

Biljana Vitošević,
Tatjana Popović-Ilić

Fakultet za sport i fizičko vaspitanje, Leposavić, Univerzitet u Prištini

VEŽBANJE KAO FAKTOR MODIFIKACIJE NIVOA KORTIZOLA

UVOD

Kortizol je glikokortikoidni hormon koga sekretuje zona fascikulata, srednji sloj kore nadbubrežne žlezde. Sekretacija ovog hormona je pod kontrolom adrenokortikotropnog (ACTH) hormona adenohipofize koga kontroliše rilizing faktor (CRF) iz hipotalamusa. Najpoznatiji metabolički efekti kortizola na metabolizam su stimulacija glikoneogeneze, povećan katabolizam proteina i povećana lipoliza. Kortizol održava nivo glukoze u krvi za vreme vežbanje i to putem povećanja mobilizacije aminokiselina i lipida u skeletnim mišićima i adipoznom tkivu. On takođe stimuliše jetru da produkuje enzime koji su uključeni u glukoneogenezu i glikogenetički put omogućavajući konverziju aminokiselina i glicerola u glukozu i glikogen (1).

Ovaj katabolički hormon sekretuje se u odgovoru na fizički, fiziološki ili psihološki stres. Vežbanje se smatra specifičnim stresorom koji može da modifikuje nivo kortizola u telu čoveka.

VEŽBANJE KAO STRESOR NEUROENDOKRINOG SISTEMA

Prema najčešće korišćenoj definiciji stres je odgovor organizma na stimulus koji narušava normalni fiziološki ekvilibrijum (homeostazu)(2), a s obzirom da fizička aktivnost podiže brzinu metabolizma značajno iznad one u periodu mirovanja, zajedno sa nizom fizioloških akomodacija potrebnih da se zadovolje zahtevi te aktivnosti, sledi da je vežbanje “stresor”(3). Hipotalamička-hipofizno-adrenalna osa (HHA osa) je hormonska mreža koja se aktivira za vreme stresa. Vežbanje predstavlja potentan fiziološki stimulus HHA ose, koja lučeći kortizol povećava dostupnost metaboličkih supstrata za energetske potrebe mišića, održava normalan vaskularni integritet i štiti organizam i imuni sistem od negativnih posledica eventualnog oštećenja mišića. Stepen tog stresa je uzrokovan najčešće intenzitetom i trajanjem vežbanja (tabela 1).

kategorija	Intenzitet(% VO _{2max})	Energetski put	trajanje	terminologija
Lako ve` banje	<35%	aerobni	>30min	Kratkotrajno, submaksimalno
Umereno ve` banje	35- 70%	aerobni	30- 180min	Submaksimalno produ` eno
Te{ko ve` banje	>70%	Aerobni- anaerobni	<120min	Submaksimalno produ` eno, vis.intenzitet
Maksimalno ve` banje	100%	Aerobni- anaerobni	<15min	Max, visok intenzitet
Supramaksimalno ve` banje	>100%	Anaerobni	<1min	Sprint, snaga

Tabela 1. Kategorizacija i definicija intenziteta vežbanja, bazirana na C.Bouchard-u (1990)(4)

Nivo kortizola se povećava proporcionalno intenzitetu vežbanja, ali finalni nivo dostiže u zavisnosti od trajanja vežbanja (5). U podacima iz literature postoje neslaganja oko minimum intenziteta vežbanja (praga), neophodnog za odgovor kortizola (6,7). Najveći broj referenci iz oblasti fiziologije ukazuje na to da vežbanje na ili iznad 60% individualne maksimalne potrošnje kiseonika (VO₂max) izaziva značajno povećanje kortizola u cirkulaciji. Međutim, neke studije se ne slažu sa ovim podatkom (8,9), a razlog različitim podacima leži u činjenici da su različiti kriterijumi za intenzitet vežbanja. Široko prihvaćen je ipak koncept po kome umeren do visok intenzitet vežbanja (60-80%) dovodi do značajnog povećanja u nivou kortizola u cirkulaciji, dok nizak nivo vežbanja (40%) ne dovodi do značajnijeg povećanja nivoa kortizola (10). Kratkotrajno supramaksimalno vežbanje takođe izaziva značajno povećanje cirkulirajućeg kortizola (5), a vrh odgovora kortizola je odložen i javlja se na 30-om minutu nakon vežbanja (11,12).

Trenažni faktor ne modifikuje prag intenziteta i trajanja vežbanja kada su oni realizovani pri sličnom procentu maksimalne potrošnje kiseonika između sedentarnih i utreniranih osoba (8). Odgovor kortizola pri vežbanju može da modifikuje obrok i doba dana. Obroci stimulišu lučenje kortizola, pa vežbanje odmah nakon obroka dovodi do prigušenog odgovora kortizola na vežbanje (13). Kanaley i sar. (14) su proučavali da li cirkadijalni ritam utiče na modifikaciju sekrecije kortizola u odgovoru na aerobno vežbanje kod umereno utreniranih muškaraca i rezultati su pokazali značajnu modulaciju odgovora kortizola u odnosu na doba dana. Najveće povećanje iznad dnevnog nivoa je bilo zabeleženo u 24 h, najmanje u 19h, a umereno oko 07h. Ponovljene dnevne ture vežbanja u studiji Ronsena i sar. (15) ukazuju na uticaj vremena oporavka između dva vežbanja. Oni su pokazali da ponovljeno produženo naporno vežbanje od nekoliko časova (dve ture od 75 min na 75% VO₂max odvojene odmorom od 3 ili 6 sati) izaziva povećan neuroendokrini odgovor, bez obzira na kompletno normalizovanu koncentraciju kortizola pre sledeće ture vežbanja. Odgovor kortizola je bio jači pri pauzi od 3 sata u odnosu na oporavak od 6 sati. Reaktivacija HPA ose sa sledećom turom vežbanja i trajanje odmora su po njima, značajne determinante stres-odgovora. Uvek je jači odgovor kortizola pri drugoj turi vežbanja nego pri prvoj.

U poređenju mladih, sredovečnih i starijih ljudi, bazalni kortizol je bio niži kod starijih osoba, ali bazalni nivo kortizola se pomera kod utreniranih osoba svih uzrasta (16). Vrh odgovora kortizola u odnosu na maksimalno vežbanje pokazuje pad u odnosu na godine starosti, nezavisno od trenažnog statusa. Što se tiče pola, nisu pronađene razlike u odgovoru kortizola na vežbanje između muškaraca i žena (17) pri različitim intenzitetima vežbanja, a istraživanja sprovedena među ženama nisu našla razliku u odgovoru kortizola na vežbanje između afričkih i belih žena (18). Pretreniranost izaziva smanjeni odgovor kortizola i tada je uopšte aktivnost HHA ose smanjena (19). Tačan uzrok modifikacije odgovarajućeg adaptivnog odgovora pri pretreniranosti, još nije poznat.

Utvrđeno je mišljenje u literaturi da naporni treninzi dovode do hiperkortizolizma (20). Hronično povećana koncentracija kortizola može da izazova neke štetne efekte kao što su mišićni katabolizam, demineralizacija kostiju, depresija, anksioznost.

Fiziopatologija povećanog lučenja kortizola je objašnjena od strane Souza&Loucks, koji su došli do zaključka da je stres hroničnog nedostatka energije (negativni energetski balans) taj koji indukuje hiperkortizolizam, a ne stres nastao vežbanjem (21).

ALOSTAZA KAO HIPOTEZA U TRENINZIMA IZDRŽLJIVOSTI

Sve se više govori o mogućnosti da treninzi izdržljivosti (ponovljeno i produženo vežbanje) indukuju alostatičku modifikaciju HHA osovine. Alostaza je sposobnost da se održi stabilnost kroz promene. Organizam se usled promena u spoljašnjoj sredini mora prilagoditi i zato menja zadane postavke unutrašnje sredine. Prema predloženom konceptu (22,23) alostaza je adaptivni proces u kom organizam svrsishodno usmerava svoje energetske resurse kako bi očuvao stabilnost i van uskih homeostatskih granica. Na modelu stresa alostaza se održava istim medijatorima koji učestvuju u stresnoj reakciji, a ako su ovi medijatori trajno aktivni, nastaje tzv. stanje alostaze, koje je reverzibilno, ali ako se ponavlja ili traje dugo, predstavlja opterećenje za organizam i može biti uvod u bolest. Kroz alostazu HHA osovina ima mogućnost da odgovori na ponovljene stimulacije, što je korisno za mobilizaciju energije i goriva, a i ima protektivnu ulogu od visokog nivoa kortizola.

KORTIZOL I TESTOSTERON U ODGOVORU NA VEŽBANJE

Poznato je da se nivo testosterona povećava pri kraćem i umerenom vežbanju, a smanjuje u dugotrajnijem i napornijem. Podaci iz ranijih istraživanja govore o negativnoj vezi između hormona kortizola i testosterona, navodeći podatke da kortizol smanjuje produkciju testosterona (24). Ova činjenica je veoma bitna za fiziologiju vežbanja jer se smatra da je dobijena redukcija testosterona u određenim formama vežbanja prozrokovana elevacijama kortizola u odgovoru na vežbanje. Dalja ispitivanja su pokazala da postoji pozitivna korelacija između kortizola i slobodnog testosterona u vremenu oporavka posle vežbanja (25). Uzroci mogu biti povećani adrenalni doprinosi testosterona u cirkulaciji, jer u odgovoru na fizički stres kao što je vežbanje, adrenalna žlezda je stimulirana kroz kaskadu reakcija u produkciji kortizola. Kortizol i testosteron se formiraju u istoj kaskadi reakcija adrenalne žlezde (26), pa se uz produkciju kortizola, produkuje konkurentno i testosteron, koji nastoji da dostigne i održi koncentraciju oba hormona. Razlog može biti i činjenica da oba hormona nastaju od istog prekursora, pa povećana koncentracija kortizola u cirkulaciji može prouzrokovati disocijaciju slobodnog testosterona sa njegovog nosača proteina, ako se oba hormona takmiče za vezujuće mesto (27).

ZAKLJUČAK

Uloga kortizola je veoma važna u odgovoru organizma na vežbanje i u njegovim fiziološkim adaptacijama. Intenzitet i trajanje vežbanja su glavne determinante njegovog odgovora. Veza sa testosteronom zahteva dalja istraživanja jer je njihov odnos važan za fiziologiju vežbanja. Iako je evidentna uloga kortizola kao markera stresa usled treninga i adaptacije, sve se više pominje njegova uloga u zaštiti organizma od štetnih posledica vežbanja.

LITERATURA

1. Lieberman, M., Marks, A.D and Smith, C.(2007). *Marks essential medical biochemistry*. Baltimore: Lippincot Williams & Wilkins.
2. Webster, M.(2004). *The Merriam-Webster English Medical Dictionary*. London rev.edition.
3. Viru, A.(1984). The mechanism of training effects: a hypothesis. *Int J Sports Med* 5(5): 219-27.
4. Bouchard,C, et al.(1990). *Exercise, Fitness and Health: A Consensus of Current Knowledge*, Champaign, IL, Human Kinetics.
5. McMurray, R.G, Hackney, A.C.(2000. Endocrine responses to exercise and training. In: Garret WE, Kirkendall DT, eds. *Exercise and sport science*, Philadelphia: Lippincott Williams&Wikins, 135-61.
6. Thuma, JR, Gilders, R, Verdun, M, Loucks, AB.(1995). Circadian rhythm of cortisol confounds cortisol responses to exercise: implications for future research. *J Appl Physiol* 78: 1657-64.
7. Hackney, A.C. (2006). Stress and the neuroendocrine system: the role of exercise as a stressor and modifier of stress. *Expert Rev Endocrinol Metab* 1: 783-92.
8. Duclos, M, Corcuff, JB, Rashedi, M, Fougere, V, Manier, G. (1995). Trained versus untrained men: different immediate post-exercise responses of pituitary adrenal axis: a preliminary study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 75: 343-50.
9. Jacks, D.E, Sowash, J, Anning, J, McGloughling, T, Andres, F. (2002). Effect of exercise at three exercise intensities on salivary cortisol., *J Strenght Cond Res* 16: 286-9.
10. Hill, E.E, Zack, E, Battaglini, C, Viru, M, Viru, A, Hackney, A.C.(2008). Exercise and circulating cortisol levels: The intensity threshold effect. *J Endocrinol Invest* 31: 587-591.
11. Daly, W., Seegers, C.A, Rubin, D., Dobridge, J.D, Hackney, A.C. (2005). Relationship between stress hormones and testosterone with prolonged endurance exercise. *European Journal Applied Physiology*, v 93: 375-380.
12. Viru, M, Hackne, A.C, Janson, T, Karelson, K, Viru, A.(2008). Characterization of the cortisol response to incremental exercise in physically active young men. *Acta Physiological Hungarica*, 95: 219-227.
13. Branderberger, G., Follenius, M, Hietter, B, Reinhardt, B, Simeoni ,M. (1982). Feedback from meal-related peaks determines diurnal changes in cortisol response to exercise. *Journal Of Clinical Endocrinology and Metabolism* 54: 592-94.
14. Kanaley, J.A, Weltman, J.Y, Pieper, K.S, Weltman, A, Harman, M.L. (2001). Cortisol and growth hormone responses to exercise at different times of day. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 86: 2881-2889.

15. Ronsen, O, Kjeldsen-Kragh, J, Haug, E, Bahr, R, Pedersen, B.K. (2002). Recovery time affects immunoendocrine responses to a second bout of endurance exercise. *American Journal of Physiology* 283: C1612-C1620.
16. Silvermen, H.G & Mazzeo, R.S. (1996). Hormonal responses to maximal and submaximal exercise in trained and untrained men of various ages. *Journals of Gerontology., Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 51: B30-B37.
17. Davis, S.N, Galassetti, P, Wasserman, D.H & Tate, D. (2000). Effects of gender on neuroendocrine and metabolic counterregulatory responses to exercise in normal men. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 85: 224-230.
18. Yanovski, J.A, Yanovski, S.Z, Boyle, A.J, et al. (2000). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis activity during exercise in African American and Caucasian women. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 85: 2660-2663.
19. Barron, J.L, Noakes, T.I, Levy, W, Smith, C. (1985). Hypothalamic dysfunction in overtrained athletes. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 60: 803-806.
20. Luger, A, Deuster, P.A, Kyle, S.B, Galluci, W.T, Montgomery, L.C, Gold ,P.W et al. (1987). Acute hypothalamic-pituitary-adrenal responses to the stress of treadmill exercise. *New England Journal of Medicine* 316: 1309-1315.
21. DeSouza, M.J, Luciano, A.A, Arca ,J.C, Demers, L.M & Loucks, AB. (1994). Clinical tests explain blunted cortisol responsiveness but not mild hypercortisolism in amenorrheic runners. *Journal of Applied Physiology* 76: 1302-1309.
22. Sterling, P, Eyer, J.(1988). *Allostasis: A new paradigm to explain arousal pathology*, Handbook of Life Stress, Cognition and Health, 1 ed. New York, John Wiley, 629-49.
23. McEwen, B.S. (1998). Protective and damaging effects of stress mediators. *N Engl J Med* 338: 171-9.
24. Cumming, D.C, Quigley, M.E and Yen ,S.C. (1983). Acute suppression of circulating testosterone levels by cortisol in men. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 57: 671-673.
25. Brownlee ,K.K, Moore, A.W, Hackney, A.C. (2005). Relationship between circulating cortisol and testosterone: influence of Physical exercise. *Journal of Sports Science and Medicine* 4: 76-83.
26. Kroboth, P., Salek, F., Pittenger, A., Fabian, T. and Frye, R. (1999). DHEA and DHEA-A: a review. *Journal of Clinical Pharmacology* 39, 327-348.
27. Rosner, W. (1990). The function of corticosteroid-binding globulin and sex hormone-binding globulin: recent advances. *Endocrine Reviews* 11: 80-91.

SUMMARY

Cortisol is a glucocorticoid hormone secreted from the adrenal cortex and it represents a key component of the hormonal hypothalamic-pituitary-adrenal axis. The best-known metabolic effects of cortisol on the metabolism are the stimulation of gluconeogenesis, increased protein catabolism and increased lipolysis. Exercise is considered as a specific stressor that can modify the cortisol levels in the human body. The intensity and duration of exercise are factors that determine the response of cortisol. This article is a brief review on the effects of the cortisol responses at different intensity of exercise, its relationship with testosterone and highlights the importance of its role as a hormonal component of adaptation of the organism to exercise that preserves and protects the body from the negative physiological consequences.

Key words: cortisol, exercise, stress

„Prosvjetni rad“, 10. maj 2011.

Факултет за спорт и физичко васпитање

НАСТАВАК МЕЂУНАРОДНЕ САРАДЊЕ

Декан Факултета за спорт и физичко васпитање из Никшића проф. др Душко Бјелица потписао је почетком априла у Херцег Новом споразум о сарадњи са проф. др Добрицом Живковићем, деканом Факултета за спорт и физичко васпитање из Ниша.

„Поводом одржавања научних скупова Црногорске спортске академије, потписивање споразума за нас веома је значајно будући да омогућава наставак интензивне међународне сарадње, те тако нашем Факултету обезбјеђује значајно мјесто у региону када је спортска наука у питању. То укључује и мо-

билност студената и професора оба факултета, учешће у заједничким научним пројектима, размјену литературе, предавања на магистарским и докторским студијама, као и повезивање са још неким значајним европским институцијама, прије свега у Грчкој“, истакао је декан Бјелица.

Он је подјејетио да је Факултет за спорт и физичко васпитање из Никшића најмлађа јединица Универзитета Црне Горе, али да већ има 12 потписаних споразума о сарадњи на међународном плану, што представља један од значајних сегмената у његовом раду. **Ш. Б.**



Декани Живковић и Бјелица