

SAT-2.113-1-PES-07
OXIDATIVE STRESS AND OVERTRAINING

Albena Alexandrova

ОКСИДАТИВЕН СТРЕС И ПРЕТРЕНИРАНОСТ

Албена Александрова

***Oxidative Stress and Overtraining:** The problem about overreaching and overtraining in athletes becomes more and more urgent because of the ever increasing demands on athletic performance. One of the hypotheses proposed is that oxidative stress could be involved in overtraining. The overtraining syndrome may impair not only the sporting career but also the quality of life of the athlete. The purpose of this article is to summarize the existing literature data on the role of oxidative stress for the overtraining occurrence and to identify opportunities for its prevention.*

***Key words:** Overtraining, Oxidative stress.*

JEL Codes: L 83

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години в спортните среди все по-често се говори за „синдром на претренираност“. Той се определя като необяснимо намаляване на работоспособността на спортиста въпреки спазването на принципите на спортната тренировка. Спортните специалисти различават две състояния за претренираност: т. нар. краткосрочна претренираност, при която възстановяването протича за времето от няколко дни до две седмици и дългосрочна претренираност, при която възстановяването може да продължи от няколко седмици до месеци [10]. Два са основните фактори, които са отговорни за възникването на претренираността: прекомерно интензивните и/или продължителни тренировъчни/състезателни натоварвания и недостатъчната почивка и възстановяване [2]. Диагностицирането на претренираността е много трудно, поради многобройните симптоми, които могат да се асоциират с него. Посочени са над 90 симптома [3], включващи психологични, физиологични, биохимични и имунологични проявления. Повечето от тях, обаче, са неспецифични и не могат категорично да определят състоянието. Съществуват различни хипотези, които се опитват да обяснят механизмите за възникване на синдрома на претренираност. Такива са хипотезите за изчерпване на мускулния гликоген, централната умора, изчерпване на глутамин, оксидативния стрес, нарушения във вегетативната нервна система, хипоталамусната дисфункция и цитокиновата, основаваща се на повишено освобождаване на цитокини, които в крайна сметка водят до системно възпаление [9].

ИЗЛОЖЕНИЕ

ХИПОТЕЗА ЗА ОКСИДАТИВНИЯ СТРЕС

Оксидативен стрес

Активни форми на кислорода (АФК) са кислород съдържащи частици с висока окислителна способност. Те непрекъснато се генерират в аеробните организми в хода на голям брой биологични процеси [5]. Поради високата им реактивност те имат потенциала да увредят всички клетъчни биомолекули – липиди, протеини, нуклеинови киселини, въглехидрати. Това променя техните функции и може да доведе до клетъчна смърт. Еволюционно клетките са изградили ефективна система за предпазване от образуване на АФК или за тяхното елиминиране, наречена антиоксидантна защитна система. Тя се подразделя условно на ензимна (включваща ензимите супероксид дисмутаза, каталаза, глутатион пероксидаза, глутатион редуктаза и глюкозо-6-фосфат дехидрогеназа) и неензимна (включваща глутатион, пикочна киселина, билирубин, ретинол (витамин А), токоферол (витамин Е), аскорбат (витамин С) и много други). При физиологични условия, съществува равновесие между

процесите, водещи до образуване на АФК (прооксидантни процеси) и процесите, водещи до тяхното обезвреждане (антиоксидантни процеси). Въпреки това при определени обстоятелства, вкл. продължителни и интензивни физически упражнения, балансът между тях може да бъде нарушен, което води до възникване на състояние, означавано като оксидативен стрес (ОС).

Източници на АФК при физически натоварвания

Многобройни изследвания през последните три десетилетия свидетелстват за увеличено генериране на АФК по време на и след интензивни аеробни [19] и анаеробни натоварвания [1]. Като основен източник на АФК се приемат дихателните вериги в митохондриите. Приема се, че при физиологични условия 2 до 5% от използвания в митохондриите кислород образува АФК [5]. Интензифицирането на окислителното фосфорилиране при физически натоварвания увеличава от 10 до 20 пъти кислородната консумацията в сравнение с тази при покой [16], което съответно е придружено с увеличено генериране на АФК. Други източници на АФК, които се освобождават по време на физическа активност са катехоламините, метаболизма на простаноидите, активностите на ксантиноксидазата и NAD(P)H оксидазата, фосфолипаза А2, липооксигеназите, както и няколко вторични източници като макрофагите [7] и неутрофилите чрез γ -интерферон, интерлевкин-1 и тумор некрозис фактор [13].

Роля на АФК при физически натоварвания

Понастоящем е установено, че АФК оказват ключова роля в регулирането на експресията на множество гени и допринасят за активиране на различни пътища на клетъчната сигнализация. Индуцираната от АФК гена експресия води до продуциране на антиоксидантни ензими, стресови протеини, протеини, участващи в репарацията на ДНК, белтъчни компоненти на митохондриалните електрон транспортни вериги [14]. АФК стимулират ангиогенезата директно или чрез образуването на окислени продукти, включително пероксидирани липиди. Установено е, че АФК индуцират митохондриалната биогенезата, хипертрофията на скелетните мускули, активирането на имунната система [6,8,15,16].

Свърхпродукцията на АФК обаче има негативен ефект върху клетъчните структури и техните функции. При спортистите, тя се изразява основно в промяна на съкратителната функция на мускулите и/или увеличено мускулно увреждане, ускорено достигане до състояние на умора, свързано не само с прякото действие на АФК, но и индиректно, чрез окислително увреждане на контрактилните и/или митохондриалните ензими [4,17].

Следователно докато ниските до умерени нива на оксидантите играят важна роля за адаптацията на организма на спортистите към системните високоинтензивни физически натоварвания, то високите нива на свободните радикали могат да увредят клетъчните компоненти, да предизвикват системни негативни ефекти, включително намалена физиологична функция и заболявания, които водят до намаляване на спортните постижения и дори прекратяване на спортната кариера.

Оксидативен стрес и претренираност

Проучванията за връзката претренираност-оксидативен стрес са сравнително малко, тъй като повечето работи не доказват симптоми на претренираност в изследваните лица, макар те да са били подложени на интензивни тренировъчни натоварвания. При изследване на мъже, изпълняващи силови тренировки с постепенно увеличаване и намаляване на обема на извършената работа (5 триседмични периода с натоварване съответно 2, 8, 14, 2 тона/седмица и пълна почивка) се установяват значително повишение на прооксидантните процеси и намаление на антиоксидантната защита [11]. При биомаркерите за прооксидантните процеси са измерени 7-кратно увеличаване на нивата на изопространите в урината и 56% увеличение на нивата на реагиращите с тиобарбитуровата киселина субстанции (TBARS, Thiobarbituric acid reactive substances) в кръвния серум (като маркери за липидна пероксидация) и 73% увеличение на концентрацията на протеиновите карбонили (като маркер за белтъчно окисление). При антиоксидантите е установено 96% намаление в активността на каталазата,

25% намаление в активността на глутатион пероксидазата, 31% намаление на нивата на редуцирания глутатион, 56% намаление на съотношението на редуциран/окислен глутатион (GSH/GSSG) и намаление на общия антиоксидантен капацитет в кръвния серум. Авторите заключават, че претренираността индуцира значителен оксидативен стрес, като някои маркери са силно корелирани с тренировъчните обеми и могат да служат за диагностициране на състоянието на претренираност [11].

Palazzetti и сътр. [12] изследват ефектите на претренираност при спортисти, практикуващи биатлон преди и след четири седмици изтощителни тренировки. Те установяват, че претренираността води до по-високи вариации на съотношения на GSH/GSSG в кръвта, увеличени нива на TBARS и намаление на общия антиоксидантен капацитет, което показва, че претренираността може да компрометира антиоксидантните защитни механизми.

При сравняване на отговора на организма спрямо ОС, индуциран от физически натоварвания при спортисти без (контролна група) и със синдром на претренираност Tanskanen и сътр. [18] установяват, че провеждането на велоергометричен тест до отказ води до увеличаване на антиоксидантния капацитет в контролната група, но не и в спортистите със симптоми на претренираност.

Изследвания на нашия екип също установяват увеличение на липидната пероксидация и намаление на глутатиона в еритроцити и общата антиоксидантна активност в плазма на боксьори и борци със симптоми на претренираност в етап на интензивни тренировки в предсъстезателен период (непубликувани данни).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спортистите със симптоми на претренираност имат намален капацитет на антиоксидантната защитна система и са по-податливи на оксидативен стрес. Това показва, че оксидативният стрес може да играе роля в патофизиологията на синдрома на претренираност. Установените резултати, обаче не дават ясен отговор дали оксидативният стрес е причина за възникване или резултат от претренираността. Открит остава и въпросът дали приемането на антиоксиданти под формата на хранителни добавки или чрез хранителния режим може да повлияе състоянието на претренираност.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bloomer, R.J., A.H. Goldfarb. Anaerobic exercise and oxidative stress: a review. *Can J Appl Physiol*, 2004, 29(3), 245-263.
- [2] Dimitrova, D. Modern concepts about the syndrome of over trained state, Review (Part 1), *Sport and Science*, 2014, 6, 44-54.
- [3] Fry, R.W., A.R. Morton, D. Keast. Overtraining in athletes: an update. *Sports Med*, 1991, 12(1), 32-65.
- [4] Goldhaber, J.I., M.S. Qayyum. Oxygen free radicals and excitation-contraction coupling. *Antioxid Redox Signal*, 2000, 2(1), 55-64.
- [5] Halliwell, B., J.M.C. Gutteridge. Cellular responses to oxidative stress: adaptation, damage, repair, senescence and death. p.187-267. In: *Free Radicals in Biology and Medicine*. 4th ed. New York: Oxford University Press, 2007.
- [6] Jackson, M.J. Free radicals generated by contracting muscle: by-products of metabolism or key regulators of muscle function? *Free Rad Biol Med*, 2008, 44(2), 132-41.
- [7] Jackson, M.J., 2000. In: Hanninen, O., Packer, L., Sen, C.K. (Eds.), *Handbook of Oxidants and Antioxidants in Exercise*. Elsevier, Amsterdam, pp. 57-68, 2000.
- [8] Ji, L.L., M.C. Gomez-Cabrera, J. Vina. Exercise and hormesis: Activation of cellular antioxidant signaling pathway. *Ann N Y Acad Sci*, 2006, 1067, 425-435.
- [9] Kreher, J.B., J.B. Schwartz. Overtraining syndrome: a practical guide. *Sports Health*, 2012, 4(2), 128-138.
- [10] Kreider, R.B., A.C. Fry, M.L. O'Toole. Preface. In: *Overtraining in sport*. Champaign (IL): Human Kinetics, vii-ix. 1998.

- [11] Margonis,K., I.G.Fatouros, A.Z.Jamurtas, M.G.Nikolaidis, I.Douroudos, A.Chatzinikolaou, A.Mitrakou, G.Mastorakos, I.Papassotiriou, K.Taxildaris, D.Kouretas. Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: implications for diagnosis. *Free Radic Biol Med*, 2007, 43(6), 901–910.
- [12] Palazzetti,S., M.J.Richard, A.Favier, I.Margaritis. Overloaded training increases exercise-induced oxidative stress and damage. *Can J Appl Physiol*, 2003, 28, 588–604.
- [13] Peake,J., K.Suzuki. Neutrophil activation, antioxidant supplements and exercise-induced oxidative stress. *Exerc Immunol Rev*, 2004, 10, 129–141.
- [14] Powers,S.K., M.J.Jackson. Exercise-induced oxidative stress: Cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol Rev*, 2008, 88, 1243–1276.
- [15] Powers,S.K., J.Duarte, A.N.Kavazis, E.E.Talbert. Reactive oxygen species are signalling molecules for skeletal muscle adaptation. *Exp Physiol*, 2010, 95(1),1–9
- [16] Powers,S.K., E.E.Talbert, P.J.Adhihetty. Reactive oxygen and nitrogen species as intracellular signals in skeletal muscle. *J Physiol Lond*, 2011, 589(9), 2129–2138.
- [17] Reid,M.B. Nitric oxide, reactive oxygen species, and skeletal muscle contraction. *Med Sci Sports Exerc*, 2001, 33(3), 371-376.
- [18] Tanskanen,M., M.Atalay, A.Uusitalo. Altered oxidative stress in overtrained athletes. *Journal of Sports Sciences*, 2010, 28(3), 309–317.
- [19] Vollaard,N.B., J.P.Shearman, C.E.Cooper. Exercise-induced oxidative stress:myths, realities and physiological relevance. *Sports Med*, 2005, 35(12), 1045-1062.

За контакти:

Доц. д-р Албена Александрова, Катедра “Физиология и биохимия”, НСА “Васил Левски”, София, тел.: 02-4014 392, e-mail: a_alexandrova_bas@yahoo.com

This research is funded by Grant № ГД 187/15.04.2015 from the National Sports Academy “Vassil Levski”, Sofia, Bulgaria