Utjecaj kratkotrajnog maksimalnog sprinta na hipoglikemiju kod dijabetesa tip 1

Mikačić, Matija

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:539501

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

prehrambeno biotehnološki fakultet

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski studij Nutricionizam

Matija Mikačić

7136/N

UTJECAJ KRATKOTRAJNOG MAKSIMALNOG SPRINTA NA HIPOGLIKEMIJU KOD DIJABETESA TIP 1

ZAVRŠNI RAD

Predmet: Prehrana sportaša i vojnika

Mentor: izv. prof. dr. sc. Zvonimir Šatalić

Zagreb, 2018.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno biotehnološki fakultet

Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam

Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda

Laboratorij za znanost o prehrani

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Nutricionizam

UTJECAJ KRATKOTRAJNOG MAKSIMALNOG SPRINTA NA HIPOGLIKEMIJU KOD DIJABETESA TIP 1

Matija Mikačić, 0058207138

Sažetak: Hipoglikemija je jedan od najvećih problema s kojim se susreću tjelesno aktivne osobe oboljele od dijabetesa tip 1.Nova potencijalna metoda prevencije hipoglikemije je kratkotrajni maksimalni sprint (u trajanju od 4 do 10 sekundi). U ovom radu sprint kao metoda prevencije hipoglikemije je testiran u stvarnim uvjetima na dvojici rekreativaca oboljelih od dijabetesa tip 1. Kod ispitanika 1 pad koncentracije glukoze u krvi neposredno nakon aktivnosti u tjednu kada se izvodio sprint iznosio je 0.8 mmol/L, a u tjednu kada se nije izvodio sprint 1.4 mmol/L. Kod ispitanika 2 pad koncentracije glukoze u krvi neposredno nakon aktivnosti u tjednu kada se izvodio sprint iznosio je 3.8 mmol/L, a u tjednu kada se nije izvodio sprint iznosio je 3.9 mmol/L. Svaka tjelesno aktivna osoba s dijabetesom tip 1 bi trebala isprobati sprint kao metodu prevencije hipoglikemije izazvane tjelesnom aktivnosti.

Ključne riječi: dijabetes tip 1, hipoglikemija, sprint

Rad sadrži: 28 stranica, 2 slike, 7 tablica, 54 literaturna navoda, 0 priloga

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: izv. prof. dr. sc. Zvonimir Šatalić

Datum obrane: 9.srpnja 2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb

Faculty of Food Technology and Biotechnology

University undergraduate study Nutrition

Department of Food Quality Control

Laboratory for Nutrition Science

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Nutrition

SHORT MAXIMAL SPRINT AND HYPOGLYCEMIA IN DIABETES TYPE 1

Matija Mikačić, 0058207138

Abstract: Hypoglycemia is the major issue among physically active individuals with type 1 diabetes. There is a emerging method of preventing hypoglycemia: short maximal sprint (in duration from 4 to 10 seconds). In this study sprint as a method of preventing hypoglycemia was tested in real conditions with two recreational athletes with type 1 diabetes. In the first case, a drop in blood glucose concentration immediately after the activity during the week when the sprint was performed was 0.8 mmol /L. During the week when the sprint was not performed, the glucose concentration decreased by 1.4 mmol/L. In the second case, a drop in blood glucose concentration immediately after the activity during the week when sprint was performed was 3.8 mmol/L, and during the week when the sprint was not performed was 3.9 mmol/L. Recretional athletes with type 1 diabetes might profit from a practice of a sprint as a method of preventing physical activity induced hypoglycemia.

Keywords: diabetes type 1, hypoglycemia, sprint

Thesis contains: 28 pages, 2 figures, 7 tables, 54 references, 0 supplements

Orginal in: Croatian

Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: Zvonimir Šatalić, PhD, Associate Professor

Defence Date : July 9th, 2018

Sadržaj

1. UVOD 1

2. TEORIJSKI DIO 2

2.1 DIJABETES TIP 1 2

2.2 INZULIN 2

2.2.1 DJELOVANJE INZULINA NA METABOLIZAM 3

2.2.2 ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA LUČENJE INZULINA 3

2.2.2.1 AMINOKISELINE 4

2.2.2.2 SLOBODNE MASNE KISELINE 4

2.2.2.3 INKRETINI 4

2.2.3 EGZOGENI INZULIN 4

2.2.4 INZULINSKE PUMPE 5

2.3 TJELESNA AKTIVNOST I DIJABETES TIP 1 6

2.3.1 METABOLIČKI ODGOVOR NA TJELESNU AKTIVNOST 7

2.3.2 UTJECAJ VRSTE, INTENZITETA I TRAJANJA TJELESNE AKTIVNOSTI 8

2.4 HIPOGLIKEMIJA 10

2.4.1 UNOS UGLJIKOHIDRATA I REŽIM INZULINA PRIJE TJELESNE AKTIVNOSTI 11

2.4.2 KRATKOTRAJNI MAKSIMALNI SPRINT KAO METODA PREVENCIJE HIPOGLIKEMIJE 13

3. ISPITANICI I METODE 16

3.1 ISPITANICI 16

3.2 METODE 17

4. REZULTATI I RASPRAVA 19

4.1 REZULTATI 19

4.2 RASPRAVA 21

5. ZAKLJUČAK 23

6. LITERATURA 24

1. UVOD

Osnovni tipovi dijabetesa su dijabetes tip 1, dijabetes tip 2 te gestacijski dijabetes. Dijabetes tip 1 nastaje kao posljedica autoimunog oštećenja beta stanica gušterače koje više nisu sposobne proizvoditi inzulin. Dijabetes tip 2 nastaje kada receptori ne reagiraju na inzulin što je tzv. inzulinska rezistencija ili gušterača smanjeno proizvodi inzulin. Gestacijski dijabetes se javlja za vrijeme trudnoće kada je zbog promijenjenog metabolizma ugljikohidrata potreba za inzulinom veća.

Dijabetes tipa 2 često se povezuje s pretilošću te neadekvatnom tjelesnom aktivnosti. Sportaši s dijagnosticiranim dijabetesom tipa 2 su najčešće rekreativci (Shugart i sur.,2010). Dijabetičari kojima je dijagnosticiran dijabetes tipa 1 su najčešće mršavi, dijagnoza im je postavljena u mladosti te sudjeluju u sportu od rekreativne do vrhunske razine (Shugart i sur., 2010). Iako su mnogi dijabetičari tipa 1 uspješni sportaši na vrhunskoj razini pred njih je stavljen veći izazov nego pred sportaše na istoj razini koji ne boluju od dijabetesa. Sportaši s dijabetesom tipa 1 moraju neprestano voditi brigu o razini glukoze u krvi, o unosu ugljikohidrata te o unosu egzogenog inzulina. Pred njima je zahtjevan zadatak da usklade davanje egzogenog inzulina s potrebama za energijom kako bi izbjegli hiper- ili hipoglikemiju (Gallen, 2012). Hipoglikemija je izrazito zahtjevno stanje koje se može pojaviti tijekom tjelesne aktivnosti ili tijekom odmora čak do 31 sat nakon tjelesne aktivnosti (Guelfi i sur., 2005a). Posebno je opasno ukoliko se hipoglikemija javi tijekom noći. Kako bi se spriječila hipoglikemija nakon tjelesne aktivnosti istražuju se nove metode, a jedna od njih je i kratkotrajni maksimalni sprint (Guelfi i sur.,2005a; Bussau i sur.,2006; Bussau i sur.,2007). Uključivanje kratke eksplozivne aktivnosti visokog intenziteta gdje je bitan anaerobni metabolizam može imati važnu ulogu u sprječavanju hipoglikemije nakon tjelesne aktivnosti. Kratkotrajni maksimalni sprint se može izvoditi prije (Bussau i sur., 2007), nakon (Bussau i sur., 2006) te za vrijeme tjelesne aktivnosti (Guelfi i sur., 2005a; Iscoe i Riddell, 2011; Maran i sur., 2010). Ova metoda djeluje na hipoglikemiju nakon, ali ne i za vrijeme tjelesne aktivnosti.

U ovom radu je opisan kratkotrajni maksimalni sprint kao metoda sprječavanja hipoglikemije kod sportaša s dijabetesom tip 1. Promatrana je koncentracija glukoze u krvi tijekom i nakon tjelesne aktivnosti bez upotrebe metode kratkotrajnog maksimalnog sprinta te prilikom upotrebe metode kratkotrajnog maksimalnog sprinta prije tjelesne aktivnosti. Promatrana je i percepcija napora nakon tjelesne aktivnosti bez upotrebe metode kratkotrajnog maksimalnog sprinta te nakon tjelesne aktivnosti s upotrebom metode kratkotrajnog maksimalnog sprinta.

2. TEORIJSKI DIO

2.1 DIJABETES TIP 1

Dijabetes tipa 1 je autoimuna metabolička bolest koja nastaje razaranjem beta stanica Langerhansovih otočića gušterače. Početak bolesti se najčešće javlja tijekom mladosti (Shugart i sur., 2010). Simptomi bolesti su: učestalo mokrenje, prekomjerna žeđ i suhoća usta, neprestana glad, neprestan umor, slabost, nagli gubitak tjelesne mase, smetnje vida. Dijabetes tipa 1 karakterizira relativni ili apsolutni nedostatak inzulina (Lisle i Trojian, 2006) te osoba kojoj je dijagnosticirana ova bolest mora unositi inzulin egzogeno. Stoga se često ova bolest naziva inzulin-ovisni dijabetes. Ukoliko se inzulin ne unosi egzogeno, dolazi do povećanja omjera glukagona u odnosu na inzulin. Glukagon je hormon koji ima antagonističko djelovanje u odnosu na inzulin. Visoki omjer glukagona u odnosu na inzulin uzrokovat će povišenu proizvodnju glukoze u jetri te njeno otpuštanje u krvotok (Berg i sur., 2013). Tijekom bolesti razina glukoze u krvi može iznositi čak 65 mmol/L, a pri koncentraciji glukoze u krvi većoj od 10 mmol/L doći će njenog izlučivanja putem mokraće (Guyton i Hall, 2003). Prema podacima Hrvatskog saveza dijabetičkih udruga od ovog tipa dijabetesa obolijeva 10 % od ukupnog broja oboljelih (HSDU-www.dijabetes.hr). Svi oboljeli, a pogotovo sportaši se susreću s brojnim izazovima. Komplikacije do kojih može doći su koronarna bolest srca, periferne vaskularne bolesti, autonomna neuropatija, periferna neuropatija, dijabetička retinopatija, dijabetička nefropatija te ortopedske komplikacije kao npr. dijabetičko stopalo (Shugart i sur., 2010).

2.2 INZULIN

Inzulin je peptidni hormon kojega kod zdravih osoba proizvode beta stanice gušterače. Građen je od aminokiselina i to od dva lanca koji su međusobno povezani disulfidnim mostovima, a ukoliko se disulfidni mostovi prekinu inzulin gubi svoje djelujuće svojstvo. Nastajanje inzulina je složeni proces koji se odvija u nekoliko koraka. Prvo na ribosomima koji su pričvršćeni na endoplazatsku mrežicu nastaje inzulinski preprohormon koji se nakon toga u endoplazmatskoj mrežici razgrađuje na proinzulin koji se zatim u najvećem dijelu u Golgijevom aparatu razgrađuje na inzulin (Guyton i Hall, 2003). Budući da poluvijek inzulina iznosi 6 minuta, on se u krvotoku zadržava vrlo kratko (10-15 min), a to svojstvo je bitno za održavanje homeostaze jer ponekad je potrebno brzo ukloniti inzulin iz krvotoka (Guyton i Hall, 2003). Inzulin koji se ne veže na stanične receptore razgrađuje enzim inzulinaza koji se u najvišoj koncentraciji nalazi u jetri, a u manjoj u mišićima te bubrezima (Guyton i Hall, 2003).

2.2.1 DJELOVANJE INZULINA NA METABOLIZAM

U slobodnom govoru inzulin se najčešće povezuje s metabolizmom ugljikohidrata, ali on uvelike djeluje i na metabolizam lipida te proteina. Inzulin je anabolički hormon što znači da u ljudskom organizmu djeluje na procese izgradnje, odnosno na metaboličke puteve kojima iz manjih, jednostavnijih molekula nastaju složene, kompleksne molekule. Inzulin djeluje tako da ubrzava ulazak glukoze u mišićne stanice, potiče nastajanje glikogena (glikogeneza) u mišićima i jetri te stvaranje i pohranu masti (lipogenezu) u jetri i masnom tkivu (Gamulin i sur.,2002). Na metabolizam proteina inzulin djeluje tako što potiče transport aminokiselina u mišićne stanice te povećava translaciju glasničke mRNA, a to sve dovodi do sinteze proteina (Guyton i Hall, 2003; Gamulin i sur., 2002). Istovremeno inzulin koči kataboličke procese kao što su lipoliza, proteoliza te glikogenoliza. U nedostatku inzulina dolazi do smanjenog iskorištenja glukoze tj. do smanjenog prijenosa u mišićne stanice, povećanog otpuštanja glukoze iz jetre u krvotok zbog povećane glikogenolize i glukoneogeneze, pojačane razgradnje pohranjene masti i oslobađanja slobodnih masnih kiselina koje sada služe kao glavni izvor energije te razgradnje proteina i oslobađanja aminokiselina u plazmu (Guyton i Hall, 2003; Gamulin i sur., 2002).

2.2.2 ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA LUČENJE INZULINA

Na lučenje inzulina u organizmu prvenstveno će utjecati porast koncentracije glukoze u krvi. Nakon što se poveća koncentracija glukoze u krvi ubrzo će doći do porasta inzulina jer će se već stvoreni osloboditi iz beta stanica gušterače. Osim koncentracije glukoze u krvi na lučenje inzulina djeluju i drugi čimbenici, kao što su: aminokiseline, hormoni, autonomni živčani sustav, masne kiseline, acetilkolin, glukagonu sličan peptid 1 (GLP-1), želučani inhibicijski peptid (GIP) te čimbenici koji djeluju na razini transkripcije i translacije gena (Guyton i Hall, 2003; Wilcox, 2005). U nastavku rada biti će obrađeni neki od navedenih.

2.2.2.1 AMINOKISELINE

Aminokiseline su jedan od čimbenika koji potiče lučenje inzulina potaknuto glukozom. Glutamin u kombinaciji s leucinom pojačava glukozom potaknuto lučenje inzulina (Fu i sur., 2013). Arginin i lizin također snažno djeluju na lučenje inzulina. Arginin poboljšava osjetljivost organizma na inzulin te njegovo lučenje, a može pomoći i u prevenciji pojave dijabetesa (Monti i sur., 2017; Wu i sur., 2009).

2.2.2.2 SLOBODNE MASNE KISELINE

Akutno povećanje koncentracije slobodnih masnih kiselina u plazmi može pozitivno djelovati te pojačati lučenje inzulina potaknuto glukozom (Wilcox, 2005). Kronično povećanje koncentracije slobodnih masnih kiselina u organizmu može smanjiti lučenje inzulina potaknuto glukozom te također inhibira biosintezu inzulina te povećava stupanj lučenja proinzulina (Grill i Qvigstald, 2000).

2.2.2.3 INKRETINI

Crijevna stijenka može biti čimbenik koji stimulira lučenje inzulina (McIntyre i sur., 1965). Lučenje inkretina uzrokovat će hrana u probavnom traktu. Inkretini pojačavaju glukozom potaknuto lučenje inzulina (Wilcox, 2005). Glukagonu sličan peptid 1 (GLP-1) te želučani inhibicijski peptid (GIP) su najznačajniji inkretini pri čemu GIP ima najsnažnije djelovanje (Wilcox,2005; Guyton i Hall, 2003).

2.2.3 EGZOGENI INZULIN

Dijabetes tipa 1 zahtjeva primjenu inzulinske terapije (Piljac i Metelko, 2009). Inzulini koji se danas koriste su najčešće humani inzulini dobiveni procesom genetskog inženjerstva, a dijele se na ultrakratkodjelujuće, kratkodjelujuće, srednjedugodjelujuće, dugodjelujuće i na inzulinske analoge s bifazičnim djelovanjem (Piljac i Metelko, 2009). Režim inzulina mora se prilagoditi koncentraciji glukoze u krvi, tendenciji glukoze u krvi da raste i pada, odnosno tendenciji k hipo- ili hiperglikemiji, količini ugljikohidrata koji su uneseni tijekom obroka te intenzitetu i duljini trajanja tjelesne aktivnosti. Posebnu pozornost na prilagodbu režima inzulina trebaju obratiti sportaši jer doze inzulina kod njih uvelike ovise o tjelesnoj aktivnosti. Ukoliko je doziranje inzulina pogrešno može doći do hiperinzulinemije, odnosno do povećanja koncentracije inzulina u krvi. Ovo stanje je izrazito opasno ukoliko se u njemu započne tjelesna aktivnost jer će ubrzo doći do pada glukoze u krvi tj. do stanja hipoglikemije. Nije svejedno ni gdje se inzulin aplicira. Apsorpciju inzulina te njegov početak djelovanja može

ubrzati lokalno povišenje temperature (zagrijavanje) i/ili masaža oko područja aplikacije (Calvo-Marin i sur., 2017). Apsorpcija inzulina koji je apliciran u nogu biti će ubrzana ukoliko se izvode vježbe za noge (Koivisto i Felig,1978). Također, zapaženo je da se hipoglikemija koja nastaje kao posljedica vježbanja može smanjiti ukoliko se inzulin aplicira u neaktivirani dio tijela (Koivisto i Felig, 1978). Prilagodba doziranja inzulina varira od pojedinca do pojedinca te pronalaženje odgovarajućeg režima se svodi na metodu pokušaja i pogrešaka uz konstantno praćenje koncentracije glukoze u krvi (Shugart i sur.,2010). Ovaj je proces dugotrajan, te je ponekad potrebna godina dana ili čak dulje za ovladavanje.

2.2.4 INZULINSKE PUMPE

Inzulinske pumpe su način injektiranja egzogenog inzulina u krvotok. One najbolje oponašaju normalnu funkciju gušterače jer neprestano i kontinuirano tijekom 24 sata ispuštaju inzulin u krvotok. Također, pacijent može vrlo lako podesiti doziranje inzulina prema svojim potrebama. Kao nedostaci korištenja ove metode ističu se lokalne infekcije, malfunkcije pumpe, lokalizirana distrofija te sudjelovanje u kontaktnim sportovima kada bi se pumpa morala skidati da ne bi došlo do njenog oštećenja (Shugart i sur., 2010). Inzulin je osjetljiv na temperaturu te pri visokim ili niskim temperaturama gubi djelovanje što može posljedično dovesti do hiperglikemije, ukoliko se ne uoči na vrijeme. Do negativnog utjecaja na njega može doći kada se trenira na visokim ili niskim temperaturama, a osim vanjske temperature veliki utjecaj ima i tjelesna temperatura jer je pumpa u neposrednom kontaktu s tijelom (Lisle i Trojian, 2006; Yardley i Colberg, 2017). Također, znoj može utjecati na pomicanje pumpe što može ometati sportaša prilikom sportske izvedbe (Lisle i Trojian, 2006). Tijekom kontaknog sporta, plivanja ili tuširanja pumpa se može skinuti na period ne duži od 2 sata jer ukoliko nema isporuke inzulina više od 2 sata vrlo brzo može doći do ketoacidoze (Prašek i Jakir, 2009). Tjelesna aktivnost s uključenom pumpom izlaže korisnika većim dozama inzulina što može dovesti do hiperinzulinemije te odgođene hipoglikemije koja se češće pojavljuje nego hipoglikemija za vrijeme tjelesne aktivnosti (Admon i sur.,2005). Kako bi se smanjio rizik od nastanka hipoglikemije za vrijeme ili nakon tjelesne aktivnosti potrebno je smanjiti dozu bazalnog inzulina prije, za vrijeme te poslije tjelesne aktivnosti (Sonnenberg i sur.,1990).

2.3 TJELESNA AKTIVNOST I DIJABETES TIP 1

Utjecaj tjelesne aktivnosti na dijabetes tip 1 nije u potpunosti razjašnjen te se na tu temu provode mnoga istraživanja (Šatalić i sur., 2016). Poveznica između tjelesne aktivnosti i prevencije dijabetesa tip 1 te izravnog utjecaja na smanjenje glikoliziranog hemoglobina (HbA1C) nije pronađena (Lisle i Trojian, 2006). Tjelesna aktivnost će imati utjecaj na redukciju rizika od razvoja kardiovaskularnih bolesti te na poboljšanje ukupnog zdravstvenog statusa (Šatalić i sur., 2016). Redovita tjelesna aktivnost povećati će oksidativni kapacitet, gustoću kapilara u mišićima te metabolizam lipida (Colberg i sur., 2016). Tjelesna aktivnost će povećati osjetljivost na inzulin što može rezultirati smanjenim potrebama za egzogenim inzulinom (Wasserman i Zinman, 1994). Redovita tjelesna aktivnost je bitan čimbenik za održavanje idealne tjelesne mase, a to sve može poboljšati samopouzdanje te utjecati pozitivno na brigu o sebi i kontrolu bolesti te u konačnici poboljšati kvalitetu života (Wasserman i Zinman, 1994; Lisle i Troijan, 2006). Istraživanje provedeno na Zavodu za endokrinologiju KBC-a Zagreb pokazalo je da 87,5 % ispitanika spada u skupinu visoko i umjereno tjelesno aktivnih osoba, pri čemu je prosječna dob ispitanika bila 33 godine (Kovač Durmiš i sur., 2013). Ovo ukazuje na velik broj osoba mlađe životne dobi s dijabetesom tip 1 koji su tjelesno aktivni te koji na taj način mogu prevenirati daljnje komplikacije i smanjiti čimbenike razvoja kroničnih bolesti. Za razliku od opće populacije populacija s dijabetesom tip 1 mora paziti na drugačiji metabolički odgovor svog organizma te na režim egzogenog inzulina koji unesen u deficitu može izazvati hiperglikemiju i ketozu, a u suficitu može dovesti do hipoglikemije (Wasserman i Zinman, 1994). Osim ovih poremećaja povezanih s fluktuacijom glukoze u krvi vježbanje može utjecati na razvoj komplikacija (Šatalić i sur., 2016). Posebna pozornost se mora usmjeriti na pojedince koji od dijabetesa tip 1 boluju više od 15 godina (Wasserman i Zinman, 1994). Pojedinci koji uz dijabetes boluju od retinopatije i/ili nefropatije trebali bi izbjegavati tjelesne aktivnosti velikog intenziteta, posebno izometrične kontrakcije, jer takve aktivnosti povećavaju krvni tlak te mogu ubrzati razvoj retinopatije (Wasserman i Zinman, 1994; Peirce, 1999). Preporuke za tjelesnu aktivnost trebaju biti individualne budući da na izvedbu i zdravlje utječe velik niz čimbenika: količina i vrijeme aplikacije egzogenog inzulina, unos hrane, prisutnost s dijabetesom povezanih komplikacija, dob te intenzitet, vrsta i trajanje tjelesne aktivnosti (Yardley i Colberg, 2017; Colberg i sur., 2016).

2.3.1 METABOLIČKI ODGOVOR NA TJELESNU AKTIVNOST

Tjelesna aktivnost je obavljanje rada, a za obavljanje rada potrebna je energija. Glavni izvor energije u ljudskom organizmu je adenozin trifosfat (ATP). Uz adenozin trifosfat (ATP) bitan je i kreatin-fosfat te ove dvije molekule predstavljaju polazni izvor energije tijekom tjelesne aktivnosti (Lisle i Trojian,2006). Kreatin fosfat će kao donor fosfatne skupine sudjelovati u obnovi ATP-a iz molekule adenozin difosfata (ADP-a), a to će osigurati energiju za kratkotrajnu visoko intenzivnu aktivnost. Glavni izvori za sintezu ATP-a su glukoza u krvi, mišićni glikogen, slobodne masne kiseline te intramuskularni trigliceridi (Gallen, 2012). Uz potrošnju zaliha glikogena pri anaerobnim uvjetima dolazi do stvaranja laktata koji će u konačnici negativno djelovati na mišićni rad te ograničiti izvođenje tjelesne aktivnosti (Baretić,2017; Gallen,2005). Prednost stvaranja laktata može biti u tome što će se laktat koristi kao energija za srce i neaktivne mišiće, a dio će se u jetri iskoristiti za stvaranje glukoze. Kod dugotrajne tjelesne aktivnosti (60-90 min) organizam će koristiti slobodne masne kiseline kao primarni izvor energije (Lisle i Trojian, 2006). Omjer potrošnje glukoze i slodobnih masnih kiselina kao izvora energije ovisit će o dostupnosti kisika, vrsti te intenzitetu tjelesne aktivnosti (Baretić, 2017). Kao odgovor na tjelesnu aktivnost u organizmu dolazi do pojačane glukoneogeneze zbog smanjenja razine inzulina u plazmi te lučenja antagonističkih hormona kao što su glukagon, kortizol te hormon rasta (Lisle i Trojian, 2006; Baretić, 2017). Kod osoba s dijabetesom tip 1 metabolički i hormonalni odgovor biti će drugačiji nego kod zdravih pojedinaca. Ovo se prvenstveno odnosi na koncentraciju glukoze, ali i na antagonističke hormone. Kod zdravih pojedinaca tijekom tjelesne aktivnosti se povećava koncentracija hormona rasta, adrenalina te kortizola. Povećanje razine adrenalina i kortizola proporcionalno je intenzitetu tjelesne aktivnosti. Razina inzulina će tijekom aerobne aktivnosti krenuti opadati oko 10. minute nakon početka akrivnosti te će nastaviti taj trend sljedećih 70 minuta. Glukagon će se krenuti izlučivati između 20. i 30. minute nakon početka aktivnosti kada razina glukoze u krvi padne te je potrebno mobilizirati zalihe glikogena iz jetre. Odgovor antagonističkih hormona na tjelesnu aktivnost kod osoba s dijabetesom tip 1 prikazan je u tablici 1 (Gallen, 2014).

Tablica 1. Hormonalni odgovor na tjelesnu aktivnost kod osoba s dijabetesom tip 1(Gallen, 2014).

Hormonalni odgovor u odnosu na bazalni odgovor	Izdržljivost (aerobna tjelesna aktivnost)	Intenzivna tjelesna aktivnost (anaerobno)	Odmor
Inzulin	↔ ili ↑	↔ ili ↑	↔ ili ↑
Glukagon	↔ ili ↑	↔ ili ↑	↑ ili ↑↑
Katekolamini	↑	↑↑↑	↓
Hormon rasta	↔	↑	↔
Kortizol	↔	↑	↔

Iz tablice 1. vidljivo je da je odgovor antagonističkih hormona tijekom intenzivne anaerobne tjelesne aktivnosti veći nego tijekom aerobnih treninga izdržljivosti.

2.3.2 UTJECAJ VRSTE, INTENZITETA I TRAJANJA TJELESNE AKTIVNOSTI

Tjelesnu aktivnost možemo pojednostavljeno podijeliti na aerobnu i anaerobnu. Aerobna tjelesna aktivnost obuhvaća ponovljene te kontinuirane pokrete velikih mišićnih skupina kao što su trčanje, bicikliranje, brzo hodanje, ples i sl. Ovakva vrsta aktivnosti povećava kardiorespiratornu izdržljivost, smanjuje inzulinsku rezistenciju, povećava mitohondrijsku gustoću i količinu oksidacijskih enzima te poboljšava razinu lipida i endotelnu funkciju (Colberg i sur., 2016). Bitno je spomenuti i vježbe fleksibilnosti koje poboljšavaju opseg pokreta u pojedinom zglobu ili skupini zglobova što može smanjiti rizik od ozljede ili poboljšati izvedbu u određenim aktivnostima. Anaerobna tjelesna aktivnost se odnosi na vježbe snage koje uključuju vježbanje s utezima ili s težinom vlastitog tijela, a uključuju dizanje utega, sklekove, sprintove, čučnjeve i sl. Prednosti ovakve vrste aktivnosti su mnogobrojne te uključuju povećanu mišićnu masu, veću mišićnu snagu, poboljšanu psihičku funkciju te mentalno zdravlje, povećanu mineralnu gustoću kostiju, poboljšanu inzulinsku osjetljivost, krvni tlak te kardiovaskularno zdravlje (Colberg i sur., 2016; Yardley i sur., 2013a). Osim ovih navedenih prednosti kod osoba s dijabetesom tip 1 vježbe snage mogu pomoći u smanjenju rizika od razvoja hipoglikemije potaknute tjelesnom aktivnosti. Aerobna tjelesna aktivnost u odnosu na vježbe snage uzrokuje brži pad razine glukoze u krvi te zahtjeva veći unos ugljikohidrata za vrijeme te nakon aktivnosti (Yardley i sur., 2012). Za razliku od aerobne tjelesne aktivnosti, vježbe snage uzrokuju manji pad glukoze u krvi tijekom tjelesne aktivnosti te je također razina glukoze u krvi nakon aktivnosti relativno stabilna (Yardley i sur., 2013a). Tjelesna aktivnost se u većini slučajeva sastoji od

kombinacije aerobnih te anaerobnih aktivnosti stoga se postavlja pitanje na koji način kombinirati ove dvije vrste tjelesne aktivnosti kako bi utjecaj na razinu glukoze u krvi bio optimalan. Dokazano je da kombinacija izvođenja vježbi snage, a zatim aerobne aktivnosti poboljšava stabilnost glukoze u krvi za vrijeme aktivnosti te smanjuje pojavu hipoglikemije nakon tjelesne aktivnosti (Yardley, 2012). Kada se prvo izvodila aerobna aktivnost pa zatim vježbe snage hipoglikemije koje su nastajale poslije tjelesne aktivnosti trajale su duže i bile su ozbiljnije u odnosu na hipoglikemije koje su nastale nakon kombinacije vježbi snage s aerobnim aktivnostima (Yardley, 2012). Ukoliko kombiniramo anaerobnu i aerobnu tjelesnu aktivnost visokog intenziteta brzina stvaranja glukoze može biti veća nego njeno iskorištenje, pa ukoliko navedena aktivnost potraje duže od 12 minuta može doći do hiperglikemije izazvane tjelesnom aktivnosti (Yardley i sur., 2012). Visoko intenzivna aktivnost u odnosu na umjerenu uzrokuje brži porast razine antagonističkih hormona (Yardley i sur., 2013b). Upravo se povećana brzina stvaranja glukoze nakon visokointenzivne aktivnosti povezuje s povećanim razinama adrenalina čija se razina može povećati do čak 14 puta u odnosu na razinu tijekom mirovanja (Bussau i sur., 2006; Yardley i sur., 2012). Bitno je naglasiti da će tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta (55 % VO_2 max.) u trajanju od 75 minuta udvostručiti broj noćnih hipoglikemija u odnosu na dane kada se ne provodi tjelesna aktivnost (Yardley, 2013b). Ukoliko se vježbe snage izvode nakon osmosatnog noćnog posta bez davanja brzo djelujućeg inzulina prija početka aktivnosti neće doći do pojave hipoglikemije nakon aktivnosti (Turner i sur., 2015). Odgovor glukoze u krvi može varirati u ovisnosti o tome u koje doba dana se izvode vježbe snage zbog različite koncentracije hormona te egzogenog inzulina u organizmu (Yardley i sur., 2012). Tjelesna aktivnost prije doručka može rezultirati manjim brojem hipoglikemija u odnosu na aktivnost poslije doručka. Pojedincima s tip 1 dijabetesom koji imaju učestalih problema s hipoglikemijama preporuča se tjelesna aktivnost ujutro, dok onima koji imaju problema s hiperglikemijama preporuča se aktivnost poslijepodne (Yardley i Colberg, 2017). Na ovu temu potrebno je provesti više istraživanja. Osim intenziteta i vremena na kontrolu glukoze u krvi može utjecati i volumen vježbi. Dokazano je da će jedan i/ili dva seta vježbi snage povećati razinu glukoze u krvi, a uvođenje trećeg seta vježbi će smanjiti razinu glukoze u krvi (Turner i sur., 2015). Ovo može biti jednostavan i brz način kontrole hiperglikemije koja je izazvana tjelesnom aktivnosti.

2.4 HIPOGLIKEMIJA

Hipoglikemija je pad glukoze u krvi, odnosno njeno smanjenje ispod normalnih vrijednosti. Točna vrijednost koncentracije glukoze u krvi kada nastupa hipoglikemija nije striktno određena te varira od pojedinca do pojedinca. U literaturi se nalaze različiti podaci za granične koncentracije za definiranje hipoglikemije: 4 mmol/L (Iscoe i Riddell, 2011), 3.9 mmol/L (Bjergaard i Thorsteinsson, 2017; Gallen, 2014), 3.1 mmol/L (Gejl i sur., 2018) pa sve do 2.5 mmol/L (Gamulin i sur., 2002). Kao što vidimo iz navedenog hipoglikemije se različito definiraju stoga treba pratiti kada će se te u kojem obliku očitovati simptomi što ne ovisi samo o koncentraciji glukoze u krvi nego i o brzini smanjenja njezine koncentracije (Gamulin i sur., 2012). Simptomi se mogu podijeliti u dvije skupine. Simptomi prve skupine su bljedilo, znojenje, drhtanje, lupanje srca i uznemirenost, a nastaju kao posljedica lučenja adrenalina kod naglog pada koncentracije glukoze u krvi. Simptomi druge skupine su omaglica, glavobolja, zamućenje vida, usporene kognitivne aktivnosti, zbunjenost i koma, a nastaju zbog poremećaja središnjeg živčanog sustava (Gamulin i sur., 2002). Kod sportaša i rekreativaca glavni problem koji se može pojaviti je hipoglikemija inducirana tjelesnom aktivnošću. Hipoglikemija se može pojaviti tijekom ili nakon tjelesne aktivnosti. Hipoglikemija tijekom tjelesne aktivnosti u glavnom se javlja kod aerobnih aktivnosti i to tijekom prvih 30 do 45 minuta aktivnosti. Ova hipoglikemija se najčešće javlja zbog davanja prevelike doze inzulina te započinjanja tjelesne aktivnosti u hiperinzulinemiji, zbog pogrešnog mjesta aplikacije inzulina te zbog smanjenog odgovora antagonističkih hormona. Drugi problem kod hipoglikemije koja se javlja za vrijeme vježbanja je taj što sportaš i/ili rekreativac vrlo lako može simptome hipoglikemije (glad, znojenje, umor, drhtanje, itd.) smatrati normalnom nuspojavom tjelesne aktivnosti (Gallen, 2005). Simptome teže hipoglikemije (poremećaj koordinacije, konfuzija, gubljenje svijesti) zamijetit će osobe oko sportaša, ponajprije trener, a zatim suigrači i sudac pa je potrebno raditi i na njihovoj edukaciji. Hipoglikemija može nastati i nakon tjelesne aktivnosti. To je takozvana odgođena hipoglikemija koja se javlja najčešće 6-24 sata nakon aktivnosti, ali pojava hipoglikemije zabilježena je čak 31 sati nakon aktivnosti (Lisle i Trojian, 2006; Guelfi i sur., 2005a; MacDonald, 1987). Nakon tjelesne aktivnosti zalihe mišićnog i jetrenog glikogena se obnavljaju pomoću glukoze iz krvotoka, a budući da je nakon aktivnosti osjetljivost mišića na inzulin povećana dolazi do povećanja unosa glukoze iz krvotoka u mišiće (Lisle i Trojian, 2006). Posljedično dolazi do smanjena koncentracije glukoze u krvi te do hipoglikemije. Odgođena hipoglikemija se češće javlja kada se poveća intenzitet tjelesne aktivnosti ili kada sportaš prijeđe na višu razinu natjecanja (Lisle i Troijan, 2006). Hipoglikemija značajno utječe na kognitivne sposobnosti budući da

usporava proces razmišljanja i produžuje vrijeme reakcije, a to zajedno s tjelesnim simptomima negativno utječe na sportsku izvedbu te može ugroziti zdravlje, a u krajnjem slučaju dovesti i do po život opasnih situacija. Nove tehnologije poput senzora za kontinuirano mjerenje glukoze u krvi bi mogle pomoći u prevenciji pojave hipoglikemije te na vrijeme alarmirati sportaša ukoliko dođe do pada koncentracije glukoze u krvi. Ove tehnologije nisu još do kraja usavršene te pokazuju ograničenja za korištenje koja se očituju u samoj točnosti mjerenja, iritacijama kože te problemu nošenja senzora tijekom kontaktnih sportova (Colberg i sur., 2015). Metode sprječavanja pada u hipoglikemiju se sastoje od prilagodbe unosa ugljikohidrata i inzulina prije tjelesne aktivnosti, a od novih pristupa treba istaknuti sprint prije i nakon aktivnosti te unos kofeina prije aktivnosti. Obje će metode biti detaljnije objašnjene u narednom tekstu.

2.4.1 UNOS UGLJIKOHIDRATA I REŽIM INZULINA PRIJE TJELESNE AKTIVNOSTI

Najraširenija metoda sprječavanja hipoglikemije tijekom te nakon tjelesne aktivnosti je metoda unosa ugljikohidrata prije/tijekom aktivnosti te smanjenje doze inzulina prije aktivnosti. Sveopće smjernice ne postoje te se svakom pojedincu treba pristupiti individualno. Metoda stvaranja obrasca ponašanja koji najbolje odgovara pojedincu se postiže metodom pogrešaka i pokušaja koja ponekad zna biti dugotrajna i iscrpna. Pojedine opće smjernice su dane u nastavku. Unos ugljikohidrata ovisi o vrsti aktivnosti te njenom trajanju. Pojedincima s dijabetesom tip 1 preporučuje se da nekoliko sati prije aktivnosti konzumiraju hranu bogatu ugljikohidratima niskog glikemijskog indeksa s tim da sat vremena prije aktivnosti trebaju konzumirati dodatnih 15-30 grama ugljikohidrata (Jensen, 2004; Shugart i sur., 2010). Unos ugljikohidrata treba se prilagoditi količini cirkulirajućeg inzulina u organizmu. Prije aerobne tjelesne aktivnosti niskog do umjerenog intenziteta s niskom koncentracijom cirkulirajućeg inzulina potrebno je unijeti 10-15 grama ugljikohidrata (Yardley i Colberg, 2017). Kod iste aktivnosti, ali kada je prisutna hiperinzulinemija potrebno je unijeti 30 do 60 grama ugljikohidrata po satu tjelesne aktivnosti. Povećanjem intenziteta tjelesne aktivnosti raste i potreba za ugljikohidratima koja može doseći 2g ugljikohidrata/kg tjelesne mase/satu (Gallen i sur., 2011). Pojedinci s dijabetesom tip 1 koji svakodnevno sudjeluju u tjelesnoj aktivnosti umjerenog intenziteta trebali bi težiti dnevnom unosu ugljikohidrata od 7 g/kg (Gallen i sur., 2011). Nakon aktivnosti potrebno je osigurati obnovu glikogena. Pojedincima s dijabetesom tip 1 preporučuje se unos 1.2 do 1.5 grama ugljikohidrata po kilogramu tjelesne mase po satu tijekom prvih 4 do 5 sati nakon aktivnosti (Shugart i sur.,

2010). Poželjno je da ovi ugljikohidrati budu visokog glikemijskog indeksa, a ugljikohidrati koji se konzumiraju prije početka tjelesne aktivnosti trebali bi biti niskog glikemijskog indeksa. Iako je studija iz 2004. godine pokazala kako je suplementacija ugljikohidratima važnija za prevenciju hipoglikemije nego doziranje inzulina, to nipošto ne znači da se smanjenje doze inzulina prije tjelesne aktivnosti smije zanemariti (Grimm i sur., 2004). Pojedinci koji si inzulin daju injekcijama trebali bi u dozama prije i nakon treninga smanjiti bazalni inzulin za 20 %. Uz bazalni treba se prilagoditi vrijeme davanja i količina brzodjelujućeg bolusnog inzulina koji se daje uz obrok prije početka tjelesne aktivnosti (Yardley i Colberg, 2017). Pojedinci koji koriste inzulinske pumpe trebali bi na početku aktivnosti ili čak 30 do 60 minuta prije početka aktivnosti smanjiti bazalni inzulin kako bi smanjili padove u koncentraciji glukoze. Kada aktivnost traje između 2 i 3 sata smanjenje bolusnog inzulina između 25 % do 75 % može spriječiti pojavu hipoglikemije (Yardley i Colberg, 2017). Pojedini autori smatraju kako bi se bolusni inzulin trebao smanjiti za onoliko postotaka koliko će iznositi intenzitet aktivnosti procijenjen preko VO_2 max., odnosno ukoliko VO_2 max. iznosi 75 % bolusni inzulin treba smanjiti upravo za 75 %(Rabasa-Lhoret i sur., 2001). Budući da smanjenje inzulina osim o intenzitetu ovisi i o duljini trajanja tjelesne aktivnosti detaljnije upute su dane u tablici 2.

Tablica 2. Preporuke za smanjenje bolusnog inzulina prije tjelesne aktivnosti (Colberg i sur., 2016)

Intenzitet tjelesne aktivnosti	Smanjene doze inzulina pri aktivnosti od 30 minuta	Smanjenje doze inzulina pri aktivnosti od 60 minuta
Nizak aerobni(≈ 25 % VO_2 max.)	-25%	-50%
Umjeren aerobni (≈50% VO_2 max.)	-50%	-75%
Visoki aerobni (70%-75% VO_2 max.)	-75%	Nema podataka*
Intenzivan aerobni/anaerobni (>80% VO_2 max.)	Nije preporučeno	Nema podataka*

* nema podataka budući da je intenzitet aktivnosti prevelik da bi aktivnost trajala 60 minuta

2.4.2 KRATKOTRAJNI MAKSIMALNI SPRINT KAO METODA PREVENCIJE HIPOGLIKEMIJE

Jedna od novih potencijalnih metoda za prevenciju hipoglikemije izazvane tjelesnom aktivnosti koja još nije široko raširena među sportašima te rekreativcima s dijabetesom tip 1 je kratkotrajni maksimalni sprint. Poznato je da aerobna aktivnost umjerenog intenziteta povećava primitak glukoze u mišiće te povećava inzulinsku osjetljivost što posljedično može dovesti do hipoglikemije. Suprotan učinak ima visokointenzivna tjelesna aktivnost (>80 % VO_2 max.) koja nakon aktivnosti uzrokuje porast glukoze u krvi kod dijabetičara ovisnih o inzulinu. Iz navedenoga proizlazi logična pretpostavka kako bi se pad u hipoglikemiju izazvan umjerenom aktivnosti mogao spriječiti također pomoću aktivnosti, ali one visokog intenziteta. Istraživanja su ispitivala utjecaj sprinta na hipoglikemiju nakon umjerene aktivnosti (Bussau i sur., 2006), prije aktivnost (Bussau i sur., 2007) te tijekom aktivnosti kada je tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta isprekidana s visokointenzivnom aktivnosti u obliku sprinta(Guelfi i sur., 2005a; Iscoe i Riddell, 2011; Maran i sur., 2010). Sprint u trajanju od 10 sekundi izveden nakon tjelesne aktivnosti umjerenog intenziteta spriječit će pad koncentracije glukoze u krvi najmanje tijekom 120 minuta nakon završetka aktivnosti (Bussau i sur., 2006). Nakon ovih saznanja postavlja se pitanje može li kratkotrajni maksimalni sprint izveden prije aktivnosti spriječiti hipoglikemiju za vrijeme te nakon aktivnosti. Istraživanje koje je uslijedilo pokazalo je da sprint od 10 sekundi prije aktivnosti neće spriječiti nagli pad koncentracije glukoze u krvi tijekom tjelesne aktivnosti, ali će spriječiti pad koncentracije glukoze u krvi nakon tjelesne aktivnosti u periodu od najmanje 45 minuta (Bussau i sur., 2007). Iz toga možemo zaključiti da će sprint u trajanju od 10 sekundi izveden prije ili nakon tjelesne aktivnosti umjerenog intenziteta spriječiti pad koncentracije glukoze u krvi neposredno nakon aktivnosti. Nedostatci ove metode su što je učinak ograničen samo na kraće aktivnosti umjerenog intenziteta te što se utjecaj očituje samo u periodu nakon tjelesne aktivnosti, a nema utjecaja na hipoglikemiju tijekom aktivnosti (Gallen i sur., 2011). Većina sportova, pogotovo timskih, ne sastoji se samo od aktivnosti umjerenog ili visokog intenziteta nego od njihove kombinacije. Najčešće je tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta isprekidana s visokointenzivnom aktivnosti. Visokointenzivna aktivnost (11 sprinteva od 4 sekunde tijekom 20 minuta) je izazvala u početku brži pad koncentracije glukoze u krvi u odnosu na kontrolnu skupinu koja nije izvodila tjelesnu aktivnost, ali tijekom sat vremena oporavka koncentracija glukoze u krvi je ostala stabilna kod skupine koja je izvodila sprinteve, a nastavila opadati kod kontrolne skupine (Guelfi i sur., 2005b). Guelfi i sur. (2005a) su također istraživali kako će se na koncentraciju glukoze u krvi odraziti

uvođenje sprinta od 4 sekunde svake 2 minute tijekom aktivnosti umjerenog intenziteta (40 % VO_2 max.) u trajanju od 30 minuta. U istom istraživanju jedna skupina je provodila samo tjelesnu aktivnost umjerenog intenziteta (40 % VO_2 max.), dok je druga skupina tu aktivnost isprekidala sa sprintevima od 4 sekunde svake 2 minute. U obje skupine došlo je do pada koncentracije glukoze u krvi, ali taj pad je bio manji kod skupine koja je izvodila sprinteve te je kod te skupine koncentracija glukoze u krvi bila stabilna tijekom oporavka dok je kod skupine koja je izvodila samo aktivnost umjerenog intenziteta koncentracija glukoze u krvi tijekom oporavka nastavila padati (Guelfi i sur., 2005a). Studija Maran i sur., (2010) potvrdila je ova saznanja o utjecaju visokointenzivne aktivnosti (sprinteva) na prevenciju hipoglikemije nakon tjelesne aktivnosti, ali je utvrdila da je opasnost od noćnih hipoglikemija veća kada se umjerena tjelesna aktivnost isprekida sa sprintevima nego kada se izvodi sama. Rezultati ove studije odmah su opovrgnuti u istraživanju iz 2011. godine. Ta studija je potvrdila prijašnja saznanja o tome da ukoliko se tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta isprekida sa sprintovima da će kontrola glikemije nakon aktivnosti biti bolja te će se tijekom perioda oporavka neposredno nakon aktivnosti prevenirati pad u hipoglikemiju. Također, studija je utvrdila da će rizik od noćne hipoglikemije biti veći kod umjerene tjelesne aktivnosti, a ne kod umjerene tjelesne aktivnosti koja je isprekidana sprintevima (Iscoe i Riddell, 2011). Bitno je naglasiti da su u studiji Maran i sur., (2010) godine ispitanici bili neutrenirane osobe, dok su u studiji iz 2011. godine ispitanici bili utrenirane osobe upoznate s oba protokola treniranja (Iscoe i Riddell, 2011). Iz ovoga razloga su potrebne daljnje studije koje će identificirati subpopulaciju osoba s dijabetesom tip 1 kod kojih će učinak sprinta na prevenciju hipoglikemije biti optimalan (Bussau i sur., 2006). Također, bitno je naglasiti da su povoljan utjecaj na glikemiju i prevenciju hipoglikemije neposredno nakon tjelesne aktivnosti zabilježeni u svim istraživanjima. Postavlja se pitanje koji je mehanizam djelovanja kratkotrajnog maksimalnog sprinta. Uočen je porast laktata, noradrenalina, adrenalina, hormona rasta te kortizola (Bussau i sur., 2006; Bussau i sur., 2007; Guelfi i sur., 2005a; Guelfi i sur., 2005b;Maran i sur., 2010). Kortizol može imati ulogu u stabilizaciji koncentracije glukoze u krvi budući da ima akutni inhibitorni utjecaj na ulazak glukoze u mišiće (Shamoon i sur., 1980). No njegova uloga u neposrednoj kontroli glikemije nakon tjelesne aktivnosti je zanemariva budući da je potrebno nekoliko sati kako bi došlo do njegovog utjecaja na jetrenu glukoneogenezu te koncentraciju glukoze u krvi (Bussau i sur., 2006;McMahon i sur., 1988). Povećanje koncentracije hormona rasta također ne igra bitnu ulogu u neposrednoj stabilizaciji koncentracije glukoze u krvi nakon tjelesne aktivnosti. Hormon rasta inhibira unos glukoze u mišiće kod zdravih pojedinaca, ali taj učinak nije zabilježen kod osoba s dijabetesom tip 1((Bussau i sur., 2006; Bussau i sur., 2007; Guelfi i

sur., 2005a). Povećanje koncentracije laktata može imati ulogu u neposrednoj kontroli glikemije. Laktat je prekursor za jetrenu proizvodnju glukoze. Laktat nastao u mišićima se prenosi do jetre gdje se reakcijama Corijevog ciklusa pretvara u piruvat koji zatim ulazi u reakcije glukoneogeneze te nastaje glukoza. Također, laktat može povećati perifernu inzulinsku rezistenciju te smanjiti unos glukoze u mišiće (Vettor i sur., 1997). Bitan čimbenik su katekolamini (adrenalin i noradrenalin). Katekolamini aktiviraju jetrenu proizvodnju glukoze te inhibiraju unos glukoze u mišiće. U studiji koja je proučavala utjecaj kratkotrajnog maksimalnog sprinta na hipoglikemiju prije tjelesne aktivnosti uočeno je da je koncentracija glukoze nakon aktivnosti bila stabilna dok je koncentracija noradrenalina bila povišena. Nakon što se koncentracija noradrenalina vratila na početnu razinu na kojoj je bila prije aktivnosti koncentracija glukoze u krvi kod skupine koja je izvodila sprint se spustila na usporedivu razinu s koncentracijom glukoze kod skupine koja nije izvodila sprint (Bussau i sur.,2007). Studija iz 2012. godine pretpostavila je da zaštitni mehanizam sprinta protiv hipoglikemije potječe iz povećane brzine stvaranja glukoze, a smanjene brzine trošenja glukoze kao što je slučaj kod aerobne aktivnosti visokog intenziteta (Fahey i sur., 2012). Kao i u prethodnim studijama ovoga tipa uočen je porast koncentracije adrenalina, noradrenalina, kortizola, hormona raste te laktata. No njihova pretpostavka se pokazala krivom budući da su ustanovili da se brzina trošenja glukoze značajno smanjuje, a brzina stvaranja glukoze ostaje ista. Moguće je da su na smanjenje brzine trošenja glukoze utjecali katekolamini, ali treba uzeti u obzir da njihova koncentracija u plazmi ne mora odgovarati koncentraciji u skeletnim mišićima (Fahey i sur., 2012). Kortizol nije mogao utjecati na smanjenje brzine trošenja glukoze budući da mu treba nekoliko sati da krene djelovati, a hormon rasta isto nije imao utjecaja budući da se smanjenje brzine trošenja glukoze dogodilo prije negoli je ovaj hormon dosegnuo svoju maksimalnu koncentraciju u plazmi (Fahey i sur., 2012). Fahey i sur.,(2012) su predloži da još jedan metabolit, glukoza -6- fosfat, može imati važnu ulogu u smanjenu brzine trošenja glukoze. Intramuskularni glukoza-6-fosfat nastaje glikogenolizom iz glikogena, a njegova povišena koncentracija će inhibirati enzim heksokinazu te spriječiti iskorištavanje glukoze u mišićima. Budući da se ovaj metabolit nije određivao u istraživanju, ovo je samo pretpostavka. Potrebna su daljnja istraživanja da bi se utvrdio točan mehanizam djelovanja kratkotrajnog maksimalnog sprinta na prevenciju hipoglikemije, ali bitnu ulogu u tome mehanizmu sigurno imaju katekolamini, adrenalin te noradrenalin.

Drugi potencijalni novi pristup za prevenciju hipoglikemije izazvane tjelesnom aktivnosti je konzumacija kofeina prije početka aktivnosti. Konzumacija kofeina od 5 mg/kg tjelesne mase će spriječiti pad koncentracije glukoze u krvi tijekom i nakon tjelesne aktivnosti (Gallen i sur.,

2010; Gallen i sur., 2011). Kofein će smanjiti i potrošnju glikogena pa će potreba za unosom dodatnih ugljikohidrata biti smanjenja. Negativne posljedice konzumacije kofeina su tremor, poremećaji fine motorike, negativni utjecaj na oporavak i san (Gallen i sur., 2011). Studija Zaharieva i sur., (2016) potvrdila je da kofein djeluje na sprječavanje hipoglikemije tijekom i neposredno nakon aktivnosti, ali je također upozorila da unos kofeina može povećati rizik od pojave noćnih hipoglikemija. Na ovu temu su potrebna daljnja istraživanja, a također bilo bi zanimljivo proučiti kako kombinacija sprinta i kofeina djeluje na hipoglikemiju izazvanu tjelesnom aktivnosti.

3. ISPITANICI I METODE

3.1 ISPITANICI

Ispitanici u ovom istraživanju su bili tjelesno aktivne osobe s dijagnosticiranim dijabetesom tip 1. Za sudjelovanje u istraživanju pronađeno je te pozvano 10 osoba, od čega su se 3 osobe odazvale te dale pisani pristanak za sudjelovanje. Jedan od ispitanika izvršio je polovičan broj potrebnih mjerenja te se njegovi rezultati nisu mogli interpretirati i stoga su odbačeni. U nastavku je opis te karakteristike dva ispitanika koja su sudjelovala u istraživanju (tablica 3).

Tablica 3. Opće karakteristike ispitanika

	Spol	**Dob**	**Tjelesna masa [kg]**	**Tjelesna visina [cm]**	**Indeks tjelesne mase [kg/m^2]**	**Vrijeme pojave dijabetesa**	**HbA1C [%]**	**Tip inzulina**
ISPITANIK 1	M	23	77	176	24.9	14-ata godina života	7.8	novorapid lantus
ISPITANIK 2	M	24	96	193	25.8	9-ata godina života	6.8	humalog inzulinska pumpa

Ispitanik 1 svaki drugi dan provodi tjelesnu aktivnost umjerenog do visokog intenziteta. Njegove aktivnosti uključuju biciklizam, trčanje te treninge snage u teretani.

Ispitanik 2 svakodnevno (6 dana u tjednu) provodi tjelesnu aktivnost visokog intenziteta. Njegove aktivnosti uključuju hrvanje, treninge mješovite borilačke vještine (MMA) te treninge snage u teretani.

3.2 METODE

Ispitanici su protokol istraživanja dobili u tiskanom ili elektronskom obliku. Istraživanje se provodilo 2 puta tijekom 2 tjedna, s time da je razmak između prvog i drugog izvođenja iznosio 7 dana. Tijekom prvog tjedna/izvođenja ispitanici su trebali trčati 20 minuta umjerenim intenzitetom. U drugom tjednu/izvođenju ispitanici su izveli kratkotrajni maksimalni sprint u trajanju 10 sekundi, a zatim su trčali 20 minuta umjerenim intenzitetom. Umjereni intenzitet je izabran budući da najbolje odgovara većini stvarnih životnih situacija kod većine opće populacije (Bussau i sur., 2006). Trajanje aktivnosti od 20 minuta je uzeto jer je dokazano da bi duže aktivnosti uzrokovale hipoglikemiju kod većine ispitanika pa bi se istraživanje moralo prekinuti (Bussau i sur., 2006). Tijekom oba tjedna/izvođenja ispitanici su pomoću osobnog glukometra mjerili razinu glukoze u krvi te su bilježili dobivene vrijednosti. Ispitanik 1 za mjerenje koncentracije glukoze u krvi koristio je glukometar Bayer Contour Next USB, a ispitanik 2 je koristio glukometar Bayer Contour Next. Glukozu u krvi su mjerili neposredno prije, na 10-oj minuti trčanja, neposredno nakon trčanja te 20, 40 i 60 minuta nakon završetka trčanja. Ispitanicima je savjetovano da mjerenje na 10 minuti trčanja obave što brže kako ne bi narušili kontinuitet tjelesne aktivnosti. Neposredno nakon trčanja ispitanici su odredili i percepciju napora prema Borg RPE skali (tablica 4).

Tablica 4. Skala za određivanje percepcije napora (Borg, 1982)

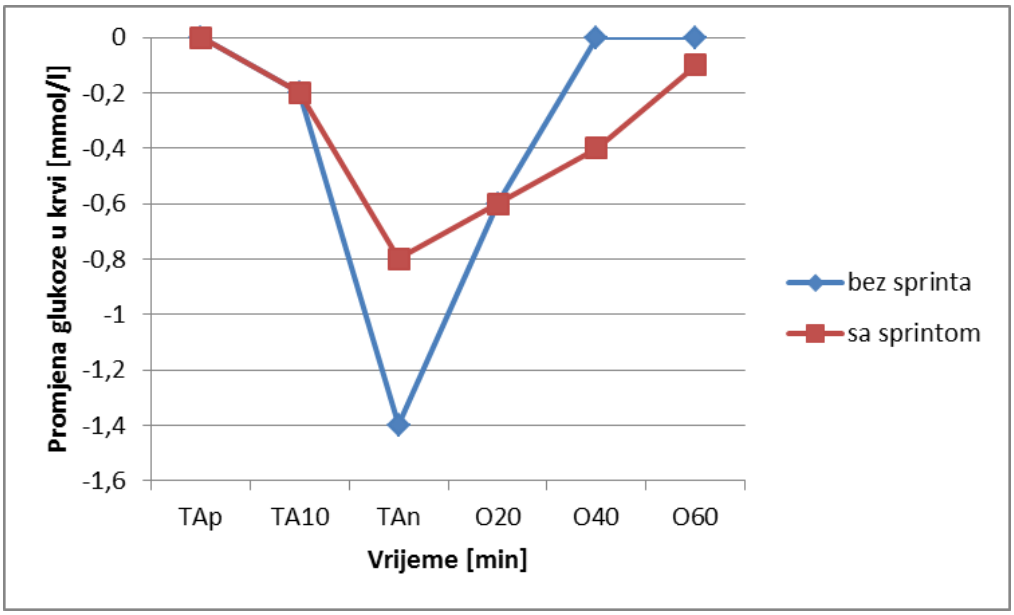
Vrijednost	Razina napora
6	Bez napora
7	Ekstreno lagano
8	
9	Vrlo lagano
10	
11	Lagano
12	
13	Donekle teško
14	
15	Teško
16	
17	Jako teško
18	
19	Ekstremno teško
20	Maksimalni napor

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1 REZULTATI

Tablica 5. Prikaz koncentracije glukoze u krvi prije, tijekom i nakon tjelesne aktivnosti ispitanika 1

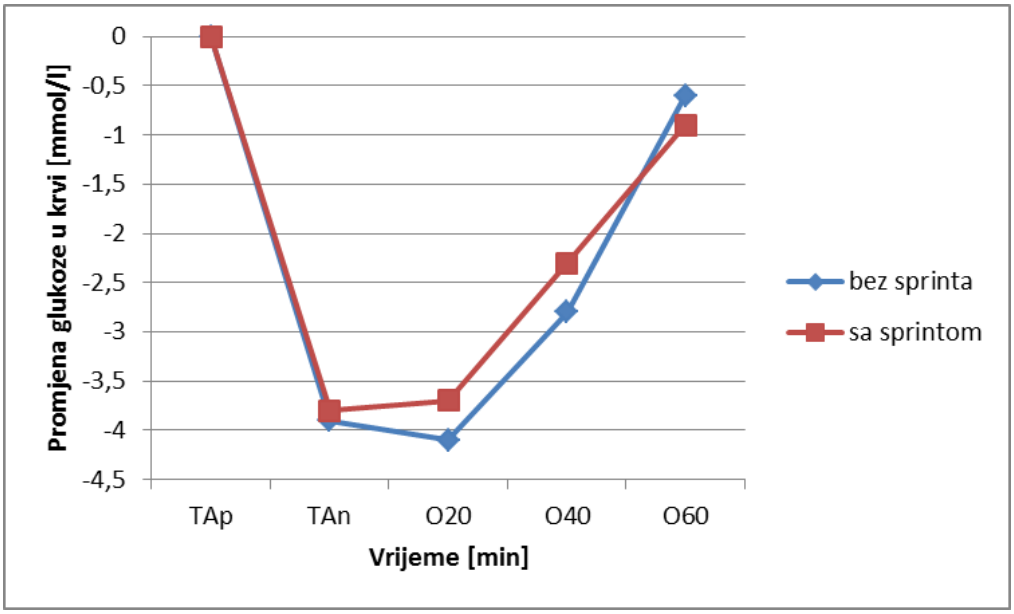
	Glukoza u krvi	**Neposredno prije trčanja**	**10 minuta trčanja**	**Neposredno nakon trčanja**	**20 minuta nakon trčanja**	**40 minuta nakon trčanja**	**60 minuta nakon trčanja**
Prvi tjedan (bez sprinta)	mmol/L	6.2	6.0	4.8	5.6	6.2	6.2
Drugi tjedan (sa sprintom)	mmol/L	3.7	3.5	2.9	3.1	3.3	3.6



Slika 1. Promjena koncentracije glukoze u krvi tijekom i nakon tjelesne aktivnosti u odnosu na koncentraciju neposredno prije tjelesne aktivnosti kod ispitanika 1 (točka TAp označava vrijeme neposredno prije trčanja, TA10 označava 10-etu minutu trčanja, točka TAn vrijeme neposredno nakon trčanja-početak odmora, točka O20 označava 20-etu minutu nakon završetka trčanja, 040 označava 40-etu minutu nakon trčanja, a O60 označava 60-etu minutu nakon trčanja)

Tablica 6. Prikaz koncentracije glukoze u krvi prije, tijekom i nakon tjelesne aktivnosti ispitanika 2

	Glukoza u krvi	**Neposredno prije trčanja**	**10 minuta trčanja**	**Neposredno nakon trčanja**	**20 minuta nakon trčanja**	**40 minuta nakon trčanja**	**60 minuta nakon trčanja**
Prvi tjedan (bez sprinta)	mmol/L	13.8	x	9.9	9.7	11.0	13.2
Drugi tjedan (sa sprintom)	mmol/L	7.9	x	4.1	4.2	5.6	7.0



Slika 2. Promjena koncentracije glukoze u krvi tijekom i nakon tjelesne aktivnosti u odnosu na koncentraciju neposredno prije tjelesne aktivnosti kod ispitanika 2 (točka TAp označava vrijeme neposredno prije trčanja, točka TAn vrijeme neposredno nakon trčanja-početak odmora, točka O20 označava 20-etu minutu nakon završetka trčanja, 040 označava 40-etu minutu nakon trčanja, a O60 označava 60-etu minutu nakon trčanja).

Ispitanik 2 iz tehničkih razloga nije mjerio glukozu za vrijeme trčanja. Slike 1 i 2 su dobivene na način da je koncentracija glukoze u krvi neposredno prije trčanja označena s nulom te je praćen rast ili pad koncentracije glukoze u krvi u odnosu na početnu koncentraciju kako bi se uočio trend kretanja glikemije.

Tablica 7. Percepcija napora ispitanika

	Prvi tjedan (bez sprinta)	Drugi tjedan (sa sprintom)
ISPITANIK 1	13	11
ISPITANIK 2	13	13

4.2 RASPRAVA

Cilj ovoga istraživanja bio je u realnim, životnim uvjetima provjeriti da li kratkotrajni maksimalni sprint djeluje na prevenciju hipoglikemije izazvane vježbanjem. Istraživanje koje je utvrdilo djelotvornost ove metode (Bussau i sur., 2007) provođeno je u laboratorijskim uvjetima pri čemu su se ispitanici morali pridržavati određenih pravila. U ovom istraživanju su ispitanici dobili uputu da ne mijenjaju svoj životni stil, unos hrane i inzulina te da izvođenju trčanja pristupe na način koji bi inače pristupili. Bilježenjem percepcije napora željelo se ustanoviti da li postoji korelacija između izvođenja sprinta prije tjelesne aktivnosti i ispitanikove percepcije napora. Također, bilježenje percepcije napora je bila kontrola kojom se može provjeriti da li su ispitanici trčanju pristupili s umjerenim intenzitetom budući da postoji korelacija između Borg-ove skale percepcije napora i VO_2 max. (Habibi i sur., 2014).

Ispitanik 1 je neposredno nakon trčanja kada je izvodio sprint imao manji pad koncentracije glukoze u krvi (promjena u odnosu na početnu koncentraciju iznosila je 0.8 mmol/L) nego kada je trčao bez sprinta (promjena u odnosu na početnu koncentraciju iznosila je 1.4 mmol/L) (slika 1). U tjednu kada nije izvođen sprint nakon završetka aktivnosti dolazi do većeg porasta koncentracije glukoze u krvi do 40-ete minute nakon završetka aktivnosti, a tada se je koncentracija glukoze u krvi tijekom 40-ete i 60-ete minute nakon završetka aktivnosti stabilizirala na 6,2 mmol/L (tablica 5). U tjednu kada je izvođen sprint koncentracija glukoze u krvi bila je najniža nakon završetka aktivnosti i iznosila je 2.9 mmol/L, a nakon toga je krenula polagano rasti. U tjednu kada nije izvođen sprint koncentracija glukoze u krvi dosegnula je vrijednost koju je imala prije aktivnosti na 40-oj minuti nakon aktivnosti, a tjednu kada je izvođen sprint početna koncentracija nije dosegnuta za vrijeme našeg praćenja glikemije, ali se u 60-oj minuti koncentracija glukoze u krvi približila na samo 0.1 mmol/L razlike. Bitno je napomenuti da je ispitanik 1 u drugom tjednu (sprint+ trčanje) krenuo u izvođenje aktivnosti s koncentracijom glukoze u krvi od 3.7 mmol/L što se po nekim autorima (Iscoe i Riddell, 2011;Bjergaard i Thorsteinsson, 2017; Gallen, 2014) smatra hipoglikemijom. Ispitanika 1 nije zabrinula koncentracija glukoze u krvi budući da je u prijašnjim iskustvima imao i manje koncentracije glukoze u krvi bez pojave

simptoma hipoglikemije te je tjelesnu aktivnost odradio do kraja. Ispitanik 1 je napor u prvom tjednu (samo trčanje) pomoću skale za procjenu napora okarakterizirao s vrijednosti 13-donekle teško, a u drugom tjednu (sprint +trčanje) s vrijednosti 11-lagano (tablica 7). Ovaj rezultat je iznenađujući budući da je u drugom tjednu ispitanik 1 pristupio aktivnosti s punom nižom koncentracijom glukoze u krvi pa je bilo za očekivati da će napor biti veći. Moguće objašnjenje je metabolička adaptacija ispitanika koji je već trenirao pri nižim koncentracijama glukoze u krvi, a također treba uzeti u obzir vanjske (temperatura, vlažnost zraka, tlak zraka) te unutarnje čimbenike (umor, motivacija) koji su mogli utjecati na percepciju napora.

Ispitanik 2 je neposredno nakon trčanja i u tjednu kada nije izvođen sprint i u tjednu kada je izvođen sprint imao sličan pad koncentracije glukoze u krvi. U tjednu kada nije izvođen sprint pad koncentracije u krvi je iznosio 3.9 mmol/L u odnosu na početnu koncentraciju, a u tjednu kada je izvođen sprint 3.8 mmol/L. Nakon završetka aktivnosti u tjednu kada nije izvođen sprint došlo je do malog pada koncentracije glukoze u krvi (0.2 mmol/L), a nakon 20-ete minute nakon završetka aktivnosti dolazi do porasta u koncentraciji glukoze u krvi(slika 2). U tjednu kada se izvodio sprint neposredno nakon završetka aktivnosti nema pada koncentracije glukoze u krvi. Od završetka aktivnosti do 20-ete minute nakon aktivnosti koncentracija glukoze u krvi se povećala za 0.1 mmol/L , a nakon toga kreće linearni rast (slika2). Koncentracija glukoze u krvi između 20-te i 40-te minute te 40-te i 60-te minute nakon završetka aktivnosti porasla je za 1.4 mmol/L (tablica 6). Ni u prvom tjednu (samo trčanje) ni u drugom tjednu (sprint + trčanje) za vrijeme našeg praćenja glikemije nije dosegnuta početna vrijednost koncentracije glukoze u krvi. Ispitanik je napor u oba tjedna okarakterizirao s vrijednosti 13-donekle teško. Izvođenje sprinta nije utjecalo na smanjenje percepcije napora kao u ispitanika 1. Također i ovdje treba uzeti u obzir ostale čimbenike koji su mogli utjecati na percepciju napora (temperatura, vlažnost zraka, umor). Mogući razlog zbog kojega je kod ispitanika 2 razlika u padu koncentracije glukoze u krvi nakon završetka aktivnosti između prvog (samo trčanje) i drugog (sprint + trčanje) tjedna bila manja nego kod ispitanika 1 je ta što ispitanik 2 svakodnevno provodi visokointenzivnu aktivnost. Stoga je moguće da je on stvorio metaboličku adaptaciju na utjecaj visoko intenzivne aktivnosti (sprinta) na koncentraciju glukoze u krvi.

Potrebna su daljnja istraživanja utjecaja sprinta na koncentraciju glukoze u krvi. U budućim istraživanjima potrebno je uključiti različite populacije osoba s dijabetesom tip 1 s obzirom na spol, dob, razinu utreniranosti te kontrolu glikemije. Na taj način će se odrediti kojoj

populaciji sprint kao metoda kontrole glikemije te sprječavanja hipoglikemije izazvane aktivnosti najbolje odgovara.

5. ZAKLJUČAK

Hipoglikemija izazvana tjelesnom aktivnosti je veliki problem svakoj osobi s dijabetesom tip 1 koja se bavi sportom, bilo na rekreativnoj ili vrhunskoj razini. Tradicionalne metode sprječavanja hipoglikemije temelje se na povećanju unosa ugljikohidrata prije aktivnosti te smanjenu unosa inzulina. Jedna od novih metoda sprječavanja hipoglikemije je kratkotrajni maksimalni sprint. Ovo istraživanje je pokazalo da je kod oba ispitanika pad u koncentraciji glukoze krvi manji kada se prije aktivnosti izvede sprint od 10 sekundi. Kod ispitanika 1 smanjenje pada je bilo veće i uočljivije u odnosu na tjedan kad se nije izvodio sprint, dok je kod ispitanika 2 bilo manje, ali je također uočeno. Svaki pojedinac mora stvoriti individualni obrazac kontrole glikemije koji mu najbolje odgovara pomoću metode pogrešaka i pokušaja. Uvrštavanje kratkotrajnog maksimalnog sprinta u obrazac kontrole glikemije ili barem isprobavanje ove metode se preporučuje svakoj tjelesno aktivnoj osobi s dijabetesom tip 1 budući da je riječ o jednostavnoj metodi koja može polučiti dobre rezultate.

6. LITERATURA

Admon G., Weinstein Y., Falk B., Weintrob N., Benzaquen H., Ofan R., Fagman G., Constantini N., Phillip M. (2005) Exercise With and Without an Insulin Pump Among Children and Adolescents With Type 1 Diabetes Mellitus. *Pediatrics* **116**:e348-55.

Baretić M. (2017) Fizička aktivnost i šećerna bolest. *Acta Med Croatica* **71**:57-62.

Berg J., Tymoczko J., Stryer L. (2013) Biokemija, 1 izd.(hrv), Školska knjiga, Zagreb

Bjergaatd U.P., Thorsteinsson B. (2017) Reporting Severe Hypoglycemia in Type 1 Diabetes: Facts nad Pitfalls. *Current Diabetes Reports* **17**:131.

Borg G.A.V. (1982) Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **14**:377-381.

Bussau V.A., Ferreira L.D., Jones T.W., Fournier P.A. (2006) The 10-s Maximal Sprint: A novel approach to counter an exercise- mediated fall in glycemia in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Care* **29**: 601-606.

Bussau V.A., Ferreira L.D., Jones T.W., Fournier P.A (2007) A 10-s sprint performed prior to moderate-intensity exercise prevents early post-exercise fall in glycaemia in individuals with type 1 diabetes. *Diabetologia* **50**: 1815-1818.

Calvo-Marin J., Acosta G. T., Campbell M., Gaboury J., Ali A., Chen- Ku C.H. (2017) Effect of insulin therapy and dietary adjustments an safety and performance during simulated soccer tests in people with type 1 diabetes: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* **18**: 338.

Colberg S.R., Remmert L., Dassau E., Kerr D. (2015) Physical Activyty and Type 1 Diabetes: Time for a Rewire?. *Journal of Diabetes Science and Technology* **9**:609-618.

Colberg S.R., Sigal R.J., Yardley J.E., Riddell M.C., Dunstan D.W., Dempsey P.C., Horston E.S., Castorino K., Tate D.F. (2016) Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care* **39**: 2065-2079.

Fahey A.J., Paramalingam N., Davey R. J., Davis E.A., Jones T.W., Fournier P.A. (2012) The effect of a Short Sprint on Postexercise Whole-Body Utilization Rates in Individuals with Type 1 Diabetes Mellitus. *The Journal of Clinical Endocrinology& Metabolism* **97**:4193-4200.

Fu Z., Gilbert E.R., Liu D. (2013) Regulation of Insulin Synthesis and Secretion and Pancreatic Beta-Cell Dysfunction in Diabetes. *Current Diabetes Reviews* **9**:25-53.

Gallen I.W. (2005) The management of insulin treated diabetes and sport. *Practical Diabetes International* **22**:307-312.

Gallen I.W. (2012) Type 1 Diabetes- Clinical Managament of the Athlete, 1 izd., Springer, London

Gallen I.W. (2014) Exercise for People with Type 1 Diabetes. *Medicine and Sport Science* **60**: 141-53.

Gallen I.W., Ballav C., Lumb A., Carr J.(2010) Caffeine supplementation reduces exercise induced decline in blood glucose and subsequent hypoglycemia in adults with type 1 diabetes (T1DM) treated with multiple daily insulin injection (MDI). *Diabetes* **59**:A318-318.

Gallen I.W., Hume C., Lumb A. (2011) Fuelling the athlete with type 1 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism* **13**: 130-136.

Gamulin S., Marušić M., Kovač Z. (2002) Patofiziologija, 5 izd., Medicinska naklada, Zagreb

Gejl M., Gjedde A., Brock B., Moller A., Duinkerken E., Haahr H.L., Hansen C.T., Chu P.L, Stender-Petersen K.L, Rungby J. (2018) Effects of hypoglycaemia on working memory and regional cerebral blood flow in type 1 diabetes: a randomised, crossover trial. *Diabetologia* **61**: 551-561.

Grill V., Qvigstad E. (2000) Fatty acids and insulin secretion. *British Journal of Nutrition* **83**: S79-84.

Grimm J.J., Ybarra J.,Berne C., Muchnick S., Golay A. (2004) A new table for prevention of hypoglycaemia during physical activity in type 1 diabetic patients.*Diabetes & Metabolism* **30**:465-470.

Guelfi K.J., Jones T.W., Fournier P.A. (2005a) The Decline in Blood Glucose Levels is Less with Intermittent High-Intensity Compared With Moderate Exercise in Individuals with Type 1 Diabetes. *Diabetes Care* **28**: 1289-1294.

Guelfi K.J., Jones T.W., Fournier P.A. (2005b) Intermittent High-Intensity Exercise Does Not Increase the Risk of Early Postexercise Hypoglycemia in Indviduals With Type 1 Diabetes.*Diabetes Care* **28**:416-418.

Guyton A. C., Hall J.E. (2003) Medicinska fiziologija, 10.izd, Medicinska naklada, Zagreb

Habibi E., Dehghan H., Moghiseh M., Hasanzadeh A. (2014) Study of the relationship between the aerobic capacity (VO2 max) and the rating of perceived exertion based on measurement of heart beat in the metal industries Esfahan. *Journal of Education and Health Promotion* **3**:55.

HSDU-Hrvatski savez dijabetičkih udruga-http://www.dijabetes.hr// Pristupljeno 26.2.2018

Iscoe K.E., Riddell M.C. (2011) Continuous moderate-intensity exercise with or without intermittent high-intensity work: effects on acute and late glycaemia in athletes with Type 1 diabetes mellitus. *Diabetic Medicine* **28**:824-32.

Jensen J.(2004) Nutritional concerns in the diabetic athlete. *Current Sports Medicine Reports* **3**:192-197.

Koivisto V.A., Felig P. (1978) Effects of leg exercise on insulin absorption in diabetic patients *New England Journal of Medicine* **298:** 79-83.

Kovač Durmiš K., Babić-Naglić Đ., Pavlić-Renar I., Baretić M., Perić P., Laktašić-Žerjavić N., Žagar I. (2013) Tjelesna aktivnost bolesnika sa šećernom bolesti tip 1. *Reumatizam* **60**: 125.

Lisle D.K., Troijan T.H. (2006) Managing the Athlete with Type 1 Diabetes. *Current Sports Medicine Reports* **5**: 93-98.

MacDonald M.J. (1987) Postexercise late-onset hypoglycemia in insulin-dependent diabetic patients. *Diabetec Care* **10**: 584-588.

Maran A., Pavan P., Bonsembiante B., Brugin E., Ermolao A., Avogaro A., Zaccaria M. (2010) Continuous Glucose Monitoring Reveals Delayed Nocturnal Hypoglycemia After Intermittent High-Intensity Exercise In Nontrained Patients with Type 1 Diabetes. *Diabetes Technology&Therapeutics* **12**:763-768.

McIntyre N., Holdsworth C.d., Turner D.S. (1965) Intestinal Factors in the Control of Insulin Secretion. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* **25**:1317-1324.

McMahon M., Gerich J., Rizza R. (1988) Effects of glucocorticoids on carbohydrate metabolism. *Diabetes /Metabolism Research and Reviews* **4**:17-30.

Monti L.D,, Galluccio E., Villa V., Fontana B., Spadoni S., Piatti D.M (2017) Decresed diabetes risk over 9 year after 18- month oral L-arginine treatment in middle-aged subjects with

impaired glucose tolerance and metabolic syndrome (extension evaluation of L-arginine study). *European Journal of Nutrition*- objavljeno online

Peirce N.S. (1999) Diabetes and exercise. *British Journal of Sports Medicine* **33** : 161-173.

Piljac A., Metelko Ž.(2009) Inzulinska terapija u liječenju šečerne bolesti. *Medix* **15**: 116-121.

Prašek M., Jakir A. (2009) Inzulinske pumpe i kontinuirano mjerenje glukoze. *Medix* **15**: 170-175.

Rabasa-Lhoret R., Bourque J., Ducros F., Chiasson J.L. (2001) Guidelines for premeal insulin dose reduction for postprandial exercise of different intensities and durations in type 1 diabetic subjects treated intensively with a basal-bolus insulin regimen (ultralente-lispro).*Diabetes Care* **24**:625-630.

Shamoon H., Soman V., Sherwin R.S. (1980) The influence of acute physiological increments of cortisol on fuel metabolism and insulin binding to monocytes in normal humans. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* **50** : 495-501.

Shugart C., Jackson J., Fields K.B. (2010) Diabetes in Sports. *Sports Health* **2**: 29-38.

Sonnenberg G.E., Kemmer F. N., Berger M. (1990) Exercise in Type 1 Diabetes (insulin-dependent) diabetic patients treated with continuous subcutaneous insulin infusion. Prevention of exercise induced hypoglycaemia. *Diabetologia* **33**: 696-703.

Šatalić Z., Sorić M., Mišigoj Duraković M. (2016) Sportska prehrana, 1. izd., Znanje, Zagreb

Turner D., Luzio S., Gray B.J., Dunseath G., Rees E.D., Kilduff L.P., Campbell M.D., West D.J., Bain S.C., Bracken R.M. (2015) Impact of single and multiple sets of resistance exercise in type 1 diabetes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* **25**: e99-109.

Vettor R., Lombardi A.M., Fabris R., Pagano C., Cusin I., Rohner-Jeanrenaud F., Fedewrspil G., Jeanrenaud B.(1997) Lactate infusion in nesthetized rats produces insulin resistance in heart and skeletal muscles. *Metabolism* **46**:684-690.

Wasserman D.H., Zinman B. (1994) Exercise in Individuals With IDDM. *Diabetes Care* **17**:924-937.

Wilcox G. (2005) Insulin and Insulin Resistance. *Clinical Biochemist Reviews* **26**: 19-39.

Wu G., Bazer F.W., Davis T.A., Kim S.W., Li P., Rhoads J.M., Satterfield M.C., Smith S.B., Spencer T.E., Yin Y. (2009) Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. *Amino Acids* **37**: 153-168.

Yardley J. E., Colberg S.R.(2017) Update on Managament of Type 1 Diabetes and Type 2 Diabetes in Athletes. *Current Sports Medicine Reports* **16**: 38-44.

Yardley J.E., Kenny G.P., Perkins B.A., Riddell M.C., Malcom J., Boulay P., Khandwala F., Sigal R.J. (2012) Effects of Performing Resistance Exercise Before Versus After Aerobic Exercise on Glycemia in Type 1 Diabetes. *Diabetes Care* **35**:669-675.

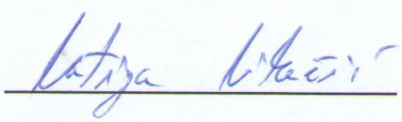
Yardley J.E., Kenny G.P., Perkins B.A., Riddell M.C., Balaa N., Malcom J., Boulay P., Khandwala F., Sigal R.J. (2013a) Resistance Versus Aerobic Exercise: Acute effects on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes Care* **36**:537-542.

Yardley J.E., Mollard R., MacIntosh A., Macmillan F., Wicklow B., Berard L., Hurd C., Marks S., McGavock J. (2013b) Vigorous Intensity Exercise for Glycemic Control in Patients with Type 1 Diabetes. *Canadian Journal of Diabetes* **37**: 427-432.

Zaharieva D.P.,Miadovnik L.A., Rowan C.P., Gumieniak R.J., Jamnik V.K., Riddell M.C. (2016) Effects of acute caffeine supplementation on reducing exercise-associated hypoglycemia in individuals with Type 1 diabetes mellitus. *Diabetic Medicine* **33**: 488-496.

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima , osim onih koji su u njemu navedeni.



Matija Mikačić