

EFEKTI VEŽBANJA NA KOGNITIVNO FUNKCIONISANJE I MENTALNO ZDRAVLJE: VEZA MIŠIĆA I MOZGA

DOI 10.7251/SIZ2201071C
ISSN 1840-152X
UDK 159.95:616.89-008
<http://sportizdravlje.rs.ba/>
<https://doisrpska.nub.rs/index.php/SIZ>

¹Luis Carrasco Páez,
²Inmaculada Martínez-Díaz.

¹Odeljenje za fizičko vaspitanje i sport, Univerzitet u Sevilji,
Španija,

²Odeljenje za ljudsku motoriku i sportske performanse,
Univerzitet u Sevilji, Španija.

STRUČNI ČLANAK

Sažetak: Tokom poslednjih decenija, prednosti redovnog vežbanja za zdravlje mozga, posebno za kogniciju i mentalno zdravlje, dobro su prijavljene i u opservacionim i u eksperimentalnim studijama na ljudima. Iako su mnoge od ovih studija bile fokusirane na efekte hroničnog vežbanja kod kognitivno oštećenih subjekata, nedavna istraživanja su istakla ulogu vežbanja u poboljšanju kognitivnih sposobnosti i sprečavanju opadanja kognicije tokom životnog veka kod zdravih osoba. S druge strane, postoje značajni dokazi koji ukazuju na to da programi vežbanja mogu poboljšati ishode lečenja različitih mentalnih poremećaja, posebno onih koji utiču na raspoloženje. Međutim, mehanizmi akutne i hronične funkcije mozga poboljšane vežbanjem još uvek nisu u potpunosti poznati. U ovom kontekstu, važno je uzeti u obzir da vežba izaziva mišićne reakcije i adaptacije koje utiču na udaljena tkiva. Kao i druge sekretorne ćelije, miociti proizvode citokine i druge peptide zvane miokini koji vrše autokrinu funkciju u regulisanju mišićnog metabolizma, kao i parakrinu/endokrinu regulatornu funkciju na udaljenim organima, kao što su creva, jetra i mozak. Dakle, cilj ovog rukopisa je da ojača potencijal vežbanja kao korisnog alata za poboljšanje kognitivnog funkcionisanja i mentalnog zdravlja i kako bi preslušavanje mišića i mozga moglo da igra ključnu ulogu u ovim prednostima vezanim za vežbanje.

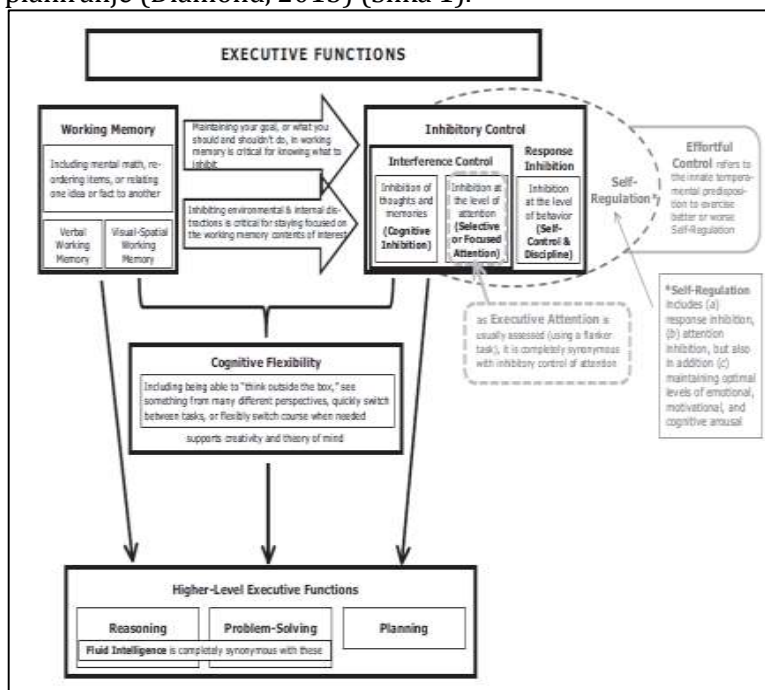
Ključne reči: vežbanje, kognitivno funkcionisanje, mentalno zdravlje, miokini.

UVOD

Jačanje kognicije: uloga vežbe na izvršne funkcije

Da biste bolje razumeli kako vežba poboljšava kogniciju, prvo je potrebno razmotriti izvršne funkcije. Prvo, zato što su neophodni za razvoj složenih kognitivnih procesa; drugo, zato što su osetljivi na stres povezan sa vežbanjem. Izvršne funkcije se odnose na porodicu mentalnih procesa koji su potrebni kada morate da se koncentrišete i obratite pažnju, odnosno kada je oslanjanje na instinkt bilo nedovoljno, ili nemoguće. Postoji opšta saglasnost da postoje tri ključne izvršne funkcije: inhibicija ili inhibiciona kontrola, uključujući samokontrolu ili kontrolu ponašanja (odnosno, odolevanje iskušenjima i nedelovanje impulsivno) i kontrola ometanja (selektivna pažnja); radna memorija, koja uključuje držanje informacija u umu i mentalni rad sa njima (ove informacije mogu biti verbalne ili vizuelno-prostorne) i kognitivnu fleksibilnost (koja se naziva i mentalna fleksibilnost), koja

omogućava promenu perspektive prostorno ili interpersonalno (to jest, da se vidi ili razmišljati sa različitih uglova). Iz ovih međusobno povezanih izvršnih funkcija grade se složenije kognitivne sposobnosti kao što su rezonovanje, rešavanje problema i planiranje (Diamond, 2013) (Slika 1).



Slika 1. Tri osnovne izvršne funkcije (modifikovano od Padilla et al., 2014).

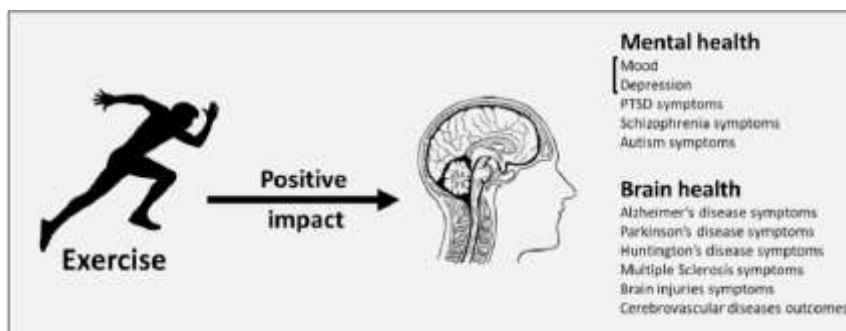
Štaviše, izvršne funkcije su veštine neophodne za mentalno i fizičko zdravlje, kognitivni, socijalni i psihološki razvoj, kao i uspeh u školi. U stvari, poboljšanja akademskog učinka mogla bi odražavati povećanje sposobnosti izvršnih funkcija. Sa ciljem da proceni odnos između fizičke spremnosti i akademskog postignuća, Grissom (2005) je uporedio rezultate na FITNESSGRAM bateriji sa rezultatima čitanja i matematike na Stanfordskom testu postignuća kod skoro milion učenika od petog do devetog razreda. Rezultati ukazuju na konzistentan pozitivan odnos između ukupne kondicije i akademskog postignuća. To jest, kako su se ukupni rezultati kondicije poboljšali, tako su se poboljšali i srednji rezultati postignuća. Činilo se da je ovaj odnos između kondicije i postignuća jači za žene nego za muškarce i jači za učenike sa višim socio-ekonomskim statusom.

Nedavna studija takođe je imala za cilj da ispita povezanost između fizičke spremnosti u vezi sa zdravljem (kardiorespiratorna i mišićna kondicija), fizičke kondicije povezane sa veštinama (test brzine i agilnosti) i kognitivnih funkcija (radna memorija i inhibitorna kontrola) kod 423 holandske adolescenata (od 12 do 15 godina) (Haverkamp, Oosterlaan, Königs, & Hartman, 2021). Fizička spremnost je procenjivana korišćenjem pet testova Eurofit baterije, dok je akademsko postignuće procinjeno sa dva standardizovana testa za procenu matematičkih i jezičkih veština. Rezultati su pokazali da je brzina-agilnost bila značajno povezana sa vizuelno-prostornom radnom memorijom i inhibitornom kontrolom, ali ne i sa drugim

kognitivnim ili akademskim rezultatima. Kardiorespiratorna i mišićna kondicija takođe nisu bili povezani ni sa jednim od rezultata kognitivnog ili akademskog postignuća.

Vežbanje i mentalno zdravlje

S druge strane, pokazalo se da programi vežbanja mogu poboljšati ishode lečenja različitih mentalnih poremećaja, posebno onih koji utiču na raspoloženje i simptome depresije (Slika 2).



Slika 2. Pozitivni efekti vežbanja na mentalno zdravlje i zdravlje mozga.

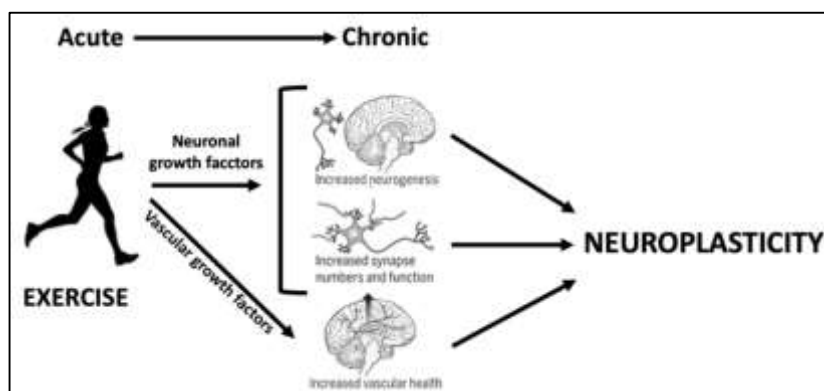
U 2019. godini urađen je sistematski pregled i metaanaliza o ulozi fizičke aktivnosti i sedentarnog ponašanja u mentalnom zdravlju dece i adolescenata. U ovaj pregled, studije su uključene ako su uključivale podatke o fizičkoj aktivnosti ili sedentarnom ponašanju i najmanje jedno psihičko stanje (na primer, depresija, anksioznost, stres ili negativan uticaj) ili ishode psihičkog blagostanja (na primer, samopoštovanje, samopoimanje, samoeфикаsnost) kod dece i adolescenata uzrasta od 6 do 18 godina. Štaviše, rezultati meta-analize randomizovanih kontrolisanih ispitivanja pokazali su mali, ali značajan ukupni efekat fizičke aktivnosti na mentalno zdravlje (Rodriguez-Aillon et al., 2019).

Što se tiče efekata vežbanja na zdravlje mozga, Carvalho et al. (2015) uporedili su efekte tri programa, treninga snage (ST), aerobnog treninga (AT) i fizioterapije, na motoričke simptome i funkcionalni kapacitet kod pacijenata sa Parkinsonovom bolešću. 12-nedeljni program snage je izveden sa intenzitetom od 80% od maksimuma jednog ponavljanja, dok je intenzitet aerobnog treninga postavljen na 70% maksimalnog broja otkucaja srca. Motorni simptomi Parkinsonove bolesti u grupi pacijenata koji su izvodili trening snage i aerobni trening poboljšali su se za 27,5%, odnosno 35% (što znači veličinu efekta do 2,6). Nasuprot tome, fizioterapijska grupa je pokazala poboljšanje od samo 3%.

OTKRIVANJE MEHANIZAMA U OSNOVI: MIŠIĆNO-MOŽDANOG KRSTA

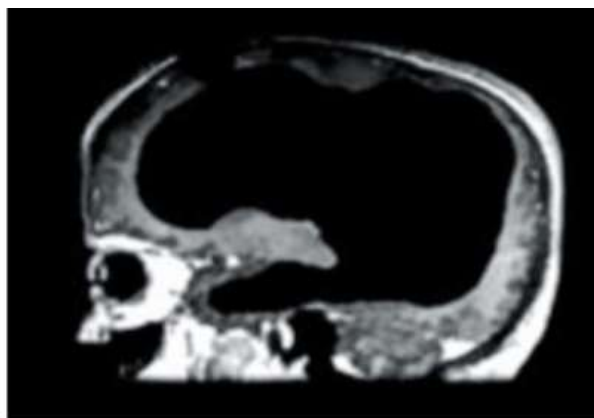
Do ove tačke smo videli neke direktne efekte vežbanja na kogniciju i mentalno zdravlje. Međutim, važno je znati koji osnovni mehanizmi stoje iza ovih efekata.

Akutna vežba promovira oslobađanje niza neuronskih i vaskularnih faktora rasta uglavnom iz centralnog nervnog sistema, ali i iz drugih tkiva kao što su skeletni mišići. Neki od ovih faktora stimulišu proliferaciju endotelnih ćelija i igraju ključnu ulogu u remodeliranju krvnih sudova mozga. Dakle, ovi vaskularni faktori rasta omogućavaju povećanje protoka krvi u mozgu povećavajući i cirkulaciju neurotransmitera i snabdevanje neuronskih ćelija kiseonikom i hranljivim materijama. S druge strane, drugi faktori rasta koji se nazivaju neurotrofini regulišu rast neuronskih ćelija, što je poznato kao neurogeneza, i njihov opstanak, diferencijaciju i transformaciju. Ako sve ove neuronske promene uzmemo zajedno, mislimo na neuroplastičnost (slika 3).



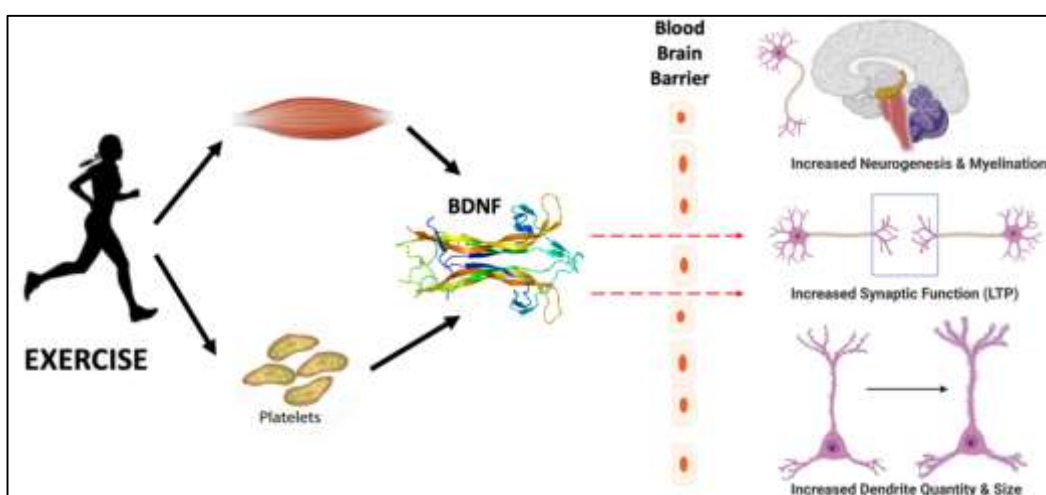
Slika 3. Uloga nervnih i vaskularnih faktora rasta na neuroplastičnost izazvanu vežbanjem.

Da bismo objasnili šta je neuroplastičnost, potrebno je koristiti sliku iz izveštaja o slučaju. Slika 4 predstavlja NMR sliku bočnog pogleda ljudske glave. Kao što se može proceniti, ovaj ispitanik, mladić od 23 godine, imao je stanje pod nazivom hidrocefalus u kome cerebrospinalna tečnost zamenjuje veliki deo moždanog tkiva. U ovom trenutku neko bi mogao pomisliti da se radi o subjektu sa invaliditetom (sa motoričkim i kognitivnim smetnjama), ali on je sjajan student matematike na Univerzitetu u Šefildu (UK) sa koeficijentom inteligencije 126. Pitanje je jasno... Kako je to moguće? To je moguće zahvaljujući neuroplastičnosti.



Slika 4. NMR slika bočnog pogleda ljudske glave (slučaj sa hidrocefalusom).

Neuroplastičnost se odnosi na sposobnost mozga i centralnog nervnog sistema (CNS) da se prilagode promenama životne sredine, reaguju na povrede i da steknu nove informacije modifikovanjem neuronske povezanosti i funkcije. Mozak to radi kroz mnoštvo mehanizama i može se kretati od promena u sinapsama do dodavanja novih neurona koje generiše odrasla osoba, što je poznato kao neurogeneza. U svakom slučaju, ove adaptacije su posredovane neurotrofinima i neurotrofičnim faktorima. Mnoge od njih luče neuroni u centralnom nervnom sistemu, ali i u drugim tkivima i tipovima ćelija. Ovo je slučaj neurotrofičnog faktora koji potiče iz mozga (BDNF) jer se oslobađa iz neurona, trombocita i ćelija skeletnih mišića. S obzirom na to da BDNF prelazi krvno-moždanu barijeru, logično je misliti da vežbanje utiče na neuroplastičnost. U stvari, pokazano je da su BDNF odgovori povezani sa vežbanjem povezani sa neurogenezom hipokampusa, povećanjem broja dendritskih bodlji i posledično povećanom sinaptičkom funkcijom (Slika 5).



Slika 5. Sekrecija BDNF-a u vezi sa vežbanjem i njegova uloga na neuroplastičnost mozga.

Baš kao i BDNF, drugi proteini povezani sa zdravljem mozga oslobađaju se iz miocita pa su nazvani miokini (u stvari, BDNF je konzerviran kao jedan od najrelevantnijih miokina). Miokini se definišu kao širok spektar aktivnih molekula koji se direktno sintetišu i oslobađaju od strane skeletnih mišićnih vlakana. Miokini ispoljavaju svoje efekte bilo na autokrini, parakrini ili endokrini način (Severinsen & Pedersen, 2020).

Iz autokrine perspektive, neki miokini (naročito BDNF, musclin, faktor inhibitora leukemije i nekoliko citokina kao što je IL-6) ispoljavaju svoj efekat unutar samog skeletnog mišića i uključeni su u regulaciju mišićne mase i mišićnog metabolizma.

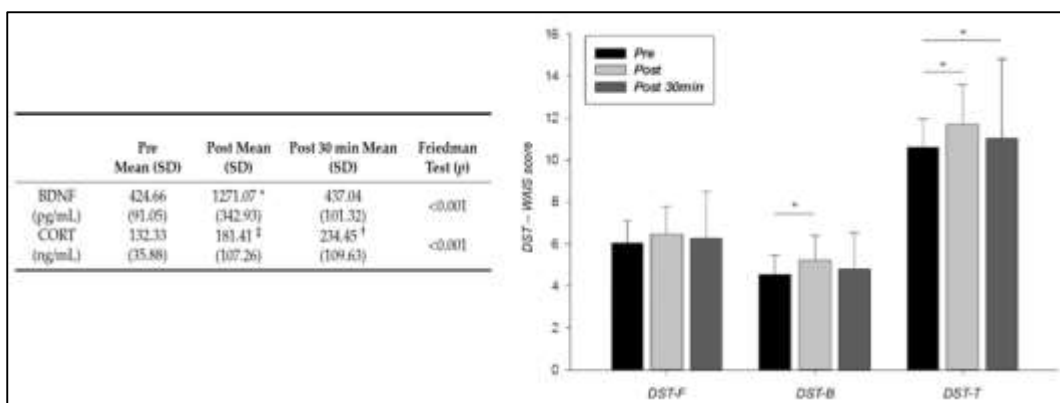
Parakrini i endokrini efekti miokina su fokusirani na tkiva koja okružuju mišiće ili udaljene organe. Na primer, IL-6 je uključen u regulaciju lipolize, dok se čini da irisin i faktor rasta 1 sličan insulinu (IGF-1) igraju ključnu ulogu u regeneraciji kostiju.

U svakom slučaju, identifikovano je više od šest stotina miokina, iako je biološka funkcija opisana za samo 5% njih. Tokom vežbanja, miokini posreduju u preslušavanju mišića i organa do mozga, masnog tkiva, kostiju, jetre, creva, pankreasa i kože.

Ipak, s obzirom na preventivni i terapijski potencijal vežbanja, preslušavanje mišića i mozga je možda najrelevantnija veza. Neuro-zaštitni efekti BDNF-a i irisina protiv moždanih i mentalnih poremećaja čine ove miokine dodatnom vrednošću u istraživanjima sportskih nauka. U stvari, naša istraživačka grupa objavila je dva nedavna rukopisa o efektima vežbanja na miokine povezane sa zdravljem mozga.

Prva je pod naslovom „Akutni efekti intervalnog treninga visokog intenziteta na BDNF, kortizol i radnu memoriju kod studenata fizičkog vaspitanja“ i objavljena je u decembru 2020. Cilj ove studije je bio da se utvrde efekti akutnog napada HIIT-a. o neurokognitivnim i biomarkerima povezanim sa stresom i njihovoj povezanosti sa kapacitetom radne memorije kod zdravih mladih odraslih osoba. Dvadeset pet muških studenata izvelo je jedan HIIT trening koji se sastojao od 10 ponavljanja po 1 min vožnje bicikla pri njihovoj maksimalnoj izlaznoj snazi VO2. BDNF u plazmi, nivoi kortizola i verbalna radna memorija (koristeći Digit Span Test), procenjeni su pre, posle i 30 minuta posle intervencije.

Primećeno je značajno povećanje nivoa BDNF i kortizola u cirkulaciji posle vežbanja, što se poklapa sa najvišim performansama radne memorije (Slika 6), međutim, nisu pronađene statističke veze između kognitivnih i neurofizioloških varijabli. Štaviše, rezultati Digit Span Testa dobijeni 30 minuta nakon vežbanja ostali su viši od onih procenjenih pre vežbanja (Martinez-Dijaz, Escobar-Muñoz, & Carrasco, 2020).

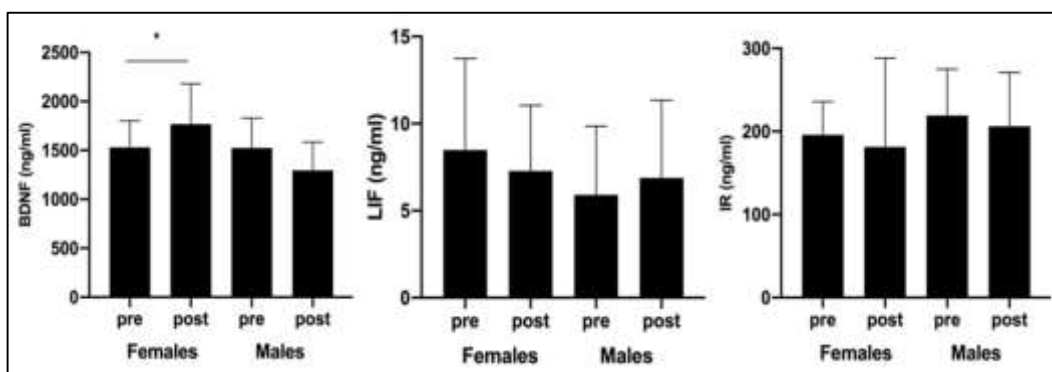


Slika 6. BDNF, kortizol (CORT) i performanse radne memorije (Digit Span Test - DST), pre, neposredno posle i 30 minuta posle HIIT intervencije (modifikovano prema Martinez-Diaz et al., 2020).

Drugi rukopis pod naslovom „Efekti takmičenja u padelu na miokine povezane sa zdravljem mozga“ objavljen je prošle godine. Kao što je poznato, padel postaje jedan od najrasprostranjenijih reket sportova sa potencijalnim zdravstvenim prednostima. Uzimajući u obzir da nekoliko miokina posreduju u preslušavanju između skeletnih mišića i mozga koji imaju pozitivne efekte na zdravlje mozga, ova

studija je osmišljena da proceni odgovore BDNF-a, faktora inhibitora leukemije i irisina na takmičenje u padelu kod treniranih igrača i da utvrdi da li su ovi odgovori bili zavisni od pola (Pradas, Cádiz, Nestares, Martínez-Díaz, & Carrasco, 2021). Dvadeset četiri obučena padel igrača (14 žena i 10 muškaraca prosečne starosti od 28 godina) su dobrovoljno učestvovali u ovoj studiji, gde su procenjeni nivoi ovih miokina u cirkulaciji pre i posle simuliranog padel takmičenja (srednje realno vreme igre 28 minuta; relativni intenzitet, 75% maksimalnog otkucaja srca).

Osim BDNF odgovora uočenih kod igračica, nisu prijavljene značajne promene u faktoru inhibitora leukemije i koncentracijama irisina nakon takmičenja u padelu. Pored toga, i kao što vidite, nisu pronađene razlike u vezi sa polom (Slika 7).



Slika 7. Nivoi BDNF, inhibitornog faktora leukemije (LIF) i irisina (IR) u plazmi pre i posle meča u padelu (modifikovano od Pradas et al., 2021).

ZAKLJUČCI

Zaključujući, može se reći da 1) Iako postoje jaki dokazi da vežbanje može poboljšati kogniciju, potrebno je više istraživanja da bi se utvrdilo koji tip je najprikladniji za poboljšanje izvršnog funkcionisanja i akademskog učinka. Da li je vežbe visokog intenziteta sa dva zadatka najbolja opcija? Moramo da razjasnimo da li su programi vežbanja u kombinaciji sa kognitivnim treningom efikasniji od intervencija sa jednim zadatkom (tj. vežbanje ili kognitivni trening koji se izvodi samostalno). 2) Vežbanje treba smatrati sigurnim i efikasnim tretmanom protiv povreda mozga i mentalnih poremećaja. 3) Procena miokina povezanih sa zdravljem mozga mogla bi poslužiti kao validan alat za procenu potencijala da vežbanje (i sport) ima efekte na kogniciju i mentalno zdravlje.

LITERATURA

Carvalho, A., Barbirato, D., Araujo, N., Martins, J.V., Cavalcanti, J.L., Santos, T.M., Coutinho, E.S., Laks, J., & Deslandes, A.C. (2015). Comparison of strength training, aerobic training, and additional physical therapy as supplementary treatments for Parkinson's disease: pilot study. *Clinical Interventions in Aging*, 7(10), 183-91.

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.

Grissom, J.B. (2005). Physical fitness and academic achievement. *Journal of Exercise Physiology Online*, 8, 11-25.

Haverkamp, B.F., Oosterlaan, J., Königs, M., & Hartman, E. (2021). Physical fitness, cognitive functioning and academic achievement in healthy adolescents. *Psychology of Sport and Exercise*, 57, 102060.

Martínez-Díaz, I.C., Escobar-Muñoz, M.C., & Carrasco, L. (2020). Acute Effects of High-Intensity Interval Training on Brain-Derived Neurotrophic Factor, Cortisol and Working Memory in Physical Education College Students. *International Journal of Environmental Resesearch and Public Health*, 17(21), 8216.

Padilla, C., Pérez, L., & Andrés, P. (2014). Chronic exercise keeps working memory and inhibitory capacities fit. *Frontiers of Behavioral Neuroscience*, 8, 49.

Pradas, F., Cádiz, M.P., Nestares, M.T., Martínez-Díaz, I.C., & Carrasco, L. (2021). Effects of Padel Competition on Brain Health-Related Myokines. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 6042.

Rodriguez-Ayllon, M., Cadenas-Sánchez, C., Estévez-López, F., Muñoz, N.E., Mora-Gonzalez, J., Migueles, J.H., Molina-García, P., Henriksson, H., et al. (2019). Role of Physical Activity and Sedentary Behavior in the Mental Health of Preschoolers, Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 49(9), 1383-1410.

Severinsen, M.C.K., & Pedersen, B.K. (2020). Muscle-Organ Crosstalk: The Emerging Roles of Myokines. *Endocrinology Review*, 41(4), 594–609.

EFFECTS OF EXERCISE ON COGNITIVE FUNCTIONING AND MENTAL HEALTH: A MUSCLE - BRAIN CONNECTION

PROFESSIONAL ARTICLE

Abstract: During the last decades, the benefits of regular exercise for brain health, particularly for cognition and mental health, have been well-reported by both observational and experimental human studies. Although many of these studies were focused on the effects of chronic exercise in cognitively impaired subjects, recent investigations have highlighted the role of exercise in improving cognitive abilities and preventing the decline of cognition across the lifespan in healthy individuals. On the other hand, significant evidence exists to suggest that exercise programs can improve treatment outcomes for different mental disorders, especially those that affect mood. However, the mechanisms of acute and chronic exercise-improved brain function are still not completely known. In this context, it is important to consider that exercise induces muscle responses and adaptations that affect remote tissues. Like other secretory cells, myocytes produce cytokines and other peptides called myokines which exert an autocrine function in regulating muscle metabolism as well as a paracrine/endocrine regulatory function on distant organs, such as the gut, liver, and brain. Thus, the aim of this manuscript is to reinforce the potential of exercise as a useful tool to improve cognitive functioning and mental health and how muscle-brain crosstalk could play a key role in these exercise-related benefits.

Keywords: exercise, cognitive functioning, mental health, myokines.

Primljeno:15.12.2022.

Odobreno:28.12.2022.

Korespondencija:

Luis Carrasco Páez

Odeljenje za fizičko vaspitanje i sport, Univerzitet u Sevilji, Španija

e-mail: lcarrasco@us.es