



## VISOKO INTENZIVNI INTERVALNI TRENING U UPOREDBI S TRENINGOM KONSTANTNOG INTENZITETA U PRETILE DJECE

### HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING IN COMPARISON TO CONSTANT LOAD TRAINING IN OBESE CHILDREN

Boris Valjan<sup>1</sup>, Mandica Vidović<sup>1</sup>, Lavinija La Grasta<sup>1</sup>, Lana Ružić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Klinika za pedijatriju, KBC Sestre milosrdnice, Zagreb

<sup>2</sup>Kineziološki Fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Katedra za medicinu sporta i vježbanja

#### SAŽETAK

Procjenjuje se da deset posto svjetske djece školske dobi ima višak tjelesne masti s povećanim rizikom za razvoj kroničnih bolesti. Četvrtina te djece je pretila, a dio njih ima višestruke čimbenike rizika za dijabetes tipa 2, bolesti srca i niz drugih komorbiditeta prije ili tijekom rane odrasle dobi. Prevalencija prekomjerne tjelesne mase dramatično je veća u gospodarski razvijenim regijama, ali se značajno povećala u ostalim dijelovima svijeta. Kliničko liječenje pretile djece zahtijeva vrijeme, financijske troškove i multidisciplinarni tim i individualni pristup.

U radu se prikazuju rezultati istraživanja provedenog u Klinici za pedijatriju KBC Sestre Milosrdnice u Zagrebu u kojem su ispitane razlike u utjecaju visoko intenzivnog intervalnog treninga -VIIT (eng. High intensity interval training, HIIT) uz dijetu u odnosu na konvencionalni način aerobnog treninga (KAT) uz dijetu na poboljšanje aerobnih sposobnosti mjerenih indirektno submaksimalnim testom kod djece s prekomjernom tjelesnom masom.

U istraživanju je sudjelovalo 15-ero pretile djece u kontrolnoj i 15-ero u eksperimentalnoj skupini, prosječne dobi 13,93 (SD = 1,74) godina, od čega je 50 % sudionika bilo muškog spola. Sudionici u ovom imali su prosječan inicijalni indeks tjelesne mase (ITM) 34,83±3,95, što ukazuje na pretilost. Također, dnevno su prosječno unosili 1700 kilokalorija kontrolirnom prehranom na kliničkom odjelu.

Rezultati pokazuju statistički značajnu razliku između inicijalnog i finalnog mjerenja na gotovo svim varijablama, tjelesna masa ( $t(29) = 19,11, p < 0,001$ ), ITM ( $t(29) = 17,73, p < 0,001$ ),  $VO_{2,max}$  ( $t(29) = -9,88, p < 0,001$ ), vrijeme modificiranog Astrand testa ( $t(29) = -10,29, p < 0,001$ ) u obje skupine. Također, mora se spomenuti ipak da su nešto bolji rezultati ostvareni kod VIIT grupe u procijenjenom

#### SUMMARY

It is estimated that almost 10% of children of school age worldwide have increased body weight and subsequently higher risk for developing different chronic conditions. One quarter of children are obese, some have multiple risk factors for diabetes type 2, cardiovascular diseases and other comorbidities development before and during adulthood. Prevalence of obesity is dramatically higher in developed countries but is also on the rise in other parts of the planet. Clinical management of overweight children demands time, financial resources, multidisciplinary team and individualized approach.

In this paper the results of research conducted in Pediatric Clinic at University Clinical Hospital Sestre Milosrdnice, Zagreb are presented. The goal was to search for differences in effects of high intensity interval training (HIIT) combined with dietary regime and conventional aerobic training (CAT) and diet on aerobic capacity in obese children measured indirectly using submaximal test were compared.

There were 15 participants in experimental and control group respectfully, median 13,93 (SD = 1, 74) years of age, 50 % of them male. Average participant body mass index (BMI) 34,83±3,95. The average controlled daily dietary intake was 1700 kcal.

Results show statistically significant difference between initial and final measurement in almost all variables; body weight ( $t(29) = 19,11, p < 0,001$ ), BMI ( $t(29) = 17,73, p < 0,001$ ),  $VO_{2,max}$  ( $t(29) = -9,88, p < 0,001$ ), modified Astrand test time ( $t(29) = -10,29, p < 0,001$ ) in both groups. The somewhat better results were also observed in experimental group in  $VO_{2,max}$  values estimated by Astrand test ( $p=0,045$ ) as opposed to control group but probably due to small sample size the differences in other aerobic capacity imation variables was not statistically significant.

maksimalnom primitku kisika ( $VO_{2max}$ ) u odnosu na KAT grupu ( $p=0,045$ ).

U zaključku, VIIT nije bio manje učinkovit od KAT-a u poboljšanju aerobnih sposobnosti kod pretila djece i može biti relevantna zamjena tradicionalnim metodama treninga kod pretila populacije jer je često djeci zanimljiviji i zahtijeva manje vremena.

*Ključne riječi: pretilost, visoko intenzivni intervalni trening,  $VO_2$  max*

HIIT was not less efficient than CAT in aerobic capacity improvement in obese children and might represent a good alternative to more traditional training methods in such children, especially as children often perceive it as more interesting.

*Key words: obesity, high intensity interval training,  $VO_2$  max*

## UVOD

Pretilost je vrlo kompleksna bolest koja se razvija pod utjecajem genetskih i metaboličkih faktora, okoliša, socijalne i kulturološke sredine te loših životnih navika. Uzroci pretilosti mogu biti višestruki, a najčešći je energetska neuravnoteženost. Povećanim unosom visokokalorične hrane bogate mastima i rafiniranim šećerima, uz smanjenu tjelesnu aktivnost, stvara se suvišak energije koji se pohranjuje u tijelu u obliku masti.

Procjenjuje se da je 2014. godine 41 milijun djece mlađe od 5 godina bilo pogođeno prekomjernom masom. Broj djece s prekomjernom tjelesnom masom u Europskoj uniji u stalnom je porastu od 1990. do 2008. Više od 60 % djece s prekomjernom masom prije puberteta ostaju pretila u ranoj odrasloj dobi (25).

Debljina u djetinjstvu snažno je povezana s čimbenicima rizika za nastanak kardiovaskularnih bolesti, dijabetesa tipa 2, ortopedskih problema, mentalnih poremećaja poput depresije, slabijih rezultata u školi, nižeg stupnja samopoštovanja i samim time slabe socijalizacije i lošijih akademskih postignuća. (25, 26).

Rizik od pretilosti može se prenijeti s jedne generacije na drugu, kao rezultat bihevioralnih i/ili bioloških čimbenika. Smatra se da su četiri glavna čimbenika koja pridonose etiologiji pretilosti: metabolički čimbenici, prehrambene navike, tjelesna neaktivnost i genetske predispozicije. Endokrini i sindromski poremećaji kao uzrok prekomjerne mase/pretilosti rijetki su kod djece i adolescenata te su povezani s drugim bolestima (hipotireoza ili Cushingov sindrom) (7, 23).

Metabolički čimbenici uključuju tri komponente: potrošnja energije u mirovanju, termički učinak hrane i potrošnja energije u aktivnosti (23). Za razliku od neznatnog utjecaja potrošnje energije u mirovanju na povećanje mase, utvrđeno je da stupanj potrošene energije koja se odnosi na aktivnost snažno korelira sa stopom povećanja ili smanjenja mase (19, 9). Štoviše, potrošnja energije povezana sa spontanom aktivnošću predstavlja oko 30 % ukupnih potrošnje energije. Što se prehrambenih navika tiče, one postaju sve lošije i snažno utječu na nastajanje pretilosti, unatoč naporima nacionalnih vlada da se ograniči količina šećera i masti u prehrambenim proizvodima (23).

Donedavno, genetski determinirana pretilost bila je uglavnom nepoznata sve do nastanka metode cjelovitog istraživanja genoma (eng. genome-wide association study GWAS) koja je revolucionirala traženje genetskih determinanti složenih osobina. Genetska predispozicija pretilosti je u većini slučajeva poligeneske prirode i pripisuje se istodobnoj prisutnosti polimorfnih rizika u višestrukim genima. Velike meta-analize GWAS-a u pretežno europskim populacijama identificirale su 142 poligeneska lokusa koja su povezana s indeksom tjelesne mase i/ili pretilosti (22, 19).

Od ostalih faktora koji utječu na razvoj pretilosti treba spomenuti leptin - hormon kojeg u najvećoj mjeri luči masno tkivo. Djeluje kao signalna molekula koja preko svojih receptora održava energetske homeostazu organizma smanjujući pohranu i pojačavajući iskorištavanje masti. Smatra se da se kod pretilih osoba razvija rezistencija na leptin jer su u njih vrijednosti leptina povećane (1). Jednim od najtežih čimbenika rizika za pretilost u dječjoj dobi smatra se i roditeljska gojaznost u kojoj je rizik od pretilosti djece 2,5 do 4 puta veća ako je jedan roditelj pretio i 10 puta veća ako su oba roditelja pretila, u usporedbi s oba roditelja normalne mase (20).

Prekomjerna tjelesna masa i pretilost u djece povezani su sa ozbiljnim komorbiditetima, uključujući predijabetes/dijabetes melitus tipa 2 (T2DM), dislipidemiju, prehipertenziju/hipertenziju, apneju za vrijeme spavanja, bezalkoholno oštećenje jetre, proteinuriju i žarišnu segmentnu glomerulosklerozu, hiperandrogenemiju/sindrom policističnih jajnika, poskliz glave bedrene kosti, pseudotumore na mozgu, ranu subkliničku aterosklerozu i kardiovaskularne bolesti. Sve ovo povećava rizik prerane smrti u odrasloj dobi (27).

Nedavni dokazi pokazuju da tjelesna aktivnost opada s dobi ulaska u školu. Prema podacima iz 2010. godine 81 % adolescenata u dobi od 11 do 17 godina nije bilo dovoljno fizički aktivno. Adolescentice su manje aktivne od adolescentnih dječaka, 84 % djevojčica i 78 % dječaka ne ostvaruje 60 minuta umjerene do snažne tjelesne aktivnosti dnevno prema preporuci SZO-e (26).

Prevenција pretilosti važnija je od samog liječenja. Naime, dokazano je kako tjelesna aktivnost i zdrava prehrana u djetinjstvu preveniraju pretilost u odrasloj dobi (15). Najzahtjevniji dio čitavog preventivnog programa

primarne prevencije pretilosti je poticati djecu i mlade na usvajanje zdravog načina života. Sekundarna prevencija usmjerena je na rizičnog pojedinca, odnosno populaciju rizičnu za razvoj pretilosti. Tercijarna prevencija zasniva se na multidisciplinarnom pristupu i iziskuje individualno sagledavanje problema pretilosti i bolesti vezanih za pretilost. Vlada RH 29. srpnja 2010. godine usvaja Akcijski plan za prevenciju i smanjenje prekomjerne tjelesne mase uvođenjem timova koordiniranih na regionalnoj i nacionalnoj razini (24). Multidisciplinarni timovi uz zdravstveno stanje procjenjuju i psihosocijalne komorbiditete, jer je vjerojatnost da djeca i adolescenti s prekomjernom tjelesnom masom pate od poremećaja mentalnog zdravlja u odnosu na svoje vršnjake puno veća (21, 11, 10). Farmakoterapijsko i kirurško liječenje se rijetko koristi (21).

Tjelesna aktivnost jedna je od najosnovnijih ljudskih funkcija. Definira se kao „bilo koji tjelesni pokret povezan s mišićnom kontrakcijom koja povećava potrošnju energije iznad prosječne razine”. Ova široka definicija uključuje sve kontekste tjelesne aktivnosti, tj. tjelesnu aktivnost kroz slobodno vrijeme, a ne samo sport (npr. vožnja biciklom, šetnja, planinarenje, posao ili hobi koji iziskuje tjelesni napor ples i dr.) (3).

Vježba je podskupina tjelesne aktivnosti koja je planirana, strukturirana i ponavljajuća te ima kao konačni ili međusobni cilj poboljšanje ili održavanje tjelesne kondicije. Tjelesna kondicija je skup atributa koji se odnose na zdravlje ili vještinu. Stupanj do kojeg ljudi imaju ove attribute može se mjeriti specifičnim testovima (17, 14). Tjelesna aktivnost je ključna odrednica potrošnje energije, i time je ključna za energetska ravnotežu i kontrolu tjelesne mase.

Tjelesna aktivnost i smjernice vježbanja za upravljanje tjelesnom masom zahtijevaju najmanje 60 minuta dnevne aktivnosti. Neki zagovaraju aktivnost umjerenog intenziteta i dugo trajanje, a neki onu visokog intenziteta i kraćeg trajanje. Režim tjelesne aktivnosti mora uzeti u obzir sposobnost osobe da izdrži vježbu, što ovisi o masi pretilosti. Za one koji su izuzetno pretili, vježba može biti u ležećem i/ili sjedećem položaju ili u bazenima. Za manje teško pretilu osobu savjetujemo hodanje, vožnju biciklom, veslanje na ergometru, ples i sl. (3, 6).

Kardiorespiratorna izdržljivost ili aerobna kondicija je ono što većina ljudi identificira s tjelesnom kondicijom, a odnosi se na integrirani funkcionalni kapacitet srca, pluća, vaskularnog sustava i skeletnih mišića da potroše energiju. Osnovna aktivnost koja podupire ovu vrstu treninga je aerobni metabolizam mišićne stanice, proces u kojem se kisik kombinira s izvorom energije (masti ili ugljikohidrata) kako bi se oslobodila energija, ugljični dioksid i voda. Energija se koristi u svrhu ostvarivanja mišićnog rada, a kao krajnji produkt nastaje pokret. Da bi se aerobna reakcija dogodila, kardiorespiratorni sustav mora konstantno opskrbljivati mišićnu stanicu kisikom i ukloniti ugljični dioksid iz njega. Maksimalna brzina kojom aerobni metabolizam može opskrbu mišića kisikom i isplaviti ugljični dioksid iz

organizma naziva se funkcionalnim kapacitetom srčano-plućnog sustava i mjeri se u laboratoriju kao maksimalni primitak kisika koji organizam može potrošiti u jednoj minuti ( $VO_2$  max) (17, 14). Pored maksimalnog primitka kisika ( $VO_2$  max), vrijednosti frekvencije srca dobivene 3-minutnim step testom mogu se smatrati određenim pokazateljem kardiorespiratorne kondicije i uzeti u obzir kao metoda ispitivanjem izdržljivosti u užem smislu (13), a standardne vrijednosti indeksa tjelesne mase (ITM) za procjenu debljine.

Visoko intenzivni intervalni trening (VIIT) predstavlja kratki trening submaksimalne ili maksimalne aktivnosti koji se smjenjuje sa periodima odmora ili niskog intenziteta vježbanja (8). Iako ne postoji univerzalna definicija, VIIT-g se općenito odnosi na ponovljene serije relativno kratke vježbe, koje se često provode s “sveobuhvatnim” naporom ili pri intenzitetu koji je blizu vršnog protoka kisika ( $VO_2$  max) (tj.  $> 90\% VO_2$  max). Mogu trajati od nekoliko sekundi do nekoliko minuta, uz aktivne pauze s niskim intenzitetom vježbe, a obično ih se povezuje s aktivnostima poput vožnje biciklom ili trčanja i ne izaziva značajnu hipertrofiju vlakana (8).

Vježbanje s VIIT-om izaziva veliko povećanje staničnog i perifernog vaskularnog stresa, dok učinkovito ‘izoliraju’ srce od tih stresova zbog kratkog trajanja vježbi. Ova relativna središnja izolacija omogućuje pojedincima da treniraju s puno većim intenzitetima nego što bi inače (8). Određivanje VIIT-a sastoji se od manipulacije najmanje devet varijabli (npr. intenzitet i trajanje radnog intervala, intenzitet i trajanje reljefnog intervala, modalitet vježbanja, broj ponavljanja, broj serija, trajanje i intenzitet oporavka između serija), bilo koji od njih ima vjerojatan učinak na akutni fiziološki odgovor. Kardiorespiratorni odgovori obično su prve varijable koje valja uzeti u obzir pri programiranju intervalnog treninga. Međutim, anaerobni doprinos glikolitičke energije i neuromuskularno opterećenje također treba uzeti u obzir kako bi se maksimizirao ishod treninga (21).

Prikazujemo rezultate istraživanja\* provedenoga u Klinici za pedijatriju KBC Sestre milosrdnice u Zagrebu u razdoblju travnja 2018 do svibnja 2019 s ciljem procjene utjecaja visoko intenzivnog intervalnog treninga (VIIT), (engl. high intensity interval training, HIIT) s djetom na poboljšanje aerobnih sposobnosti mjerenih indirektno submaksimalnim testom u odnosu na konvencionalni način aerobnog treninga (KAT) s djetom kod djece s prekomjernom tjelesnom masom.

## Ispitanici i metode

Uzorak ispitanika su činili pacijenti koji su primljeni na hospitalizaciju u trajanju od dva tjedna zbog prekomjerne tjelesne mase i indeksa tjelesne mase, ITM (eng. Body mass index BMI), većeg od  $29 \text{ kg/m}^2$  s urednim elektrokardiogramom (EKG) i starosne dobi od 12 do 18 godina, neovisno o spolu. U istraživanju je sudjelovalo



15-ero pretila djece u kontrolnoj i 15-ero u eksperimentalnoj skupini, prosječne dobi 13,93 ( $SD = 1,74$ ) godina, od čega je 50 % bilo ( $n = 15$ ) sudionika muškog spola. Također, dnevno su kontrolirano na kliničkom odjelu prosječno prehranom unosili 1700 kilokalorija (prilagođeno individualno prema masi od strane nutricionista). Za svakog sudionika liječnik je napravio odluku o sposobnosti za test vježbe, a roditelji/skrbnici su potpisali informirani pristanak. Također je ishodoeno pozitivno mišljenje Etičkog povjerenstva KBS Sestre milosrdnice.

Eksperimentalnu skupinu (E) ispitanika činilo je petnaestero pretila djece koja zadovoljavaju navedene kriterije i uključena su u program visoko intenzivnog intervalnog treninga s djetom. Kontrolnu skupinu (K) ispitanika činilo je petnaestero pretila djece koja zadovoljavaju navedene kriterije i uključeni su u program konvencionalnog aerobnog treninga (KAT) s djetom. Odabir je bio naizmjeničan kod uključivanja u studiju prema dolascima što je omogućilo randomizaciju.

Varijable koje su izmjerene ili procijenjene na početku i na kraju istraživanja bile su : tjelesna masa (inicijalno i finalno), indeks tjelesne mase, vrijeme modificiranog Astrand testa na pokretnoj traci u sekundama (18), procijenjeni maksimalni primitak kisika ( $VO_2 \max$ ) nakon modificiranog Astrand testa na pokretnoj traci (18), frekvencija srca nakon modificiranog Astrand testa na pokretnoj traci i frekvencija srca nakon 3-minutnog Step testa (28).

Mjerenje visine i težine je izvršeno na električnom uređaju *Seca*, mod: 7647021099, a indeks tjelesne mase (ITM) se izračunao. Modificirani Astrand test (18) se radio na pokretnoj traci Kettler pace ST 33xx-68, a 3-minutni step test na klupici visine 20 cm i metronomskom brzinom od 24 otkucaja u minuti na početku i kraju boravka na klinici (28). Frekvencija srca (FS) kod oba testiranja se pratila elektronskim analizatorom Nellcor covidien, namijenjenom za monitoriranje frekvencije srca (FS) i zasićenosti arterijske krvi kisikom ( $SpO_2$ ). Tijekom oba navedena testiranja frekvencija srca se kontinuirano pratila.

Trening se provodio svaki dan u jutarnjem terminu u laboratorijskim uvjetima u trajanju od dva tjedna. Eksperimentalna skupina (E) se podvrgnula visoko intenzivnom intervalnom treningu (VIIT) s djetom. Trening se sastojao od 25 minuta na pokretnoj traci Kettler pace ST 33xx-68. Trening je počinjao s brzinom trake od 4km/h u trajanju od 2 minute. Nakon toga je slijedilo opterećenje u trajanju od 1 minute brzinom od 8 km/h (ili više po potrebi). Opisani stupnjevi opterećenja su se izmjenjivali do završetka 25 minuta treninga. Tijekom intenzivne minute opterećenje u aerobnoj intenzivnoj zoni je bilo prema subjektivnoj procjeni „jak teško“, a ovisno o ispitaniku uznosilo je oko 85 % od maksimalne frekvencije srca. Period nižeg opterećenja bio je na oko 60% od  $FS_{\max}$ .

Skupina koje je provodila konvencionalni aerobni trening (KAT) radila je umjerenim konstantnim submaksimalnim opterećenjem (na skali subjektivnog

osjećaja opterećenja oko 6 tj. „malo mi je ipak teško“) na pokretnoj traci s vremenskim i kalorijskim ograničenjem. Provodilo se na pokretnoj traci Kettler pace ST 33xx-68, 30 minuta uz nagib od 5 % i uz 20-30 minute trajanja. Intenzitet je bio oko 70 % od maksimalne frekvencije srca (a pred kraj perioda je i povećavan kako bi se zadovoljila kalorijska potrošnja). Maksimalna frekvencija srca je bila procijenjena (220-broj godina ispitanika), a u slučaju da brzina trake nije izazvala fiziološki odgovor u željenoj zoni intenziteta (kako je gore navedeno) brzina trake se na sljedećem treningu povećala za najmanje 1 km/h. U obje skupine pokušala postići slična procijenjena kalorijska potrošnja koja je prosječno po treningu u obje skupine bila oko 1,5 kcal po kg tjelesne mase (izražena kao neto energetska potrošnja).

U slučaju normalne distribucije rezultata inicijalni i finalni pokazatelji unutar jedne skupine su bili uspoređeni Studentovim t-testom za zavisne uzorke, a razlike između skupina Studentovim t-testom za nezavisne uzorke. U slučaju da su se skupine inicijalno razlikovale, tada su se metodom ANCOVE utvrdile razlike u finalnom mjerenju.

## REZULTATI

Preduvjet o normalnosti raspodjela varijabli testiran je Kolmogorov-Smirnovljevim testom. Iako su distribucijom tri varijable odstupale statistički značajno od normalne ( $p < 0,05$ ), detaljnijim uvidom u njihove koeficijente asimetričnosti može se vidjeti se kako se koeficijenti nalaze oko  $+/-1$ , što se smatra vrlo blagim odstupanjima od simetričnosti (12). Stoga, ako se uz navedeno još uzme i u obzir kako su t-test i AN(C)OVA robustni testovi otporni na blaža odstupanja od normalnosti, može se zaključiti kako preduvjet o normalnosti raspodjela za provedbu parametrijske statistike nije bitno narušen te je moguće bilo nastaviti s postupcima parametrijske statistike u daljnjim analizama (12). Levenovim testom provjerilo se zadovoljenje preduvjeta o homogenosti varijanci po kojem ne postoji statistički značajna razlika u varijancama za sve varijable istraživanja ( $p > 0,05$ ), tj. preduvjet o homogenosti varijanci je bio zadovoljen .

Pomoću ANCOVE su se testirale razlike između kontrolne i eksperimentalne skupine na različitim varijablama vezanih uz aerobne sposobnosti sudionika na finalnom mjerenju, uz kontrolu rezultata inicijalnog mjerenja, tj. vrijednosti inicijalnog mjerenja su služile kao kovarijable (tablica 1). Na taj način se umanjuje utjecaj inicijalnih razlika na razlike nakon tretmana. Kao što je vidljivo nije dobivena statistički značajna razlika nakon tretmana između kontrolne i eksperimentalne skupine niti u tjelesnoj masi sudionika ( $F(1,27) = 0,36, p = 0,555, Cohenov d = 0,033$ ), niti u ITM-u sudionika ( $F(1,27) = 0,06, p = 0,947, Cohenov d = 0,461$ ). Drugim riječima, sudionici eksperimentalne i kontrolne skupine ne razlikuju se statistički značajno u tjelesnoj masi i ITM-u u finalnom mjerenju.

Tablica 1. ANCOVA rezultati; razlike između eksperimentalne i kontrolne skupine u tjelesnoj masi i ITM-u u finalnom mjerenju  
 Table 1. ANCOVA results; differences between experimental and control group in body weight and BMI u finalnom mjerenju

		M	SD	F	p	Cohenov d
Tjelesna masa	KS	90,82	16,33	0,36	0,555	0,033
	ES	91,31	13,60			
ITM	KS	33,93	4,79	0,06	0,947	0,461
	ES	32,13	2,74			

Napomena: KS = kontrolna skupina; ES = eksperimentalna skupina.

Statistički značajna razlika dobivena je između eksperimentalne i kontrolne skupine u VO2 max procijenjenom Astrandovim testom ( $F(1,27) = 4,40, p = 0,045, Cohenov d = 0,510$ ) i u frekvenciji srca na kraju 3-minutnog Step testa ( $F(1,27) = 4,97, p = 0,034, Cohenov d = 0,575$ ), tako da eksperimentalna skupina pokazuje više rezultate na obje mjere. Istovremeno, nije dobivena statistički značajna razlika između eksperimentalne i

kontrolne skupine u vremenu Modificiranog Astrand testa ( $F(1,27) = 3,81, p = 0,061, Cohenov d = 0,455$ ) i u frekvenciji srca na kraju Astrand testa ( $F(1,27) = 3,06, p = 0,092, Cohenov d = 0,656$ ) u finalnom mjerenju (Tablica 2).

Kako bi se detaljnije pogledale razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja, proveden je zavisni t-test na ukupnom uzorku te zasebno na eksperimentalnoj i kontrolnoj skupini za sve varijable, što je prikazano u sljedećim tablicama (Tablica 3 i 4).

Tablica 2. ANCOVA: razlike između eksperimentalne i kontrolne skupine u aerobnim sposobnostima  
 Table 2. ANCOVA results: differences between experimental and control group in aerobic capacity parameters

		M	SD	F	p	Cohenov d
Vrijeme Modificiranog Astrand testa (s)	KS	295,47	116,03	3,81	0,061	0,455
	ES	351,00	127,59			
VO2 max Astrand test (ml/kg/min)	KS	22,00	2,85	4,40*	0,045	0,510
	ES	23,51	3,07			
Frekvencija srca na kraju Astrand testa (o/min)	KS	177,53	20,82	3,06	0,092	0,656
	ES	189,13	13,88			
Frekvencija srca na kraju 3-min Step testa (o/min)	KS	137,93	15,81	4,97*	0,034	0,575
	ES	147,73	18,17			

Napomena: KS = kontrolna skupina; ES = eksperimentalna skupina;  $p < ,05^*$ .

Tablica 3. Prikaz deskriptivnih podataka i t-testa za inicijalno i finalno mjerenje varijabli na ukupnom uzorku (N = 30)  
 Table 3. Descriptive parameters and results of t-test for dependant samples between initial and final measurements for total sample (N=30)

		M	SD	t	p	Cohenov d
Tjelesna masa (kg)	Inicijalno mjerenje	95,74	15,17	19,11**	<0,001	0,313
	Finalno mjerenje	91,06	14,77			
ITM(kg/m <sup>2</sup> )	Inicijalno mjerenje	34,83	3,95	17,73**	<0,001	0,456
	Finalno mjerenje	33,03	3,94			
Vrijeme modificiranog Astrand testa (s)	Inicijalno mjerenje	185,57	92,51	-10,29**	<0,001	1,264
	Finalno mjerenje	323,23	123,11			
VO2 max nakon Astrand testa (ml/kg/min)	Inicijalno mjerenje	19,44	2,23	-9,88**	<0,001	1,247
	Finalno mjerenje	22,75	3,02			
Frekvencija srca na kraju Astrand testa (o/min)	Inicijalno mjerenje	183,43	15,91	0,03	0,978	0,006
	Finalno mjerenje	183,33	18,36			
Frekvencija srca na kraju 3-min Step testa (o/min)	Inicijalno mjerenje	150,57	14,40	3,79*	0,001	0,484
	Finalno mjerenje	142,83	17,46			

Napomena:  $p < 0,01^*$ ;  $p < 0,001^{**}$ .

Tablica 4. Prikaz deskriptivnih podataka i rezultata t-testa za inicijalno i finalno mjerenje po skupinama  
 Table 4. Descriptive parameters and results of t-test for dependant samples between initial and final measurements by groups

Skupina	Varijabla	Mjerenje	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Cohenov d</i>
KS	Tjelesna masa (kg)	Inicijalno	95,34	16,70	13,63*	<0,001	0,274
		Finalno	90,82	16,33			
	ITM (kg/m <sup>2</sup> )	Inicijalno	35,75	4,83	13,05*	<0,001	0,378
		Finalno	33,93	4,79			
	Vrijeme modificiranog Astrand testa (s)	Inicijalno	183,20	81,84	-5,11*	<0,001	1,118
		Finalno	295,47	116,03			
	VO2 max Astrand test (ml/kg/min)	Inicijalno	19,36	1,97	-4,81*	<0,001	1,078
		Finalno	22,00	2,85			
	Frekvencija srca na kraju Astrand testa (o/min)	Inicijalno	182,40	7,67	0,99	0,340	0,310
		Finalno	177,53	20,82			
	Frekvencija srca na kraju 3-min Step testa (o/min)	Inicijalno	149,93	13,05	5,27*	<0,001	0,828
		Finalno	137,93	15,81			
ES	Tjelesna masa	Inicijalno	96,13	14,05	13,16*	<0,001	0,349
		Finalno	91,31	13,60			
	ITM (kg/m <sup>2</sup> )	Inicijalno	33,91	2,67	11,70*	<0,001	0,658
		Finalno	32,13	2,74			
	Vrijeme Modificiranog Astrand testa (s)	Inicijalno	187,93	104,97	-12,62*	<0,001	1,396
		Finalno	351,00	127,59			
	VO2 max nakon Astrand testa (o/min)	Inicijalno	19,51	2,53	-12,60*	<0,001	1,419
		Finalno	23,51	3,08			
	Frekvencija srca na kraju Astrand testa (o/min)	Inicijalno	184,47	21,53	-0,92	0,375	0,257
		Finalno	189,13	13,88			
	Frekvencija srca na kraju 3-min Step testa (o/min)	Inicijalno	151,20	16,06	1,13	0,278	0,202
		Finalno	147,73	18,17			

Napomena:  $p < 0,001^*$ .

Promatrajući ukupni uzorak u finalnom mjerenju sudionici imaju nižu tjelesnu masu, dulje vrijeme na Modificiranom Astrand testu, veći VO2 max i nižu frekvenciju srca na kraju 3-minutnog Step testa. Istovremeno, nije dobivena statistički značajna razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja u frekvenciji srca na kraju Astrand testa, tj. sudionici su postizali jednake rezultate na inicijalnom i finalnom mjerenju ( $t(29) = 0,03$ ,  $p = 0,978$ , *Cohenov d* = 0,006). Kada se zasebno pogledaju razlike između inicijalnog i finalnog testiranja kod kontrolne i eksperimentalne skupine dobiju se slični rezultati.

Promatrajući po skupinama, kod kontrolne skupine u finalnom mjerenju (u odnosu na inicijalno mjerenje) sudionici kontrolne skupine imaju nižu tjelesnu masu i ITM, dulje vrijeme na modificiranom Astrand testu, viši

VO2 max i nižu frekvenciju srca na kraju 3-minutnog Step testa. Istovremeno nije dobivena statistički značajna razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine u frekvenciji srca na kraju Astrand testa ( $t(14) = 0,99$ ,  $p = 0,340$ , *Cohenov d* = 0,310).

Kod eksperimentalne skupine u finalnom mjerenju sudionici eksperimentalne skupine u odnosu na inicijalno mjerenje imaju nižu tjelesnu masu i ITM, dulje vrijeme na Modificiranom Astrand testu i viši VO2 max. Istovremeno nisu dobivene statistički značajne razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne skupine u frekvenciji srca na kraju Astrand testa ( $t(14) = -0,92$ ,  $p = 0,375$ , *Cohenov d* = 0,257) i frekvenciji srca na kraju 3-minutnog Step testa ( $t(14) = 1,13$ ,  $p = 0,278$ , *Cohenov d* = 0,202) (4). Razlike u FS na kraju 3 minutnog step testa je

teško objasniti, djelovalo je da je eksperimentalna skupina imala nešto boje praćenje ritma metronoma od kontrolne, posebno u zadnjim minutima testa i time obavila veći rad.

## DISKUSIJA

Rezultati provedenog istraživanja ukazuju na učinkovitost oba programa (VIIT i KAT). Kod obje testirane skupine (eksperimentalna i konvencionalna) postoji statistički značajna razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja u gotovo svim varijablama. Svi sudionici imaju bolje rezultate na finalnom mjerenju nego na inicijalnom, također imaju nižu tjelesnu masu, dulje vrijeme na Modificiranom Astrand testu, veći  $VO_2$  max i nižu frekvenciju srca na kraju 3-minutnog Step testa te sniženje indeksa tjelesne mase (ITM). Istovremeno izgleda da intervalni trening u odnosu na konvencionalni dovodi do većeg poboljšanja procijenjenog maksimalnog primitka kisika ( $VO_2$  max), dok je kod smanjenja tjelesne mase, indeksa tjelesne mase i smanjenja frekvencije srca jednako učinkovit kao i konvencionalni aerobni trening.

Konvencionalni aerobni trening je od inicijalnog do finalnog mjerenja doveo do poboljšanja tjelesne mase i indeksa tjelesne mase, vremena na Astrand testu, procijenjenog maksimalnog primitka kisika ( $VO_2$  max) i frekvencije srca nakon 3-minutnog Step testa. Isto tako i VIIT je od inicijalnog do finalnog mjerenja doveo do smanjenja tjelesne mase i indeksa tjelesne mase, vremena na Astrand testu i procijenjenog maksimalnog primitka kisika ( $VO_2$  max), ali nije doveo do smanjenja frekvencije srca nakon Astrand testa i 3-minutnog Step testa (tablica 4).

Weston i sur. 2014 rade meta-analizu i objavljuju rezultate deset studija s 273 bolesnika. Sudionici su imali koronarnu arterijsku bolest, zatajenje srca, hipertenziju, metabolički sindrom i pretilost. Pronalaze znatno veće povećanje maksimalnog primitka kisika ( $VO_2$  peak) nakon intenzivnog intervalnog treninga u usporedbi s kontinuiranim treningom umjerenog intenziteta i zaključuju da visoko intenzivni intervalni trening (VIIT) značajno povećava kardiorespiratornu izdržljivost za gotovo dvostruko više nego kod kontinuiranog treninga umjerenog intenziteta u bolesnika s kroničnim bolestima (25).

Rezultati aerobnih sposobnosti u eksperimentalnoj skupini u odnosu na kontrolnu su viši, ali nisu statistički značajniji osim za procijenjeni  $VO_2$  max Astrandovim testom. Za druge pokazatelje vezane uz aerobni sustav možda se zbog malog uzorka ispitanika nije uočila statistički značajna razlika između mjerenih varijabli. VIIT je unatoč kraćem ukupnom vremenu treninga blago, ali ipak značajno, polučio bolje rezultate u procijenjenom maksimalnom primitku kisika od KAT-a.

Slično istraživanje ovom o načinu vježbanja Little i sur. objavljuju 2011. godine na pacijentima s dijabetesom tipa 2 gdje dva tjedna pacijenti provode VIIT koji uključuje samo 30 minuta visokog intenziteta. Prosječna koncentracija glukoze u krvi u trajanju od 24 sata smanjena je nakon

treninga, te je značajno napomenuti da ukupna tjedna obveza treninga u ovom istraživanju bila 50% niža od nedavno izmijenjenih smjernica koje zahtijevaju 150 minuta umjerene tjelovježbe tjedno. Rezultati ove studije pokazuju da VIIT s niskim volumenom može predstavljati vremenski učinkovitu strategiju vježbanja za liječenje dijabetesa tipa 2 koji je u uskoj vezi s pretilošću (27).

Sličniju studiju ovdje prikazanoj je proveo De Araujo i sur. 2012. godine (5) gdje se također uspoređuju dva modaliteta vježbanja (VIIT i KAT) u pretile djece u dobi od 8 do 12 godina. Tridesetero pretile djece je nasumično raspoređeno u obje vrste treninga. Grupa KAT izvodila je kontinuiranu vježbu od 30 do 60 minuta na 80% maksimalne frekvencije srca. Grupa VIIT izvodila je 3 do 6 setova 60-ak sprintova na 100 %  $FS_{max}$  koja je prekinuta s tri minute aktivnim razdobljem oporavka na 50% brzine vježbanja. Na početku i nakon 12 tjedana intervencije, procijenjena je aerobna kondicija, sastav tijela i metabolički parametri. Apsolutni i relativni  $VO_2$  max bio je značajno povećan u obje skupine nakon intervencije. Tjelesna masa je značajno smanjena u VIIT, ali ne u KAT skupini. Značajno smanjenje ITM uočeno je za obje skupine nakon intervencije. Nadalje, obje vrste treninga jednako su djelotvorne u snižavanju srednjeg arterijskog krvnog tlaka i smanjenju tjelesne mase i masti u pacijenata s metaboličkim sindromom. Ipak, VIIT je bio bolji od KAT u povećanju funkcije endotela, biogeneze skeletnih mišića te u smanjenju glukoze u krvi i lipogenezi u adipoznom tkivu. Iz prikazane studije, kao i naše, možemo zaključiti da su obje vrste treninga bile jednako učinkovite u poboljšanju metaboličkih parametara, ITM-a i aerobne sposobnosti. Dobiveni rezultati našeg istraživanja i studije De Araujo i sur. iz 2012 godine potvrđuju djelotvornost VIIT-a (u istoj mjeri kao i KAT) u poboljšanju aerobne kondicije (npr.  $VO_2$  max) u dječjoj populaciji, čime se taj pojam proširuje i na pretilu mladež (5).

Djeca su sklona kraćim vrstama treninga, a ne produženim kontinuiranim vježbama, pa je jedna od prednosti i to što je trajanje VIIT-a vremenski znatno kraće od KAT-a. U našem istraživanju je svaki ispitanik iz eksperimentalne skupine (VIIT) proveo kroz 10 dana treninga 50 minuta tj. 15% manje vremena na pokretnoj traci od kontrolne skupine (KAT). Dulje tjelesne aktivnosti (>30 min.) suprotne su djetetovom uzorku spontane vježbe, koja se uglavnom sastoji od kratkotrajnih intermitentnih visokointenzivnih napora. Zajedno s psihološkim čimbenicima (np. kraća pozornost, potreba za rekreativnim podražajima ili stupnju motivacije), može objasniti djetetovu sklonost za aktivnostima kraćeg trajanja i promjenjivo intenziteta. Stoga se VIIT pojavljuje kao obećavajuća vremenski učinkovita i motivacijska strategija koja može poticati zdravstvenu prilagodbu u djece (5, 21).

I Thivel i sur. 2018 godine rade meta-analizu 15 studija i zaključuju da je VIIT značajno poboljšava maksimalni primitak kisika, smanjuje tjelesnu masu, sistolički i dijastolički krvni tlak. Međutim, postoji značajna heterogenost tj. niska do visoka neusklađenost za većinu

kardiometaboličkih čimbenika rizika i aerobnu kondiciju (39). Slične podatke koji govore da VIIT može biti jednako učinkovit kao i KAT kod smanjenja tjelesne mase, ITM-a i poboljšanja aerobne kondicije kod pretilih mladih dobili smo u i u prikazanom istraživanju, ali su potrebne daljnje studije s velikim i raznolikim skupinama pretilih djece koje su nužne za rješavanje ovih pitanja i unaprjeđenja našeg znanja o ovome novom obliku vježbanja.

Ograničenja i nedostaci istraživanja su: veoma kratak vremenski period treninga, slaba pouzdanost neki testova (npr. vršena je procjena, a ne direktno mjerenje VO<sub>2</sub>max), nedostatak varijable udjela tjelesne masti, te manji broj ispitanika koji je uvjetovan kliničkim kapacitetima.

## ZAKLJUČAK

Tradicionalno, konvencionalni aerobni trening (KAT) je najčešći tip tjelesnog vježbanja preporučan za poboljšanje tjelesnog sastava, tjelesne spremnosti i zdravstvenih pokazatelja u zdravih i ali i pretilih osoba. Međutim, sve veći broj studija podržava učinkovitost VIIT-a u promicanju zdravstvenog učinka u zdrave i pretilih djece. Činjenica je VIIT vremenski učinkovitiji i vjerojatno zanimljiviji pristup koji zadovoljava djetetovu prirodu prema načinu izvedbe tjelesne aktivnosti (prirodno djeca mijenjaju intenzitet) te je takav oblik treninga moguće primjenjivati kao primjeren oblik tjelesne aktivnosti kod pretilih, a inače zdravih vradolescenata.

*\*rezultati su u skraćenom obliku izloženi i objavljeni u zborniku Hrvatske proljetne pedijatrijske škole, 2019*



## Literatura

1. Bjørnbæk C. Central Leptin Receptor Action and Resistance in Obesity. *J Invest Med*. 2009; 57(7), 789.
2. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Med*, 2013;43(10), 927-54.
3. Cavill N, Kahlmeier S, Racioppi F. (Eds.). *Physical activity and health in Europe: evidence for action*. 2006. World Health Organization
4. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, 1988. NJ: Erlbaum.
5. De Araujo ACC, Roschel H, Picanço AR i sur. Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. *PloS one*. 2012;7(8), e42747.
6. Ekkekakis P, Vazou S, Bixby WR i sur. The mysterious case of the public health guideline that is (almost) entirely ignored: call for a research agenda on the causes of the extreme avoidance of physical activity in obesity. *Obesity reviews*. 2016;17(4), 313-29.
7. Europski ured svjetske zdravstvene organizacije „Europska inicijativa praćenja debljine u djece, Hrvatska 2015./2016. (CroCOSI)“, Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Zagreb, 2018.
8. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ i sur. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*. 2012;590(5), 1077-84.
9. Goran MI, Shewchuk R, Gower BA i sur. Longitudinal changes in fatness in white children: no effect of childhood energy expenditure. *AMM J Clin Nutr*. 1998; 67(2), 309.
10. Hampl S, Paves H, Laubscher K i sur. Patient Engagement and Attrition in Pediatric Obesity Clinics and Programs: Results and Recommendations. *Pediatrics*, 2011;128(Suppl 2), S59.
11. Hassink SG, Daniels SR, Abrams SA i sur. The role of the pediatrician in primary prevention of obesity. *Pediatrics*. 2015; 136(1), e275-e292.
12. Howell DC. *Statistical methods for psychology*. 2012 Cengage Learning. Pristupljeno: 22.10.2018.
13. Jankowski M, Niedzielska A, Brzezinski M i sur. Cardiorespiratory fitness in children: a simple screening test for population studies. *Pediatric cardiology*. 2015;36(1), 27-32.
14. Kenney WL, Wilmore J, Costill D. *Physiology of sport and exercise* 6th edition. Human kinetics. 2015.
15. Kropski JA, Keckley PH, i Jensen GL. School-based obesity prevention programs: an evidence-based review. *Obesity*. 2008;16(5), 1009-18.
16. Little JP, Gillen JB, Percival ME i sur. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physio*. 2011;111(6), 1554-60.
17. Matković B. i Ružić L. *Fiziologija sporta i vježbanja*. Zagreb; Odjel za izobrazbu trenera Društvenog veleučilišta u Zagrebu, Kineziološki fakultet Sveučilišta Zagreb, 2009
18. Mackenzie B. (2002) *Astrand Treadmill Test*. Pristupljeno:01.12.2018 Dostupno na: <https://www.brianmac.co.uk/astrand.htm>
19. Ravussin E, Lillioja S, Knowler WC i sur. Reduced rate of energy expenditure as a risk factor for body-weight gain. *New Eng J Med*, 1988; 318(8), 467-72.
20. Stryjecki C, Alyass A, i Meyre D. Ethnic and population differences in the genetic predisposition to human obesity. *Obesity Reviews*. 2018;19(1), 62-80.
21. Styne DM, Arslanian SA, Connor EL i sur. Pediatric obesity—assessment, treatment, and prevention: an Endocrine Society Clinical Practice guideline. *J Clin Endocr Metab*. 2017;102(3),709-57.
22. Thivel D, Masurier J, Baquet G i sur. High-intensity interval training in overweight and obese children and adolescents: systematic review and meta-analysis. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019 Feb;59(2):310-24.
23. Zurlo F, Ferraro RT, Fontvielle AM i sur. Spontaneous physical activity and obesity: cross-sectional and longitudinal studies in Pima Indians. *Am J Physiol*. 1992; 263(2 Pt 1), E296
24. Weinsier RL, Hunter GR, Heini A F i sur. The etiology of obesity: relative contribution of metabolic factors, diet, and physical activity. *Am J Med*.1998; 105(2), 145-50
25. 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(16), 1227-234.
26. World Health Organization. *Commission on Ending Childhood Obesity*. Report of the Commission on Ending Childhood Obesity. World Health Organization, Geneva; 2016..
27. World Health Organization. *The challenge of obesity - quick statistics*. Marmorvej 51, DK-2100 Copenhagen, Denmark. Regional Office for Europe, 2018.
28. [www.cartwrightfitness.co.uk/ymca-3minute-step-test-normative-data/](http://www.cartwrightfitness.co.uk/ymca-3minute-step-test-normative-data/) Pristupljeno:01.12.2018