinol oral treatment on aerobic power in middle-aged trained subjects. *J Sports Med Physical Fitness*, 2000, vol. 40, no 1, pp. 51-57.

[5] **Braun** B, Clarkson PM, Freedson PS, et al. Effects of coenzyme Q10 supplementation on exercise performance, VO_{2max}, and lipid peroxidation in trained cyclists. *Int J Sport Nutr* 1991; 1: 353—365.

[6] **Crane** F. Isolation of a quinone from beef heart mitochondria. *Biochim Biophys Acta* 1957, 25:220-1.

[7] **Cooke** M, Iosia M, Buford T, et al. Effects of acute and 14-day coenzyme Q10 supplementation on exercise performance in both trained and untrained individuals. *J Internat Soc Sports Nutr* 2008; 5: 14.

- [8] **Diáz-Castro** J. Coenzyme Q10 supplementation ameliorates inflammatory signaling and oxidative stress associated with strenuous exercise. *Eur J Nutr* 2012; 791-799:
- [9] **Fiorella PL**, Bargossi AM, Grossi G, Ret al. Metabolic effects of coenzyme Q10 treatment in high level athletes, in *Biomedical and clinical aspects of Coenzyme Q10*, Folkers K, Littarru GP, and Yamagami T, eds, 1991, 513–520.
- [10] **Gharahdaghi** N, Shabkhiz F, Azarboo E, et al. The Effects of Daily Coenzyme Q10 Supplementation on VO₂max, vVO₂max and Intermittent Exercise Performance in Soccer Players *Life Science Journal* 2013; 10(8s):22-28.
- [11] **Gökbel** H, Gül I, Belviranl M, et al. The effects of coenzyme Q10 supplementation on performance during repeated bouts of supramaximal exercise in sedentary men. *J Strength Cond Res* 2010; 24: 97–102.
- [12] **Gomez-Cabrera** MC, Domenech E, Romagnoli M, et al. Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training induced adaptations in endurance performance. *Am J Clin Nutr* 2008;87:142–9.
- [13] **Karlsson**, J. and Diamant, B. (1991). Kolesterolets okanda syskon ubikinon ett instrumenti antioksidantorkestern. *Liikar-tidningen*, 88, 512-514.
- [14] **Kapoor** P, Kapoor AK, Coenzyme Q10 - A novel molecule. Review Article. *Journal, Indian Academy of Clinical Medicine*, 2013; 14(1): 37-45.
- [15] **Kon** M, Tanabe K, Akimoto T, et al. Reducing exercise-induced muscular injury in kendo athletes with supplementation of coenzyme Q10. *Br J Nutr* 2008; 100: 903–909.
- [16] **Laaksonen** R., Fogelholm M., et al. Ubiquinone supplementation and exercise capacity in trained young and older men. *Eur J Appl Physiol Occup*, Volume 72, Numbers 1-2, pp. 95-100.
- [17] **Leelarungrayub** D, et al. Coenzyme Q10 Supplementation Decreases Oxidative Stress and Improves Physical Performance in Young Swimmers: A Pilot Study. *The Open Sports Medicine Journal* 2010; 4: 1-8.
- [18] **Malm** C, Svensson M, et al. Supplementation with ubiquinone-10 causes cellular damage during intense exercise. *Acta Physiol Scand* 1996;157:511-2.
- [19] **Malm** C, Svensson M, Ekblom B, et al. Effects of ubiquinone-10 supplementation and high intensity training on physical performance in humans. *Acta Physiol Scand* 1997;161:379–84.
- [20] **Malm** C, Svensson M, et al. Effects of Ubiquinone-10 Supplementation on Physical Performance in Humans, pp. 333-343. In: *COENZYME Q: Molecular Mechanisms in Health and Disease*. Edited by Kagan VE, Quinn PJ. Coenzyme Q: molecular mechanisms in health and disease / edited by Valerian E. 2001, Press LLC, Corporate Blvd.,

- Boca Raton, Florida, USA. ISBN 0-8493-8732-9
- [21] **McGinley** C, Shafat A, Donnelly AE. Does antioxidant vitamin supplementation protect against muscle damage? *Sports Med* 2009;39:1011–32.
- [22] **Mitchell P.** Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemi-osmotic type of mechanism. *Nature* 1961;191:144-148.
- [23] **Mizuno** K, Tanaka M, Nozaki S, et al. Antifatigue effects of coenzyme Q10 during physical fatigue. *Nutrition* 2008; 24: 293–299.
- [24] **Nielsen** A, Mizuno M, Ratkevicius A, Mohr T, Rohde M, Mortensen S, et al. No effect of antioxidant supplementation in triathletes on maximal oxygen uptake, ³¹P-NMRS detected muscle energy metabolism and muscle fatigue. *Int J Sports Med* 1999;20:154–8.
- [25] **Östman** B, et al. Coenzyme Q10 supplementation and exercise-induced oxidative stress in humans *Nutrition* 2012, 28(4), 403-417.
- [26] **Porter** DA, Costill DL, J, et al. The Effect of Oral Coenzyme Q10 on the Exercise Tolerance of Middle-Aged, Untrained Men. *Int J Sports Med* 1995; 16(7):421-427.
- [27] **Rosenfeldt** F, Hilton D, Pepe S, Krum H. Systematic REVIEW of effect of coenzyme Q10 in physical exercise, hypertension and heart failure. *BioFactors* 2003; 18, (1-4), 91–100.
- [28] **Shimomura** Y, Suzukia M, Sugiyama S, et al.: Protective effect of coenzyme Q10 on exercise-induced muscular injury. *Biochemical and Biophysical Research Communications* Volume 176, Issue 1, 1991, Pages 349-355.
- [29] **Snider** IP, Bazzarre TL, Murdoch SD, et al. Effects of coenzyme athletic performance system as an ergogenic aid on endurance performance to exhaustion. *In[35]t J Sport Nutr* 1992;2:272–86.
- [30] **Stear** SJ, Burke LM, Castell LM. A–Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 10. *Br J Sports Med* 2010;44:688–690.
- [31] **Tiano** L. Ubiquinol im Leistungssport. *Zs. f. Orthomol. Med.* 2016; 37(03): 20-22
- [32] **Tomasetti** M, Littarru GP, et al. Coenzyme Q10 enrichment decreases oxidative DNA damage in human lymphocytes. *Free Radical Biology and Medicine* Volume 27, Issues 9-10, November 1999, Pages 1027-1032.
- [33] **Vanfraechem**, J. H. P. and Folkers, K. (1981). Coenzyme Q₁₀ and physical performance. In *Biomedical and Clinical Aspects of Coenzyme Q* (K. Folkers and Y. Yamamura, eds.), Vol. 3, pp. 23.5-241. Elsevier, Amsterdam.
- [34] **Weston**, SB, Zhou, S, Weatherby, RP & Robertson, SJ 1997: Does exogenous coenzyme Q10 affect aerobic capacity in endurance athletes? *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, vol. 7, no. 3, pp. 197-206.

- [35] **Wyss V**, Lubich T., et al. Remarks on prolonged ubiquinone administration in physical exercise, in: *Highlights in Ubiquinone Research*, G. Lenaz, O. Bernabei, A. Rabbi and M. Battino, eds, Taylor & Francis, 1990, pp. 303–308.
- [36] **Yasukawa S**, Fujieeda Y, Kakai K, et al. The synergic effects of coenzyme Q10 and creatine through oral intake on repetitive short duration high-intensity exercise, 2006, Vol 55, Suppl 1, S247-S250.
- [37] **Ylikoskia T**, Piirainenb J, Haninenc O, et al. Effects of coenzyme Q10 supplementation on exercise performance, VO_{2max} , and lipid peroxidation in trained cyclists. *Molecular Aspects of Medicine*, Volume 18, Supplement 1, 1997, Pages 283-290.
- [38] **Zeppilli P**, Merlino B, De Luca A, et al. Influence of coenzyme Q10 on physical workcapacity in athletes, sedentary people and patients with mitochondrial disease in *Biochemical and clinical aspects of Coenzyme Q10*, Folkers K, Littarru GP, and Yamagami T, eds, 1991.
- [39] **Zhou S**, Zhang Y, Davie A, et al. Muscle and plasma coenzyme Q10 concentration, aerobic power and exercise economy of healthy men in response to four weeks of supplementation. *J Sports Med Phys Fitness* 2005; 45: 337–346.