

# Usporedba učinkovitosti različitih vrsta treninga u poboljšanju glikemijske kontrole kod osoba oboljelih od šećerne bolesti tipa 2

---

Ljubić, Ian

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:411440>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

**Ian Ljubić**

**Usporedba učinkovitosti različitih vrsta treninga u  
poboljšanju glikemijske kontrole kod osoba oboljelih  
od šećerne bolesti tipa 2**

diplomski rad

Mentor:

Doc. dr. sc. Maja Cigrovski Berković

Zagreb, lipanj 2023.

# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. SAŽETAK.....   | 3  |
| 2. SUMMARY .....  | 4  |
| 3. UVOD.....  | 5  |
| 3.1. Šećerna bolest tipa 2 .....  | 5  |
| 3.2. Epidemiologija šećerne bolesti .....   | 6  |
| 3.3. Pretilost i šećerna bolest tipa 2.....   | 7  |
| 4. MEHANIZMI REGULACIJE GLUKOZE .....   | 8  |
| 4.1 Glikemijska kontrola.....   | 8  |
| 4.2 Glikolizirani hemoglobin (HbA1c).....   | 9  |
| 4.3 Glukovarijabilnost.....   | 10 |
| 4.4 Metabolizam glukoze.....  | 10 |
| 5. KARDIORESPIRATORNA SPOSOBNOST .....  | 11 |
| 6.0 UTJECAJ RAZLIČITIH VRSTA TRENINGA NA KONTROLU ŠEĆERNE BOLESTI.....  | 12 |
| 6.1 Aerobna tjelesna aktivnost .....  | 12 |
| 6.2 HIIT (high intensity interval training).....  | 12 |
| 6.3 Vježbe snage .....  | 13 |
| 7. MEHANIZMI KOJIMA TJELESNA AKTIVNOST UTJEČE NA REGULACIJU GLIKEMIJE.....  | 14 |
| 8. PRIKAZ ISPITIVANJA RAZLIČITIH OBLIKA TJELESNE AKTIVNOSTI I NJIHOV UČINAK<br>NA PARAMETRE GLUKOREGULACIJE ..... | 17 |
| 9. ZAKLJUČAK .....  | 28 |
| 10. PREPORUKE TJELESNE AKTIVNOSTI ZA OSOBE OBOLJELE OD TIPA 2 ŠEĆERNE<br>BOLESTI .....                            | 29 |

# 1. SAŽETAK

U okviru istraživanja ovog diplomskog rada, analizirat će se uloga tjelesne aktivnosti u kontroli glikemije kod osoba koje boluju od šećerne bolesti tipa 2. S posebnim naglaskom na rezultate relevantnih znanstvenih istraživanja, bit će prikazani različiti oblici tjelesne aktivnosti i njihov utjecaj na regulaciju razine glukoze u krvi. Obuhvatit će se analiza složenih mehanizama putem kojih različite vrste tjelesne aktivnosti utječu na osjetljivost tkiva na inzulin i metaboličke parametre. Praktični aspekt ovog diplomskog rada uključuje analizu različitih pristupa treniranju, s određivanjem optimalnih parametara poput intenziteta, trajanja i učestalosti vježbanja kako bi se postigao značajan učinak u smanjenju inzulinske rezistencije i osigurala dobra kontrola šećerne bolesti. Također će se prikazati i šire zdravstvene dobrobiti tjelesne aktivnosti, uključujući njezin utjecaj na sastav tijela, kardiovaskularno zdravlje i kvalitetu života osoba oboljelih od šećerne bolesti tipa 2. Kroz sveobuhvatan pregled relevantnih istraživanja, ovaj diplomski rad istaknut će nužnost integracije ciljane tjelesne aktivnosti u personalizirani pristup liječenju oboljelih od šećerne bolesti tipa 2.

Ključne riječi: šećerna bolest; šećerna bolest tipa 2; tjelesna aktivnost; tjelesno vježbanje; prevencija; liječenje; komplikacije

## 2. SUMMARY

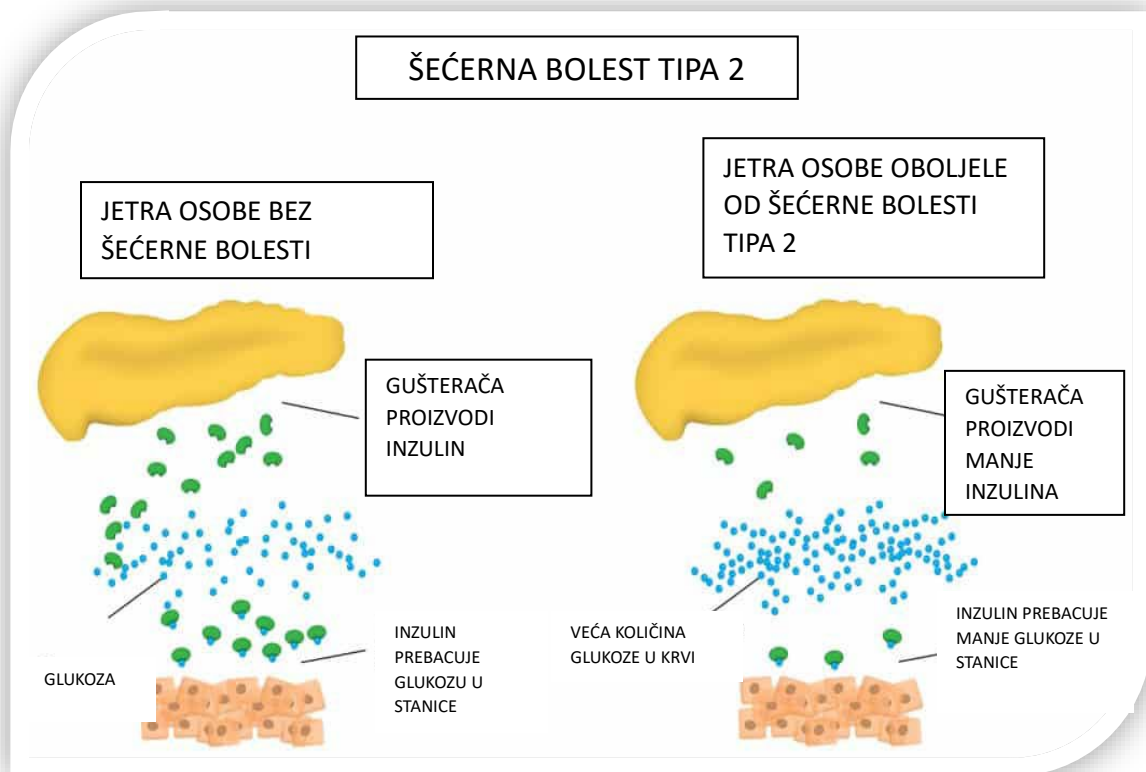
Within the scope of this thesis research, the role of physical activity in optimizing glycemic control in individuals diagnosed with type 2 diabetes will be examined. With a particular emphasis on findings from relevant scientific studies, diverse modalities of physical exercise and their impact on blood glucose regulation will be presented. A comprehensive exploration of the intricate mechanisms through which various forms of physical exercise influence insulin sensitivity, will be undertaken. The practical facet of this thesis encompasses an in-depth analysis of different training approaches, with the precise determination of optimal parameters such as intensity, duration, and frequency of exercise to attain a significant effect in reducing insulin resistance and ensuring long-term management of type 2 diabetes. Furthermore, an insight into the broader health benefits of physical activity will be presented, including its favorable impact on body composition, cardiovascular health, and overall quality of life in individuals with type 2 diabetes. Through a comprehensive review of relevant trials, this thesis will show the necessity of integrating targeted physical activity into personalized strategies for glycemic control.

Key words: diabetes mellitus; type 2 diabetes mellitus; physical exercise; prevention; treatment; complications

### 3. UVOD

#### 3.1. Šećerna bolest tipa 2

Šećerna bolest tipa 2 (T2ŠB) najčešće se pojavljuje u odraslih osoba. Ovaj tip šećerne bolesti karakterizira nemogućnost inzulina da pravilno djeluje na ulazak glukoze u stanice jetre, mišićnog i masnog tkiva, što se definira kao inzulinska rezistencija te nedovoljno lučenje inzulina iz gušterače. T2ŠB rezultat je genskih i okolišnih čimbenika, pri čemu se ističe smanjena tjelesna aktivnost i povećanje tjelesne mase. T2ŠB obično započinje postupno i napreduje polako, dugo ostaje neprepoznata jer se simptomi pojavljuju tek kod uznapredovale bolesti (Štraus i Petlevski, 2009).



Slika 1. Razlika između gušterače zdrave i osobe oboljele od T2ŠB

### 3.2. Epidemiologija šećerne bolesti

Svjetske procjene sugeriraju da 537 milijuna ljudi u dobi od 20 do 79 godina boluje od šećerne bolesti. Zapanjujuće, polovina oboljelih osoba nema službenu dijagnozu i stoga se niti ne liječi. Više od 6,7 milijuna ljudi izgubi život svake godine zbog šećerne bolesti, a što je još alarmantnije, svaka treća osoba pritom je mlađa od 60 godina. Globalno gledano, troškovi povezani s liječenjem šećerne bolesti dostižu 966 milijardi dolara (HZJZ, 2023). U Europi, broj oboljelih od šećerne bolesti iznosi 61 milijun osoba u dobi od 20 do 79 godina, a godišnje se u svrhu liječenja i skrbi izdvaja oko 189 milijardi američkih dolara. Unatoč visokim izdacima, preko milijun ljudi umire svake godine zbog komplikacija povezanih sa šećernom bolešću. Prema podacima CroDiab Registra, u Hrvatskoj je 2022. godine 388.213 ljudi imalo dijagnosticiranu šećernu bolest, a taj broj se neprestano povećava iz godine u godinu. Pretpostavka je kako samo 60% oboljelih osoba u Hrvatskoj ima postavljenu dijagnozu, što implicira da je ukupan broj oboljelih znatno veći, i da doseže brojku veću od 500.000. Šećerna bolest je također značajan čimbenik rizika za smrtnost u Hrvatskoj, s udjelom od 7,11% zabilježenim 2021. godine (HZJZ, 2023).

### 3.3. Pretilost i šećerna bolest tipa 2

Pretilost ima važnu ulogu u razvoju T2ŠB, stvarajući kompleksnu međusobnu vezu između ove dvije bolesti. Prema istraživanju Flegal i suradnika (2012), pretilost je snažno povezana s povećanim rizikom od razvoja T2ŠB. Ne boluju sve pretile osobe ujedno i od T2ŠB niti obrnuto, no prema istraživanjima više od 80% osoba oboljelih od T2ŠB ima prekomjernu tjelesnu masu, što naglašava izraženu povezanost između debljine i rizika od razvoja T2ŠB (Klobučar Majanović, 2018). Prevalencija šećerne bolesti neprekidno raste, osobito u pretilih pojedinaca, s izraženom visceralnom pretilošću. Svaki porast tjelesne mase od 1 kg donosi povećanje rizika od šećerne bolesti za 7,3%. Nadalje, rizik od T2ŠB raste kako se trajanje pretilosti produžava, čime se potvrđuje da je rizik veći što je osoba duže bila izložena prekomjernoj tjelesnoj masi (Klobučar Majanović, 2018). Oksidativni stres i niski stupanj kronične upale, karakteristični za pretilost, mogu negativno utjecati na metabolizam glukoze i inzulinsku osjetljivost, što doprinosi inzulinskoj rezistenciji i kasnije razvoju T2ŠB (Wellen i Hotamisligil, 2005). Leptin i adiponektin, hormoni povezani s regulacijom apetita i inzulinskom osjetljivošću, također igraju ulogu u ovoj povezanosti (Eckel, 2018). Studije su pokazale da smanjenje tjelesne mase i poboljšanje prehrambenih navika mogu značajno smanjiti rizik od razvoja T2ŠB kod pretilih osoba (Lindström i sur., 2006; Tuomilehto i sur., 2001). Ova složena interakcija između pretilosti i T2ŠB zahtijeva sveobuhvatan pristup u prevenciji i liječenju oba stanja. U cilju optimalne glikemijske kontrole i smanjenja rizika od komplikacija, važno je razumjeti i pratiti glukovarijabilnost te prilagoditi terapiju kako bi se održavala stabilnija razina glukoze u krvi (Rodbard, 2013).



## 4. MEHANIZMI REGULACIJE GLUKOZE

### 4.1 Glikemijska kontrola

Važnost precizne regulacije šećera u krvi kod osoba sa šećernom bolešću je neosporna. Prema smjernicama Hrvatskog društva za dijabetes, ciljne vrijednosti glikoliziranog hemoglobina su postavljene na 7%, s obzirom da to pridonosi smanjenju mikrovaskularnih i makrovaskularnih komplikacija u bolesnika sa šećernom bolešću. Prospektivne studije praćenja glikemijske kontrole bolesnika sa šećernom bolešću pokazale su kako je nakon tri godine monoterapije oralnim antidijabetikom manje od 55% bolesnika zadržalo dobru glikemijsku kontrolu i ostalo na monoterapiji. Nakon devet godina praćenja manje od 25% bolesnika je ostalo na monoterapiji (Turner R, Cull C, Frighi V, Holman RR, 1999). S kliničkog aspekta jasno je da će velik broj bolesnika bolovati od T2ŠB duži niz godina te će samim time mnogi od njih trebati više lijekova kako bi se postigle ciljne vrijednosti kontrole glikemije (Krentz AJ, Bailey CJ, 2005).

## 4.2 Glikolizirani hemoglobin

Glikolizirani hemoglobin (HbA1c) odražava prosječnu razinu glukoze u krvi tijekom prethodna dva do tri mjeseca. Rezultat je kemijske veze između molekule glukoze i hemoglobina u crvenim krvnim stanicama. HbA1c se često koristi kao dugoročni pokazatelj glikemijske kontrole kod osoba sa šećernom bolešću jer omogućuje procjenu prosječne razine šećera u krvi tijekom određenog vremenskog razdoblja. Upravljanje glukozom na temelju HbA1c omogućuje liječnicima prilagodbu terapije s ciljem postizanja optimalne razine glukoze i smanjenja rizika od komplikacija povezanih sa šećernom bolešću (Sherwani et al., 2016). Također, HbA1c ima ulogu i u dijagnostici šećerne bolesti. Prema smjernicama, povišene razine HbA1c (>6,5%) ukazuju na prisutnost kronične hiperglikemije, što može biti od koristi u ranom prepoznavanju i liječenju bolesti (International Expert Committee, 2009). Prema razini HbA1c može se procijeniti i individualni rizik za nastanak komplikacija. Tako, primjerice, dugoročno održavanje razine HbA1c <7% korelira sa smanjenjem rizika nastanka kardiovaskularne bolesti, metaboličkog sindroma, neuropatije, nefropatije i periferne vaskularne bolesti (Boye KS i sur., 2023). Neka stručna društva koriste HbA1c i u svrhu dijagnosticiranja šećerne bolesti. Velika prospektivna studija utvrdila je da prag od 5,7% ima osjetljivost od 66% i specifičnost od 88% za identifikaciju buduće incidencije dijabetesa tijekom 6 godina (Droumaguet i sur., 2006). Osobe s HbA1C vrijednošću između 5,7 i 6,4% trebaju biti obaviještene o povećanom riziku nastanka šećerne bolesti, kao i bolesti srca i krvnih žila te ih treba savjetovati o učinkovitim strategijama, kao što su gubitak tjelesne mase i tjelesna aktivnost, za smanjenje rizika progresije predijabetesa u šećernu bolest. Spomenute intervencije trebale bi biti najintenzivnije, a praćenje posebno pažljivo za osobe s razinama HbA1C iznad 6,0%. HbA1c je koristan u praćenju kontrole glikemije, budući da dobro korelira s mikrovaskularnim i, u manjoj mjeri, makrovaskularnim komplikacijama te je široko dostupan standardni biomarker (American Diabetes Association, 2010).

### 4.3 Glukovarijabilnost

Glukovarijabilnost predstavlja oscilacije ili fluktuacije u razini glukoze u krvi tijekom određenog vremenskog razdoblja. To znači da se razina glukoze može mijenjati u kratkim ili dugim vremenskim intervalima, što može imati značajan utjecaj na kontrolu šećerne bolesti (Rodbard, 2013; Service, 2013). Ova varijabilnost u razini glukoze može biti posljedica različitih faktora, uključujući unos hrane, tjelesnu aktivnost, stres, lijekove i druge čimbenike koji utječu na metabolizam glukoze (Siegelaar, S. E. i sur., 2010). Praćenje glukovarijabilnosti postaje sve važnije u upravljanju dijabetesom, jer se smatra da visoka glukovarijabilnost može povećati rizik od raznih komplikacija šećerne bolesti, poput kardiovaskularnih događaja i oštećenja živčanog sustava (Siegelaar, S. E. i sur. 2010).

### 4.4 Metabolizam glukoze

Ravnoteža glukoze u tijelu održava se harmonizacijom procesa razgradnje (glikogenoliza, glikoliza), pohrane (glikogeneza) i novog stvaranja glukoze (glukoneogeneza). Ključni u tome su hormoni gušterače inzulin i glukagon. Njihova sekrecija regulira se prema koncentraciji glukoze u krvi, a djelovanjem preko specifičnih receptora usmjeravaju metaboličke procese prema anabolizmu ili katabolizmu. To omogućava održavanje optimalne razine glukoze u krvi, što je bitno za konstantnu opskrbu stanica središnjeg živčanog sustava energijom. Inzulin ima pozitivan učinak na ciljna tkiva, stimulirajući procese ulaska, energetske iskoristivosti i skladištenja glukoze. Aktivacijom inzulin-osjetljivih stanica (miociti, adipociti) izaziva izlazak transportera glukoze-4 (GLUT-4) na površinu stanica, osiguravajući prijenos glukoze u stanice. Također, inzulin unutar

stanica potiče anaboličke procese koji potiču pohranu energije, sintezu proteina i rast stanica. Kada koncentracija glukoze u krvi padne ispod 5 mmol/L, lučenje inzulina prestaje, a započinje lučenje glukagona. Ovaj hormon, koji se izlučuje iz  $\alpha$ -stanica, pokreće suprotno djelovanju inzulina, kataboličke procese. Nedostatak inzulina poremeti ravnotežu glukoze, što rezultira kroničnom hiperglikemijom, inhibira anaboličke procese i potiče adaptacijske mehanizme poput glukoneogeneze, lipolize i ketogeneze. Ovo može uzrokovati ketozu i acidozu (Sertić i sur., 2015).

## 5. KARDIORESPIRATORNA SPOSOBNOST

Kardiorespiratorna sposobnost (KRS) je objektivni pokazatelj zdravstvenog stanja osobe te je neovisan prediktor za nastanak kardiovaskularnih bolesti. Niska KRS također korelira sa sveukupnom smrtnošću odraslih osoba. S druge strane veća KRS poboljšava osjetljivost tkiva na inzulin te tako može imati zaštitnu ulogu u nastanku T2ŠB, a ujedno može poboljšati i glukoregulaciju osoba koje već boluju od šećerne bolesti (Cai, L i sur., 2023). KRS predstavlja sposobnost kardiorespiratornog sustava da dopremi kisik u skeletni mišić, koji je potreban za proizvodnju energije tijekom kontinuirane tjelesne aktivnosti/tjelesnog vježbanja, a samo tjelesno vježbanje ima povoljan učinak na povećanje kardiorespiratornih sposobnosti. Na KRS, osim tjelesne aktivnosti, utječu i prehrambene navike, sedentarno ponašanje odnosno pretilost (La Grasta Sabolić i Cigrovski Berković, 2022).

## 6.0 UTJECAJ RAZLIČITIH VRSTA TRENINGA NA KONTROLU ŠEĆERNE BOLESTI

### 6.1 Aerobna tjelesna aktivnost

Aerobna aktivnost poboljšava osjetljivost tkiva na inzulin kod odraslih osoba s T2ŠB, paralelno s poboljšanom funkcijom mitohondrija. Intenzivan aerobni trening tijekom 7 dana može poboljšati glikemiju bez smanjenja tjelesne mase putem povećane stimulacije inzulina za unos glukoze i suzbijanja proizvodnje glukoze u jetri. Kratkoročna aerobna vježba kod osoba s pretilošću i T2ŠB poboljšava učinak inzulina putem povećane osjetljivosti na inzulin u perifernim tkivima, jače izražene od osjetljivost jetre na inzulin. Meta analize i klinička istraživanja potvrdile su kako redoviti aerobni trening poboljšava glikemiju kod odraslih osoba s T2ŠB, s manje dnevnih hiperglikemijskih epizoda i mogućim smanjenjem HbA1c za 0,5%–0,7%. Redoviti trening također poboljšava osjetljivost na inzulin, lipide, krvni tlak, druge metaboličke parametre i razinu kondicije, čak i bez gubitka tjelesne mase. Odraslim osobama s T2ŠB stoga se preporuča aerobna tjelesna aktivnost, ne dopuštajući više od 2 uzastopna dana bez vježbanja, jer se tada ostvareno poboljšanje osjetljivosti tkiva na inzulin postignuto vježbanjem gubi. Odrasle osobe s komorbidnim zdravstvenim stanjima i starije osobe s T2ŠB koje imaju oslabljenu tjelesnu kondiciju trebaju se truditi obaviti koliko god je moguće dnevne aerobne aktivnosti u skladu s njihovim tjelesnim i mentalnim zdravljem (Kanaley JA i sur., 2022).

### 6.2 HIIT (prema engl. high intensity interval training)

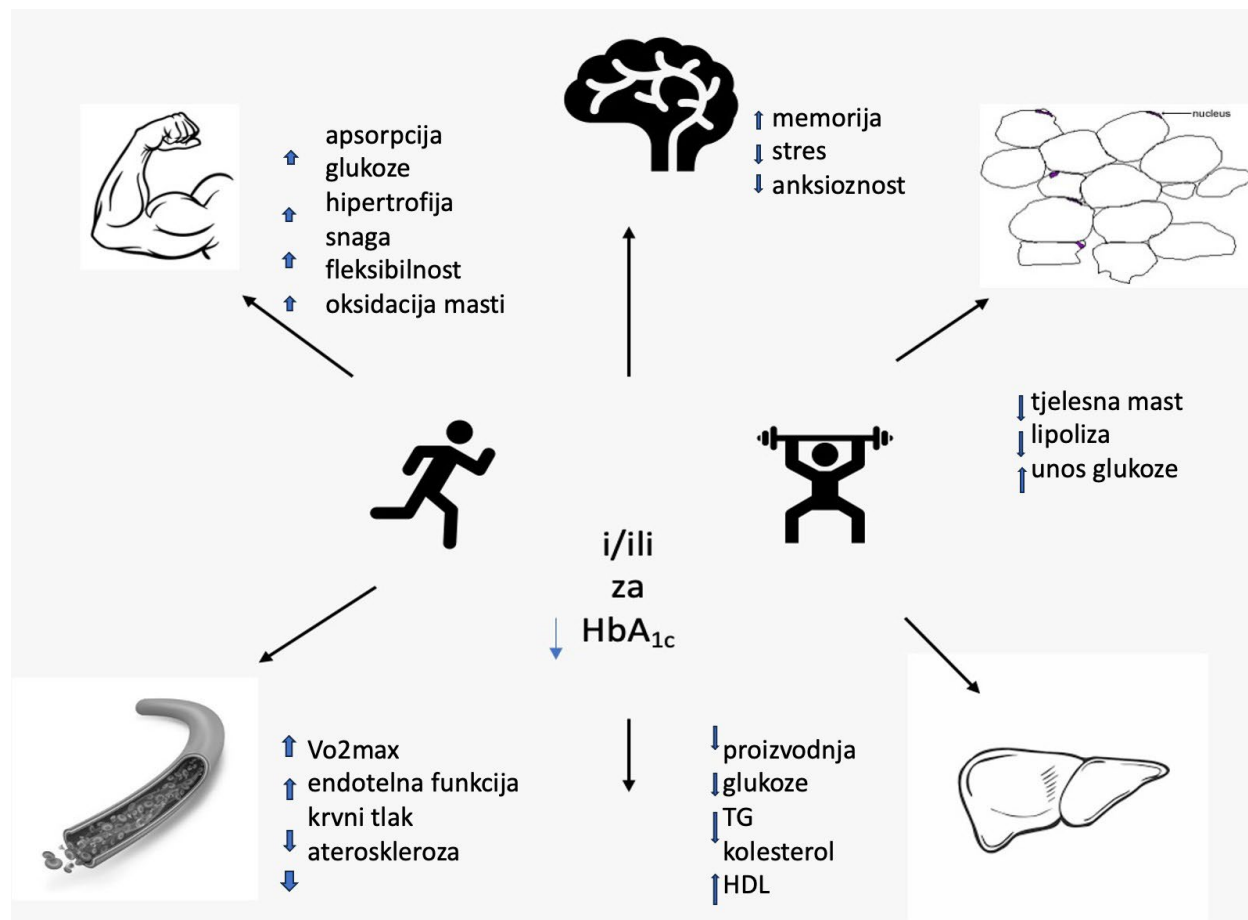
Iako je korist od tjelesne aktivnosti/vježbanja za regulaciju glikemije kod T2ŠB dokazana, nedostatak vremena često se navodi kao prepreka vježbanju, budući da samo otprilike 20% odraslih u Sjedinjenim Američkim Državama trenutno ispunjava preporučene smjernice za tjelesnu aktivnost. Visoko-intenzivni intervalni trening (HIIT) privukao je pažnju posljednjih godina pružajući učinkovit način poboljšanja kontrole glikemije i kardiovaskularnog zdravlja kod

osoba s T2ŠB, čak i uz ograničenje vremena provedenog u vježbanju. Kao i kod svakog programa vježbanja, trebalo bi uzeti u obzir početnu tjelesnu kondiciju kako bi se osiguralo prilagodbeno razdoblje vježbanja te uključivanje zagrijavanja i hlađenja. Dakle, za one koji su spremni za program visokog intenziteta vježbanja, HIIT može koristiti kao alternativa tradicionalnom vježbanju umjerenog intenziteta. Važno je napomenuti da dugoročna korist i stopa pridržavanja programa HIIT-a nisu dovoljno istraženi kod osoba s predijabetesom i T2ŠB. Stoga, uključivanje HIIT-a može biti prihvatljivo zajedno s kontinuiranim vježbanjem kako bi se potaknula ukupna količina vježbanja. Intervalni trening sastoji se od izmjeničnih faza vježbanja i oporavka. U HIIT-u, može se izmjenjivati 10 sekundi do 4 minute visokog intenzivnog aerobnog vježbanja (npr. 75-95% maksimalne frekvencije srca) s 12 sekundi do 5 minuta aktivnog ili pasivnog oporavka (npr. 30-60% maksimalne frekvencije srca). Ovo je suprotno tradicionalnom kontinuiranom vježbanju, tijekom kojeg pojedinci održavaju određeni intenzitet tijekom određenog vremena. Zapravo, visoko-intenzivno vježbanje često izaziva odgovor pulsa od otprilike 75-95% maksimalnog, a trenutne smjernice ACSM-a (American College for Sport Medicine) preporučuju najmanje 75 minuta intenzivne aktivnosti tjedno, bez više od 2 uzastopna dana između perioda aktivnosti (Afsheen Syeda i sur., 2023).

### 6.3 Vježbe snage

Trening vježbi otpora kod odraslih osoba s T2ŠB obično rezultira poboljšanjem snage, mineralne gustoće kostiju, krvnog tlaka, lipidnog profila, mišićne mase i osjetljivosti na inzulin za 10%–15%. Uz umjereno smanjenje tjelesne mase, trening otpora može povećati mišićnu masu i smanjiti HbA1c trostruko više kod starijih osoba s T2ŠB u usporedbi s osobama podvrgnutim kalorijski restriktivnim dijetetskim režimima. Meta analiza studija koje su pratile učinke treninga otpora

pokazala je kako je visoko-intenzivni trening korisniji od treninga niskog do umjerenog intenziteta u svrhu regulacije glukoze i za smanjenje doze inzulina kod odraslih osoba s T2ŠB koje su na inzulinskoj terapiji (Kanaley JA, i sur., 2022).



Slika 2. Utjecaj treninga na kontrolu glukoze u krvi

## 7. MEHANIZMI KOJIMA TJELESNA AKTIVNOST UTJEČE NA REGULACIJU GLIKEMIJE

Poremećaji prijenosa inzulinske signalizacije odgovorni su za razvoj inzulinske rezistencije koja ima centralnu ulogu u patogenezi bolesti kao što su T2ŠB, metabolički sindrom, arterijska hipertenzija, ateroskleroza, pretilost i bolest masne jetre bez alkohola (NAFLD). Osim toga, inzulinska rezistencija također povećava rizik od kardiovaskularnih bolesti i identificirana je kao neovisni čimbenik za nastanak koronarne bolesti srca, zatajenja srca i moždanog udara. Nadalje, inzulinska rezistencija negativno utječe na kliničke ishode kardiovaskularnih i cerebrovaskularnih bolesti. Općenito, osjetljivost na inzulin povezana je s razinom tjelesne aktivnosti, a tjelesno vježbanje dokazano poboljšava učinke inzulina kod osoba s inzulinskom rezistencijom. Zanimljivo je kako intenzitet i obujam programa vježbanja imaju različite učinke na osjetljivost na inzulin. Konkretno, **Houmard** i suradnici su pokazali kako kod neaktivnih osoba s prekomjernom tjelesnom masom/pretilošću koje su slučajno dodijeljene u tri različita 6-mjesečna programa vježbanja (niski volumen/umjereni intenzitet, niski volumen/visoki intenzitet, visoki volumen/visoki intenzitet) svi programi vježbanja povećavaju indeks osjetljivosti na inzulin u usporedbi s kontrolnom skupinom. Međutim, programi vježbanja koji su uključivali otprilike 170 min vježbanja tjedno poboljšali su osjetljivost na inzulin (oko 85%) više nego program koji je uključivao otprilike 115 min vježbanja tjedno (oko 40%), sugerirajući da trajanje vježbanja, a ne intenzitet, igra ulogu u poboljšanju osjetljivosti na inzulin (Iaccarino G i sur., 2021). Postoji bliska veza između simpatičkog živčanog sustava i osjetljivosti na inzulin. Poremećaj simpatičkog živčanog sustava, što rezultira njegovom prevelikom aktivnošću, doprinosi razvoju inzulinske rezistencije. Stimulacija inzulina povećava aktivnost simpatičkog živčanog sustava utječući na barorefleksnu osjetljivost i djelujući centralno.

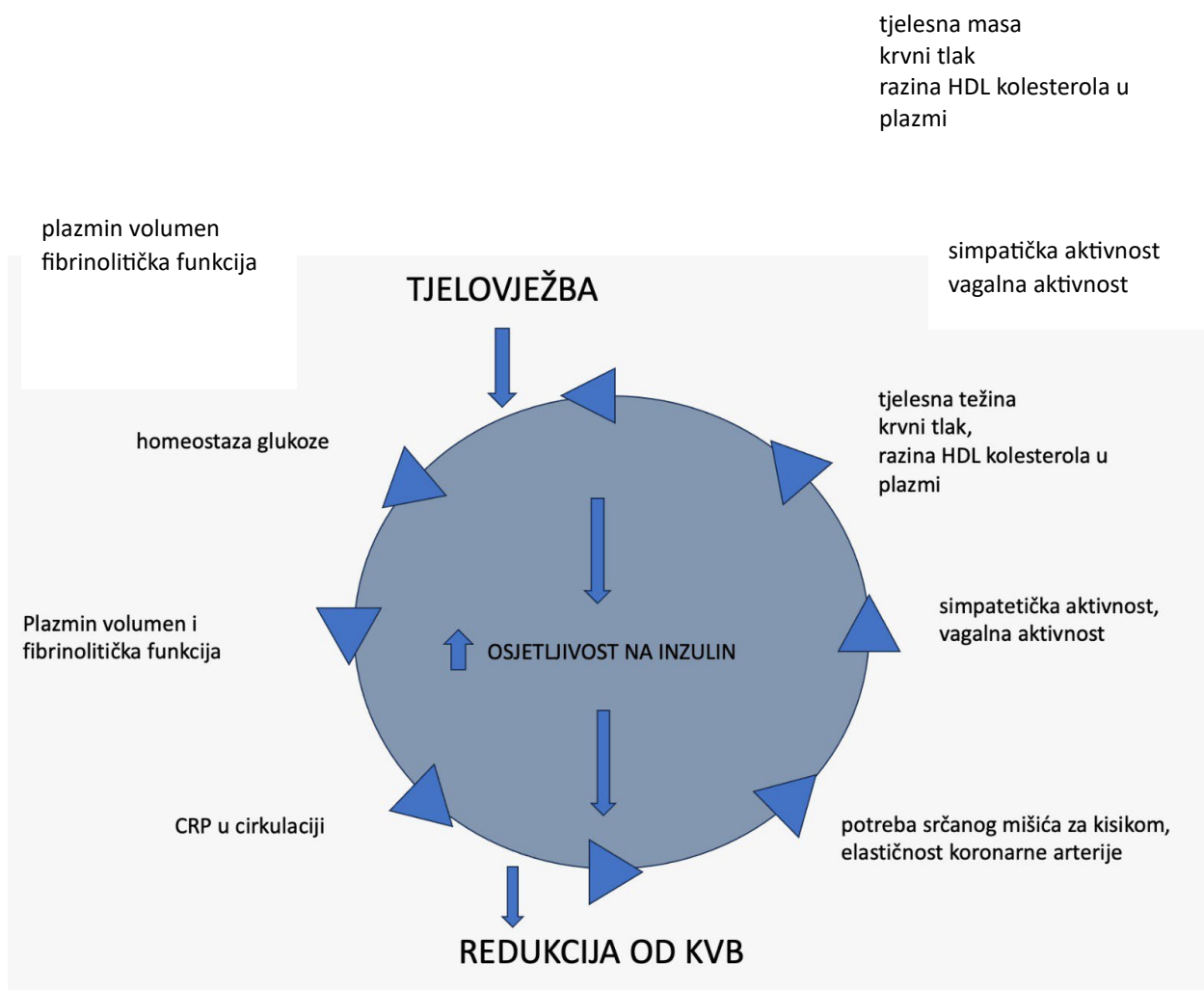
Postoje dosljedni dokazi kako tjelesno vježbanje poboljšava kontrolu simpatičkog živčanog sustava i smanjuje simpatičku aktivnost, čak i u uvjetima koji su karakterizirani inzulinskom rezistencijom kao što je metabolički sindrom i arterijska hipertenzija. Zanimljivo je kako kod pretilih osoba program tjelesnog vježbanja poboljšava kardiovaskularnu autonomnu regulaciju kao odgovor na oralno opterećenje glukozom, sugerirajući da tjelesno vježbanje može poboljšati autonomne odgovore smanjenjem inzulinske rezistencije. Budući da inzulin igra ulogu u regulaciji perifernog vaskularnog otpora blokirajući simpatikusom induciranu vazokonstrikciju, inzulinska rezistencija također je karakterizirana oštećenjem kontrole vaskularnog tonusa. Stoga poboljšanje i osjetljivosti na inzulin i simpatičke aktivnosti potaknuto tjelesnim vježbanjem poboljšava neuro-metaboličku kontrolu tonusa stijenki krvnih žila. Doprinos poboljšanju funkcije krvnih žila



potaknut tjelesnim vježbanjem je vrlo kompleksan i višefaktorski, a između ostaloga uključuje i stvaranje novih kapilara, preoblikovanje i povećanje arterija i arteriola te arteriogenezu. Sve te prilagodbe poboljšavaju protok krvi u mikrocirkulaciji u skeletnim mišićima i posljedično pridonose povećanju unosa glukoze poticanog inzulinom (Iaccarino G i sur., 2021).



Slika 3. Utjecaj treninga na inzulinsku osjetljivost



## 8. PRIKAZ ISPITIVANJA RAZLIČITIH OBLIKA TJELESNE AKTIVNOSTI I NJIHOV UČINAK NA PARAMETRE GLUKOREGULACIJE

1.

„Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial.”

**Autori:** Church TS, Blair SN, Cocreham S, Johannsen N, Johnson W, Kramer K, Mikus CR, Myers V, Nauta M, Rodarte RQ, Sparks L, Thompson A, Earnest CP.

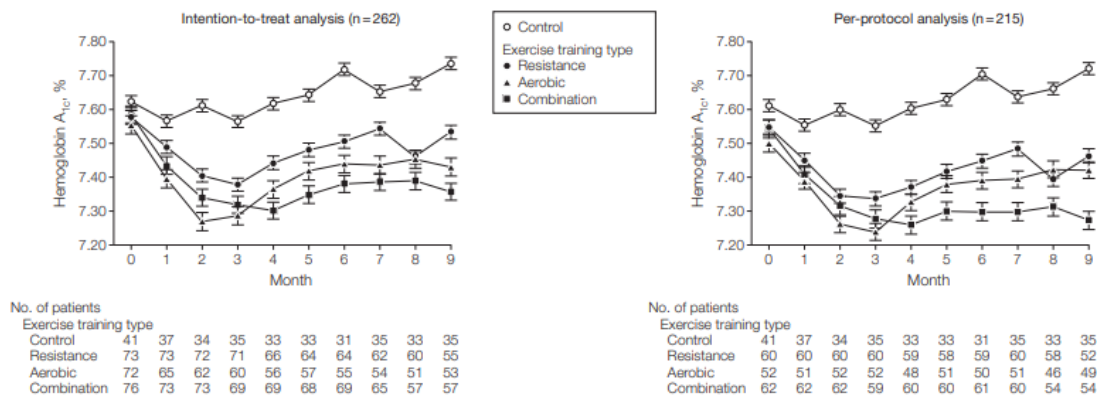
**Datum objave:** November 24, 2010.

**Časopis:** JAMA (Journal of the American Medical Association)

**Opis:** Ovaj randomizirani kontrolirani pokus, proveden od travnja 2007. do kolovoza 2009. godine u Louisiani, uključio je 262 muškaraca i žena oboljelih od šećerne bolesti tipa 2 i razinama HbA1c 6,5% ili više koji su provodili sjedilački način života. Među sudionicima, 63,0% su bile žene, s prosječnom dobi od 55,8 godina i početnom razinom HbA1c od 7,7%. Studija je istraživala učinke različitih intervencija vježbanja na razine HbA1c i sekundarne ishode, uključujući antropometriju i kondiciju.

**Rezultati:** U usporedbi s kontrolnom skupinom koja nije vježbala, skupina koja je provodila kombinirani trening, uključujući aerobno vježbanje i trening s otporom, pokazala je statistički značajan apsolutni prosječni pad razine HbA1c od -0,34% (95% interval pouzdanosti [CI], -0,64% do -0,03%; P = 0,03). S druge strane, promjene u prosječnim razinama HbA1c u skupinama koje su provodile samo trening s otporom (-0,16%; 95% CI, -0,46% do 0,15%; P = 0,32) ili samo aerobno vježbanje (-0,24%; 95% CI, -0,55% do 0,07%; P = 0,14) nisu bile statistički značajne u usporedbi s kontrolnom skupinom. Također, skupina koja je provodila kombinirani trening pokazala je poboljšanu maksimalnu potrošnju kisika (prosječno 1,0 mL/kg/min; 95% CI, 0,5-1,5,

$P < 0,05$ ) u usporedbi s kontrolnom skupinom. Sve skupine bolesnika uključene u programe vježbanja, postigle su smanjenje opsega struka u rasponu od -1,9 do -2,8 cm u usporedbi s kontrolnom skupinom. Nadalje, skupina koja je provodila trening s otporom pokazala je prosječan gubitak masnog tkiva od -1,4 kg (95% CI, -2,0 do -0,7 kg;  $P < 0,05$ ), dok je skupina koja je provodila kombinirani trening imala prosječno smanjenje masnog tkiva od -1,7 kg (95% CI, -2,3 do -1,1 kg;  $P < 0,05$ ) u usporedbi s kontrolnom skupinom.



Slika 4. Mjesečna razina HbA1c kod svih sudionika

U zaključku, kod bolesnika sa šećernom bolešću tipa 2, kombinacija aerobnog i treninga s otporom pokazala se učinkovitijom u poboljšanju razina HbA1c u usporedbi s aerobnim ili treningom s otporom samima po sebi.

2.

"High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes."

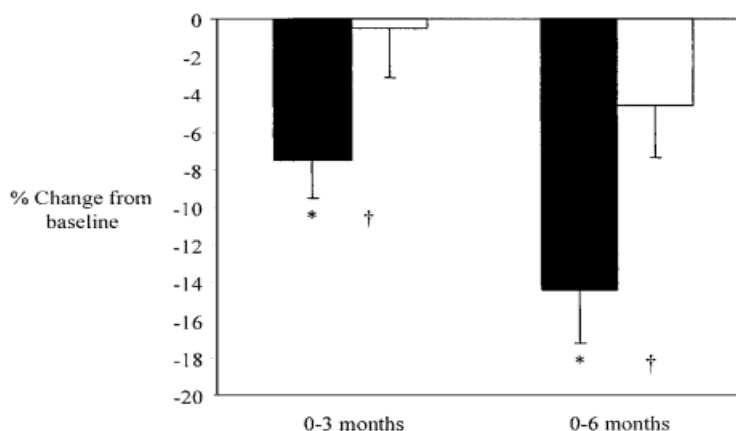
**Autori:** Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, De Courten M, Shaw J, Zimmet P.

**Datum objave:** October 2002.

**Časopis:** Diabetes Care.

**Opis:** U ispitivanju su sudjelovali pretili muškarci i žene u dobi između 60-80 godina sa šećernom bolešću tipa 2 (n = 36). Nasumično su podijeljeni u dvije skupine: skupinu koja je provodila visoko-intenzivni progresivni trening otpora uz umjereni gubitak tjelesne mase (RT & WL skupina) i kontrolnu skupinu koja je također podvrgnuta umjerenom gubitku tjelesne mase (WL skupina). Kliničke i laboratorijske mjere izvršene su u vremenskim intervalima od 0, 3 i 6 mjeseci.

**Rezultati :** Razina HbA1c značajno je više pala u RT & WL skupini u usporedbi s WL skupinom nakon 3 mjeseca ( $0,6 \pm 0,7$  vs.  $0,07 \pm 0,8\%$ ,  $P < 0,05$ ) i 6 mjeseci ( $1,2 \pm 1,0$  vs.  $0,4 \pm 0,8\%$ ,  $P < 0,05$ ). Slično, smanjenja u tjelesnoj masi (RT & WL  $2,5 \pm 2,9$  vs. WL  $3,1 \pm 2,1$  kg) i masnom tkivu (RT & WL  $2,4 \pm 2,7$  vs. WL  $2,7 \pm 2,5$  kg) opažena su nakon 6 mjeseci. Nasuprot tome, masa mišićnog tkiva povećala se u RT & WL skupini ( $0,5 \pm 1,1$  kg) i smanjila u WL skupini ( $0,4 \pm 1,0$  kg) nakon 6 mjeseci ( $P < 0,05$ ).



*Slika 5. Relativne promjene (postotci) u HbA1c u odnosu na početne vrijednosti u RT & WL(visoko intenzivni progresivni trening s opterećenjem uz umjereno smanjenje tjelesne mase) i WL(moderate weight loss plus a control program) grupama nakon 3 i 6 mjeseci*

**Zaključak :** Visoko-intenzivni progresivni trening otpora, u kombinaciji s umjerenim gubitkom tjelesne mase, pokazao se učinkovitim u poboljšanju glikemijske kontrole kod starijih osoba sa šećernom bolešću tipa 2. Isto tako se visoko-intenzivni progresivni trening otpora pokazao kao dobar oblik tjelovježbe za kontrolu HbA1c. Dodatne koristi u obliku poboljšane mišićne snage i mase ukazuju kako je visoko-intenzivni trening otpora izvediva i učinkovita komponenta u liječenju šećerne bolesti tipa 2 kod starijih osoba.

3.

"Resistance training improves glycaemic control in obese type 2 diabetic men."

**Autori:** J.C. Baldi , N. Snowling

**Datum objave:** August 2003.

**Časopis:** International Journal of Sports Medicine.

Svrha ovog istraživanja bila je utvrditi poboljšava li umjereno intenzivan trening s otporom kontrolu glikemije kod pretilih muškaraca sa šećernom bolešću tipa 2. HbA1c je bio jedna od praćenih varijabli i mjerio se prije i nakon 10-tjednog eksperimentalnog razdoblja.

**Opis:** Osamnaest muškaraca sa T2ŠB prosječne dobi 47,9 godina, koji nisu imali srčanih bolesti, dobrovoljno se prijavilo za sudjelovanje u studiji. Svi su ispitanici bili pregledani prije programa i nisu redovito vježbali u posljednjih 6 mjeseci. Od T2ŠB bolovali su više od tri godine. Ispitanici su slučajnim odabirom raspoređeni u skupinu za trening s otporom (TO) ili kontrolnu skupinu (K). Ispitanici u TO skupini provodili su 10-tjedni program treninga s otporom s tri nadzirane trening sesije tjedno svaki drugi dan. Nakon zagrijavanja, deset vježbi koje uključuju glavne mišićne skupine u gornjem i donjem dijelu tijela izvođene su prema određenom redosljedu, odvojene intervalima od 60 sekundi. Početna opterećenja određena su kao maksimalna količina težine koju je ispitanik mogao podići 10 ili 15 puta za svaku vježbu. Ispitanici su tijekom prvog tjedna izvodili ovu seriju vježbi jednom po sesiji, a od drugog tjedna do kraja eksperimenta dvaput po sesiji. Svi ispitanici su uspješno završili cijeli 10-tjedni program treninga.

**Rezultati:** Nije bilo razlika u sastavu tijela niti u razinama HbA1c između skupina na početku. Glikemijski status poboljšao se u TO skupini. Razina HbA1c nije se mijenjala u K skupini, ali je u TO skupini HbA1c smanjen s  $8,9 \pm 0,8$  na  $8,4 \pm 0,6\%$ .

|                           | Control Group |            | RT Group    |              |
|---------------------------|---------------|------------|-------------|--------------|
|                           | Pre           | Post       | Pre         | Post         |
| HbA <sub>1c</sub>         | 8.5 ± 0.7     | 8.4 ± 0.6  | 8.9 ± 0.8   | 8.4 ± 0.6*   |
| Baseline glucose (mmol/l) | 11.1 ± 1.1    | 11.0 ± 1.0 | 12.0 ± 0.9  | 11.4 ± 0.8** |
| 2-hour glucose            | 16.3 ± 0.9    | 17.1 ± 0.8 | 17.0 ± 1.0  | 16.3 ± 0.7   |
| Baseline insulin (µU/ml)  | 27.6 ± 9.2    | 30.9 ± 7.5 | 38.6 ± 5.1  | 21.1 ± 4.1** |
| 2-hour insulin            | 40.8 ± 7.5    | 44.2 ± 8.8 | 50.7 ± 18.1 | 62.8 ± 21.0  |
| ISI <sub>0,120</sub>      | 22.2 ± 3.8    | 19.9 ± 1.7 | 20.3 ± 1.3  | 22.6 ± 1.3   |

*Slika 6. Početne i vrijednosti nakon treninga za HbA1c, početnu i vrijednost glukoze nakon 2 sata, početnu razinu inzulina i ISI (indeks osjetljivosti inzulina) nakon 2 sata*

**Zaključak:** 10 tjedana umjerenog intenziteta treninga s otporom poboljšalo je kontrolu glikemije, a ovi rezultati sugeriraju da je trening s otporom održiva dopuna aerobnom treningu.

4.

"Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes."

**Autori:** Cuff DJ, Meneilly GS, Martin A, Ignaszewski A, Tildesley HD, Frohlich JJ.

**Datum objave:** November 2003.

**Časopis:** Diabetes Care.

Svrha ovog istraživanja bila je procijeniti hoće li kombinirani program treninga s otporom i aerobnim treningom poboljšati osjetljivost na inzulin u usporedbi s aerobnim treningom kod postmenopauzalnih žena sa T2ŠB. Ukupno je 28 pretilih postmenopauzalnih žena nasumično dodijeljeno jednom od tri tretmana trajanja 16 tjedana: kontrolna skupina, samo aerobni trening (Ae samo) ili aerobni trening uz trening s otporom (Ae+RT). Mjere ishoda prije i nakon tretmana uključivale su dispoziciju glukoze putem hiperinzulinemijsko-euglikemijskog "klampa" i procjenu abdominalnog potkožnog masnog tkiva te mišića srednje natkoljenice pomoću računalne tomografije.

**Opis: AE+RT:** Ukupno je 10 žena sudjelovalo tijekom 16 tjedana, s vježbanjem tri puta tjedno. Svaki je trening uključivao zagrijavanje, fazu aerobnog treninga, fazu treninga s otporom i fazu oporavka, ukupnog trajanja 75 minuta. Faza aerobnog treninga uključivala je individualno propisane vježbe pri 60–75% rezerve srca (temeljem početnog maksimalnog testa izdržljivosti na traci za trčanje, stacionarnom biciklu, "recumbent stepperu", eliptičkom trenažeru i veslačkom

ergometru). Program treninga s otporom sastojao se od pet vježbi (*leg press, leg curl, hip extension, chest press* i *latissimus pull down*) u dvije serije od 12 ponavljanja koristeći opremu s utezima na skali. Trening s otporom započeo je s lakim opterećenjem i postupno se povećavao kako je tehnika dopuštala. Tijekom programa pratilo se opterećenje, a poboljšanja snage izvješćivala su se od trećeg tjedna treninga (radi učenja) u usporedbi s posljednjim tjednom.

|  | Control group |              | Ae + RT       |             | Ae only      |             |
|--|---------------|--------------|---------------|-------------|--------------|-------------|
|  | Absolute      | %            | Absolute      | %           | Absolute     | %           |
| Weight (kg)  | 2.0 ± 1.2     | 2.1 ± 1.3    | -2.9 ± 1.3*   | 3.2 ± 1.5   | -1.2 ± 0.7*  | 1.5 ± 0.8   |
| VO <sub>2peak</sub> (l/min)  | -0.05 ± 0.06  | -2.9 ± 3.4   | 0.17 ± 0.06   | 10.2 ± 3.7  | 0.22 ± 0.11  | 13.1 ± 6.5  |
| Glycosylated hemoglobin (%)  | -0.03 ± 0.20  | -0.43 ± 0.29 | -0.1 ± 0.22   | -1.4 ± 3.2  | -0.10 ± 0.11 | 1.59 ± 1.74 |
| Glucose infusion rate (mg · kg <sup>-1</sup> · min <sup>-1</sup> ) | 0.07 ± 0.28   | 3.1 ± 12.2   | 1.82 ± 0.52*  | 77.1 ± 22.0 | 0.55 ± 0.36  | 19.8 ± 12.9 |
| CT   |               |              |               |             |              |             |
| Total abdominal AT (L4–L5) (cm <sup>2</sup> )                      | 17.1 ± 18.0   | 2.1 ± 2.2    | -48.3 ± 18.4* | -6.7 ± 2.6  | -17.0 ± 10.3 | -2.8 ± 1.7  |
| Subcutaneous (cm <sup>2</sup> )                                    | 17.4 ± 9.0    | 3.2 ± 1.6    | -22.0 ± 15.4  | -4.7 ± 3.3  | -8.2 ± 9.7   | -2.0 ± 2.4  |
| Visceral (cm <sup>2</sup> )  | -0.4 ± 12.0   | -0.15 ± 4.6  | -26.3 ± 7.4   | -10.5 ± 2.9 | -8.8 ± 5.4   | -4.1 ± 2.5  |
| Midhigh skeletal muscle  |               |              |               |             |              |             |
| Cross-sectional area (cm <sup>2</sup> )                            | 0.7 ± 1.6     | 0.3 ± 0.7    | 5.9 ± 2.0     | 2.8 ± 1.0   | 0.9 ± 2.1    | 0.4 ± 0.9   |
| Low-density muscle (cm <sup>2</sup> )                              | 3.2 ± 1.0     | 6.3 ± 2.0    | -4.1 ± 2.5*   | -8.0 ± 4.9  | -1.4 ± 1.3*  | 2.8 ± 2.6   |
| Normal-density muscle (cm <sup>2</sup> )                           | -3.5 ± 1.7    | -2.0 ± 1.0   | 10.5 ± 2.0*†  | 6.7 ± 1.3   | 2.3 ± 1.8*   | 1.3 ± 1.0   |

*Slika 7. Promjene u antropometrijskim, tjelesnim sposobnostima, CT i metabolizmu glukoze nakon 16 tjedana.*

**Rezultati:** Poboljšana dispozicija glukoze bila je neovisno povezana s promjenama u potkožnom masnom tkivu trbuha, visceralnom masnom tkivu i gustoći mišića. Gustoća mišića zadržala je vezu s dispozicijom glukoze nakon kontroliranja abdominalnog masnog tkiva.

**Zaključak:** Dodavanje treninga s otporom aerobnom treningu poboljšalo je dispoziciju glukoze kod postmenopauzalnih žena sa T2ŠB. Poboljšana osjetljivost na inzulin povezana je s gubitkom potkožnog masnog tkiva trbuha i visceralnog masnog tkiva te povećanom gustoćom mišića.



## 5.

"Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes."

**Autori:** Maiorana A, O'Driscoll G, Goodman C, Taylor R, Green D.

**Datum objave:** May 2002.

**Časopis:** Diabetes Research and Clinical Practice.

**Opis:** Šesnaest ispitanika (14 muškaraca, 2 žene), starosti  $52 \pm 2$  godine, bilo je uključeno u 8-tjedni program vježbanja koji se sastojao od aerobnog vježbanja i vježbi snage ili razdoblja bez vježbanja putem nasumične alokacije. Instrukcije su bile da ne poduzimaju formalno vježbanje ili mijenjaju razinu svoje opće tjelesne aktivnosti tijekom ovih razdoblja. Šest od šesnaest ispitanika je nasumično dodijeljeno vježbanju tijekom prvih 8 tjedana, a deset ispitanika tijekom posljednjih 8 tjedana. Osam tjedana programa vježbanja sastojalo se od tri sesije vježbanja mišića cijelog tijela svaki tjedan, svaka od tih sesija započinjala je i završavala s 10-minutnim zagrijavanjem/hlađenjem i razdobljem istezanja.

|                            | Untrained        | Trained          |
|----------------------------|------------------|------------------|
| <i>Plasma lipids</i>       |                  |                  |
| (mmol l <sup>-1</sup> )    |                  |                  |
| Total cholesterol          | 4.6 ± 0.2        | 4.6 ± 0.2        |
| LDL-C                      | 2.4 ± 0.2        | 2.5 ± 0.2        |
| HDL-C                      | 1.0 ± 0.1        | 1.1 ± 0.1        |
| Triglycerides              | 2.14 (1.48–3.08) | 1.97 (1.46–2.64) |
| Glycated hemoglobin        | 8.5 ± 0.4        | 7.9 ± 0.3*       |
| (%)                        |                  |                  |
| Fasting blood glucose      | 12.0 ± 0.5       | 9.8 ± 0.5*       |
| (mmol l <sup>-1</sup> )    |                  |                  |
| Mean arterial pressure     | 102 ± 3          | 104 ± 2          |
| (mmHg)                     |                  |                  |
| Resting heart rate         | 70 ± 3           | 66 ± 3*          |
| (beats min <sup>-1</sup> ) |                  |                  |

*Slika 8. Karakteristike treniranih i netreniranih ispitanika nakon 16-tjednog programa treninga*

**Rezultati:** Nisu uočene značajne razlike u ukupnom kolesterolu, HDL ili LDL kolesterolu, niti u trigliceridima nakon vježbanja. Slično tome, srednji arterijski tlak nije se promijenio. Frekvencija srca u mirovanju bila je značajno niža nakon vježbanja, kao i glikolizirani hemoglobin i razina glukoze u krvi natašte.

**Zaključak:** modalitet vježbanja s kombinacijom aerobnog treninga i treninga snage skeletnih mišića koristan je za osobe s T2ŠB, budući da je dobro podnošljiv, kombinira pozitivne učinke kondicioniranja aerobnog sustava i treninga snage skeletnih mišića te poboljšava tjelesni sastav i kontrolu glukoze. Nadalje, uključuje rotaciju između velikih skupina mišića, što minimizira lokalni umor mišića i omogućuje vježbanje veće mase skeletnih mišića.

6.

"Afternoon exercise is more efficacious than morning exercise at improving blood glucose levels in individuals with type 2 diabetes: a randomised crossover trial."

**Autori:** Savikj M, Gabriel BM, Alm PS, Smith J, Caidahl K, Björnholm M, Fritz T, Krook A, Zierath JR, Wallberg-Henriksson H.

**Datum objave:** February 2019.

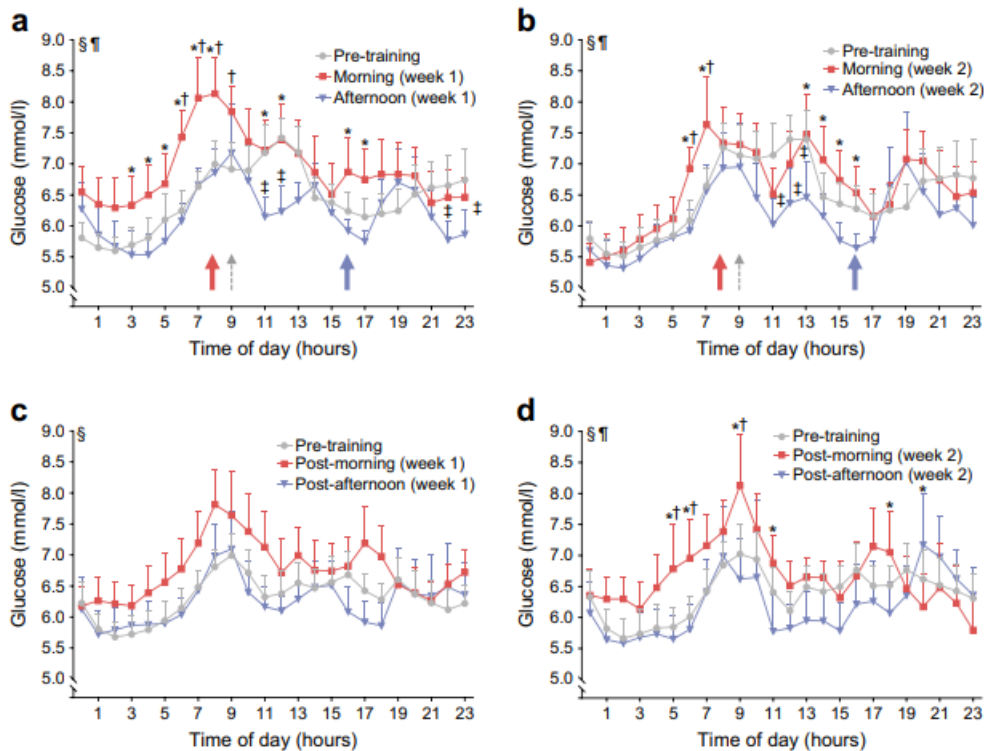
**Časopis:** Diabetologia.

**Opis:** Jedanaest muškaraca sa T2ŠB sudjelovalo je u randomiziranom ukriženom ispitivanju. Kriteriji uključenja bili su dob između 45 i 68 godina i ITM između 23 i 33 kg/m<sup>2</sup>. Ispitivanje je uključivalo 2 tjedna visoko-intenzivnog intervalnog treninga (HIIT) ili ujutro ili poslijepodne (tri

puta tjedno), nakon čega je slijedilo 2 tjedna razdoblja odmora i naknadno razdoblje suprotnog režima treninga. Prikupljeni su podaci temeljeni na kontinuiranom praćenju glukoze (CGM).

| Blood chemistry                      | Pre-training | Post-morning           | Post-afternoon           |
|--------------------------------------|--------------|------------------------|--------------------------|
| Glucose (mmol/l)                     | 7.3 ± 0.3    | 7.7 ± 0.4              | 7.5 ± 0.3                |
| Insulin (pmol/l)                     | 56.9 ± 9.3   | 71.4 ± 6.9             | 70.4 ± 11.6              |
| HbA <sub>1c</sub> (mmol/mol)         | 48.3 ± 3.9   | 45.1 ± 2.1             | 46.1 ± 2.7               |
| HbA <sub>1c</sub> (%)                | 6.6 ± 0.4    | 6.3 ± 0.2              | 6.4 ± 0.2                |
| Total cholesterol (mmol/l)           | 4.2 ± 0.4    | 4.4 ± 0.3              | 4.2 ± 0.4                |
| HDL-cholesterol (mmol/l)             | 1.2 ± 0.1    | 1.3 ± 0.1              | 1.2 ± 0.1                |
| LDL-cholesterol (mmol/l)             | 2.4 ± 0.4    | 2.4 ± 0.4              | 2.3 ± 0.4                |
| Triacylglycerol (mmol/l)             | 1.2 ± 0.2    | 1.6 ± 0.3              | 1.4 ± 0.2                |
| PTH (pmol/l) <sup>††</sup>           | 3.9 ± 0.2    | 4.4 ± 0.2              | 4.6 ± 0.3 <sup>‡</sup>   |
| TSH (mU/l) <sup>††</sup>             | 1.4 ± 0.2    | 1.7 ± 0.2 <sup>‡</sup> | 1.9 ± 0.2 <sup>‡</sup>   |
| T <sub>4</sub> (pmol/l) <sup>†</sup> | 16.8 ± 0.6   | 16.1 ± 0.7             | 15.8 ± 0.7 <sup>‡‡</sup> |
| T <sub>3</sub> (pmol/l)              | 4.7 ± 0.2    | 4.8 ± 0.2              | 4.9 ± 0.1                |

*Slika 9. Analiza krvi prikupljena nakon 2-tjednog programa HIIT treninga*



Slika 10. Razine glukoze temeljene na kontinuiranom praćenju glukoze (CGM) kao odgovor na HIIT. Razine glukoze temeljene na CGM-u su ocijenjene tijekom razdoblja prije treninga i na danima vježbanja (Vježba) te naknadnim danima (Odmor). Čitanja razine glukoze u krvi na danima vježbanja u (a) tjednu 1 ( $n = 11$ ) i (b) tjednu 2 ( $n = 9$ ), te na danima odmora u (c) tjednu 1 ( $n = 11$ ) i (d) tjednu 2 ( $n = 8$ ). Crvene linije i simboli, jutarnje vježbanje; plave linije i simboli, poslijepodnevno vježbanje; sive linije i simboli, podudarajući dani prije treninga. Crvene strelice, vrijeme jutarnjeg vježbanja; plave strelice, vrijeme poslijepodnevnog vježbanja; sive strelice, ponudeni međuobrok.

Zaključak: Poslijepodnevni HIIT je bio učinkovitiji od jutarnjeg HIIT-a u poboljšanju razine glukoze u krvi kod muškaraca s T2ŠB. Zanimljivo, jutarnji HIIT je povećavao razinu glukoze u krvi. Međutim, potrebna su istraživanja duljih trenažnih režima kako bi se utvrdila trajnost ovog nepovoljnog učinka. Podaci ističu važnost optimizacije vremena vježbanja prilikom propisivanja vježbanja osobama oboljelima od T2ŠB.

## 9. ZAKLJUČAK

Tjelesna aktivnost i/ili vježbanje su ključni za poboljšanje razine glukoze kod oboljelih od T2ŠB, kao i drugih čimbenika rizika za kardiovaskularne bolesti. Aktivnosti koje potiču smanjenje glukoze uključuju uzimanje pauza između dugih razdoblja sjedenja, planiranje vježbanja nakon obroka zbog smanjenja postprandijalne hiperglikemije te uključivanje nekog oblika aerobnog i visokointenzivnog treninga otpora tijekom tjedna. Važno je napomenuti da nedostaju informacije o specifičnim preporukama za spol i/ili rasu te za djecu i adolescente s T2ŠB te je to područje koje zahtijeva dodatna istraživanja. Redovita tjelesna aktivnost dokazano povećava aerobnu i mišićnu kondiciju, smanjuje stres/anksioznost i poboljšava san. Osim toga, vježbanje također smanjuje udio tjelesne masti, lipide i krvni tlak. I aerobno vježbanje i trening otpora pružaju jedinstvene prilike za poboljšanje kontrole glukoze. Iako se intenzitet, obujam i učestalost vježbanja povezuju s poboljšanom kontrolom glukoze, dokazi o optimalnoj dozi vježbanja za glukozu ostaju nejasni, a vjerojatno su povezani uz komorbiditete. Korisno je razmotriti kao poruku oboljelim osobama da se fokusiraju na vrijeme provedeno u kretanju, bez obzira na intenzitet. 150 min/tjedno umjerene do snažne tjelesne aktivnosti tijekom 3-5 dana (aerobno i trening otpora) korisno je za smanjenje čimbenika rizika za kardiovaskularne bolesti. Izvođenje ovih vježbi u blokovima od 30-60 minuta tijekom tjedna je dobro, ali valja napomenuti da prekidanje sjedilačkog ponašanja manjim razdobljima svakih sat vremena (npr. do 3 minute ili 250 koraka/sat) ili nekoliko puta tijekom dana (npr. 3 x 10-15 min) može biti jednako učinkovito za regulaciju razine glukoze, posebno nakon obroka. U isto vrijeme potrebno je voditi računa i o vremenu izvođenja vježbanja tijekom dana, ali i vezano uz obrok. Najvažnije razmatranje prilikom preporučivanja vježbanja osobama oboljelima od T2ŠB je da se intenzitet i obujam optimiziraju za najveću metaboličku korist, uz izbjegavanje ozljeda ili rizika za kardiovaskularne probleme. Općenito, rizik od negativnih događaja izazvanih vježbanjem je nizak, i nema trenutnih dokaza da su potrebni postupci provjere izvan uobičajene skrbi za šećernu bolest kako bi se sigurno propisalo vježbanje asimptomatskim osobama u ovoj populaciji.

## 10. PREPORUKE TJELESNE AKTIVNOSTI ZA OSOBE OBOLJELE OD ŠEĆERNE BOLESTI TIP 2

Smjernice za tjelesnu aktivnost i vježbanje za osobe s T2ŠB obuhvaćaju različite vrste aktivnosti i intenzitete kako bi se postigla najbolja korist za metabolizam, uzimajući u obzir i sigurnost.

**Aerobne aktivnosti** uključuju ritmičke aktivnosti kao što su hodanje, trčanje i vožnja bicikla. Preporučuje se umjerena tjelesna aktivnost na razini od 55-74% maksimalnog otkucaja srca (HRmax) ili visoka tjelesna aktivnost na razini od 75-95% HRmax. Preporučuje se vježbati 3-7 puta tjedno. Minimalno je potrebno ostvariti 150 minuta umjerene tjelesne aktivnosti tjedno ili 75-150 minuta visok intenzivne tjelesne aktivnosti, ili kombinaciju obojega.

**Trening otpora** uključuje kontrakciju mišića protiv vanjskog otpora, koristeći slobodne utege, sprave za trening s utezima, vlastitu tjelesnu težinu ili elastične trake za otpor. Umjerena tjelesna aktivnost zahtijeva ponavljanje vježbi s težinom koja se može ponoviti ne više od 15 puta, dok za visoku tjelesnu aktivnost težina treba biti takva da se vježba može ponoviti ne više od 6-8 puta. Preporučuje se trenirati 2-3 puta tjedno, izbjegavajući uzastopne dane. Svaka vježba se izvodi u setovima od 10-15 ponavljanja, s preporučenim 1-3 seta po vježbi. Važno je uključiti 8-10 vježbi koje obuhvaćaju glavne mišićne skupine tijela kako bi se postigli optimalni rezultati.

**Visoko intenzivni intervalni trening (HIIT)** uključuje izmjenu vježbi visokog intenziteta s fazama oporavka. Visoko intenzivna vježba provodi se na razini od 75-95% maksimalnog otkucaja srca (HRmax), nakon čega slijedi aktivni ili pasivni oporavak na razini od 30-60% HRmax. Preporučuje se izvoditi HIIT 3 puta tjedno za visoko intenzivni aerobni trening. Vrijeme trajanja visoko intenzivne vježbe može varirati od 10 sekundi do 4 minute, dok oporavak može trajati od 12 sekundi do 5 minuta, ovisno o individualnim mogućnostima.

**Pauze u sjedilačkom ponašanju** preporučuju šetnju ili jednostavne vježbe otpora svakih 30 minuta tijekom 8 sati dnevno kako bi se smanjio rizik od dugotrajnog sjedenja. Ove aktivnosti su

niskog do umjerenog intenziteta na razini od 45-55% HRmax. Osim toga, zamjena vremena provedenog u sjedenju stajanjem (2,5 sata dnevno) i lagana šetnja (2,2 sata dnevno) preporučuju se osobama niske KRS.

Važno je individualizirati program vježbanja, a ukoliko postoje zdravstveni problemi, odnosno komplikacije šećerne bolesti, konzultirati se s liječnikom prije početka bilo kojeg programa vježbanja (Syeda i sur., 2023).

## LITERATURA

1. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes--2010. *Diabetes Care*. 2010 Jan;33 Suppl 1(Suppl 1):S11-61. doi: 10.2337/dc10-S011. Erratum in: *Diabetes Care*. 2010 Mar;33(3):692. PMID: 20042772; PMCID: PMC2797382.
2. Baldi JC, Snowling N. Resistance training improves glycaemic control in obese type 2 diabetic men. *Int J Sports Med*. 2003 Aug;24(6):419-23. doi: 10.1055/s-2003-41173. PMID: 12905089.
3. Boye KS, Ford JH, Thieu VT, Lage MJ, Terrell KA. The Association Between Obesity and the 5-Year Prevalence of Morbidity and Mortality Among Adults with Type 2 Diabetes. *Diabetes Ther*. 2023 Apr;14(4):709-721. doi: 10.1007/s13300-023-01384-7. Epub 2023 Feb 23. PMID: 36820959; PMCID: PMC9948793.
4. Cai, L., Gonzales, T., Wheeler, E. et al. Causal associations between cardiorespiratory fitness and type 2 diabetes. *Nat Commun* 14, 3904 (2023).
5. Church TS, Blair SN, Cocroham S, Johannsen N, Johnson W, Kramer K, Mikus CR, Myers V, Nauta M, Rodarte RQ, Sparks L, Thompson A, Earnest CP. Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2010 Nov 24;304(20):2253-62. doi: 10.1001/jama.2010.1710. Erratum in: *JAMA*. 2011 Mar 2;305(9):892. PMID: 21098771; PMCID: PMC3174102.
6. Cuff DJ, Meneilly GS, Martin A, Ignaszewski A, Tildesley HD, Frohlich JJ. Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2003 Nov;26(11):2977-82. doi: 10.2337/diacare.26.11.2977. PMID: 14578226.
7. Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, De Courten M, Shaw J, Zimmet P. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2002 Oct;25(10):1729-36. doi: 10.2337/diacare.25.10.1729. PMID: 12351469.
8. Droumaguet C, Balkau B, Simon D, Caces E, Tichet J, Charles MA, Eschwege E; DESIR Study Group. Use of HbA1c in predicting progression to diabetes in French men and women: data from an Epidemiological Study on the Insulin Resistance Syndrome (DESIR). *Diabetes Care*. 2006 Jul;29(7):1619-25. doi: 10.2337/dc05-2525. PMID: 16801588.
9. Flegal KM, Carroll MD, Kit BK, Ogden CL. Prevalence of obesity and trends in the distribution of body mass index among US adults, 1999-2010. *JAMA*. 2012 Feb 1;307(5):491-7. doi: 10.1001/jama.2012.39. Epub 2012 Jan 17. PMID: 22253363.



10. Gilstrap LG, Chernew ME, Nguyen CA, Alam S, Bai B, McWilliams JM, Landon BE, Landrum MB. Association Between Clinical Practice Group Adherence to Quality Measures and Adverse Outcomes Among Adult Patients With Diabetes. *JAMA Netw Open*. 2019 Aug 02;2(8):e199139.
11. Houmard JA, Tanner CJ, Slentz CA, Duscha BD, McCartney JS, Kraus WE. Effect of the volume and intensity of exercise training on insulin sensitivity. *J Appl Physiol* (1985). 2004 Jan;96(1):101-6. doi: 10.1152/jappphysiol.00707.2003. Epub 2003 Sep 12. PMID: 12972442.
12. <https://www.hzjz.hr/sluzba-epidemiologija-prevencija-nezaraznih-bolesti/odjel-za-koordinaciju-i-provodenje-programa-i-projekata-za-prevenciju-kronicnih-nezaraznih-bolest/dijabetes/>
13. Iaccarino G, Franco D, Sorriento D, Strisciuglio T, Barbato E, Morisco C. Modulation of Insulin Sensitivity by Exercise Training: Implications for Cardiovascular Prevention. *J Cardiovasc Transl Res*. 2021 Apr;14(2):256-270. doi: 10.1007/s12265-020-10057-w. Epub 2020 Jul 31. PMID: 32737757; PMCID: PMC8043859.
14. International Expert Committee. (2009). "International Expert Committee report on the role of the A1C assay in the diagnosis of diabetes." *Diabetes Care*, 32(7), 1327-1334.
15. Kanaley JA, Colberg SR, Corcoran MH, Malin SK, Rodriguez NR, Crespo CJ, Kirwan JP, Zierath JR. Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*. 2022 Feb 1;54(2):353-368. doi: 10.1249/MSS.0000000000002800. PMID: 35029593; PMCID: PMC8802999.
16. Klobučar Majanović, S. (2018). 'Dijabetes i debljina – začarani krug', *Medicus*, 27(1 Debljina i ...), str. 33-38. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/199416>
17. La Grasta Sabolić L, Cigrovski Berković M. RELATIONSHIP BETWEEN CARDIORESPIRATORY FITNESS, INSULIN RESISTANCE AND METABOLIC HEALTH OF OBESE CHILDREN AND ADOLESCENTS: THE ROLE OF PHYSICAL ACTIVITY. *Hrvat Športskomedicin Vjesnik* 2022; 37:93-101.
18. Lindström, J., Ilanne-Parikka, P., Peltonen, M., Aunola, S., Eriksson, J. G., Hemiö, K., ... & Tuomilehto, J. (2006). Sustained reduction in the incidence of type 2 diabetes by lifestyle

intervention: follow-up of the Finnish Diabetes Prevention Study. *The Lancet*, 368(9548), 1673-1679.

19. Maiorana A, O'Driscoll G, Goodman C, Taylor R, Green D. Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*. 2002 May;56(2):115-23. doi: 10.1016/s0168-8227(01)00368-0. PMID: 11891019.
20. Rodbard, D. (2013). Clinical interpretation of indices of quality of glycemic control and variability. *Postgraduate Medicine*, 125(4), 107-117.
21. Savikj M, Gabriel BM, Alm PS, Smith J, Caidahl K, Björnholm M, Fritz T, Krook A, Zierath JR, Wallberg-Henriksson H. Afternoon exercise is more efficacious than morning exercise at improving blood glucose levels in individuals with type 2 diabetes: a randomized crossover trial. *Diabetologia*. 2019 Feb;62(2):233-237. doi: 10.1007/s00125-018-4767-z. Epub 2018 Nov 13. PMID: 30426166; PMCID: PMC6323076.
22. Service, F. J. (2013). Glucose variability. *Diabetes*, 62(5), 1398-1404.
23. Siegelaar, S. E., Holleman, F., Hoekstra, J. B., & DeVries, J. H. (2010). Glucose variability; does it matter? *Endocrine Reviews*, 31(2), 171-182.
24. Syeda, Afsheen, Battillo, Daniel, Visaria, Aayush, i Malin, Steven K. (2023). "The importance of exercise for glycemic control in type 2 diabetes." *American Journal of Medicine Open*, Volume 9, 100031. ISSN 2667-0364. <https://doi.org/10.1016/j.ajmo.2023.100031>.
25. Štraus B, Petlevski R. Ugljikohidrati. U: Štrausova Medicinska biokemija. Štraus B, urednik, Zagreb, Medicinska naklada, 2009.
26. Turner R, Cull C, Frighi V, Holman RR: Glycemic control with diet, sulfonylurea, metformin, or insulin in patients with type 2 diabetes mellitus: progressive requirements for multiple therapies (UKPDS 49). *JAMA* 1999; 281:2005-12.
27. Vučić Lovrenčić, Marijana Klinička biokemija šećerne bolesti // Klinička biokemija i molekularna dijagnostika u kliničkoj praksi / Sertić, Jadranka i sur. (ur.). Zagreb: Medicinska naklada, 2015. str. 364-373
28. Wellen, K. E., & Hotamisligil, G. S. (2005). Inflammation, stress, and diabetes. *Journal of Clinical Investigation*, 115(5), 1111-1119.

