



## UTJECAJ TJELESNE AKTIVNOSTI NA RASPOLOŽENJE – FIZIOLOŠKI MEHANIZMI\*

### THE INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON MOOD STATE – PHYSIOLOGICAL MECHANISMS

\* corrigendum article by Editors approval 2 Feb 2017

Ana Žigman<sup>1</sup>, Lana Ružić<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kinesis studio «Linea Alba»

<sup>2</sup> Katedra za medicinu sporta i vježbanja Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

#### SAŽETAK

Dosadašnja istraživanja su pokazala kako tjelesna aktivnost ima pozitivne učinke na promjene raspoloženja, a poznata je i njezina primjena u redukciji depresije. Objašnjeno je djelovanje i uloga pojedinih kemijskih glasnika za koje se uočilo se njihovo lučenje povećava pod utjecajem tjelesne aktivnosti, te da se na taj način utječe na dobro raspoloženje. Cilj ovog rada je objasniti na prihvatljiv način, jezikom razumljivim osobama koje se sportom bave iz rekreacije, fiziološke mehanizme i procese koje tjelesna aktivnost izaziva u organizmu s posebnim osvrtom na kemijske glasnike i hormone koji tom prilikom utječu na središnji živčani sustav. Posebno smo se osvrnuli na ulogu endorfina, te na način kojim njihovo otpuštanje prilikom tjelesne aktivnosti djeluje na promjene raspoloženja tj. stvaranje ovisnosti o vježbanju. U radu se prikazuje kako tjelesna aktivnost može imati i negativne učinke, te smo na kraju napravili sistematizaciju tjelesnih aktivnosti s obzirom na mogućnost stvaranja željenog pozitivnog psihičkog učinka.

*Ključne riječi:* tjelesno vježbanje, depresija, raspoloženje, neurotransmiteri, endorfin, dopamin, serotonin, opioidne tvari, euforija

#### SUMMARY

An overview of the research conducted as of this writing has been used to clarify the positive effects of physical activity on mood swings, as well as its application in alleviating symptoms of depression. The influence and role of individual chemical messengers have also been explained in these studies. Years of extensive research have suggested that the excretion of these messengers is enhanced by physical activity, which helps them to enhance moods. This paper places special emphasis on the role of endorphins and the effect of their excretion during physical activity on mood swings and on the development of exercise addiction. A short review also addresses the possible negative influence of physical activity, and a conclusion sets forth the categorization of various physical activities based on their potential ability to induce a desired positive influence on mental health.

*Key words:* Physical exercising, depression, mood state, neurotransmitters, „runner's high“, endorphin, dopamine, serotonin, opioids, euphoria

## UVOD

Utjecaj tjelesne aktivnosti na psihički status vrlo je složen fenomen sa, za sada priličnim brojem nejednako intenzivno istraženih entiteta. Mnoge su hipoteze pokušale objasniti razlog povezanosti vježbanja i boljeg mentalnog zdravlja, od toga su fiziološko – biokemijske pretpostavke: hipoteza kardiovaskularne spremnosti, hipoteza amina i hipoteza endorfina.

Osnovna premisa hipoteze kardiovaskularne spremnosti jest povezanost stanja boljeg raspoloženja i kardiovaskularne spremnosti, odnosno aerobne izdržljivosti. Međutim, hipoteza kardiovaskularne spremnosti ne nalazi potvrdu u te neki upućuju na prvobitnu psihološku prednost redovitog vježbanja u prvih nekoliko tjedana literaturi (12,33,35), prije znatnih promjena kardiovaskularne spremnosti.

Osnovna premisa hipoteze amina jest povezanost povećanog izlučivanja kemijskih tvari koje služe kao neurotransmiteri i boljeg mentalnog zdravlja. Neurotransmiteri prenose signale od jednog živca do drugog i od živca do mišića. Istraživanja pokazuju niže razine lučenja različitih amina kao što su noradrenalin, serotonin i dopamin kod depresivnih pojedinaca (15, 34,35), a povećanje razine noradrenalina kod štakora koji vježbaju (4). Teorijski vježbanje potiče proizvodnju neurotransmitera koji pozitivno djeluju na raspoloženje.

Hipoteza endorfina upućuje na povezanost vježbanja i proizvodnje tvari u mozgu koje imaju morfiju slično djelovanje na osobu koja vježba (umanjena bol i opća euforija). Opća euforija koju uzrokuje endorfin služi smanjenju razina depresije, anksioznosti, konfuzije i drugih negativnih raspoloženja. Iako je to zanimljiv pojam, mnogobrojni su dokazi u prilog teoriji. Istraživanja na ljudskim ispitanicima koja su proveli Farrell et al. (13) te Kraemer i sur. (27), nisu podržala ulogu endorfina u odnosu na vježbanje i raspoloženje. Kraemer i sur. (27), na primjer, uočili su nižu razinu endorfina u krvnoj plazmi kod pozitivnog raspoloženja.

Osnovni preduvjet za postizanje pozitivne promjene u psihičkom stanju vježbača mnogi autori ističu, je uživanje i zadovoljstvo u tjelovježbi. Osobe koje tjelovježba zabavlja, veseli, koje vježbaju zbog intrinzičnih razloga napredovanja u aktivnosti, znatizelje, igre, dulje će perzistirati u vježbanju i time osigurati veće i sigurnije učinke. Ali, i pod jednakim uvjetima tjelovježbe zadovoljniji vježbači imati će više koristi glede psihičkog statusa. Važno je naglasiti da se svi navedeni pozitivni učinci tjelesne aktivnosti mogu izgubiti povratkom u neaktivnost. Tjelesno aktivna populacija svjesna je da tjelesna aktivnost značajno utječe na promjene raspoloženja, ali u potpunosti ne razumije značaj redovitog tjelesnog vježbanja. Cilj ovog rada je objasniti na prihvatljiv način fiziološke mehanizme i procese koje tjelesna aktivnost izaziva u organizmu s posebnim osvrtom na kemijske glasnike i hormone koji utječu na središnji živčani sustav.

## NEUROTRANSMITERI I NJIHOVA ULOGA

Zbog lakšeg praćenja daljnjeg teksta objasniti će se osnovne značajke neurotransmitera prema Guyton (20): "Gotovo sve sinapse koje služe za prijenos signala u čovjekovu središnjem živčanom sustavu su kemijske sinapse. U njima prvi neuron luči kemijsku tvar nazvanu neurotransmiter (ili, jednostavno, prijenosna tvar). Ta prijenosna tvar djeluje zatim na receptorsku bjelančevinu u membrani sljedećega neurona, te ga pobuđuje, koči ili na neki drugi način mijenja njegovu osjetljivost. Za više od 50 kemijskih tvari je dokazano, ili se pretpostavlja da djeluju kao sinaptički prijenosnici. Većina ih je navedena u Tablicama 1. i 2., koje donose dvije skupine sinaptičkih prijenosnika." "U jednoj su prijenosnici koji djeluju brzo, a tvore ih male molekule." "U drugoj je velik broj neuropeptida, čije su molekule mnogo veće i obično djeluju znatno sporije. Niskomolekularni prijenosnici brzog djelovanja uzrokuju većinu akutnih reakcija živčanog sustava, poput prijenosa osjetnih signala u mozak i motoričkih signala natrag u mišiće. Neuropeptidi, naprotiv, obično potiču trajnije aktivnosti, kao što su dugotrajnije promjene broja neuronskih receptora, trajniju otvorenost ili zatvorenost nekih ionskih kanala, a možda čak i dugotrajnije promjene broja i veličine sinapsa."

Tablica 1. Niskomolekularni prijenosnici brzog djelovanja (20)

Table 1. Low molecular neurotransmitters- fast acting

<b>Niskomolekularni prijenosnici brzog djelovanja</b>
I. razred
acetilkolin
II. razred
noradrenalin
adrenalin
dopamin
serotonin
histamin
III. razred
γ-aminomaslačna kiselina (GABA)
glicin
glutamat
aspartat
IV. razred
dušikov oksid (NO)

\*preuzeto iz Guyton, 2003 (20)

Tablica 2. Neuropeptidni prijenosnici sporog djelovanja i čimbenici rasta (20)  
Table 2. Slow acting neuropeptides and growth factors

<b>Neuropeptidni prijenosnici sporoga djelovanja i čimbenici rasta</b>
Hipotalamični hormoni oslobađanja
hormon koji oslobađa tireotropin
hormon koji oslobađa luteinizacijski hormon
somatostatin (čimbenik koji inhibira hormon rasta)
Hipofizni peptidi
adrenokortikotropni hormon (ACTH)
β- endorfin
? -hormon koji stimulira melanocyte
prolaktin
luteinizacijski hormon
tireotropin
hormon rasta
vazopresin
ositocin
Peptidi koji djeluju na crijevo i na mozak
leucin-encefalin
metionin-encefalin
tvar P
gastrin
Kolecistokinin
vazoaktivni intestinalni polipeptid (VIP)
živčani čimbenik rasta
moždani neurotropni čimbenik
neurotenzin
inzulin
glukagon
Iz drugih tkiva
angiotenzin
bradikinin
karnozin
peptidi sna
kalcitonin

\*preuzeto iz Guyton, 2003 (20)

Značajke nekih važnijih niskomolekularnih prijenosnika

"Opisat ćemo najvažnije niskomolekularne prijenosne tvari (20):

Acetilkinolin luče neuroni u mnogim područjima mozga, no on je specifičan za završetke velikih piramidnih stanica motoričke kore, za različite vrste neurona u bazalnim ganglijima, za motoneurone koji inerviraju skeletne mišiće, za preganglijske neurone autonomnoga živčanog sustava, za postganglijske neurone parasimpatičkog živčanog sustava te za neke postganglijske neurone simpatičkoga živčanog sustava. U većini je slučajeva učinak acetilkolina ekscitacijski. U nekim parasimpatičkim živčanim završecima on ima inhibicijske učinke, kao što je srčana inhibicija vagusnim živcima.

Noradrenalin luče završeci mnogih neurona kojih se stanična tijela nalaze u moždanome deblu i u hipotalamusu. Specifično je da neuroni u ponsu koji luče noradrenalin imaju aksone koji dopiru u mnoga moždana područja i pripomažu u nadzoru nad općom aktivnosti uma te nad raspoloženjem. Takav je učinak, primjerice,

povećanje stupnja budnosti. U većini takvih područja noradrenalin vjerojatno aktivira ekscitacijske receptore, no u nekim područjima aktivira inhibicijske receptore. Noradrenalin luči i većina postganglijskih neurona simpatičkoga živčanog sustava, pri čemu neke organe ekscitira, a druge inhibira.

Dopamin luče neuroni koji potječu iz supstancije nigre. Završeci tih neurona nalaze se uglavnom u strijatnom području bazalnih ganglija. Učinak dopamina obično je inhibicijski.

Serotonin luče jezgre koje potječu iz središnje rafe moždanog debla, a vlakna iz tih jezgara protežu se u mnoga područja mozga i kraljezničke moždine, posebice u stražnje robove kraljezničke moždine i u hipotalamusu. Serotonin djeluje kao inhibitor spinalnih putova za bol. Drži se da njegovo inhibicijsko djelovanje na višim razinama živčanog sustava pomaže u nadzoru raspoloženja, a možda čak izaziva san."

#### DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA O UTJECAJU TJELESNE AKTIVNOSTI NA RASPOLOŽENJE

Karakteristike psihičkog statusa za koje je istraživano utjecaj tjelovježbe pripadaju većim dijelom području ličnosti i emocija, a manjim dijelom području kognitivnih sposobnosti i funkcija. Poznati su podaci o djelovanju tjelovježbe na: raspoloženje, stupanj općeg prilagođavanja, sliku o vlastitom tijelu, samopouzdanje, samopouzdanje, kognitivno i perceptivno procesiranje, ponašanje tipa A, vještinu suočavanja sa stresom, tenziju, različita patopsihološka stanja i poremećaje. Većina radova ukazuje na pozitivne pomake u navedenim osobinama pod utjecajem tjelesnog vježbanja. Tako se i navode izvještaji o značajnom i velikom kratkoročnom poboljšanju raspoloženja kod skupine studenata koja je plivala 2 puta tjedno tijekom 14 tjedana u odnosu na skupine koje su se u približno istom opsegu bavile drugim aktivnostima (mačevanje, fitness, yoga, predavanje o zdravlju). Prema de Vriesu (9) pokazuje se da vježbanje smanjuje napetost, odnosno da ima trankvilizirajući, relaksirajući učinak.

Većina istraživanja bavila se mogućnošću smanjenja psihopatoloških poremećaja uz pomoć tjelovježbe, a posebice depresije i anksioznosti. Zamijećeno je da terapija tjelesnim vježbanjem ima izuzetno dobre učinke na navedene psihopatološke poremećaje, koji se ogledaju u: mogućnosti smanjenja doze potrebnih lijekova, no nije ih moguće posve izostaviti; smanjenju intenziteta poremećaja, mjereno psihološkim mjerama ili psihijatrijskim intervjuom, te poboljšanju općeg funkcioniranja pacijenta (osamostaljenje u nekim svakodnevnim aktivnostima, mogućnost suočavanja sa situacijama koje su pacijenta prije smetale i slično).

Istraživanja o tjelesnoj aktivnosti i depresiji datiraju još od 19.st. U nedavnim dekadama mnoga istraživanja dokumentiraju korist od vježbanja na raspoloženje kod zdravih i klinički depresivnih pojedinaca. Metodologija problema kod mnogih istraživanja čini interpretaciju i primjenu teškim. Unatoč metodoloških problema, većina istraživanja pokazuje da vježbanje ima psihološke i psihijatrijske koristi. U cjelini, istraživanja pokazuju da vježbanje ima najveću korist kod pojedinaca koji imaju veća psihološka oštećenja i onih koji su klinički depresivni, ali obje, i kliničke i nekliničke populacije, imaju koristi (2).

Istraživanja kod klinički depresivne populacije uključuju i hospitalizirane i ambulante pacijente. U hospitaliziranih depresivnih pacijenata dokazano je značajno smanjenje depresije kod pacijenata kojima je

bilo propisano aerobno vježbanje, ali ne i u kontrolnoj grupi koja je sudjelovala u radnoj terapiji (30). U istraživanju hospitaliziranih depresivnih pacijenata (42), raspoloženje i forma se poboljšalo nakon programa hodanja i trčanja, ali nije bilo korelacije kada su se ta dva parametra izmijenila. Korist od vježbanja se također primijetila kod ljudi koji nisu klinički depresivni, ali su pod visokim rizikom da budu ili imaju neke simptome depresije. (41) su ispitali 55 studenata koji su proživjeli veliki broj stresnih životnih događaja unazad jedne godine.

Studentima je bio zadan aerobni način treninga, trening opuštanja ili bez tretmana. Nakon 11 tjedana programa, vježbači su se pokazali manje depresivni nego ostale dvije grupe. Druga studija (31) uključila je 43 studentice koje su manifestirale znatne simptome raspoloženja da bi osjećale nedovoljnu aktualnu depresiju. Bile su slučajnim odabirom izabrane kako bi sudjelovale 10 tjedana u redovitom aerobnom vježbanju (1 sat, 2 puta tjedno) ili treningu opuštanja ili kao kontrolna skupina. Smanjenje u vrednovanju depresije bilo je značajno i konstantno veće u aerobik grupi. Kod nekliničke populacije, kao i kod kliničkih pacijenata, većina su istraživanja ustanovila da su aerobik i ostali oblici vježbanje jednako korisni.

Chaouloff (5) u članku „Fizičko vježbanje i moždani monoamini”, govori o utjecaju vježbanja na mentalno zdravlje, te snažno sugerira da su ta dva pojma povezana. Tjelesna aktivnost navodno smanjuje depresijske simptome i anksioznost, te poboljšava podnošenje stresa. Logično, mnogi istraživači su pokušali odrediti fiziološke mehanizme koji su odgovorni za ovo podizanje raspoloženja putem vježbanja. Među sadašnjim hipotezama, ono što se odnosi na endorfine i monoamine je dobilo na značaju. Ipak, još uvijek se raspravlja o efektima tjelesnog vježbanja na transmisiju dopamina, noradrenalina i serotonina.

Jin (25), prikazuje istraživanje u kojem je ocjenjeno 33 ispitanika koji su počeli prakticirati Tai Chi i 33 naprednih vježbača Tai Chia, te njihove promjene u psihološkom i fiziološkom funkcioniranju prilikom vježbanja. Praćene su tri varijable: početnici u odnosu na napredne vježbače, vrijeme kada je vježbanje provedeno (jutro, popodne, večer) i učestalost ponovljenog vježbanja (prije, tijekom i nakon Tai Chia). Rezultati su pokazali da je vježbanje Tai Chia povisilo rad srca, povećalo se noradrenalin u urinu i smanjila se koncentracija kortizola. Sudionici izvješćuju o manjoj razini napetosti, depresije, ljutnje, umora, zbrkanosti i stanja anksioznosti, osjećali su se snažnije i općenito su mogli odrediti svoje raspoloženje.

Od 1990 godine, objavljena su barem 2 pregledna rada koja se odnose na anksioznost, depresiju i vježbanje. North i sur. (35) prikazuju rezultate meta-analize (statistički sažetak i usporedba nezavisnih uzoraka) koja je uključila 80 istraživanja provedenih od 1969. do 1989. godine, a koja su proučavala utjecaj vježbanja na depresiju. Sažetak rezultata meta-analiza:

1. Aerobno i redovito vježbanje učinkovito ublažava depresiju
2. Najveće smanjenje depresije vidljivo je kod ispitanika u programu psihološke skrbi
3. Vježbanje je povezano sa smanjenjem obilježja i stanja depresije
4. Vježbanje učinkovito ublažava depresiju kod mentalno zdravih osoba, kao i onih uključenih u psihijatrijsko liječenje

5. Sve vrste vježbanja (anaerobno i aerobno) učinkovito ublažavaju depresiju
6. Trajanje programa vježbanja (u tjednima) kao i količina vježbanja (u tjednu) vezani su uz stupanj smanjenja depresije
7. Vježbanje je učinkovitije od opuštanja i ugodnih aktivnosti u ublažavanju depresije
8. Vježbanje, u kombinaciji s psihoterapijom, učinkovitije ublažava depresiju od samog vježbanja

Petruzzelo i sur. (38) prikazuju rezultate meta-analize 104 istraživanja provedena od 1960. do 1989. godine, koja su proučavala utjecaj vježbanja na anksioznost. Utjecaj vježbanja na anksioznost dalje je podijeljeno kao funkcija vrste mjerenja (samoprocjena stanja, samoprocjena obilježja i psihofiziološko). Rezultati nalaza vezanih uz meta-analizu jesu:

1. Vrijeme vježbanja mora biti duže od 20 minuta kako bi učinkovito ublažilo anksioznost
2. Progresivno je opuštanje jednako učinkovito u ublažavanju anksioznosti kao stanja kao i vježbanje
3. Vježbanje je učinkovitije u ublažavanju ispoljavanja anksioznosti kao osobine od progresivnog opuštanja
4. Anaerobno vježbanje ne utječe na ublažavanje anksioznosti
5. Redovito aerobno vježbanje učinkovito ublažava stanje anksioznosti
6. Program vježbanja mora trajati duže od 10 tjedana prije učinkovitog ublažavanja obilježja anksioznosti

#### PROMJENE U ŽIVČANOM SUSTAVU ZA VRIJEME TJELESNE AKTIVNOSTI - ENDORFINI I TJELESNA AKTIVNOST

##### *Endorfini: endogeni opioidi*

Endorfini su endogeni opioidi koji se oslobađaju iz hipofize i vjeruje se kako dovode do analgezije, potiču euforiju i imaju nagrađivačku ulogu unutar mozga. Od njihovog otkrića sredinom sedamdesetih godina, uloga endorfina je bila na široko proučavana, ali i zagonetna tema unutar fiziologije kao znanosti. Iako su prošla 3 desetljeća, znanstvenici još uvijek traže dosljedne odgovore na pitanja zašto tijelo proizvodi endorfine i kako ti peptidi djeluju unutar središnjeg živčanog sustava. Naziv endorfin nastao je iz dvije riječi, endogeni (unutarnji, vlastiti) i morphine (spoj opijatskog djelovanja), jer ti hormoni djeluju slično kao morfij unutar sustava prirodnih opijata (32).

Endorfini su dio veće grupe hormona poznate kao endogeni opioidi, grupe koja također uključuje enkefaline i dinorfine. Opioid endorfin sastoji se od specifičnog slijeda 31-aminokiseline, «izrezanog» (nastalog) iz većeg peptida poznatog kao proopiomelanocortin -POMC (17,20). Endorfini se oslobađaju iz režnja hipofize i ulaze u krvožilni sustav. Neuron koji proizvode endorfine locirani su uglavnom ventromedijalno u jezgrama koje komuniciraju s hipotalamusom i limbičkim sustavom (37). Opioidni peptidi aktiviraju tri različita tipa receptora; mu ( $\mu$ ), kappa ( $\kappa$ ), i delta ( $\delta$ ) receptore, od kojih svaki djeluje preko drugog prijenosnika (32, 43).

Afinitet kojim se svaki opijat veže na tri različita receptora može varirati; endorfini primarno djeluju putem  $\mu$ -opioid receptora (32). Poznato je da taj receptor ima analgetička svojstva i igra ulogu u nagrađivačkom sustavu unutar mozga.

Postoje dokazi o tome da endorfini mogu djelovati interaktivno s ostalim neurotransmiterima pa tako mogu utjecati na dodatno oslobađanje noradrenalina, dopamina i acetilkolina. To se događa vjerojatno na način da endorfini moduliraju (mijenjaju) receptore za druge neurotransmitere na membranama (31). Opioidni antagonisti, uključujući naloxon, naltrexone, i nalmefene, blokiraju receptore opioda u oba životinjska modela i ljudskim studijama (10,12,36,37). Naloxon je najčešće upotrijebljen opioidni antagonist u kliničkim studijama kao i u liječenju ovisnosti (36).

#### TJELESNA AKTIVNOST MOŽE POVEĆATI LUČENJE ENDORFINA

Mnoge studije su proučavale odnos između vježbanja i lučenja endorfina, proučavajući ulogu tih peptida u euforiji induciranoj vježbanjem kao i u smanjenom osjetu boli (14,17,18) Endorfini se često spominju u osjećaju euforije poznatim pod pojmom „runner's high“, opuštenu psihološko stanje ponekad doživljeno tijekom ili nakon napornog vježbanja kao npr. trčanja. Zbog nekonzistentnih rezultata istraživanja teško je jednostavno zaključiti da endorfini koji se luče pri vježbanju izazivaju kod svih osjećaj euforije. Dishman (10) zauzima stav da tzv. „runner's high“, svojevrsna vrsta transa još nije bio sistematično i temeljito dokumentiran.

Slično rezultatima istraživanja o djelovanju euforije, rezultati dobiveni u istraživanju o analgetskom utjecaju endorfina, također su u konfliktu zbog nedosljednosti eksperimentalnih metoda i njihovih rezultata. U jednoj studiji (14), ispitanici koji su trčali 1.6 km s utegom mase 1.2 kg tempom koji je odgovarao njima samima, trebalo je značajno duže da prijave prve znakove boli. Analgezija - odsutnost osjeta boli, je ipak bila smanjena dodavanjem doze od 2 mg naloksona – korištenog kako bi se smanjio učinak opioidnog djelovanja, dok bi se dozom od 10 mg potpuno eliminirali analgetički učinci opioda. To ukazuje na mogućnost kako endorfini izlučeni za vrijeme trčanja mogu biti odgovorni za smanjeni osjećaj boli.

Ipak, ovaj eksperiment nije bio ponovljen i studije koje su uslijedile nisu polučile baš takvo djelovanje. Nedostatak ponovljenih sličnih eksperimenata onemogućuje postavljanje jasne veze između trčanja i analgezije. Studije kliničkih istraživanja razine endorfina prije, tijekom i poslije aktivnosti su proturječne; jedne pokazuju značajna smanjenja dok druge studije ne. Još ostaje upitno pod kojim se točno uvjetima javlja pojačano lučenje endorfina. Moguće je kako je potrebno doseći ili održavati određenu razinu intenziteta u odnosu na maksimalni primitak kisika, možda mora proći određeno vrijeme ili biti pretrčana određena udaljenost ili se čak možda moraju izvesti određene vježbe kako bi došlo fiziološkog djelovanja lučenja endorfina. To je još uvijek nejasno.

Farrell (14) je pokušao odrediti prag pri kojemu dolazi do lučenja endorfina u odnosu na intenzitet trčanja i pretrčanu udaljenost s različitim intenzitetom i različitim trajanjem aktivnosti kod muških ispitanika. Analiza tih rezultata pokazala je da postoji porast lučenja endorfina nakon aktivnosti iako nije bio statistički značajan u svim eksperimentima. Pierce i sur. (39) proveli su studiju mjereći razinu endorfina prije i poslije trajanja vježbe definirane kao 45 minuta intenzivnog aerobika. Rezultati pokazuju značajno povećanje razine endorfina nakon vježbanja za razliku od razine prije vježbanja. Takva saznanja dovode do spoznaje kako se opioidni peptidi mogu lučiti tijekom snažnog vježbanja kroz određeni

vremenski period. Studija Goldfarba i sur. (18) slaže se s takvim rezultatima, ali autori tvrde kako se

treba postići kritični intenzitet vježbanja koji će potaknuti porast lučenja endorfina a time i njihovu koncentraciju u plazmi. Suprotno podacima Goldfarba i sur. (18), Farrellovi (14) dokazi ukazuju da povećanje lučenja endorfina nije ovisno o intenzitetu vježbanja.

Goldfarb i sur. (17) procjenjivali su razinu endorfina na uzorku koga se sudionicima tijekom testa vožnje biciklom svake tri minute pojačavalo opterećenje do trenutka zamora sudionika ili do trenutka kada je postignut njihov aerobni kapacitet (VO<sub>2</sub>max). Razina endorfina mjerena je prije, tijekom i poslije vježbe. Podaci o mjerenjima endorfina uveliko su varirali i time učinili teškim otkrivanje i preciziranje veze. Kod nekih sudionika razina endorfina povećala se rano, kod drugih kasnije dok kod nekih sudionika povećanja uopće nije bilo. Dok se općenito povećanje razine endorfina nije pokazalo značajnim pod različitim intenzitetima, istraživači su otkrili značajnu razliku u razinama lučenja endorfina. Ipak, velike razlike između ispitanika mogu ukazivati individualnu reakciju na različite tipove vježbi.

Dok je velika količina podataka dostupna o vezi između endorfina i intenziteta vježbi, drugi istraživači testirali su vezu endorfina s različitim tipovima vježbi, uglavnom razliku između trčanja i vožnje biciklom. Tek Pierce i sur. (39) su potvrdili kako je potreban intenzitet od 70% aerobnog kapaciteta kako bi se značajnije povećala razina endorfina u krvnoj plazmi.

#### ULOGA ENDORFINA U STVARANJU OVISNOSTI O VJEŽBANJU

Nejasno je da li osjećaji euforije stvoreni izlučivanjem endorfina, koji može biti rezultat napornog vježbanja, stvaraju ovisnost. Dok je prihvaćeno da endorfini stvaraju osjećaj euforije, ostaje nejasno uzrokuje li vježba porast lučenja endorfina. Dodatno, ako vježbanje pojačava lučenje endorfina, nije dokazano da pojačano lučenje stvara ovisnost o vježbanju. Pojedinci označeni kao ovisnici o vježbanju pokazuju slične uzorke ponašanja i razinu hormona kao alkoholičari i ovisnici o drogama. Novonastalo stanje poznato kao ovisnost o vježbanju definira vježbu kao ovisnost, karakteriziranu potrebom za učestalim vježbanjem čak i kada su posljedice štetne za zdravlje pojedinca, odnose unutar obitelji i osobni boljitak (29).

Kako znanstvenici ukazuju da postoji odnos između intenzivnog vježbanja i pojačanog lučenja endorfina, uzroci ovisnosti o vježbanju se moraju još uvijek dodatno istražiti. Pojam ovisnosti o vježbanju trenutno nije priznat od strane DSM-IV-a (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders – Priručnik za kriterij i statistike mentalnih poremećaja (11)), ali njegova prisutnost u određenom ljudskom ponašanju (slično alkoholizmu i ovisnosti o drogama) indicira kako bi taj pojam trebao biti točno definiran.

Različita istraživanja i ankete su proučavane kako bi se odredio stupanj ovisnosti i potrebe za vježbom.

#### NEGATIVNE POSLJEDICE ?

Očigledno postoje prednosti redovitog i umjerenog vježbanja jer brojni radovi upućuju na snažne psihološke i fiziološke prednosti umjerenog vježbanja. Ipak, kratko ćemo navesti i neke od negativnih posljedica prekomjernog vježbanja kao što su ovisnost o vježbanju i pretreniranost. Prekomjerno vježbanje može rezultirati

smanjivanjem učinkovitosti imunološkog sustava u borbi protiv bolesti i povećanjem negativnog psihološkog raspoloženja. Na praktičan način, vježbanje možemo razmatrati kao slijed od nedostatnog vježbanja do prekomjernog vježbanja. Negativne psihološke i biološke posljedice povezane su s nedostatnim ili prekomjernim vježbanjem. Koliko je vježbanja previše, složeno je pitanje za sportaša. Sportaši neprestano izazivaju osjetljivu ravnotežu između treniranja i prekomjernog treniranja budući da uspjeh u sportu ovisi o treniranju.

Ovisnost o vježbanju smatra se psihofiziološkom ovisnošću o redovitom programu vježbanja (29). Osoba ovisna o vježbanju gubi prednosti redovitog, umjerenog vježbanja. Nastupa poremećaj raspoloženja kod ovisne osobe u slučaju odstupanja od redovitog rasporeda vježbanja. S atribucijskog gledišta, ovisnika o vježbanju kontrolira aktivnost, za razliku od kontrole nad aktivnostima. U usporedbi s neovisnim vježbačima, ovisni vježbači prijavljuju nemir i stres prije vježbanja. Također pokazuju veći stupanj depresije, anksioznosti i opće nelagode ako odstupe od rasporeda vježbanja. Važno obilježje ovisnika jest ustrajnost u vježbanju bez obzira na bol ili ozljedu (1).

Vježbači ovisni o vježbanju najčešće se opisuju dvama terminima:

Najustrajni vježbač obično je ovisnik o vježbanju. On je vježbač koji sudjeluje i neposredno trenira za natjecanja izdržljivosti koja zahtijevaju dugotrajniji napor i ustrajnost. Često su ta natjecanja izdržljivosti „super događaji“ u rasponu od 50 do 100 milja. Chapman i Castro (6), razvili su ljestvicu ovisnosti o trčanju (LJOT), Running Addiction Scale – RAS za mjerenje ovisnosti o vježbanju. Još jedan termin za opisivanje ovisnika o vježbanju je i pasionirani trkač. Veći je broj pasioniranih trkača od trkačica. Pasionirani trkači visoko su motivirani za vježbanje, a kada su spriječeni, doživljavaju pojačan osjećaj anksioznosti i nezadovoljstva (7).

#### *Pretrreniranost*

Pretrreniranost je slabo psihofiziološko funkcioniranje, koje ne treba brkati s fiziološkim principom nadopterećenja koje je normalna pojava u trenažnom procesu. Manifestira se mehaničkim opterećenjem (vezivno tkivo, hrskavice i kosti), metaboličkim opterećenjem (nedostatne razine glikogena) i psihološkim opterećenjem (poremećaj raspoloženja). Moguće je povezati pretrreniranost s umorom tijekom natjecanja, padom izvedbe, poremećajem raspoloženja, emocionalnom nestabilnošću, sniženom motivacijom i podložnošću zarazama zbog pada imunološke funkcije (28). S biološkog gledišta, čak akutni napadi pretrreniranosti mogu rezultirati i usporenim imunološkim odgovorom (16). Nesposobnost imunološkog sustava u borbi protiv zaraze i bolesti izlaže sportaša negativnim posljedicama vezanim uz pretrreniranost.

Jedan od pokazatelja pretrreniranosti jest poremećaj raspoloženja. Biopsije mišića sportaša upućuju na jasnu povezanost između sniženog mišićnog glikogena i porasta poremećaja raspoloženja (40). Praćenje poremećaja raspoloženja primjenom Profila stanja raspoloženja (PSR), Profile of Mood States – POMS, preporuča se kao način prepoznavanja nastanka istrošenosti i pretrreniranosti.

Poremećaji raspoloženja su također povezani s ličnošću sportaša. Sportaši kod kojih je izražena čvrstoća kao obilježje ličnosti pokazuju nižu učestalost poremećaja raspoloženja tijekom treniranja. Pojedinci izraženije

mentalne čvrstoće mogu promijeniti svoju procjenu stresa, nastalog zbog pretrreniranosti, u manje stresan oblik (19). Također je zanimljivo zabilježiti dugotrajnost posljedica poremećaja raspoloženja. Prema Kirbyu (26), u nekim je slučajevima potrebno i nekoliko tjedana za povratak na prvotnu razinu. S obzirom na važnu vezu između pretrreniranosti i poremećaja raspoloženja, logična je potreba praćenja raspoloženja i primjene intervencija u obliku rasterećenog ili izmijenjenog programa treniranja u slučaju porasta poremećaja raspoloženja iznad predodređene razine (24).

Mnogi faktori, kao umor, pad učinka i sklonost zarazama, upućuju na pretrreniranost, ali je praćenje stanja raspoloženja najjednostavniji i najučinkovitiji sustav ranog upozorenja.

#### VRSTA, INTENZITET I FREKVENCIJA TJELESNE AKTIVNOSTI ZA NAJBOLJI UČINAK NA RASPOLOŽENJE

Iako postoje nesustavna iskustva u preporuci i izboru aktivnosti s obzirom na momentalno psihičko stanje vježbača (stres, nezadovoljstvo, anksioznost i sl.), pravih pokazatelja o tome koja bi vrsta aktivnosti, i pod kojim uvjetima bila najpogodnija za pojedine slučajeve za sada nema. Istraživanja u tom smjeru su započela još sedamdesetih godina i intenzivno se provode, pa se mogu dati barem neke okvirne naznake o tome što u pojedinom slučaju izabrati.

Prema Bergeru (3), tjelesnu aktivnost u cilju postizanja pozitivnih psihičkih promjena treba birati prema slijedećim karakteristikama, odnosno kriterijima:

- Aerobne aktivnosti, jer takve aktivnosti prisiljavaju vježbača da mijenja ritam disanja, što povoljno utječe na smanjenje neugodnih osjećaja;
- Nekompetitivne aktivnosti, jer kompetitivne aktivnosti često proizvode stres umjesto da ga smanje. Nekompetitivno organizirana tjelovježba osigurava mogućnost natjecanja sa samim sobom, smanjuje mogućnost neuspjeha i povećava osjećaje samopouzdanja, kompetentnosti i kontrole;
- Zatvorene aktivnosti, što znači vremenski i prostorno predvidljivu tjelesnu aktivnost, za razliku od otvorenih aktivnosti u kojima je potrebno reagirati na promjenjive uvjete okoline. Zatvorene aktivnosti sudionicima omogućuju da se, slijedeći vlastitu brzinu i jednostavni motorički program (trčanje, plivanje i sl.), isključe iz okoline i posvete razmišljanju. Takva posvećenost vlastitim mislima blagotvorno utječe na sveukupno psihičko stanje vježbača;
- Repetitivnost i ritmičnost aktivnosti koristi iz istih razloga kao i zatvorenost aktivnosti, jer pomaže introspektivnom mišljenju za vrijeme tjelovježbe, pa time i mogućnosti pozitivnih psihičkih promjena.

Uvjeti odvijanja tjelovježbe također su vrlo značajna za postizanje pozitivnih psihičkih promjena. To su:

- Frekvencija vježbanja, odnosno uključenost u tjedni program, čime se osigurava kumulaciju kratkoročnih promjena raspoloženja (najmanje 3 puta tjedno);
- Intenzitet vježbanja. Većina autora preporučuje umjereni (neki čak i visoki) intenzitet tjelovježbe, jer se u uvjetima niskog intenziteta tjelovježbe ne javljaju korisni psihički učinci;

- Trajanje vježbanja, tj. trajanje jedne aktivnosti bavljenja nekom tjelesnom aktivnošću. Smatra se da je za postizanje barem minimalnih psihičkih promjena potrebno najmanje 20 – 30 minuta, no znatno se bolji učinci postižu ukoliko jedna aktivnost traje puni sat, tj. 60 minuta.

#### ZAKLJUČAK

Kao što je vidljivo iz ovog rada postoje brojna istraživanja koja se bave lučenjem endorfina za vrijeme aktivnosti na ljudskoj populaciji. Nijedno od njih za sada ne pokazuje čvrste dokaze povećanog lučenja endorfina za vrijeme intenzivne aktivnosti, iako mnoga pokazuju takav trend što je samo po sebi dovoljno da istraživači ustrajno i dalje ispituju sve značajke takvog odnosa. Nažalost, eksperimentalna nedosljednost čini gotovo nemogućim postavljanje jasne veze između vježbanja i

povećanog lučenja endorfina u krvnoj plazmi.

Još je jedan faktor koji može uzrokovati takve razlike u mjerenjima razine endorfina, a to je tehnika korištena za mjerenje razine hormona u krvnoj plazmi. RIA – znanstvena metoda mjerenja razine hormona je opće prihvaćena metoda mjerenja. U proučavanju različitih studija zabilježena je razlika u testnim metodama koja je mogla utjecati na različitost dobivenih vrijednosti. Nemogućnost pronalaženja postojane veze između pojačanog lučenja endorfina i vježbanja moguće ukazuje kako mjerenje razine u krvnoj plazmi nije najbolji način mjerenja razine endorfina. Zbog toga metode mjerenja krvne plazme nisu dostatne za određivanje količine endorfina lučenih iz hipofize. Nadamo se da će u budućnosti nove tehnologije omogućiti znanstvenicima da dobiju bolji uvid u lučenje endorfina za vrijeme aktivnosti i njegov utjecaj na raspoloženje i psihičko zdravlje.

## Literatura

1. Anshel MH. A field test examining the activity-set hypothesis for warm-up decrement. *Aust J Sci Med Sport* 1991; 23(2):47-52.
2. Artal M, Sherman C. Exercise against depression. *Physician Sportsmed* 1996;26(10):1-8.
3. Berger BG. *Coping With Stress: The Effectiveness of Exercise and Other Techniques*. Laramie, WY: Quest, 1994.
4. Brown BS, Van Huss W. Exercise and rat brain catecholamines. *J Appl Physiol*. 1973;34(5):664-9.
5. Chaouloff F. Physical exercise and brain monoamines: a review. *Acta Physiol Scand* 1989;137(1):1-13.
6. Chapman CL, De Castro JM. Running addiction: measurement and associated psychological characteristics. *J Sports Med Phys Fitness* 1990;30(3):283-90.
7. Conboy JK. The effects of exercise withdrawal on mood states in runners. *J Sport Behav* 1994;17: 188-302
8. Cox RH. *Psihologija sporta*. Jastrebarsko: Naklada slap, 2005.
9. De Vries H, Wiswell RA, Bulbulion R, Moritani T: Tranquilizer effects of exercise. *Am J Phys Med* 1981;60:57.
10. Dishman RK. Medical psychology in exercise and sport. *Med Clin North Am* 1985;69(1):123-43.
11. DSM-IV-TR: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. American Psychiatric Association Fourth Edition, Text Revision, 2000.
12. Emery CF, Blumenthal JA. Perceived change among participants in an exercise. 1998;43:1026-30.
13. Farrell PA, Gustafson AB, Garthwaite TL, Kalkhoff RK, Cowley AW Jr, Morgan WP. Influence of endogenous opioids on the response of selected hormones to exercise in humans. *J Appl Physiol* 1986;61(3):1051-7.
14. Farrell PA. Exercise and endorphins-male responses. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17(1):89-93.
15. Fawcett J, Mass JI, Dekirmenjiar H. Depression and MHPG excretion. *Archiv Gen Psych* 1972;26:246-51.
16. Fry RW, Grove JR, Morton AR, Zeroni PM, Gaudieri S, Keast D. Psychological and immunological correlates of acute overtraining. *Br J Sports Med* 1994;28(4):241-6.
17. Goldfarb AH, Hatfield BD, Sforzo GA, Flynn MG. Serum beta-endorphin levels during a graded exercise test to exhaustion. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19(2):78-82.
18. Goldfarb AH, Jamurtas AZ, Kamimori GH, Hegde S, Otterstetter R, Brown DA. Gender effect on beta-endorphin response to exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(12):1672-6.
19. Gross J. Hardiness and mood disturbance in swimmers while overtraining. *J Sport Exerc Psychol* 1994; 16: 135-49.
20. Guyton AC. *Medicinska fiziologija*. Zagreb: Medicinska naklada, 2003.
21. Harbach H, Hell K, Gramsch C, Katz N, Hempelmann G, Teschemacher H. Beta-endorphin (1-31) in the plasma of male volunteers undergoing physical exercise. *Psychoneuroendocrinology* 2000;25(6):551-62.
22. Harber VJ, Sutton JR. Endorphins and exercise. *Sports Med* 1984;1(2):154-71.
23. Hausenblas HA, Downs DS. Exercise dependence: a systematic review. *Psychol Sport Exerc* 2002;3:89-123.
24. Hollander D, Meyers M, LeUnes A. Psychological factors associated with overtraining: implications for youth sport coaches. *J Sport Behav* 1995;118: 3-17.
25. Jin P. Changes in heart rate, noradrenaline, cortisol and mood during Tai Chi. *J Phychosom Res* 1989;33(2):197-206.
26. Kirby RJ. Ultraendurance running: A case study. *International Journal of Sport Psychology* 1996; 27:109-16.
27. Kraemer RR, Dzewaltowski DA, Blair MS, Rinehardt KF, Castracane VD. Mood alteration from treadmill running and its relationship to beta-endorphin, corticotropin, and growth hormone. *J Sports Med Phys Fitness* 1990;30(3):241-6.
28. Kuipers H. How much is too much? Performance aspects of overtraining. *Res Q Exerc Sport* 1996;67(3 Suppl):S65-9.
29. Lenenberger A. Endorphins, exercise and addictions: a review of exercise dependence. *Impulse: Undergrad J Neurosci* 2006;3(4):1-9.
30. Martinsen EW, Medhus A, Sandvik L. Effects of aerobic exercise on depression: a controlled study. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1985;13:291(6488).
31. McCann IL, Holmes DS. The influence of aerobic exercise on depression. *J Personal Soc Psychol*, 1984;46, 1142-7.
32. McKim WA. *Drugs and behavior: an introduction to behavioral pharmacology* (5th ed.). New Jersey: Prentice Hall, 2003.
33. Mišigoj – Duraković M. *Tjelesno vježbanje i zdravlje*. Zagreb: Grafos, 1999.
34. Morgan WP. Affective beneficence of vigorous physical activity. *Medicine and Science in Sport Exercise* 1985;17(1):94-100.
35. North TC, McCullagh P, Tran ZV. Effect of exercise on depression. *Exerc Sport Sci Rev* 1990;18:379-415.
36. O'Brien CP (2004) The mosaic of addiction. *Am J Psychol* 161:1741-1742.
37. Oswald LM, Wand GS. Opioids and alcoholism. *Physiol Behav* 2004;81:339-58.
38. Petruzzello SJ, Landers DM, Hatfield BD, Kubitz KA, Salazar W. A meta-analysis on the anxiety-reducing effects of acute and chronic exercise. *Outcomes and mechanisms*. *Sports Med* 1991;11(3):143-82.
39. Pierce EF, Eastman NW, Tripathi HL, Olson KG, Dewey WL. Beta-endorphin response to endurance exercise: relationship to exercise dependence. *Percept Mot Skills* 1993;77(3 Pt 1):767-70
40. Puffer JC, McShane JM. Depression and chronic fatigue in athletes. *Clin Sports Med* 1992;11(2):327-38.
41. Roth DL, Holmes DS. Influence of aerobic exercise training and relaxation training on physical and psychologic health following stressful life events. *Psychosom Med* 1987;49(4):355-65.
42. Sexton H, Maere A, Dahl NH. Exercise intensity and reduction in neurotic symptoms. A controlled follow-up study. *Acta Psychiatr Scand* 1989;80(3):231-5.
43. Zalewska-Kaszubska J, Czarnecka E. Deficit in beta-endorphin peptide and tendency to alcohol abuse. *Peptides* 2005;26(4):701-5.