

Visokointenzivni intervalni trening: čaroban trening za zdraviji život

High-intensity Interval Training: Magical Training for Healthier Life

DANIEL BOK

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

SAŽETAK ____ Tjelesno vježbanje važno je sredstvo za unapređenje zdravstvenog statusa ljudi. Budući da je kardiorespiratorni fitness jedna od najvažnijih komponenata zdravstvenog fitnessa, potrebno je pronaći optimalne programe treninga za razvoj te komponente. Radi toga je u posljednje vrijeme iznimno popularan postao visokointenzivni intervalni trening (VIIT). Taj se program treninga sastoji od visokointenzivnih (85 – 95% $VO_{2maks.}$) intervala rada koji se izmjenjuju s niskointenzivnim (40 – 60% $VO_{2maks.}$) ili pasivnim intervalima odmora, a optimalni sadržaji za realizaciju treninga uključuju cikličke oblike kretanja. VIIT se može programirati u obliku kratkog i dugog formata, a oba omogućuju maksimiziranje vremena provedenog u zoni maksimalnog aerobnog napora. Uza statistički značajno unapređenje maksimalnog primitka kisika ($VO_{2maks.}$) ovaj tip treninga utječe i na ostale čimbenike rizika od razvoja kardiovaskularnih bolesti, odnosno klinički značajno smanjuje potkožno masno tkivo, snižava sistolički i dijastolički krvni tlak i razinu glukoze u krvi te pozitivno regulira masnoće u krvi. Učinci treninga mogu se očekivati već nakon nekoliko tjedana vježbanja, a veličina promjena ovisit će o ukupnom volumenu treninga te inicijalnom statusu vježbača. VIIT je siguran program treninga, a brojna istraživanja upućuju na njegovu veću učinkovitost u odnosu prema umjerenointenzivnomu kontinuiranom treningu kod svih populacija. Zbog visokog intenziteta rada za provedbu VIIT-a potrebno je vrlo malo vremena, stoga on postaje vrlo učinkovita trenažna strategija za unapređenje zdravlja budući da je nedostatak vremena najčešće navedena barijera tjelesnom vježbanju. Naposljetku, za postizanje optimalnih rezultata programiranje i provedba programa treninga moraju biti povjereni stručnoj osobi, kineziologu, koji će znati prilagoditi program treninga pojedincu i uvjetima rada.

KLJUČNE RIJEČI: tjelesno vježbanje, program treninga, kardiorespiratorni fitness, maksimalni primitak kisika, akutna reakcija, učinci treninga

SUMMARY ____ Physical exercise is an important factor for the improvement of general health status. As cardiorespiratory fitness is one of the most important components of health-related physical fitness, it is essential to find optimal training programmes for its development. Recently, high-intensity interval training (HIIT) has become an extremely popular training programme used for that purpose. This training programme consists of high-intensity (85 – 95% VO_{2max}) work intervals which are interspersed with low-intensity (40 – 60% VO_{2max}) or passive recovery intervals with cyclic exercises as optimal training modes. HIIT can involve either short or long interval formats, both of which enable maximization of time spent in maximal aerobic zone. Besides producing significant improvements in maximal oxygen uptake (VO_{2max}), this type of training affects other cardiovascular risk factors and clinically significantly decreases subcutaneous fat, systolic and diastolic blood pressure, and blood glucose levels while positively regulates blood lipids. Training effects can be expected within a few weeks of exercising, with the magnitude of changes depending on the total training volume and the subject's initial health status. HIIT is a safe training programme that numerous studies have proven to be effectually superior to moderate-intensity continuous training in all populations. HIIT is performed with high intensity and thus requires short session time, which makes it a very time-efficient training strategy for health improvement as lack of time remains one of the most commonly cited barriers to regular physical exercise participation. Finally, for optimal results, training programme has to be created and implemented by an expert, a kinesiologist who will be able to adapt the training programme to the individual and the working conditions.

KEY WORDS: physical exercise, training programme, cardiorespiratory fitness, maximal oxygen uptake, acute reaction, training effects

→ Uvod

Poznato je da tjelesna aktivnost i programirano tjelesno vježbanje znatno utječu na zdravlje ljudi (1). Različitim programima treninga može se pozitivno utjecati na unapređenje rada različitih organskih sustava te se stoga trenažni podražaji rabe radi prevencije razvoja brojnih kroničnih nezaraznih bolesti, kao i unapređenja ukupnoga zdravstvenog statusa (2). Budući da je kardiorespiratorni fitness snažan

prediktor smrtnosti i nastanka brojnih kardiovaskularnih bolesti (3), posebna je pozornost usmjerena na unapređenje upravo te komponente zdravstvenog fitnessa (4). Radi toga je u posljednje vrijeme iznimno popularan postao visokointenzivni intervalni trening (VIIT) ili, kako ga i kod nas često nazivaju, HIIT (engl. *High-intensity interval training*). Brojna istraživanja pokazuju da je VIIT učinkovitiji za unapređenje maksimalnog primitka kisika ($VO_{2maks.}$), kao ukupne mjere

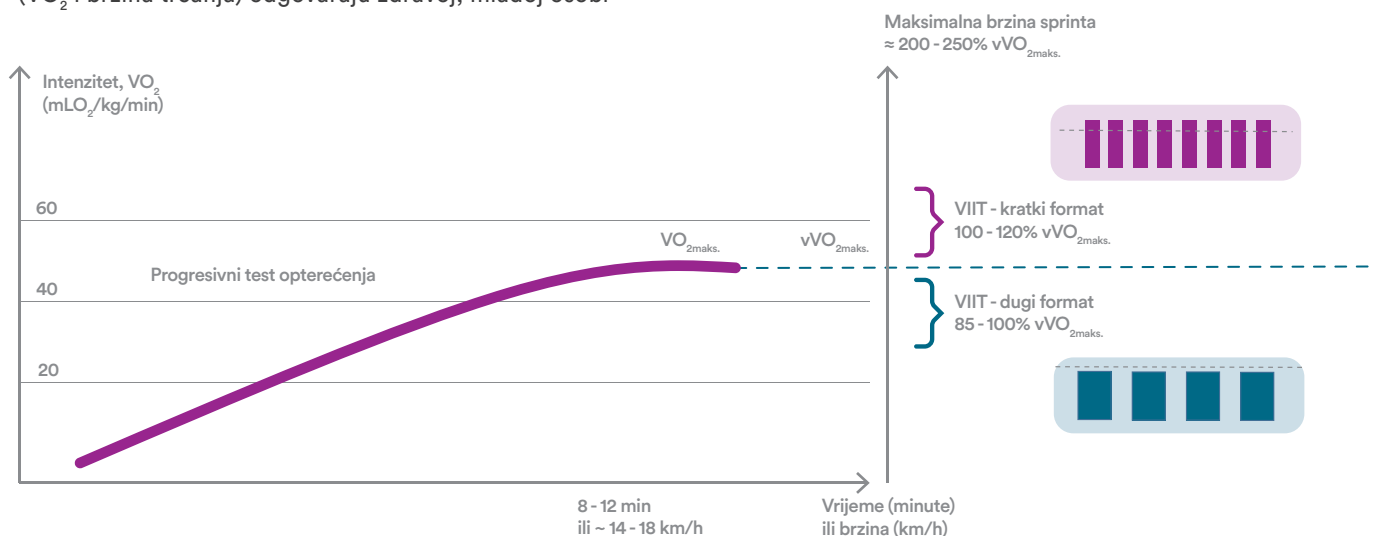
kardiorespiratornog fitnesa ili aerobnoga funkcionalnog kapaciteta čovjeka, ali i brojnih drugih kardiometaboličkih rizičnih faktora u odnosu prema umjerenointenzivnom kontinuiranom treningu (UIKT) koji se pretežito preporučuje za razvoj zdravstvenog fitnesa (4). Naime, trenutačne preporuke za unapređenje kardiorespiratornog fitnesa uključuju ukupno 150 minuta na tjedan aktivnosti umjerenog intenziteta ($40 - 60\% \text{VO}_{2\text{maks.}}$) ili 75 minuta na tjedan žustre aktivnosti ($60 - 85\% \text{VO}_{2\text{maks.}}$) koje se provode u kontinuiranom režimu rada (4). S druge strane, VIIT se sastoji od intervala rada koji se provode visokim intenzitetom ($85 - 95\% \text{VO}_{2\text{maks.}}$) te se izmjenjuju s niskointenzivnim ($40 - 60\% \text{VO}_{2\text{maks.}}$) ili pasivnim intervalima odmora (5). Osim veće učinkovitosti u unapređenju $\text{VO}_{2\text{maks.}}$ i drugih kardiometaboličkih faktora rizika, VIIT izaziva manji subjektivni osjećaj napora (6), veću razinu ugođe (7) te može rezultirati većim pridržavanjem zadanog plana treninga, odnosno realizacijom većeg broja treninga (8) u odnosu prema UIKT-u. Zbog većeg intenziteta VIIT iziskuje i manje ukupnog vremena treninga u odnosu prema UIKT-u. Stoga on postaje vrlo učinkovita trenažna strategija za unapređenje zdravlja budući da je jedna od najčešće istaknutih zapreka tjelesnom vježbanju upravo nedostatak vremena (9).

Trenažni oblici VIIT-a

Iako je ovaj program treninga u posljednjem desetljeću postao iznimno popularan u fitness-industriji, i dalje u znanstvenoj i stručnoj literaturi postoje velike razlike u definiranju formata VIIT-a ponajviše zbog nejasne terminologije intenziteta treninga (10, 11). Tako se u literaturi može naći da je VIIT napredna forma intervalnih treninga koja uključuje kratkotrajne, visokointenzivne, anaerobne podražaje rada (u rasponu intenziteta od 85 do čak $250\% \text{VO}_{2\text{maks.}}$ i trajanja od 6 sekunda do 4 minute) odvojene kratkotrajnim, nisko-intenzivnim, aerobnim podražajima (u rasponu intenziteta od 20 do $40\% \text{VO}_{2\text{maks.}}$ i trajanja od 10 sekunda do 5 minuta) oporavka (12). Vrlo se često VIIT upravo takvim i percipira i provodi u praksi pa su vježbači izvrnuti vrlo širokom rasponu podražaja: od submaksimalnih i maksimalnih aerobnih podražaja u trajanju od nekoliko minuta pa do maksimalnih anaerobnih podražaja koji traju tek nekoliko sekunda (11). Zbog velikog raspona intenziteta i trajanja intervala rada i odmora akutne reakcije na tako raznolike podražaje, a posljedično i adaptacije organskih sustava, mogu biti bitno drugačije (5, 13). Budući da je za razvoj kardiorespiratornog fitnesa, odnosno povećanje $\text{VO}_{2\text{maks.}}$ presudno da organski sustavi odgovorni za transport i iskorištavanje kisika (tj. dišni, kardiovaskularni i mišićni u aerobnom režimu rada) djeluju na razini svojega maksimuma ili vrlo blizu njega (što je intenzitet $\geq 90\% \text{VO}_{2\text{maks.}}$), trenažni protokoli koji omogućuju postizanje takvoga fiziološkog stresa najučinkovitiji su trenažni podražaji za razvoj $\text{VO}_{2\text{maks.}}$. Uz potrebnu visoku razinu intenziteta

za unapređenje $\text{VO}_{2\text{maks.}}$ presudno je zapravo maksimiziranje vremena provedenog pod takvim stresom ($t@\text{VO}_{2\text{maks.}}$) koje se može postići samo primjenom točno određenih zona intenziteta i trajanja podražaja pa se termin VIIT odnosi upravo na te formate treninga (14). Maksimiziranje vremena u zoni $\geq 90\% \text{VO}_{2\text{maks.}}$ postiže se kroz dva osnovna formata VIIT-a: VIIT-dugi i VIIT-kratki format. VIIT dugog formata sastoji se od intervala rada i odmora u rasponu od 1 do 6 minuta pri čemu je omjer rada i odmora često 2 : 1, dok se VIIT kratkog formata sastoji od intervala rada i odmora kraćih od 1 minute s najčešćim omjerom rada i odmora 1 : 1. Njihovo oblikovanje provodi se preciznom modifikacijom devet akutnih varijabla treninga s glavnim ciljem maksimiziranja kardiorespiratornog napora (praćenog frekvencijom srca (FS) $\geq 90\% \text{FS}_{\text{maks.}}$) uz minimalni metabolički stres (izražen koncentracijom laktata u krvi kao indikatora anaerobnog rada) te što manji subjektivni osjećaj opterećenja (izražen ocjenom na skali subjektivne procjene opterećenja od 1 do 10 ili od 6 do 20 (15)) (5). Za precizno programiranje VIIT-a i izazivanje idealne akutne reakcije potrebno je ponajprije poznavati intenzitet kretanja pri kojem vježbač dostiže svoj maksimalni kardiorespiratorni napor, odnosno svoj $\text{VO}_{2\text{maks.}}$. Intenzitet, odnosno brzina kretanja pri kojem osoba dostiže svoj $\text{VO}_{2\text{maks.}}$ ($v\text{VO}_{2\text{maks.}}$) može se utvrditi u laboratorijskim ili terenskim uvjetima primjenom progresivnog testa opterećenja (PTO). PTO se može provesti različitim modalitetima kretanja (trčanje na pokretnoj stazi, bicikl, veslački ili plivački ergometar), a sastoji se od kontinuiranog povećanja opterećenja do trenutka otkaza pri čemu se prati fiziološki odgovor na različite stupnjeve opterećenja (16). Iako se za definiranje relativnog intenziteta treninga najčešće rabe $\% \text{FS}_{\text{maks.}}$, $\% \text{VO}_{2\text{maks.}}$, $\% \text{rezerve srčane frekvencije}$ ($\% \text{FS}_{\text{maks.}} \text{R}$), $\% \text{rezerve } \text{VO}_{2\text{maks.}}$ ($\% \text{VO}_{2\text{maks.}} \text{R}$) i subjektivna procjena opterećenja (SPO) izražena na Borgovoj skali od 6 do 20 (1, 17), za programiranje i kontrolu VIIT-a njihova primjena može biti ograničena (5, 18). Naime, poznato je da porast frekvencije srca i VO_2 kasne za naglim porastom intenziteta treninga (19), a to znatno ograničava mogućnost praćenja i kontrole trenažnog opterećenja, posebno kod VIIT-a kratkog formata pri kojem su intervali kraći od jedne minute pa frekvencija srca dosegne vrijednosti $\geq 90\% \text{FS}_{\text{maks.}}$ tek nakon nekoliko intervala. Upravo zbog navedenih ograničenja klasičnih varijabla relativnog intenziteta treninga programiranje VIIT-a provodi se s pomoću $v\text{VO}_{2\text{maks.}}$ kao mjere intenziteta (20). Za izazivanje optimalne fiziološke reakcije za razvoj $\text{VO}_{2\text{maks.}}$, a to je što dulji $t@\text{VO}_{2\text{maks.}}$, VIIT dugog formata provodi se pri intenzitetu od 85 do $100\% v\text{VO}_{2\text{maks.}}$, dok se za VIIT kratkog formata rabi intenzitet od 100 do $120\% v\text{VO}_{2\text{maks.}}$ (5) (slika 1.). Upotreba većih intenziteta pri formatima VIIT-a izazvat će veći metabolički stres, veći subjektivni osjećaj opterećenja i kraće vrijeme provedeno u zoni $\geq 90\% \text{FS}_{\text{maks.}}$, odnosno kraći $t@\text{VO}_{2\text{maks.}}$, što će proizvesti krivu akutnu reakciju i posljedično rezultirati dru-

SLIKA 1. Progresivni test opterećenja (PTO) kao početna točka za programiranje VIIT-a. Prikaz PTO-a i navedene mjere intenziteta (VO_2 i brzina trčanja) odgovaraju zdravoj, mladoj osobi



gačijom adaptacijom. Budući da zdrava djeca i odrasle osobe uglavnom mogu postići mnogo veći intenzitet od $vVO_{2maks.}$ nepoznavanjem tog i ostalih fizioloških parametara koji se dobiju provedbom PTO-a povećava se mogućnost pogreške u treningu, što se u praksi vrlo često i događa.

Akutna reakcija na VIIT

Akutna je reakcija trenutačni odgovor organskih sustava na program treninga koji vježbač provodi. Da bismo postigli željenu adaptaciju organskih sustava, potrebno je tijelo vježbača izlagati točno određenim akutnim reakcijama. Kronične adaptacije koje se događaju nakon određenog perioda vježbanja mogu se pratiti promjenama različitih kondicijskih sposobnosti ili komponenata fitnesa. Precizne akutne reakcije mogu se postići primjenom precizno programiranih programa treninga određenim intenzitetom i trajanjem tjelesne aktivnosti, stoga je za kvalitetno upravljanje procesom tjelesnog vježbanja iznimno važno poznavati akutnu reakciju na programe treninga koje primjenjujemo (21). Akutne reakcije organskih sustava mogu se za vrijeme treninga pratiti s pomoću brojnih varijabla fiziološkog opterećenja (22). Najčešće rabljeni fiziološki parametri uključuju frekvenciju srca, koncentraciju laktata u krvi te subjektivnu procjenu opterećenja (23). Budući da je VIIT dominantno usmjeren na povećanje kardiorespiratornog fitnesa, frekvencija srca glavni je parametar praćenja akutne reakcije tijekom treninga. Osnovni je cilj VIIT-a maksimizirati vrijeme provedeno u zoni $\geq 90\% VO_{2maks.}$, odnosno maksimizirati vrijeme provedeno u zoni $\geq 90\% FS_{maks.}$, a pritom izazvati što manji metabolički stres (mjeren koncentracijom laktata u krvi), kao i što manji subjektivni osjećaj opterećenja (5). Budući da je intenzitet VIIT-a definiran brzinom pri kojoj osoba dostiže svoj maksimalni kardiovaskularni napor ($vVO_{2maks.}$), formati VIIT-a omogućuju optimalni odnos vremena provedenog u zoni $\geq 90\% FS_{maks.}$ i ukupnog trajanja treninga. Tako postotak

vremena provedenoga $\geq 90\% FS_{maks.}$ općenito kod oba formata VIIT-a iznosi između 30 i 50% od ukupnog trajanja treninga (14) uz izazivanje relativno niske razine koncentracije laktata od 5 do 8 mmol/L za VIIT dugog formata i nešto više za VIIT kratkog formata (24). Subjektivna procjena opterećenja također ovisi o ukupnom trajanju treninga, odnosno realiziranim intervalima, ali se uglavnom nalazi u prostoru od teškoga do vrlo teškoga (25). Samo VIIT može proizvesti takav fiziološki stres, odnosno tako velik omjer $t@VO_{2maks.}$ i ukupnog trajanja treninga uz relativno malen metabolički stres pa je zbog toga toliko popularan i učinkovit. S druge strane, zbog iznimne važnosti provedbe primjerenih dijagnostičkih postupaka kao predujveta za precizno određivanje intenziteta rada te velike kompleksnosti programiranja samog treninga s velikim brojem varijabla koje je potrebno precizno modificirati da bi se postigla idealna akutna reakcija VIIT je iznimno velik izazov za svakog trenera.

VIIT i kardiorespiratorni fitnes

Kardiorespiratorni fitnes, odnosno $VO_{2maks.}$, važan je kondicijski faktor presudan za uspjeh u brojnim sportovima (26), ali i snažan nezavisni prediktor kardiovaskularnog mortaliteta te mortaliteta uzrokovanog drugim bolestima (27). Veći $VO_{2maks.}$ također može sniziti rizik od smrtnosti uzrokovane nekim drugim rizičnim faktorom kao što je pretilost (28). Zbog toga je unapređenje kardiorespiratornog fitnesa važno za sve populacije ljudi, od visokotreniranih sportaša iz sportova izdržljivosti (29) pa do osoba s koronarnom bolesti srca ili zatajenjem srca podvrgnutih programu srčane rehabilitacije (30). Brojne metaanalize pokazuju da je VIIT vrlo snažan trenažni program koji u relativno kratko vrijeme od svega nekoliko tjedana može izazvati statistički značajno povećanje $VO_{2maks.}$ u rasponu od 2,6 do 7,3 mL/kg/min, odnosno od 2,7 do čak 29,9% (tablica 1.).

TABLICA 1. Pregled rezultata istraživanja o utjecaju VIIT-a na promjene u $VO_{2maks.}$

Parametar	Studija	Populacija	Trajanje VIIT-a	Rezultati (apsolutne vrijednosti)	Rezultati (relativne vrijednosti, %)
$VO_{2maks.}$	Weston i sur. (32)	Odrasle osobe s kardiometaboličkim kroničnim bolestima	4 – 16 tjedana	↑ 5,4 mL/kg/min	↑ 19,4%
	Batacan i sur. (12)	≈ 18 – 35 godina, osobe normalne težine (NT), prekomjerno teške/pretile osobe (PT)	< 12 tjedana ≥ 12 tjedana	*↑ 3,8 mL/kg/min (NT) *↑ 4,43 mL/kg/min (PT) *↑ 6,04 mL/kg/min (PT)	≈ *↑ 9,6% ≈ *↑ 9,9% ≈ *↑ 18,1%
	Milanović i sur. (41)	18 – 45 godina, zdrave osobe	≥ 2 tjedna	↑ 5,5 mL/kg/min	↑ 4,3 – 26,4% (raspon)
	Weston i sur. (34)	> 18 godina, sedentarni muškarci (SM), sedentarne žene (SŽ), aktivni muškarci (AM), aktivne žene (AŽ), muški sportaši (S)	≥ 2 tjedna		↑ 10 ± 5,1% (SM) ↑ 7,3 ± 4,8% (SŽ) ↑ 6,2 ± 3,1% (AM) ↑ 3,6 ± 4,3% (AŽ) ↑ 2,7 ± 4,6% (S)
	Bacon i sur. (64)	18 – 42 godine, zdrave osobe, od sedentarnih osoba do rekreativaca	6 – 13 tjedana	↑ 0,51 L/min (≈↑ 7,3 mL/kg/min) za osobu od 70 kg	
	Costigan i sur. (36)	13 – 18 godina, zdrave i aktivne osobe te prekomjerno teške i pretile osobe	4 tjedna – 8 mjeseci	*↑ 2,6 mL/kg/min	
	Logan i sur. (35)	8 – 18 godina, zdrave osobe i prekomjerno teške i pretile osobe	2 – 12 tjedana	↑ 3,1 mL/kg/min	↑ 8,2%
	Hannan i sur. (42)	52 – 76 godina, osobe s koronarnom arterijskom bolesti	< 6 tjedana 7 – 12 tjedana > 12 tjedana	↑ 4,07 mL/kg/min ↑ 5,47 mL/kg/min ↑ 4,48 mL/kg/min	
	Ramos i sur. (39)	46 – 76 godina, odrasle osobe s hipertenzijom, metaboličkim sindromom, zatajenjem srca, dijabetesom tipa II, pretile osobe, $VO_{2maks.} \approx 26,1$ mL/kg/min	12 – 16 tjedana		↑ 14 – 46%
	Costa i sur. (40)	57,8 ± 8,6 godina, osobe s prehipertenzijom i hipertenzijom (i drugim rizičnim faktorima), pod terapijom lijekovima	4 – 16 tjedana	↑ 4,3 mL/kg/min	
	Cornish i sur. (31)	31 – 69 godina, osobe s koronarnom arterijskom bolesti	10 – 52 tjedna	↑ 7,18 mL/kg/min	↑ 29,9%
	Pattyn i sur. (38)	60,7 ± 10,7 godina, osobe s koronarnom arterijskom bolesti ili kroničnim zatajenjem srca	4 – 24 tjedna	↑ 3,49 mL/kg/min	
	Kessler i sur. (33)	Dominantno zdrave osobe, ali i osobe s metaboličkim sindromom, koronarnom arterijskom bolesti, dijabetesom	2 – 26 tjedana Mod 12 tjedana		↑ 18,9%

Legenda: $VO_{2maks.}$ – maksimalni primitak kisika, * – statistički značajno na razini $p \leq 0,05$ ili 0,001

Veličina napretka u $VO_{2maks.}$ ovisi o populaciji na kojoj se trening primjenjuje odnosno o početnoj razini fitnesa pa su tako najveći napredci zabilježeni kod osoba s različitim kardiovaskularnim i metaboličkim kroničnim bolestima (31 – 33), dok su manji napredci zabilježeni kod sportaša (34) te djece i adolescenata (35, 36). Utjecaj inicijalnog stanja kardiorespiratornog fitnesa najjasnije se vidi u rezultatima metaanalize koja je analizirala učinke VIIT-a na sedentarne i aktivne ljude te na sportaše, pri čemu je najveći napredak zabilježen kod sedentarnih osoba, a najmanji kod sportaša (34). Budući da je većina istraživanja provedena u periodu od 4 do 12 tjedana, logično je da inicijalni kardiorespiratorni status vježbača uvelike određuje veličinu promjena. Naime, poznato je da kontinuirano poboljšanje sposobnosti nalaže sve veći volumen treninga kako se ta sposobnost približava svojim višim, odnosno krajnjim vrijednostima (37) pa bi za veće promjene kod vrhunskih sportaša bili potrebni dugotrajniji periodi treninga. To je jasno vidljivo iz rezultata metaanalize koja upućuje na znatno veći napredak u $VO_{2maks.}$ kod prekomjerno teških i pretilih osoba nakon programa treninga koji su trajali više od 12 tjedana (6,04 mL/kg/min ili 18,1%) u odnosu prema programima koji su trajali kraće (4,43 mL/kg/min ili 9,9%) (12). Važno je naglasiti da metaanalize i sustavni pregledni radovi upućuju na veći napredak $VO_{2maks.}$ nakon VIIT-a u odnosu prema UIKT-u kod svih analiziranih populacija (31, 32, 38 – 42). Budući da su trenutne preporuke za unapređenje kardiorespiratornog fitnesa vodećih svjetskih udruga sportske medicine pretežno usmjerene prema kontinuiranom treningu umjerenog ($\approx 40 - 60\% VO_{2maks.}$) i žustrog intenziteta ($\approx 60 - 85\% VO_{2maks.}$) (1), rezultati istraživanja provedenih posljednjih godina, a koji upućuju na nadmoćnost VIIT-a u odnosu prema UIKT-u, upućuju na potrebu revidiranja postojećih preporuka i uključivanje VIIT-a u neke buduće preporuke (32). Posebno je to važno s obzirom na činjenicu da povećanje kardiorespiratornog fitnesa od 1 MET ($\approx 3,5$ mL/kg/min) snižava rizik od smrtnosti i koronarne bolesti srca ili kardiovaskularne bolesti za 13, odnosno 15% kod zdravih muškaraca i žena (43). Budući da metaanalize pokazuju da VIIT izaziva veći porast $VO_{2maks.}$ za čak 3,03 mL/kg/min u odnosu prema UIKT-u tijekom vježbanja od 4 do 16 tjedana (32), jasno je koliko je VIIT potentniji trenažni program za unapređenje zdravlja. Ipak, glavna je zamjerka VIIT-u rizik od kardiovaskularnih incidenata koji se može akutno i prolazno povisiti za vrijeme treninga pri aktivnostima žustrog ili visokog intenziteta kod podložnih ljudi (44). Međutim, istraživanja zasad pokazuju da je rizik od kardiovaskularnog incidenta podjednako nizak kod VIIT-a i UIKT-a. Tijekom studije provedene u tri norveška rehabilitacijska centra na 4846 ispitanika s koronarnom bolesti srca zabilježeni su jedan smrtni kardiovaskularni incident tijekom UIKT-a te dva kardiovaskularna incidenta bez smrtnih posljedica tijekom VIIT-a (45). Zbog smanjenog broja trenažnih sati VIIT-a u odnosu prema UI-

KT-u stopa komplikacija u odnosu prema broju pacijenata/sati vježbanja iznosila je 1 na 129.456 sati za umjerenointenzivno vježbanje, odnosno 1 na 23.182 sata za visokointenzivno vježbanje. Iako studija, zbog metodološke kompleksnosti realizacije, nije imala idealnu statističku snagu zaključivanja i randomizaciju ispitanika (46), s obzirom na znatne kardiovaskularne adaptacije koje omogućuje VIIT, autori zaključuju da bi ovaj tip treninga trebao biti uključen u rehabilitacijske programe (45) uz pozornost posvećenu svakom pojedinom slučaju (32). Također, suprotno predrasudama, VIIT izaziva višu razinu zadovoljstva usprkos većem fiziološkom naporu (47), što utječe i na veću adhezenciju programima vježbanja (8). Zaključno, VIIT, uz fiziološke, ima i brojne druge pozitivne karakteristike koje ga svrstavaju u najučinkovitije programe treninga za unapređenje kardiorespiratornog fitnesa.

VIIT i potkožno masno tkivo

Istraživanja pokazuju da VIIT statistički značajno utječe na smanjenje potkožnoga masnog tkiva i ukupne mase masnog tkiva kod odraslih osoba (48), ali i kod djece (36) (tablica 2.). Nešto veća učinkovitost VIIT-a zabilježena je kod prekomjerno teških i pretilih osoba u odnosu prema osobama normalne težine (12). Trajanje treninga znatno utječe na učinkovitost programa treninga i kod odraslih i kod djece pa su tako programi treninga koji su trajali dulje od 12 tjedana izazvali statističku značajnost promjena u opsegu struka i postotku potkožnoga masnog tkiva kod odraslih prekomjerno teških i pretilih ljudi u odnosu prema intervencijama koje su trajale kraće (12), dok su kod djece zabilježene statistički značajno veće promjene u postotku potkožnoga masnog tkiva već kod programa što su trajali dulje od 8 tjedana u odnosu prema onima koji su trajali kraće (36). Iako smanjenje potkožnoga masnog tkiva ovisi o ukupnoj energijskoj potrošnji tijekom treninga, kao i o intenzitetu vježbanja koji će maksimizirati potrošnju masti, a obje su komponente optimizirane kod UIKT-a (49), istraživanja pokazuju da VIIT može ponuditi jednake (50), pa čak i veće učinke (48) u odnosu prema UIKT-u. S obzirom na znatno kraće vrijeme pojedinačnog VIIT-a u odnosu prema UIKT-u, čini se da je VIIT vremenski ekonomičniji tip treninga pa može biti učinkovitija strategija u promociji tjelesne aktivnosti budući da je najčešća zapreka tjelesnom vježbanju upravo nedostatak vremena. Naime, izračunavanjem učinkovitosti po minuti treninga VIIT sa smanjenjem postotka potkožnoga masnog tkiva od 0,005% na minutu treninga znatno nadmašuje UIKT koji bilježi smanjenje od 0,0026% na minutu treninga (48). Također, posebno je važno naglasiti utjecaj VIIT-a na statistički značajno smanjenje postotka potkožnoga masnog tkiva i sniženje indeksa tjelesne mase kod djece i adolescenata (36) budući da se posljednjih godina bilježi porast prekomjerno teške i pretilice djece u Hrvatskoj (51). Istraživanja pokazuju da intervencije VIIT-om izazivaju znatnije sniženje indeksa tjelesne mase ($-0,6$ kg/m²)

TABLICA 2. Pregled rezultata istraživanja o utjecaju VIIT-a na promjene u sastavu tijela.

Parametar	Studija	Populacija	Trajanje VIIT-a	Rezultati (apsolutne vrijednosti)	Rezultati (relativne vrijednosti, %)
Sastav tijela i potkožno masno tkivo	Viana i sur. (48)	Prosjeak od 10,4 do 70,1 godina, od sedentarnih osoba do vrhunskih sportaša, prosječni ITM od 18,4 do 36,7 kg/m ²	4 – 16 tjedana, mod 12 tjedana	% TM *↓ 1,50% UMM *↓ 1,58 kg	% TM (%) *↓ 4,6% UMM (kg) *↓ 6,0%
	Keating i sur. (50)	Prosjeak od 10,4 do 65 godina, najviše netrenirane odrasle zdrave osobe i prekomjerno teške/pretile osobe. Metabolički sindrom (1), hipertenzija (1), rak debelog crijeva (1)	4 – 16 tjedana, mod 12 tjedana	% TM *↓ 1,26% UMM ↓ 1,38 kg	
	Eddolls i sur. (55)	5 – 18 godina, zdrave osobe	3 – 12 tjedana	% TM ↓ 0,48% ITM ↓ 0,71 (kg/m ²)	
	Ramos i sur. (39)	46 – 76 godina, odrasle osobe s hipertenzijom, metaboličkim sindromom, zatajenjem srca, dijabetesom tipa II, pretile osobe, VO _{2maks.} ≈ 26,1 mL/kg/min	12 tjedana		% TM ↓* 2,4%
	Batacan i sur. (12)	≈ 18 – 35 godina, osobe normalne težine (NT), prekomjerno teške/pretile osobe (PT)	< 12 tjedana	OS ↓ 2,13 cm (PT) % TM ↓ 0,77% (PT) % TM ↓ 0,37% (NT) ITM ↓ 0,13 kg/m ² (NT)	OS / % TM ↓ 2,62% (PT) % TM ↓ 2,02% (NT)
			≥ 12 tjedana	OS *↓ 2,23 cm (PT) % TM *↓ 1,8 % (PT) ITM ↓ 0,48 kg/m ² (PT)	ITM ↓ 0,54% (NT) OS / % TM *↓ 4,9% (PT) ITM ↓ 1,61% (PT)
	Costigan i sur. (36)	13 – 18 godina	4 tjedna – 8 mjeseci	ITM *↓ 0,6 kg/m ² % TM *↓ 1,6% ≥8 tjedana % TM *↓ 2,1% OS ↓ 1,5 cm	
	Logan i sur. (35)	8 – 18 godina, zdrave osobe i prekomjerno teške i pretile osobe	2 – 12 tjedana	ITM ↓ 0,5 kg/m ² % TM ↓ 0,3% OS ↓ 1,8 cm	ITM ↓ 2,0% % TM ↓ 1,1% OS ↓ 1,9%

Legenda: % TM – postotak tjelesne masti, UMM – ukupna masna masa, ITM – indeks tjelesne mase, OS – opseg struka, * – statistički značajno na razini p ≤ 0,05 ili 0,001

(36) od dugotrajnih intervencija tjelesnim aktivnostima provedenim u okviru škole (-0,05 kg/m²) (52). Da je potencijal VIIT-a za smanjenje potkožnog masnog tkiva i klinički značajan, pokazuje podatak da smanjenje opsega struka za 2 cm dovodi do poboljšanja parametara metaboličkog sindroma za 21% (53), a intervencija VIIT-om od samo nekoliko tjedana dovodi do smanjenja opsega struka od 2,23 cm kod odraslih osoba (12), odnosno od 1,5 i 1,8 cm kod djece i adolescenata (35, 36).

VIIT i krvni tlak

Istraživanja pokazuju da provedba VIIT-a u trajanju od 4 do 16 tjedana utječe na sniženje sistoličkog i dijastoličkoga krvnog tlaka odraslih osoba (12, 40, 54) te djece i adolescenata (35, 55) (tablica 3.). Veće sniženje krvnog tlaka zabilježeno je kod odraslih osoba nego u djece (12, 55) te kod prekomjerno teških i pretilih osoba u odnosu prema osobama normalne težine (12). Također, veće sniženje krvnog tlaka može se očekivati nakon

TABLICA 3. Pregled rezultata istraživanja o utjecaju VIIT-a na promjene u krvnom tlaku, razini glukoze u krvi i razini masnoća u krvi

Parametar	Studija	Populacija	Trajanje VIIT-a	Rezultati (apsolutne vrijednosti)	Rezultati (relativne vrijednosti, %)
Krvni tlak	Batacan i sur. (12)	≈ 18 – 35 godina, osobe normalne težine (NT), prekomjerno teške/pretile osobe (PT)	< 12 tjedana	SKT ↓ 2,13 mmHg (NT) DKT ↓ 1,41 mmHg (NT) SKT ↓ 2,1 mmHg (PT) DKT *↓ 4,74 mmHg (PT)	SKT ↓ 1,85% (NT) DKT ↓ 2,15% (NT) SKT ↓ 1,58% (PT) DKT *↓ 5,14% (PT)
			≥ 12 tjedana	SKT *↓ 4,57 mmHg (PT) DKT *↓ 2,94 mmHg (PT)	
	Costa i sur. (40)	57,8 ± 8,6 godina, osobe s prehipertenzijom i hipertenzijom, pod terapijom lijekovima (osobe su mogle imati i druge rizične faktore)	4 – 16 tjedana	SKT ↓ 6,3 mmHg DKT ↓ 3,8 mmHg	
	Eddolls i sur. (55)	5 – 18 godina, zdrave osobe	3 – 12 tjedana	SKT ↓ 1,42 mmHg DKT ↓ 2,82 mmHg	
	Way i sur. (54)	Prosjeck od 21 do 68 godina, većinom zdrave sedentarne osobe normalne težine i prekomjerno teške osobe	4 – 16 tjedana	SKT ↓ 7,4 mmHg DKT ↓ 5,8 mmHg	SKT ↓ 5,5% DKT ↓ 6,7%
	Logan i sur. (35)	8 – 18 godina, zdrave osobe i prekomjerno teške i pretile osobe	2 – 12 tjedana	SKT ↓ 3,2 mmHg DKT ↓ 2,2 mmHg	SKT ↓ 2,7% DKT ↓ 3,0%
Razina glukoze u krvi	Eddolls i sur. (55)	5 – 18 godina, zdrave osobe	3 – 12 tjedana	↓ 0,08 mmol/L	
	Batacan i sur. (12)	≈ 18 – 35 godina, osobe normalne težine (NT), prekomjerno teške/pretile osobe (PT)	< 12 tjedana ≥ 12 tjedana	*↓ 0,29 mmol/L (PT) ↓ 0,29 mmol/L (PT)	*↓ 5,05% (PT) ↓ 4,7% (PT)
	Jelleyman i sur. (59)	21 – 68 godina, trenirane osobe, rekreativci, osobe s metaboličkim sindromom (MeS) i kardiovaskularnim bolestima	2 – 16 tjedana	*↓ 0,13 mmol/L *↓ 0,92 mmol/L (MeS)	
	Logan i sur. (35)	8 – 18 godina, zdrave osobe i prekomjerno teške i pretile osobe	2 – 12 tjedana	↓ 0,18 mmol/L	↓ 3,7%
Razina masnoća u krvi	Batacan i sur. (12)	≥ 18 godina, osobe normalne težine (NT), prekomjerno teške/pretile osobe (PT)	≥ 12 tjedana	TC ↓ 0,12 mmol/L (PT) HDL-C ↑ 0,08 mmol/L (PT) LDL-C ↓ 0,09 mmol/L (PT) TG ↓ 0,08 mmol/L (PT)	↓ 2,48% ↑ 6,5% (p = 0,06) ↓ 3,31% ↓ 5,21%
	Eddolls i sur. (55)	5 – 18 godina, zdrave osobe	3 – 12 tjedana	TC *↓ 0,41 mmol/L HDL-C ↑ 0,08 mmol/L LDL-C *↓ 0,90 mmol/L TG ↓ 0,27 mmol/L	
	Logan i sur. (35)	8 – 18 godina, zdrave osobe i prekomjerno teške i pretile osobe	2 – 12 tjedana	TC ↓ 0,25 mmol/L HDL-C ↑ 0,17 mmol/L LDL-C *↓ 0,36 mmol/L TG ↑ 0,02 mmol/L	↓ 6% ↑ 13,9% ↓ 14,6% ↑ 1,7%

Legenda: SKT – sistolički krvni tlak, DKT – dijastolički krvni tlak, TC – ukupni kolesterol, HDL-C – kolesterol velike gustoće, LDL-C – kolesterol male gustoće, TG – trigliceridi, * – statistički značajno na razini p ≤ 0,05 ili 0,001

provedbe VIIT-a u trajanju duljem od 12 tjedana u odnosu prema kraćim programima treninga (12). Posebno je zanimljivo da je najveći utjecaj na sniženje krvnog tlaka zabilježen kod osoba s prehipertenzijom i hipertenzijom (40), što sugerira da je inicijalno stanje krvnog tlaka važan čimbenik učinkovitosti treninga, odnosno da je VIIT učinkovitiji kod osoba kojima je to najpotrebnije. Statistički značajno sniženje u sistoličkom (4,57 mmHg) i dijastoličkom (2,94 mmHg) krvnom tlaku može se očekivati nakon 12 tjedana vježbanja (12), dok je kod osoba s povišenim krvnim tlakom sniženje sistoličkog (6,3 mmHg) i dijastoličkog (3,8 mmHg) krvnog tlaka čak i veće (40). To sniženje ima značajnu kliničku vrijednost budući da sniženje sistoličkoga krvnog tlaka od 3 odnosno 5 mmHg smanjuje smrtnost izazvanu moždanim udarom za 8 odnosno 14%, smrtnost izazvanu koronarnom bolesti srca za 5 odnosno 9% te smrtnost od svih uzroka za 4 odnosno 7% (56). Također, svako sniženje sistoličkoga krvnog tlaka od 10 mmHg snižava rizik od moždanog udara za 27%, koronarne bolesti srca za 17%, zatajenja srca za 28% te smrtnosti od svih uzroka za 13% (57). Navedeni podaci upućuju stoga na znatan klinički potencijal VIIT-a s obzirom na ukupno zdravlje, čak i ako se primjenjuje u vrlo kratkom periodu od svega nekoliko tjedana.

VIIT i razina glukoze u krvi

Utjecaj VIIT-a na razinu glukoze u krvi malen je, ali statistički i klinički značajan (58). Nakon perioda vježbanja od nekoliko tjedana prosječno sniženje glukoze u krvi kod djece iznosi 0,08 mmol/L (55) iako treba uzeti u obzir malen broj studija na temelju kojih je definiran prosjek. Naime, od ukupno četiri studije, tri su pokazale statistički značajno sniženje razine glukoze u krvi u rasponu od -0,10 do -0,30, dok je tek jedna studija zabilježila povišenje od 0,28 mmol/L koje nije bilo statistički značajno (55). Stoga autori preglednog rada zaključuju da VIIT omogućuje klinički značajno sniženje glukoze u krvi kod djece i adolescenata (55). Utjecaj VIIT-a na razinu glukoze u krvi kod odraslih prekomjerno teških i pretilih osoba nešto je veći (12) i znatno ovisi o inicijalnom stanju, odnosno medicinskom statusu osobe (59). Naime, metaanaliza Batacana i suradnika (12) utvrdila je statistički značajno sniženje razine glukoze u krvi od 0,28 mmol/L kod prekomjerno teških i pretilih osoba, ali ne i kod osoba normalne težine, dok su Jelleman i suradnici (59) utvrdili značajno veće sniženje kod osoba s metaboličkim sindromom (0,92 mmol/L) u odnosu prema osobama bez kardiovaskularnih čimbenika rizika ili s manje njih. Metaregresijom je utvrđeno da bi za očekivano sniženje od 0,1 mmol/L intervencijom VIIT-om od nekoliko tjedana inicijalno stanje razine glukoze u krvi trebalo biti \geq 4,92 mmol/L (59). Očigledno je da potencijal VIIT-a za regulaciju glukoze u krvi raste s porastom tog čimbenika rizika, što je iznimno dobro s gledišta promocije ovoga trenažnog programa kod osoba slabijega metaboličkog zdravlja. Također, utjecaj VIIT-a na regulaciju

glukoze u krvi ovisi i o trajanju programa treninga. Tako su Batacan i suradnici (12) zabilježili jednako prosječno apsolutno sniženje razine glukoze u krvi od 0,28 mmol/L nakon kraćih i duljih intervencija VIIT-om, ali su zbog većega relativnog sniženja (5,05%) kraće intervencije VIIT-om zabilježile statističku značajnost. Paradoksalni nalazi u kojima su kraće intervencije VIIT-om rezultirale većim relativnim sniženjem razine glukoze u krvi objašnjavaju se različitim medicinskim statusom ispitanika u analiziranim studijama (12). U budućnosti je potrebno provesti veći broj studija s nešto duljim trajanjem intervencije da bi se utvrdila stvarna snaga trenutačnih rezultata.

VIIT i masnoće u krvi

Utjecaj VIIT-a na razinu masnoća u krvi općenito je pozitivan, ali zbog relativno malog broja provedenih istraživanja u kojima su praćene ove varijable zasad u literaturi ne postoji puno metaanaliza koje bi omogućile kvalitetniju interpretaciju rezultata i donošenje čvrstih zaključaka, osobito s obzirom na različite populacije ljudi. Programi VIIT-a u trajanju duljem od 12 tjedana snižuju razinu ukupnog kolesterola, LDL-kolesterola i triglicerida te povišuju razinu HDL-kolesterola kod prekomjerno teških i pretilih osoba, ali tek je povećanje HDL-kolesterola od 6,5% doseglo prag statističke značajnosti ($p = 0,06$) (12). Malen broj studija i nekonzistentni podaci onemogućili su, pak, generaliziranje rezultata nakon kraćih intervencija i onih provedenih na osobama normalne tjelesne težine (12). Čini se da su za znatne promjene potrebni dugotrajniji pojedinačni treninzi i ukupni programi tjelesnog vježbanja budući da potrošnja masti više ovisi o trajanju nego o intenzitetu treninga. Naime, poznato je da se najveća oksidacija masti događa pri intenzitetu od oko 64% VO_{2max} . (60), što je zapravo intenzitet koji se može kontinuirano održavati dulje vrijeme. VIIT je upravo suprotan trenažni podražaj koji zbog svojega većeg intenziteta smanjuje relativnu oksidaciju masti, a zbog kratkog trajanja samog treninga ne dopušta povećanu ukupnu energijsku potrošnju. Ipak, valja naglasiti da čak i niskointenzivni kontinuirani trening i UIKT imaju relativno malen utjecaj na regulaciju masnoća u krvi sa smanjenjem ukupnog kolesterola od 2%, LDL-kolesterola od 0,3%, povećanjem HDL-kolesterola od 3% te statistički značajnim smanjenjem triglicerida od 11% (61). S obzirom na to da VIIT može proizvesti slične promjene kod prekomjerno teških i pretilih osoba (12), čini se da ovaj tip treninga može biti prikladan za one populacije koje imaju slabije kardiorespiratorne kapacitete i nepovoljne antropometrijske karakteristike koje im otežavaju dugotrajnije tjelesno vježbanje. Ukupna energijska potrošnja nakon VIIT-a može se nadoknaditi povećanom potrošnjom kisika poslije vježbanja (engl. *Excess post-exercise oxygen consumption* – EPOC) (62). S druge strane, VIIT je izazvao nešto veće promjene u razinama masnoća

u krvi kod djece, pri čemu je u ukupnom kolesterolu i LDL-kolesterolu zabilježeno statistički značajno sniženje (55). Ipak, treba napomenuti da su rezultati temeljeni na malom broju studija, a statistička značajnost promjena u ukupnom kolesterolu i LDL-kolesterolu dobivena je ponajviše na temelju velikih promjena zabilježenih u jednoj studiji (63).

Zaključak

VIIT je učinkovit program treninga za povećanje kardiorespiratornog fitnesa i regulaciju mnogih kardiometaboličkih čimbenika rizika te se stoga može iskoristiti kao sredstvo za znatno unapređenje zdravlja kod osoba različitoga zdravstvenog statusa i razine kondicijske pripremljenosti. Pozitivni učinci mogu se očekivati već nakon nekoliko tjedana vježbanja, a veličina promjena ovisit će o ukupnome volumenu treninga te inicijalnom statusu vježbača. S obzirom na akutnu fiziološku reakciju koju VIIT izaziva, pri čemu je kardiorespiratorni sustav gotovo maksimalno aktiviran (VO_2 i $FS \geq 90\% VO_{2maks}$ i FS_{maks}), a metabolički sustav umjereno (koncentracija laktata u krvi u prosjeku < 10 mmol/L), najveće kronične adaptacije mogu se očekivati na kardiorespiratornim parametrima zdravlja, prije

svega VO_{2maks} , a nešto manje, ali ipak klinički značajne, na metaboličkim parametrima zdravlja, odnosno postotku potkožnoga masnog tkiva, razini glukoze u krvi ili razini masnoća u krvi. Iako većina svjetskih udruga sportske medicine preporučuje primjenu UIKT-a za unapređenje kardiovaskularnog fitnesa i zdravlja općenito, istraživanja upućuju na znatno veću učinkovitost VIIT-a u odnosu prema UIKT-u u svim kondicijskim i zdravstvenim parametrima pa se u budućnosti mogu očekivati modifikacije preporuka za tjelesnu aktivnost i vježbanje. Posebno je važna informacija da je VIIT siguran i vrlo učinkovit program treninga i za osobe s kardiovaskularnim bolestima i vrlo niskom razinom VO_{2maks} . Budući da VIIT iziskuje kraće vrijeme treninga, izaziva veće zadovoljstvo treningom te manji subjektivni napor pri njegovoj realizaciji u odnosu prema UIKT-u, preporučuje se njegova primjena za poboljšanje zdravstvenog statusa, čak i u kliničkim uvjetima. Dakako, programiranje treninga i nadzor samog procesa vježbanja moraju biti u rukama stručne osobe koja će znati oblikovati optimalan program VIIT-a te prepoznati period u kojem se on može prikladno implementirati u okviru cjelokupnog procesa tjelesnog vježbanja ili rehabilitacije.

LITERATURA

- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR i sur. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:1334–59. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318213febf.
- Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine – evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports* 2015;25(3 Suppl):1–72. DOI: 10.1111/sms.12581.
- Blair SN, Kampert JB, Kohl HW i sur. Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA* 1996;276:205–10.
- Riebe D (ur.). ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. 10. izd. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health; 2018.
- Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med* 2013;43:313–38. DOI: 10.1007/s40279-013-0029-x.
- Kilpatrick MW, Greeley SJ, Ferron JM. A comparison of the impacts of continuous and interval cycle exercise on perceived exertion. *Eur J Sport Sci* 2016;16:221–8. DOI: 10.1080/17461391.2015.1017538.
- Kilpatrick MW, Greeley SJ, Collins LH. The impact of continuous and interval cycle exercise on affect and enjoyment. *Res Q Exerc Sport* 2015;86:244–51. DOI: 10.1080/02701367.2015.1015673.
- Jung ME, Bourne JE, Beauchamp MR, Robinson E, Little JP. High-intensity interval training as an efficacious alternative to moderate-intensity continuous training for adults with prediabetes. *J Diabetes Res* 2015;2015:1–9. DOI: 10.1155/2015/191595.
- Gibala MJ. High-intensity interval training: a time-efficient strategy for health promotion. *Curr Sports Med Rep* 2007;6:211–3.
- Norton K, Norton L, Sadgrove D. Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *J Sci Med Sport* 2009;13:496–502. DOI: 10.1016/j.jsams.2009.09.008.
- Viana RB, de Lira CAB, Araújo Naves JP i sur. Can we draw general conclusions from interval training studies? *Sports Med* 2018;48:2001–9. DOI: 10.1007/s40279-018-0925-1.
- Batacan RB, Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med* 2017;51:494–503. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095841.
- Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part 2: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Med* 2013;43:927–54.
- Laursen P, Buchheit M. Science and application of high-intensity interval training: Solutions to the programming puzzle. Champaign, IL: Human Kinetics; 2019.
- Eston R. Use of ratings of perceived exertion in sports. *Int J Sports Physiol Perform* 2012;7:175–82.
- Bentley DJ, Newell J, Bishop D. Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Med* 2007;37:575–86. DOI: 10.2165/00007256-200737070-00002.
- Mezzani A, Hamm LF, Jones AM i sur. Aerobic exercise intensity

- assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation and the Canadian Association of Cardiac Rehabilitation. *Eur J Prev Cardiol* 2012;20:442–67. DOI: 10.1097/HCR.0b013e3182757050.
18. Mann T, Lamberts RP, Lambert MI. Methods of prescribing relative exercise intensity: physiological and practical considerations. *Sports Med* 2013;43:613–25. DOI: 10.1007/s40279-013-0045-x.
 19. Jones AM, Burnley M. Oxygen uptake kinetics: an underappreciated determinant of exercise performance. *Int J Sports Physiol Perform* 2009;4:524–32.
 20. Billat LV, Koralsztein JP. Significance of the velocity at VO_{2max} and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med* 1996;22:90–108. DOI: 10.2165/00007256-199622020-00004.
 21. Bok D. Analiza sadržaja i trenažnih programa u kondicijskoj pripremi sportaša: zašto je akutna reakcija važna? U: Milanović L, Wertheimer V, Jukić I (ur.). Zbornik radova 17. godišnje međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša; 22. i 23. veljače 2019; Zagreb. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske; 2019., str. 53–62.
 22. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A i sur. Monitoring athlete training loads: consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform* 2017;12:S2161–70. DOI: 10.1123/IJSP.2017-0208.
 23. Borresen J, Lambert MI. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Med* 2009;39:779–95. DOI: 10.2165/11317780-000000000-00000.
 24. Buchheit M. Programming high-intensity training in handball. *Aspetar Sports Med J* 2014;3:120–28. Dostupno na: <https://www.aspetar.com/journal/viewarticle.aspx?id=133#.XREsahYzapo>. Datum pristupa: 4. 6. 2019.
 25. Laursen PB. Interval training for endurance. U: Mujika I (ur.). *Endurance training – Science and practice*. Vitoria-Gasteiz: Iñigo Mujika S.L.U.; 2012., str. 43–50.
 26. Joyner MJ, Coyle EF. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol* 2008;586:35–44. DOI: 10.1113/jphysiol.2007.143834.
 27. Lee DC, Artero EG, Sui X, Blair SN. Mortality trends in the general population: the importance of cardiorespiratory fitness. *J Psychopharmacol* 2010;24(4 Suppl):27–35. DOI: 10.1177/1359786810382057.
 28. Barry VW, Baruth M, Beets MW, Durstine JL, Liu J, Blair SN. Fitness vs. fatness on all-cause mortality: a meta-analysis. *Prog Cardiovasc Dis* 2014;56:382–90. DOI: 10.1016/j.pcad.2013.09.002.
 29. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med* 2002;32:53–73. DOI: 10.2165/00007256-200232010-00003.
 30. Guiraud T, Nigam A, Gremaux V, Meyer P, Juneau M, Bosquet L. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports Med* 2012;42:587–605. DOI: 10.2165/11631910-000000000-00000.
 31. Cornish AK, Broadbent S, Cheema BS. Interval training for patients with coronary artery disease: a systematic review. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:579–89. DOI: 10.1007/s00421-010-1682-5.
 32. Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2014;48:1227–34. DOI: 10.1136/bjsports-2013-092576.
 33. Kessler HS, Sisson SB, Short KR. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Med* 2012;42:489–509. DOI: 10.2165/11630910-000000000-00000.
 34. Weston M, Taylor K, Batterham AM, Hopkins WG. Effects of low-volume high-intensity interval training (HIT) on fitness in adults: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Med* 2014;44:1005–17. DOI: 10.1007/s40279-014-0180-z.
 35. Logan GRM, Harris N, Duncan S, Schofield G. A review of adolescent high-intensity interval training. *Sports Med* 2014;44:1071–85. DOI: 10.1007/s40279-014-0187-5.
 36. Costigan SA, Eather N, Plotnikoff RC, Taaffe DR, Lubans DR. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015;49:1253–61. DOI: 10.1136/bjsports-2014-094490.
 37. Foster C, Daines E, Hector L, Snyder AC, Welsh R. Athletic performance in relation to training load. *Wis Med J* 1996;95:370–4.
 38. Pattyn N, Beulque R, Cornelissen V. Aerobic interval vs. continuous training in patients with coronary artery disease or heart failure: an updated systematic review and meta-analysis with a focus on secondary outcomes. *Sports Med* 2018;48:1189–205. DOI: 10.1007/s40279-018-0885-5.
 39. Ramos JS, Dalleck LC, Tjonna AE, Beetham KS, Coombes JS. The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2015;45:679–92. DOI: 10.1007/s40279-015-0321-z.
 40. Costa EC, Hay JL, Kehler DS i sur. Effects of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training On Blood Pressure in Adults with Pre- to Established Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *Sports Med* 2018;48:2127–42. DOI: 10.1007/s40279-018-0944-y.
 41. Milanović Z, Sporiš G, Weston M. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO_{2max} Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Med* 2015;45:1469–81. DOI: 10.1007/s40279-015-0365-0.
 42. Hannan AL, Hing W, Simas V i sur. High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Open Access J Sports Med* 2018;9:1–17. DOI: 10.2147/OAJSM.S150596.
 43. Kodama S, Saito K, Tanaka S i sur. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA* 2009;301:2024–35. DOI: 10.1001/jama.2009.681.
 44. Thompson PD, Franklin BA, Balady GJ i sur. Exercise and acute

- cardiovascular events placing the risks into perspective: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism and the Council on Clinical Cardiology. *Circulation* 2007;115:2358–68. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.181485.
45. Rognmo Ø, Moholdt T, Bakken H i sur. Cardiovascular risk of high-versus moderate-intensity aerobic exercise in coronary heart disease patients. *Circulation* 2012;126:1436–40. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.123117.
 46. Keteyian SJ. Swing and a miss or inside-the-park home run: which fate awaits high-intensity exercise training? *Circulation* 2012;126:1431–3. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.129171.
 47. Thum JS, Parsons G, Whittle T, Astorino TA. High-intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate intensity continuous exercise. *PLoS One* 2017;12:e0166299. DOI: 10.1371/journal.pone.0166299.
 48. Viana RB, Araújo Naves JP, Coswig VS i sur. Is interval training the magic bullet for fat loss? A systematic review and meta-analysis comparing moderate-intensity continuous training with high-intensity interval training (HIIT). *Br J Sports Med* 2019;53:655–64. DOI: 10.1136/bjsports-2018-099928.
 49. Hansen K, Shriver T, Schoeller D. The effects of exercise on the storage and oxidation of dietary fat. *Sports Med* 2005;35:363–73. DOI: 10.2165/00007256-200535050-00001.
 50. Keating SE, Johnson NA, Mielke GI, Coombes JS. A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. *Obes Rev* 2017;18:943–64. DOI: 10.1111/obr.12536.
 51. Rojnić Putarek N. Pretilost u dječjoj dobi. *Medicus* 2018;27:63–9.
 52. Harris KC, Kuramoto LK, Schulzer M, Retallack JE. Effect of school-based physical activity interventions on body mass index in children: a meta-analysis. *CMAJ* 2009;180:719–26. DOI: 10.1503/cmaj.080966.
 53. Hosseinpanah F, Barzin M, Mirmiran P, Azizi F. Effect of changes in waist circumference on metabolic syndrome over a 6.6-year follow-up in Tehran. *Eur J Clin Nutr* 2010;64:879–86. DOI: 10.1038/ejcn.2010.79.
 54. Way K, Sultana RN, Sabag A, Baker MK, Johnson NA. The effect of high Intensity interval training versus moderate intensity continuous training on arterial stiffness and 24h blood pressure responses: A systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport* 2019;22:385–91. DOI: 10.1016/j.jsams.2018.09.228.
 55. Eddolls WTB, McNarry MA, Stratton G, Winn CON, Mackintosh KA. High-intensity interval training interventions in children and adolescents: a systematic review. *Sports Med* 2017;47:2363–74. DOI: 10.1007/s40279-017-0753-8.
 56. Whelton PK, He J, Appel LJ i sur. Primary prevention of hypertension: clinical and public health advisory from the National High Blood Pressure Education Program. *JAMA* 2002;288:1882–8.
 57. Ettehad D, Emdin CA, Kiran A i sur. Blood pressure lowering for prevention of cardiovascular disease and death: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 2016;387:957–67. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)01225-8.
 58. Cassidy S, Thoma C, Houghton D, Trenell MI. High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia* 2017;60:7–23. DOI: 10.1007/s00125-016-4106-1.
 59. Jelleyman C, Yates T, O'Donovan G i sur. The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. *Obes Rev* 2015;16:942–61. DOI: 10.1111/obr.12317.
 60. Achten J, Gleeson M, Jeukendrup A. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:92–7.
 61. Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Aerobic exercise, lipids and lipoproteins in overweight and obese adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Obes (Lond)* 2005;29:881–93. DOI: 10.1038/sj.ijo.0802959.
 62. LaForgia J, Withers RT, Gore CJ. Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. *J Sports Sci* 2006;24:1247–64. DOI: 10.1080/02640410600552064.
 63. Rosenkranz SK, Rosenkranz RR, Hastmann TJ, Harms CA. High-intensity training improves airway responsiveness in inactive nonasthmatic children: evidence from a randomized controlled trial. *J Appl Physiol* 2012;112:1174–83. DOI: 10.1152/jappphysiol.00663.2011.
 64. Bacon AP, Carter RE, Ogle EA, Joyner MJ. VO_{2max} trainability and high intensity interval training in humans: a meta-analysis. *PLoS One* 2013;8:e73182.



ADRESA ZA DOPISIVANJE:

Doc. dr. sc. Daniel Bok, prof. kineziologije
Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Horvaćanski zavoj 15
10000 Zagreb
e-mail: daniel.bok@kif.hr

PRIMLJENO/RECEIVED:

4. 6. 2019./June 4, 2019

PRIHVAĆENO/ACCEPTED:

13. 6. 2019./June 13, 2019

