

# Primjena pametne narukvice u praćenju razine glukoze pri konzumaciji sportskih napitaka

---

Žavrljan, Dorijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

*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:159:395814>

*Rights / Prava:* [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-11**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam**

**Dorijan Žavrljan**  
0058217370

**PRIMJENA PAMETNE NARUKVICE U PRAĆENJU  
RAZINE GLUKOZE PRI KONZUMACIJI SPORTSKIH  
NAPITAKA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet: Modeliranje i optimiranje u nutricionizmu**

**Mentor: prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić**

**Zagreb, 2023.**

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam

Zavod za procesno inženjerstvo  
Laboratorij za mjerenje, regulaciju i automatizaciju

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Nutricionizam

**Primjena pametne narukvice u praćenju razine glukoze pri konzumaciji sportskih napitaka**

**Dorijan Žavrljan, 0058217370**

**Sažetak:** Sportaši pokazuju povećani interes za informacijom o glikemiji u realnom vremenu prije, tijekom i nakon tjelesne aktivnosti, i u ovu svrhu se koriste uređaji čiji su primarni korisnici oboljeli od dijabetesa. Tradicionalne invazivne metode poput vađenja krvi iz prsta nastoje se zamijeniti razvojem neinvazivnih metoda, za praćenje razine glukoze. U tu svrhu osmišljena je i pametna narukvica Nitebeam EP01, pomoću koje su 4 ispitanika, za potrebe ovog rada, bilježili dnevne promjene koncentracije glukoze u krvi (uz standardno mjerenje glukoze). Također je promatran i utjecaj konzumacije 3 različita sportska napitka, tijekom 3 treninga, na razinu glukoze. Rezultati pokazuju jasno vidljiv dnevni trend kretanja razine glukoze gdje, nakon svake epizode hranjenja dolazi do naglog porasta, a zatim pada koncentracije glukoze u krvi. Osim toga, nije utvrđena statistički značajna razlika između podataka o koncentraciji glukoze izmjerenih pomoću glukometra i pomoću pametne narukvice ( $p > 0,05$ ). Uređaj Nitebeam EP01 pokazao je potencijal za kontinuiranu kontrolu glukoze u krvi, ali za kvantitativno praćenje glukoze pomoću narukvice, potrebno ju je testirati na većem broju ispitanika različitih skupina jer je glukometar i dalje pouzdaniji i točniji alat.

**Ključne riječi:** glukoza u krvi, neinvazivno mjerenje, pametna narukvica, sportski napitci

**Rad sadrži:** 23 stranice, 15 slika, 2 tablice, 23 literaturna navoda, 3 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:** prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić

**Datum obrane:** 14. rujna 2023.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
University undergraduate study Nutrition

Department of Process engineering  
Laboratory for Measurement, Control and Automatization

Scientific area: Biotechnical Sciences  
Scientific field: Nutrition

**Application of a smart bracelet in monitoring glucose levels when consuming sports drinks**

**Dorijan Žavrljan, 0058217370**

**Abstract:** Athletes are showing increased interest in real-time glycemia information before, during, and after physical activity, and for this purpose, devices primarily used by individuals with diabetes are being utilized. Traditional invasive methods such as taking blood from the finger are trying to be replaced by the development of non-invasive methods for monitoring glucose levels. For this purpose, the smart bracelet Nitebeam EP01 was designed, with which 4 subjects, for the purposes of this work, recorded daily changes in blood glucose concentration (along with standard glucose measurement). The influence of the consumption of 3 different sports drinks, during 3 training sessions, on the glucose level was also observed. The results show a clearly visible daily trend of glucose levels where, after each feeding episode, there is a sudden increase and then a drop in the concentration of glucose in the blood. In addition, no statistically significant difference was found between data on glucose concentration measured using a gluco-meter and using a smart bracelet ( $p>0.05$ ). The Nitebeam EP01 device showed potential for continuous blood glucose control, but for quantitative monitoring of glucose using a bracelet, it needs to be tested on a larger number of subjects of different groups because the glucometer is still a more reliable and accurate tool.

**Keywords:** blood glucose, non-invasive measurement, smart bracelet, sports drinks

**Thesis contains:** 23 pages, 15 figures, 2 tables, 23 references, 3 supplements

**Original in:** Croatian

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

**Mentor:** Jasenka Gajdoš Kljusurić, PhD, Full Professor

**Thesis defended:** September 14, 2023

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	<b>2</b>
2.1. METABOLIZAM UGLJIKOHIDRATA .....	2
2.2. GLIKEMIJSKI INDEKS .....	5
2.3. VODA I HIDRACIJA.....	8
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	<b>11</b>
3.1. MATERIJALI.....	11
3.2. ISPITANICI.....	12
3.3. METODE .....	13
3.3.1. OBRADA PODATAKA.....	15
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	<b>16</b>
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	<b>21</b>
<b>6. POPIS LITERATURE</b> .....	<b>22</b>

## 1. UVOD

Prema posljednjim podacima Međunarodne dijabetičke federacije iz 2021., 537 milijuna ljudi u dobi od 20 do 79 godina ima dijagnosticiranu šećernu bolest, odnosno dijabetes. Ova kronična bolest može nastati kao posljedica nemogućnosti proizvodnje hormona inzulina koji u zdravih osoba nastaje u pankreasu ili kada organizam ne može efektivno koristiti inzulin. Inzulin je hormon ključan za prijenos glukoze iz krvi do stanica koje ju mogu koristiti kao izvor energije. Kada tijelo ne može proizvoditi ili efektivno koristiti inzulin dolazi do hiperglikemije koja u konačnici može dovesti do oštećenja ili otkazivanja organa (IDF). Stoga je dijabetičarima veoma važno svakodnevno kontrolirati razine glukoze u krvi te uzimati dovoljnu količinu inzulina (u slučaju da ga pankreas ne može proizvesti). Tradicionalan test uzimanja krvi iz prsta za mjerenje razine glukoze s vremenom može postati neugodan za svakodnevno prakticiranje jer treba pažljivo planirati kada će se mjerenja obaviti kako bi se održao normalan nivo glukoze u krvi. Alternativu u današnje vrijeme predstavljaju neinvazivne metode praćenja glukoze zbog toga što omogućuju bezbolno, automatsko i kontinuirano mjerenje razine glukoze u krvi (Kim i sur., 2017).

Preko 90 % dijabetičara zapravo boluje od dijabetesa tipa II (IDF). Tjelesna aktivnost predstavlja povoljan način kontrole razine glukoze kod oboljelih budući da poboljšava metabolizam ugljikohidrata i povećava upotrebu glukoze iz krvne plazme kao izvora energije, čime se smanjuju razine glukoze u krvi (Wahren, 1979). Ipak, oboljeli koji moraju uzimati inzulin trebaju pripaziti da nakon intenzivne tjelesne aktivnosti ne dođe do hipoglikemije. Kako bi se spriječila hipoglikemija tijekom i nakon vježbanja, dijabetičari mogu konzumirati sportske napitke s određenom količinom glukoze. Tu količinu bilo bi idealno prilagoditi prema izmjerenoj razini glukoze u krvi prije samog treninga (Tamis-Jortberg, 1996). Upotrebom sportskih napitaka spriječila bi se i dehidracija te bi se nadoknadili potrošeni elektroliti što može dovesti do poboljšanja izvedbe.

Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj sportskih napitaka na razinu glukoze u krvi te odrediti može li se umjesto tradicionalnog vađenja krvi iz prsta koristiti neinvazivno praćenje glukoze u krvi pomoću pametne narukvice. Tijekom tjelovježbe pametna narukvica predstavlja potencijalno jednostavniji i bolji način za kontrolu razine glukoze nego bockanje prsta.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. METABOLIZAM UGLJIKOHIDRATA

Ugljikohidrate prema stupnju polimerizacije dijelimo na: monosaharide, disaharide, oligosaharide i polisaharide. Za prehranu su važni monosaharidi glukoza, fruktoza i galaktoza. Glukoza i fruktoza mogu se češće pronaći u slobodnom obliku u hrani (uglavnom voće i povrće) za razliku od galaktoze. Laktoza i saharoza su najvažniji disaharidi koje unosimo prehranom. Laktoza se sastoji od dvije monosaharidne jedinice, glukoze i galaktoze, a saharoza od glukoze i fruktoze. Oligosaharidi su ugljikohidrati koji u svojoj strukturi sadrže 3-10 međusobno povezanih monosaharidnih jedinica. Polisaharidi mogu biti građeni od 10 pa sve do nekoliko tisuća monosaharidnih jedinica te su u našoj prehrani najzastupljeniji od svih ugljikohidrata. Probava ugljikohidrata započinje već u ustima gdje se uz djelovanje ptijelina škrob (najčešći polisaharid u prehrani) razgrađuje do maltoze, disaharida sastavljenog od dvije molekule glukoze. Budući da se hrana u ustima ne zadržava dovoljno dugo da bi se sav škrob razgradio do maltoze, probava se nastavlja u tankom crijevu. Tamo se pomoću pankreasne i crijevne amilaze svi ugljikohidrati prevode u monosaharide glukozu, fruktozu i galaktozu čime se omogućuje njihova apsorpcija u krv. Apsorpcija glukoze i galaktoze odvija se aktivnim transportom, a apsorpcija fruktoze olakšanom difuzijom (Štalić i sur., 2016).

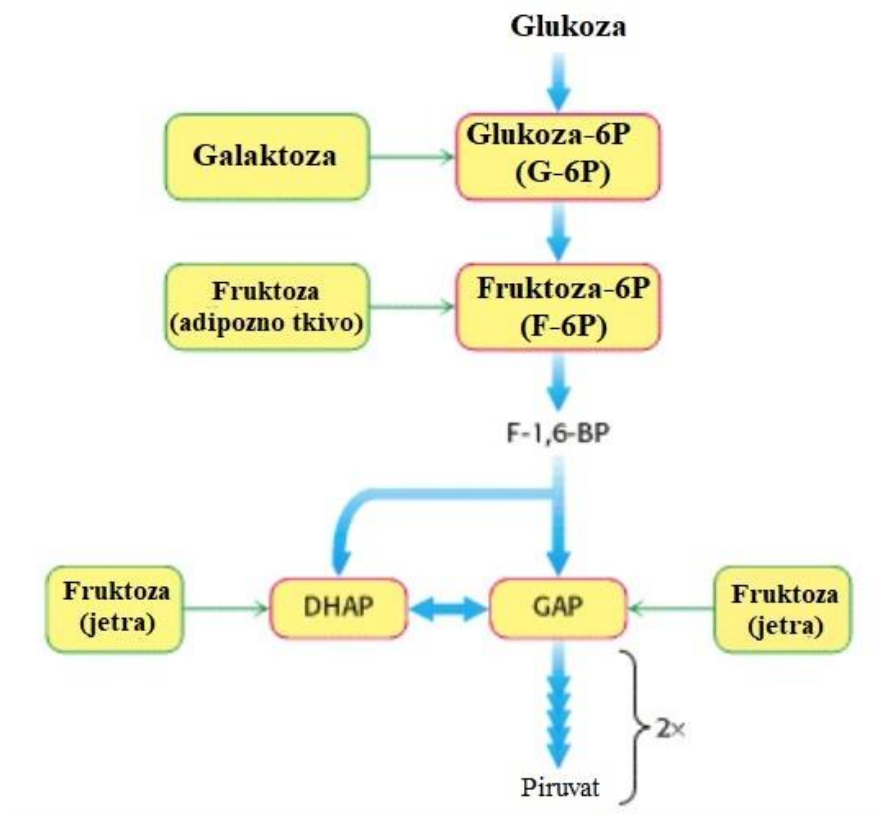
Glavni metabolički putevi razgradnje i sinteze ugljikohidrata kod ljudi su:

1. Glikoliza - proces razgradnje glukoze
2. Glukoneogeneza - proces biosinteze glukoze iz neugljikohidratnih izvora
3. Put pentoza fosfata - sinteza pentoza iz glukoze
4. Glikogeneza - sinteza glikogena
5. Glikogenoliza - razgradnja glikogena

Ovi metabolički putevi su međusobno povezani kroz zajedničke međuprodukte te se odvijaju unutar stanice, prilagođavajući se energetske potrebama stanice (Mandal, 2023). U stanicama jetre prisutni su enzimi koji olakšavaju međusobnu pretvorbu monosaharida glukoze, fruktoze i galaktoze. Niz reakcija je takav da se gotovo isključivo stvara glukoza kao konačni produkt kada jetra otpušta monosaharide natrag u krvotok. To je zbog obilja enzima glukoza-6-fosfataze koji se nalaze u jetrenim stanicama. Kao rezultat, glukoza-6-fosfat može se razgraditi na glukozu i fosfat, a glukoza se može ponovno prenijeti kroz membranu jetrenih stanica u

krvotok. Zbog toga se obično kaže da više od 95% svih monosaharida koji cirkuliraju u krvi nalazi u obliku glukoze, nakon pretvorbe (Guyton i Hall, 2017).

Glikoliza je katabolički metabolički put kojim se molekula glukoze prevodi u dvije molekule piruvata, a sastoji se od 10 međusobno povezanih enzimskih reakcija. Osnovna svrha razgradnje glukoze u procesu glikolize je dobivanje energije za sintezu adenozin trifosfata (ATP-a). Sve reakcije procesa glikolize odvijaju se u citosolu bez direktnog sudjelovanja kisika. Sumarno se razgradnjom glikolize do piruvata dobiju 2 molekule ATP-a. U stanicama bakterija mliječne kiseline i animalnog mišićnog tkiva, u anaerobnim uvjetima piruvat se reducira u laktat uz oksidaciju  $\text{NADH}$  u  $\text{NAD}^+$ . Anaerobni uvjeti nastaju u mišićima tijekom njihovog intenzivnog rada kada brzina glikolize postane veća od brzine oksidacijske fosforilacije pa se  $\text{NADH}$  ne regenerira dovoljnom brzinom i dolazi do njegovog nakupljanja u reduciranom obliku. Osim glukoze u proces glikolize se mogu uključiti i drugi šećeri heksoze kao što su fruktoza, galaktoza i manoz (Slika 1).



**Slika 1.** Uključivanje fruktoze i galaktoze u glikolizu (prema Berg i sur., 2001)

Glukoneogeneza predstavlja složeni proces sinteze glukoze iz neugljikohidratnih izvora kao što su laktat, aminokiseline i glicerol. Ovaj metabolički put uključuje niz reakcija koje su



djelomično zajedničke s glikolizom, no 3 najvažnije ireverzibilne reakcije glikolize zamijenjene su s 4 reakcije kako bi glukoneogeneza bila energetski povoljna. Iako su glukoneogeneza i glikoliza reverzibilni procesi, odvijaju se u suprotnim smjerovima u stanju gladovanja ili kada su potrebe organizma za glukozom povećane.

U jetri su glavni supstrati za glukoneogenezu laktat i alanin, koji proizlaze iz piruvata nastalog u aktivnim skeletnim mišićima tijekom intenzivne tjelesne aktivnosti. Ovaj proces stvaranja laktata ne samo da pruža mišićima privremeno olakšanje, već također preusmjerava dio metaboličkog opterećenja s mišićnog tkiva na jetru, koja je ključni organ za regulaciju glukoze u krvi.

Put pentoza fosfata služi za stvaranje NADPH i riboze 5-fosfata u citosolu. NADPH se koristi u reduktivnim biosintezama, dok se riboza 5-fosfat koristi u sintezi RNA, DNA i nukleotidnih koenzima. Pentoza fosfatni put započinje dehidrogenacijom glukoze 6-fosfata kako bi se stvorio lakton, koji se hidrolizira kako bi se dobio 6-fosfoglukonat, a zatim oksidativno dekarboksilira kako bi se dobila ribuloza 5-fosfat. Posljednji korak je izomerizacija ribuloze 5-fosfata u ribozu 5-fosfat. To su reakcije oksidativnog ogranka puta pentoza fosfata. Drugi način rada je aktivan kada stanice trebaju više NADPH-a nego riboze 5-fosfata, a nazivamo ga neoksidativnim ogrankom. U tim uvjetima, riboza 5-fosfat pretvara se u gliceraldehid 3-fosfat i fruktozu 6-fosfat, dok ksiluloza 5-fosfat, sedoheptuloza 7-fosfat i eritroza 4-fosfat predstavljaju međuprodukte u ovim pretvorbama. Na ovaj način 12 molekula NADPH-a može se generirati za svaku molekulu glukoze 6-fosfata koja je potpuno oksidirana do CO<sub>2</sub>.

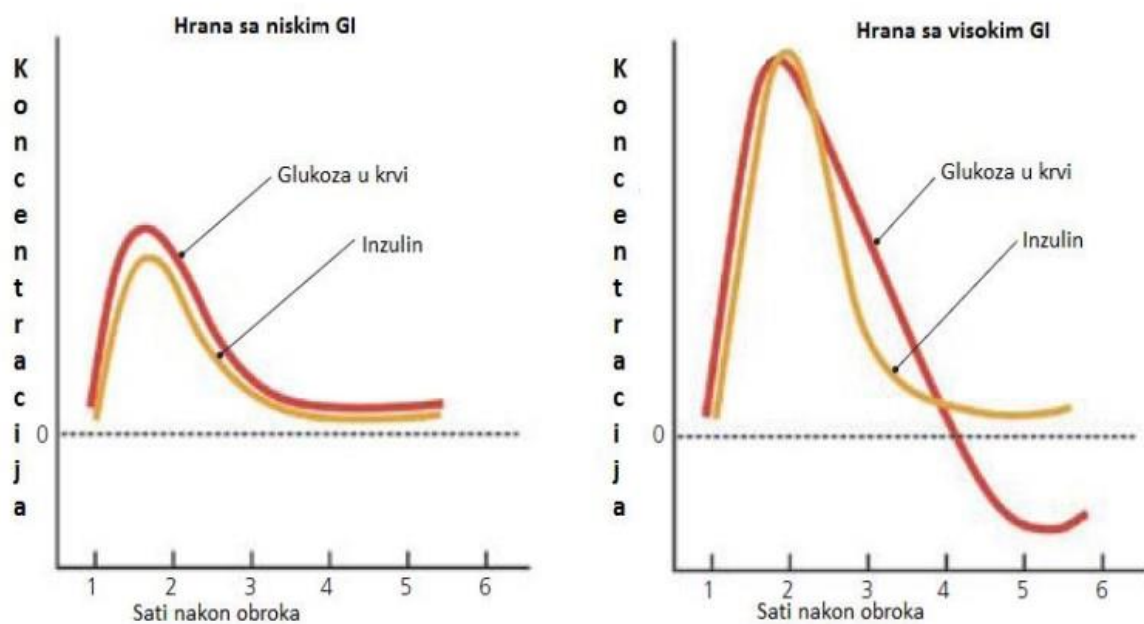
Višak glukoze u organizmu se pohranjuje u obliku glikogena; velikog razgranatog polimera koji se može razgraditi kako bi se dobile molekule glukoze kada je potrebna energija. Većina glukoznih jedinica u glikogenu povezana je  $\alpha$ -1,4-glikozidnim vezama. Mjesta grananja glikogena pojavljuju se svakih 10-ak glukoznih jedinica te se glukoza povezuje pomoću  $\alpha$ -1,6-glikozidnih veza. Dva glavna mjesta za pohranu glikogena u ljudskom organizmu su jetra i skeletni mišići. Koncentracija glikogena u jetri je veća nego u mišićima (10% naspram 2% mase), ali ukupno se u skeletnim mišićima pohranjuje više glikogena zbog njihove veće mase. U jetri se sinteza i razgradnja glikogena reguliraju kako bi se konstantno održavala razina glukoze u krvi prema potrebama cijelog organizma. Nasuprot tome, u mišićima su ovi procesi regulirani kako bi zadovoljili energetske potrebe samog mišića. Razgradnja i sinteza glikogena su relativno jednostavni biokemijski procesi. Razgradnja glikogena sastoji se od tri koraka: (1) oslobađanje glukoze 1-fosfata iz glikogena, (2) modifikacija glikogenskog supstrata kako bi se omogućila daljnja razgradnja i (3) pretvorba glukoze 1-fosfata u glukozu 6-fosfat za daljnji

metabolizam. Glukoza 6-fosfat, nastala razgradnjom glikogena, ima tri daljnje mogućnosti: (1) služi kao početni supstrat za glikolizu, (2) može biti obrađena putem pentoza fosfata kako bi se stvorili NADPH i derivati riboze te (3) može biti pretvorena u slobodnu glukozu i oslobođena u krvotok. Ova pretvorba uglavnom se odvija u jetri, s manjim sudjelovanjem crijeva i bubrega. Sinteza glikogena zahtijeva aktiviranu formu glukoze, uridin difosfat glukoze (UDP-glukoze), koja nastaje reakcijom UTP-a i glukoze 1-fosfata. UDP-glukoza se dodaje na nereducirajući kraj molekula glikogena. Kao što je slučaj i s razgradnjom glikogena, molekula glikogena se mora modificirati kako bi se omogućila kontinuirana sinteza. Novi glikozilni ostaci dodaju se na nereducirajuće krajeve glikogena. Aktivirana glikozilna jedinica UDP-glukoze prenosi se na hidroksilnu skupinu na C-4 kraju glikogena kako bi se formirala  $\alpha$ -1,4-glikozidna veza. U procesu elongacije, UDP se zamjenjuje terminalnom hidroksilnom skupinom rastućeg lanca glikogena. Za sintezu glikogena važan je i enzim grananja koje se događa nakon što se određeni broj glikozilnih ostataka spoji u  $\alpha$ -1,4 vezu pomoću glikogen sintaze. Grananje se stvara razbijanjem  $\alpha$ -1,4 veze i formiranjem  $\alpha$ -1,6 veze. Za razgradnju glikogena zaslužna su 3 enzima; glikogen fosforilaza, transferaza i  $\alpha$ -1,6-glukozidaza. Glikogen fosforilaza cijepa glikozidnu vezu između C-1 terminalnog glukoznog ostataka i C-4 susjednog ostataka razdvaja se uz pomoć ortofosfata, time stvarajući glukozu 1-fosfat koja se može reverzibilno pretvoriti u glukozu 6-fosfat. Transferaza i  $\alpha$ -1,6-glukozidaza služe za cijepanje mjesta grananja glikogena (Berg i sur., 2001).

## 2.2. GLIKEMIJSKI INDEKS

Glikemijski indeks definira se kao inkrementalno područje ispod krivulje odgovora glukoze u krvi (GUK) nakon konzumacije porcije od 50g ugljikohidratne testne hrane, izraženo kao postotak odgovora u usporedbi s odgovorom na istu količinu ugljikohidrata iz standardne hrane, koju isti ispitanik konzumira. Postoji nekoliko različitih metoda za izračunavanje područja ispod krivulje. Za većinu podataka o glikemijskom indeksu, područje ispod krivulje računa se kao inkrementalno područje ispod odgovora glukoze u krvi (IAUC), pri čemu se zanemaruje područje ispod početne koncentracije GUK. Ovo se može geometrijski izračunati primjenom pravila trapeza. Ako vrijednost GUK padne ispod početne razine, uključuje se samo područje iznad te početne razine. U istraživanju glikemijskog indeksa (GI), koriste se bijeli kruh ili glukozu kao standardna hrana. Ako koristimo bijeli kruh, dobivamo vrijednosti GI-a koje su otprilike 1,4 puta veće nego kad koristimo glukozu kao standard. Moguće je razmotriti

i druge namirnice kao standard, ali kako bismo mogli usporediti vlastite rezultate s već postojećim podacima u literaturi, potrebno je utvrditi GI nove standardne hrane u odnosu na bijeli kruh ili glukozu (FAO). Općenito se predlaže klasifikacija hrane u 3 kategorije, ovisno o rezultatima dobivenim mjerenjem GI: hrana niskog, srednjeg ili visokog GI. Te se kategorije odnose na hranu ili prehrambene proizvode koji sadrže samo ugljikohidrate, dakle ne vrijede za mješovite obroke (ISO 26 642:2010). U zdravih osoba konzumacija mješovitog obroka izaziva normalan porast GUK, što za posljedicu ima lučenje inzulina iz gušterače kako bi se GUK ponovo vratila na početnu razinu. Na količinu inzulina koji će se izlučiti utječe amplituda porasta GUK (Slika 2). Osim toga, postoji niz metaboličkih poremećaja koji ometaju ili u potpunosti sprječavaju izlučivanje inzulina. Posljedično se predlaže ugljikohidratna hrana s niskim GI kako bi se olakšala kontrola razine GUK (Arvidsson-Lenner i sur., 2004).



**Slika 2.** Promjena koncentracije GUK i inzulina u odnosu na vremenski period nakon konzumacije hrane s niskim i visokim GI (prema Last i Wilson, 2006)

Porast GUK nije određen samo GI već i količinom ugljikohidrata u namirnici. Za bolji uvid o utjecaju hrane na razinu glukoze, koristi se glikemijsko opterećenje (eng. *Glycaemic Load*, GL), koje uzima u obzir i kvalitetu i količinu ugljikohidrata u pojedinoj namirnici. GL je produkt GI-ja i sadržaja ugljikohidrata u namirnici, a jedna jedinica GL predstavlja glikemijski učinak od 1 grama ugljikohidrata iz bijelog kruha, koji služi kao referentna vrijednost (Prašek, 2004). Budući da se često nepravilno koristi naziv glikemijski indeks, misleći pritom na

glikemijsko opterećenje, usporedbom ovih dvaju parametara jasno je da određene namirnice imaju nisko glikemijsko opterećenje unatoč tome što njihov glikemijski indeks smatramo visokim (tablica 1).

**Tablica 1.** GI i GL određenih jela i namirnica (Ludwig DS, 2002)

Hrana	Glikemijski indeks	Glikemijsko opterećenje (serviranje)
Visok glikemijski indeks (70 i više)		
Kukuruzne pahuljice	92	23.9 (30 g [1 oz])
Instant bijela riža	91	24.8 (110 g [3.9 oz])
Pečeni krumpir	85	20.3 (110 g [3.9 oz])
Krafna	76	17.5 (47 g [1.7 oz])
Smrznuti bijeli perec	72	25.2 (70 g [2.5 oz])
Mrkva	71	3.8 (55 g [1.9 oz])
Srednji glikemijski indeks (56-69)		
Raženi kruh	65	19.5 (2 kriške)
Makaroni sa sirom	64	32.6 (180 g [6.3 oz])
Sladoled	61	7.9 (50 g [1.8 oz])
Pizza sa sirom	60	16.2 (100 g [3.5 oz])
Sendvič s maslacem od kikirikija	59	26.0 (100 g [3.5 oz])
Muesli	56	16.8 (30 g [1 oz])
Niski glikemijski indeks (55 i manje)		
Banana (zrela)	51	12.9 (120 g [4.2 oz])
Smeđa riža (na pari)	50	16.5 (150 g [5.3 oz])
Grožđe	46	8.3 (120 g [4.2 oz])
Grah bubrežnjak	46	11.5 (150 g [5.3 oz])
Špageti	41	16.4 (55 g [1.9 oz])
Jabuka	36	8.1 (170 g [6 oz])
Jogurt	36	3.2 (200 g [7.1 oz])
Mlijeko	27	1.5 (220 mL [1.0 šalice])
Kikiriki	14	0.7 (30 g [1.1 oz])

Prilikom mjerenja glikemijskog indeksa može doći do raznih varijacija u vrijednostima. Stoga sudionici u procesu mjerenja glikemijskog indeksa ne smiju imati alergiju ili netoleranciju na glukozu, te ne smiju uzimati lijekove koji su poznati po utjecaju na toleranciju glukoze (poput antihiperglikemijskih sredstava, steroida, inhibitora proteaze, antipsihotika itd.) (Gibson, 2010). Službena metoda za mjerenje glikemijskog indeksa (GI) izdana je od strane Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO) 2010. godine. ISO metoda kalibrirana je od strane 3 neovisna laboratorija pa je stoga i dovoljno precizna da se s visokom vjerojatnošću

(97-99%) može razlikovati hrana s niskim te hrana s visokim GI (Wolever i sur., 2019). Glikemijski odgovor na istu namirnicu također može varirati među različitim pojedincima, te čak i kod iste osobe moguće je primijetiti varijabilnost unutar nekoliko dana mjerenja. Može se reći da bi najpreciznije rezultate za glikemijski indeks dobili kada bi varijacije u površini ispod krivulje postprandijalne koncentracije glukoze bile minimalne kod svakog ispitanika što se može postići ponavljanjem mjerenja glikemijskog odgovora na određenu hranu (Jenkins, 2007).

### **2.3. VODA I HIDRACIJA**

Voda ima mnogobrojne i iznimno značajne fiziološke funkcije u organizmu. Kao univerzalno otapalo, omogućava različite kemijske reakcije unutar stanica, čime osigurava neometanu razmjenu tvari i podupire vitalne procese. Nadalje, ključna je za održavanje izosmolarnosti između staničnog i izvanstaničnog prostora, te ima ulogu u ionizaciji različitih spojeva, što dodatno pridonosi ravnoteži organizma. Voda ima presudnu važnost i u respiratornom sustavu gdje osigurava prijenos kisika u stanice i potiče metaboličke procese. U probavnom sustavu, voda omogućava optimalnu apsorpciju hranjivih tvari te podržava učinkovitu detoksikaciju tijela, eliminirajući suvišak metaboličkih produkata. Osim toga ima izuzetno važnu ulogu u regulaciji tjelesne temperature. Na višim vanjskim temperaturama, sudjeluje u procesu znojenja i time hladi organizam, dok na nižim temperaturama djeluje kao izolator topline. Voda je također sastavni dio hrskavice i zglobne tekućine koja okružuje zglobove, pružajući tkivima adekvatnu čvrstoću, gipkost i elastičnost (Guyton i Hall, 2019).

Voda čini više od polovine mase ljudskog tijela, ali njezin udio varira ovisno o spolu, dobi i tjelesnoj masi. Žene, primjerice, zbog većeg udjela masti u tijelu, imaju u pravilu manji udio vode u usporedbi s muškarcima. Kod novorođenčadi, čak do 80 % tjelesne mase čini voda, no taj udio se smanjuje s godinama, pa kod odraslih osoba voda čini 50 % do 70 % mase tijela. Budući da se gotovo svi biološki procesi odvijaju u vodenom okruženju, precizan nadzor nad volumenom i sastavom tjelesnih tekućina ima iznimnu važnost. Održavanje homeostaze vode u tijelu osigurava nekoliko mehanizama koji uključuju žeđ, bubrege i hormone. U zdravih osoba, unos i izlučivanje vode trebali bi biti uravnoteženi. Dnevni unos vode može znatno varirati ovisno o pojedincu i njegovoj okolini te razini tjelesne aktivnosti.

Vodu unosimo putem pića i hrane (poput juha, povrća i voća), a unos je reguliran osjećajem žeđi. Osim toga, oko 200 mL vode nastaje kao nusprodukt metabolizma i naziva se metaboličkom vodom. Gubitak vode iz tijela događa se na nekoliko načina: putem kože kroz znojenje i isparavanje, putem pluća, putem stolice te putem bubrega. Gubitci vode putem kože, pluća i stolice ovise o temperaturi, vlažnosti okoline i tijela te o unosu hrane. Međutim, bubrezi kontroliraju izlučivanje vode, usklađujući ga s trenutnim gubicima i unosom, izlučujući preostalu količinu vode (Lukić, 2015).

Ravnoteža vode predstavlja omjer ukupnih unosa i gubitaka vode. Vodu unosimo raznim napicima i hranom, a najmanji dio odnosi se na metaboličku vodu. Gubitci se pak odnose na disanje, feces, urin, znoj i gubitak kroz kožu. Održavanje ravnoteže vode veoma je bitno kako bi se spriječilo narušavanje homeostaze. Dnevne varijacije tjelesne vode obično su manje od 1 %, no dugotrajna tjelesna aktivnost i temperaturni ekstremi mogu dovesti do značajnih gubitaka vode, odnosno dehidracije. Pri tjelesnoj aktivnosti, nedostatak vode dovodi do povećanja tjelesne temperature, ubrzava rad srca i povećava percepciju napora. Negativne posljedice na sportsku izvedbu zamjećuju se pri gubitku tjelesne mase nešto većem od 2 %; daljnjim pogoršanjem stupnja hidracije proporcionalno se pogoršava i aerobna izvedba sportaša. Kod vježbi snage i jakosti negativan je utjecaj slabije izražen, međutim i dalje se primjećuje smanjena izdržljivost manjih mišićnih skupina i mogućnost izvođenja ponavljanja vježbi. Znojenjem se ne gubi samo vodu, već i elektrolite. Stopa znojenja tijekom tjelesne aktivnosti ovisi o vrsti aktivnosti i iznosi 0,5-2 g/L. Od elektrolita, znojem se gubi najviše NaCl te u manjim koncentracijama kalij, kalcij, magnezij itd. Aklimatizacija na znojenje (10 dana) smanjuje gubitke natrija, ali ne i ostalih elektrolita poput kalcija, magnezija i cinka te stoga nisu toliko važni kod definiranja dnevnih potreba. Gubitci vitamina znojenjem također su neznajno maleni.

Postoje velike razlike među pojedincima kada je u pitanju gubitak vode i elektrolita tijekom tjelesne aktivnosti, čak i pri obavljanju slične aktivnosti u istim okolišnim uvjetima. Upravo zbog toga važno je napraviti adekvatan plan hidracije kojim će se osigurati ravnoteža vode i elektrolita prije, tijekom i nakon određene aktivnosti. Prije tjelesne aktivnosti nužno je unijeti dovoljno tekućine kako bi se sama aktivnost započela u stanju euhidracije te uz normalne razine elektrolita. Preporuka je osigurati 300-600 mL u sklopu posljednjeg obroka prije aktivnosti, a zatim 300-450 mL, 15-20 min prije same aktivnosti. Pritom je voda najbolji izbor tekućine jer povoljno djeluje na brzinu pražnjenja želuca, dok napitak s ugljikohidratima ima suprotan

učinak. Za vrijeme tjelesne aktivnosti glavni je cilj spriječiti gubitak veći od 2 % tjelesne mase, no nije potrebno pretjerivati s unosom tekućine (ne bi trebao biti veći od gubitka znojenjem). Nakon tjelesne aktivnosti također je nužno nadoknaditi tekućinu potrošenu tijekom aktivnosti budući da se tada nadomjesti tek 30-70 % gubitaka. To je uobičajena pojava jer u stresnim situacijama poput intenzivne tjelesne aktivnosti, ekstremnih temperatura okoliša ili visoke nadmorske visine žeđ ne mora biti dovoljan poticaj za adekvatan nadomjestak tekućine.

Vrijeme potrebno za ponovno uspostavljanje ravnoteže vode u organizmu nakon umjerene do teške hipohidracije može biti od 4 do čak 24 sata. Stoga se, za bržu i potpunu rehidraciju, nadoknađuje tekućina (izgubljena prilikom tjelesne aktivnosti) u iznosu od 150 % smanjenja tjelesne mase. Nužno je uzeti u obzir i daljnji gubitak tekućine znojenjem i urinom poslije treninga koji je jednako važno nadoknaditi. Voda jest odličan odabir prije tjelesne aktivnosti, ali kada je u pitanju oporavak, sportski napitak koji sadrži ugljikohidrate i elektrolite efikasniji je te u većoj mjeri nadomješta gubitke nastale vježbanjem nego voda (Štalić i sur., 2016).

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Materijali

Za potrebe ovog istraživanja kupljena su 3 proizvoda. Vindi izotonični napitak (slika 3) kupljen je u supermarketu budući da je široko dostupan, dok su prah ISO PLUS za pripravak izotoničnog napitka (slika 4) te ME:FIRST REVIVE prah za pripravak sportskog napitka (slika 5) kupljeni u trgovini sportske prehrane Polleo Sport.



Slika 3. Izotonični napitak Vindi



Slika 4. Prah za slaganje izotoničnog napitka ISO PLUS





**Slika 5.** Prah za slaganje sportskog napitka ME:FIRST REVIVE

Nutritivni sastav praha ME:FIRST REVIVE (Prilog 1) razlikuje se od sastava ISO PLUS praha (Prilog 2) budući da se u prvom slučaju radi o sportskom, a u drugom o izotoničnom napitku. Nutritivni sastav Vindi izotoničnog napitka (Prilog 3) siromašniji je na elektrolitima u odnosu na korištene prahove.

### 3.2. Ispitanici

U eksperimentu je sudjelovalo četvero zdravih ispitanika dobi 22-25 godina, dvoje od njih su studenti te dvoje u radnom odnosu. Svi sudionici su nogometaši rekreativci koji treniraju nekoliko puta tjedno. Među njima nema pušača i svi izbjegavaju alkohol. Što se tiče dodatka prehrani, 2 prakticiraju suplementaciju proteinima sirutke. S obzirom da se svi rekreativno bave nogometom te uz to vježbaju u teretani, indeks tjelesne mase kreće se u rasponu 23,3-27,72 kg/m<sup>2</sup> (Tablica 2), što bi se za normalnu populaciju smatralo blago povišenim.

**Tablica 2.** Osnovni podaci o ispitanicima

	Osoba 1	Osoba 2	Osoba 3	Osoba 4
Dob	23	22	22	25
TM (kg)	82	71,5	83,4	77,2
TV (m)	1,72	1,72	1,89	1,82
ITM	27,72	24,17	23,35	23,31

### 3.3. Metode

Za mjerenje početne razine glukoze u krvi svakoga dana korišten je glukometar Bayer CONTOUR® NEXT (slika 6) uz lancetar i lancete microlet ® next (slika 7) te testne listiće CONTOUR® NEXT (slika 8).



**Slika 6.** Glukometar Bayer CONTOUR® NEXT



**Slika 7.** Lancetar i lancete microlet ® next



**Slika 8.** Testni listići za mjerenje glukoze CONTOUR® NEXT

Svaki ispitanik tako je 3 dana izmjerio početnu razinu GUK i tu brojku upisao u aplikaciju H Band. Vrijednost GUK izmjerena pomoću glukometra služi kao referentna vrijednost za pametnu narukvicu NITEBEAM EP01 (slika 9).



**Slika 9.** Pametna narukvica NITEBEAM EP01

Ova narukvica, kao i ostale pametne narukvice u razvoju, koristi neinvazivnu metodu praćenja glukoze u krvi, dakle ne dolazi do vađenja krvi, probijanja kože ili uzrokovanja neke druge vrste boli. Mjeri se količina reflektirane infracrvene svjetlosti koja je usmjerena prema

međustaničnoj tekućini (gdje se nalazi glukoza i ostale hranjive te otpadne tvari) pomoću raznih optičkih senzora (Song, 2023).

Narukvica ima mogućnost povezivanja s aplikacijom H Band te pohranjuje informaciju o izmjerenoj početnoj razini GUK. Daljnjim korištenjem narukvica prati razinu GUK tijekom dana. Zadatak svakog ispitanika bio je nositi tu narukvicu za vrijeme i nakon treninga koji je trajao 1h i 30 min, a tijekom samog treninga morali su popiti sportski napitak. Mjerenja pojedinog ispitanika provedena su u 3 različita dana, a svaki dan konzumiran je različit sportski napitak. Izotonični napitak Vindi gotov je proizvod te se kao takav i konzumirao. ME:FIRST i ISO PLUS proizvodi su koji dolaze u obliku praha te ih je potrebno pomiješati s 200 tj. 250 ml vode. Osim toga, jedan od ispitanika paralelno je, uz korištenje pametne narukvice, tijekom jednog dana (svakih nekoliko sati) mjerio razinu GUK i pomoću glukometra kako bi se testirala točnost mjerenja pomoću pametne narukvice.

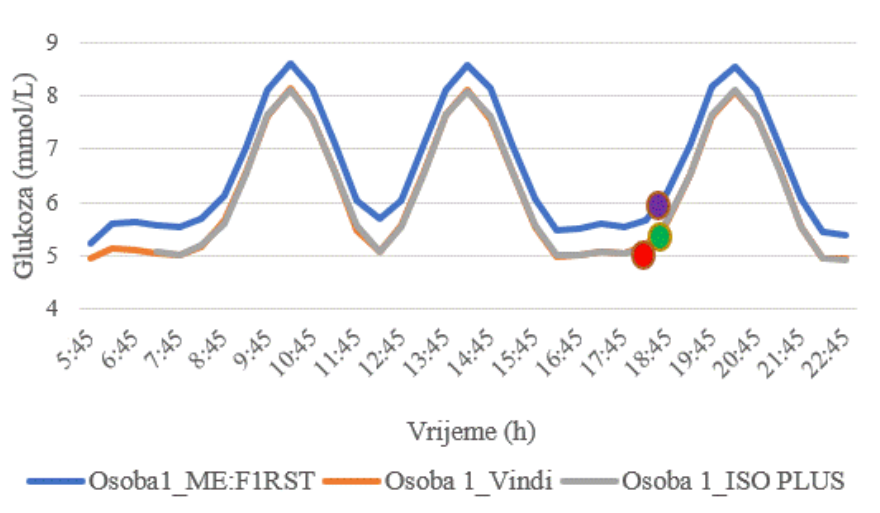
U jednoj studiji (Harrison i sur., 2011) analizirani su uzorci krvi iz prsta 105 ispitanika s dijabetesom (25 s tipom 1, 77 s tipom 2 i 3 nepoznatog tipa) koristeći CONTOUR glukometar i YSI analizator glukoze - „zlatni standard“ za analizu glukoze u krvi. Cilj istraživanja bio je procijeniti točnost CONTOUR® sustava za praćenje razine glukoze u krvi prema smjernicama Međunarodne organizacije za standardizaciju - ISO 15197:2003 te prema još strožim kriterijima. 99,3% rezultata bilo je unutar ISO 15197:2003 kriterija ( $\pm 0,83$  mmol/L u odnosu na YSI rezultate kod koncentracija glukoze  $< 4,16$  mmol/L i  $\pm 20\%$  kod koncentracija glukoze  $\geq 4,16$  mg/dl). Dodatno, 96,7% rezultata bilo je precizno prema strožim kriterijima ( $\pm 0,83$  mmol/L u odnosu na YSI rezultate kod koncentracija glukoze  $< 5,5$  mmol/L i  $\pm 15\%$  kod koncentracija glukoze  $\geq 5,5$  mmol/L) čime je potvrđena izuzetna točnost ovog glukometra.

### 3.3.1. Obrada podataka

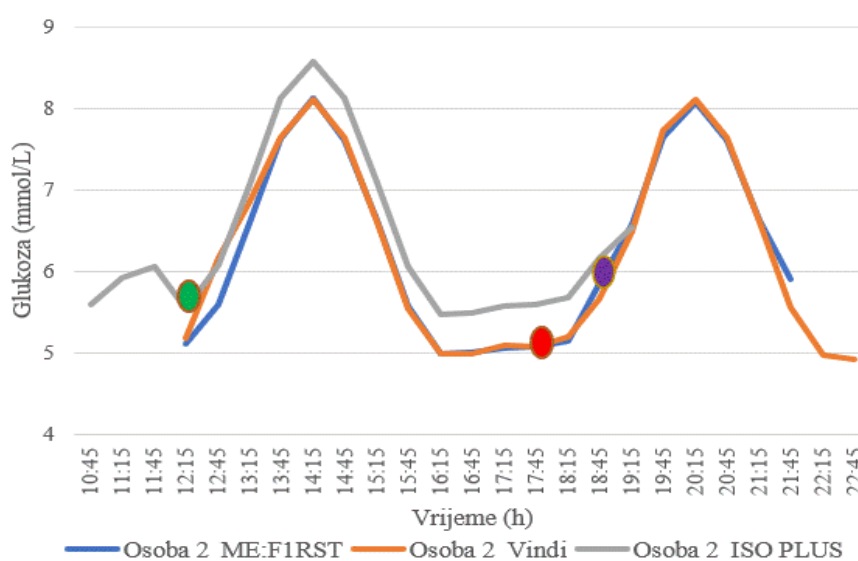
Statistička obrada podataka napravljena je pomoću MS Office Excel aplikacije. Za podatke o koncentraciji glukoze u krvi korištena je aritmetička sredina te su rezultati grafički prikazani. Također je korišten i t-test za određivanje statističke značajnosti razlike između mjerenja glukometra i pametne narukvice.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

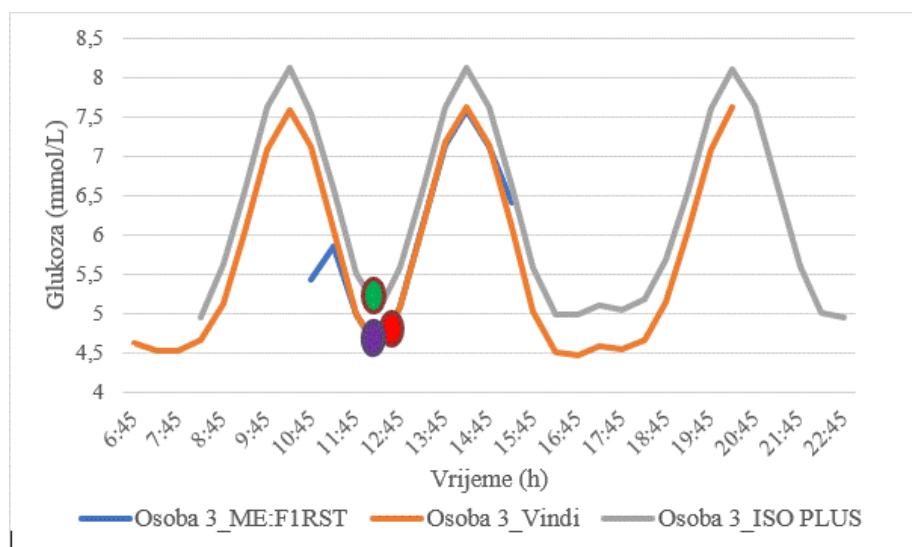
Dnevne fluktuacije razine glukoze u krvi zabilježene pomoću pametne narukvice NITEBEAM EP01 grafički su prikazane za svakog od ispitanika (Osoba 1: slika 10, Osoba 2: slika 11, Osoba 3: slika 12, Osoba 4: slika 13). Točke na grafovima označavaju vrijeme početka ispijanja pojedinog sportskog napitka; **ljubičasta** za ME:F1RST, **crvena** za Vindi te **zeleni** za ISO PLUS napitak.



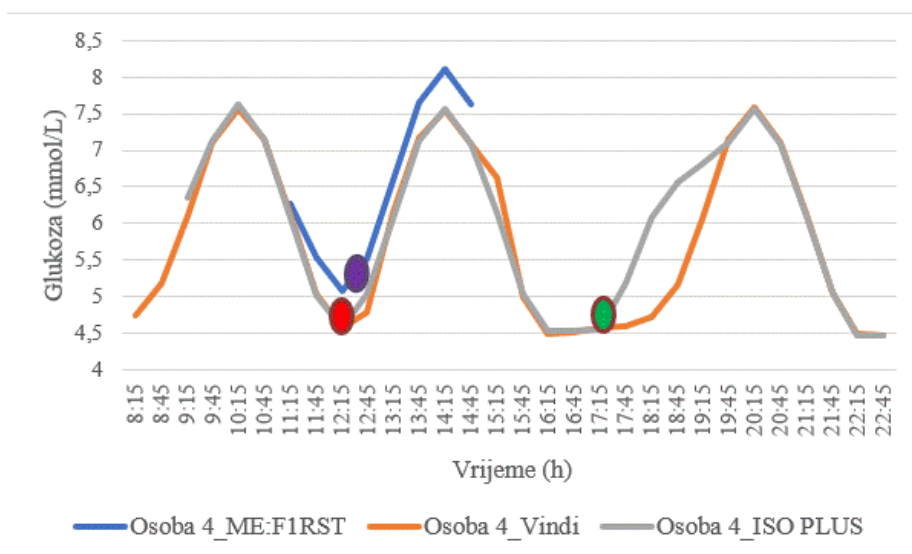
**Slika 10.** Prikaz vrijednosti mjerenja glukoze u krvi pomoću NITEBEAM EP01 pametne narukvice za Osobu 1.



**Slika 11.** Prikaz vrijednosti mjerenja glukoze u krvi pomoću NITEBEAM EP01 pametne narukvice za Osobu 2.



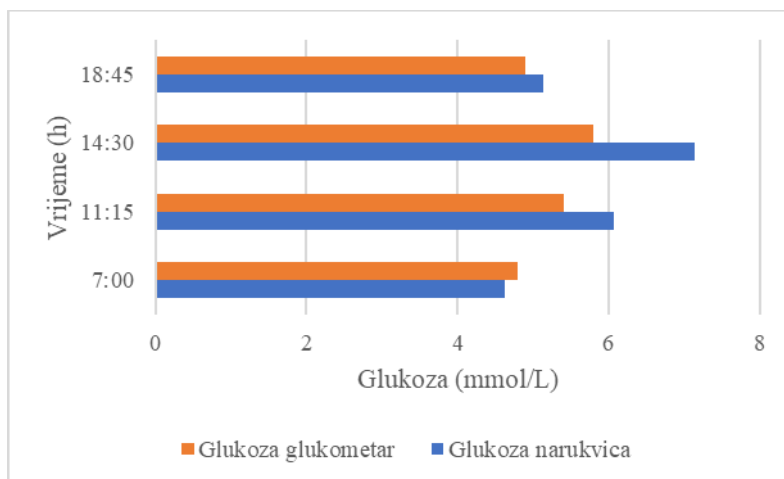
**Slika 12.** Prikaz vrijednosti mjerenja glukoze u krvi pomoću NITEBEAM EP01 pametne narukvice za Osobu 3.



**Slika 13.** Prikaz vrijednosti mjerenja glukoze u krvi pomoću NITEBEAM EP01 pametne narukvice za Osobu 4.

Kao što je i očekivano, konzumacija sportskih napitaka tijekom treniranja dovela je do porasta razine glukoze u krvi kod svih ispitanika. Na grafovima je jasno vidljiv trend kretanja nivoa glukoze u krvi tijekom dana; za vrijeme dnevnih obroka dolazi do naglog porasta, a onda do pada. Svi sudionici istraživanja naveli su konzumaciju jela koje je u sebi sadržavalo ugljikohidrate i to unutar 30 minuta od završetka treninga tako da nisu samo napitci zaslužni za toliki pik krivulje, već i količina i vrsta unesenih ugljikohidrata.

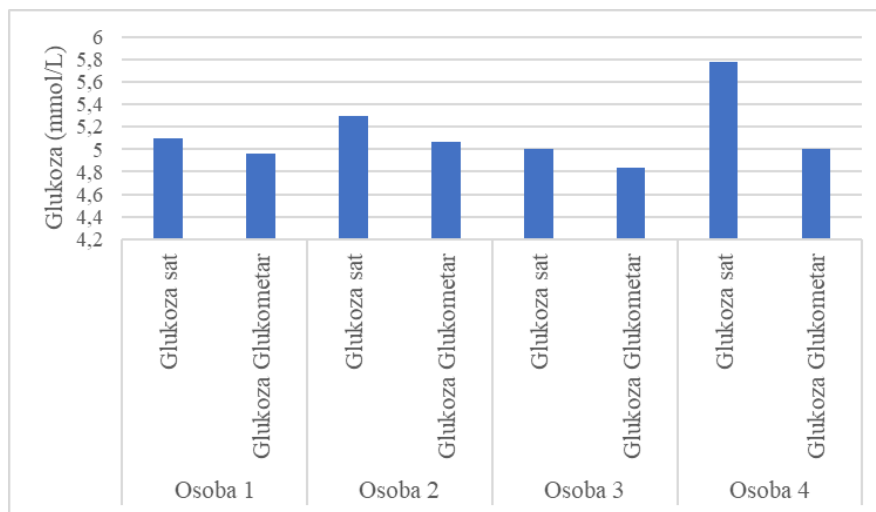
U svrhu ispitivanja točnosti mjerenja uređaja NITEBEAM EP01 uspoređene su vrijednosti razine glukoze u krvi uz korištenje glukometra s mjerenjima dobivenima pomoću navedene pametne narukvice (slika 14).



**Slika 14.** Usporedba razine glukoze u krvi izmjerene pomoću glukometra i pametne narukvice

Ujutro je glukometar pokazao viši nivo glukoze u krvi nego pametna narukvica, međutim ostatak mjerenja ukazuje na precjenjivanje vrijednosti glukoze u krvi od strane pametne narukvice. Mjerenja u 14:30 sati provedena su neposredno nakon epizode hranjenja u kojoj je bila određena količina ugljikohidrata te je upravo ovdje zamijećena najveća razlika između rezultata dvaju različitih uređaja.

Zatim je proveden i dvosmjerni t-test za prikupljene podatke glukoze, pri čemu je utvrđeno da nema statistički značajne razlike između glukometra i pametne narukvice (što se mjerenja glukoze u krvi tiče), što prikazuje slika 15, uspoređujući vrijednosti za svakog od 4 ispitanika ( $p > 0,05$ ).



**Slika 15.** Prosječne dnevne vrijednosti glukoze izmjerene glukometrom i narukvicom za ispitanike

Glukometar je široko rasprostranjen i svakodnevno ga koriste mnogi oboljeli od dijabetesa. To konstantno bockanje lancetama kako bi se kontrolirala razina glukoze u krvi može izazvati nelagodu kao i ostale invazivne metode mjerenja. Stoga se posljednjih nekoliko desetljeća pokušavaju razviti nove neinvazivne metode, a da preciznost i točnost mjerenja zadovolje kriterij. Nitebeam EP01 pametna narukvica razvijena je upravo u tu svrhu, kako bi se olakšalo kontinuirano praćenje glukoze u krvi bez potrebe za lancetama. Ipak, postoje prepreke koje ometaju rad i očitavanja optičkih senzora narukvice. Kao prvo, signal koji glukoza odašilje je slab te ga je teško izolirati od drugih sličnih molekula u organizmu koje onda mogu interferirati s mjerenjem. Jedan od takvih primjera je voda; čak i male, suptilne promjene razine vode u organizmu mogu znatno utjecati na signale koji se očitavaju. Zatim su tu vanjski i okolišni faktori poput zalutale svjetlosti, kretanja te nedovoljnog kontakta senzora s kožom, što je najčešće kod tjelense aktivnosti. Temperatura, odnosno toplina također predstavlja problem jer senzori ponekad ne mogu registrirati dolazi li toplina od nekog vanjskog izvora (primjerice Sunca) ili ju mi oslobađamo kretanjem i znojenjem (Song, 2023). Unatoč postojanju prepreka, znanstvenici su ostvarili velik napredak jer se ovakve pametne narukvice i satovi sve češće upotrebljavaju ne samo kod dijabetičara, nego i kod zdrave populacije. Na taj način lako se može pratiti razina glukoze u krvi i usprkos pogreškama u mjerenju, moguće je otkriti predijabetičko stanje ukoliko se primijeti da su rezultati mjerenja natašte povišeni.

Kao i u ovom istraživanju, jedna je studija pratila razinu glukoze u krvi tijekom i nakon treninga uz ispijanje sportskog napitka. Tamis-Jortberg i suradnici (1996) imali su 25 ispitanika koji su



svi oboljeli od dijabetesa tipa I ili II te se nastojalo utvrditi učinke sportskog napitka s glukoznim polimerima na razinu glukoze u krvi i elektrolite. Dakle, svi ispitanici primili su određenu dozu inzulina prije samog treninga, a glukoza i elektroliti mjereni su u intervalima tijekom 60-minutnog submaksimalnog testa na traci za trčanje i tijekom 60 minuta nakon vježbanja. Utvrđena je značajna razlika u prosječnim razinama glukoze u krvi, pri čemu su ukupne razine glukoze u krvi bile više kod skupine koja je konzumirala sportski napitak s glukoznim polimerima u usporedbi s placebo. Upotreba sportskih napitaka također je spriječila pojavu hipoglikemije nakon vježbanja i nije uzrokovala ili doprinijela hiperglikemiji. Naravno, u svrhu očuvanja zdravlja dijabetičara ponajprije je potreban savjet stručnjaka o planu treninga te unosu sportskih napitaka tijekom treninga budući da rezultati mjerenja glukoze prije treninga mogu značajno varirati kod dijabetičara.

Posljednjih nekoliko godina uloženo je mnogo truda u razvoj novih neinvazivnih metoda mjerenja glukoze u krvi kako bi se olakšalo praćenje razina glukoze tijekom dana. Pritom su veliki doprinos napravili Chang i suradnici (2022) koji su u laboratoriju testirali visoko integrirani sat za kontinuirano praćenje glukoze. Uz sudjelovanje 23 dobrovoljaca (13 dijabetičara i 10 osoba koje nemaju dijagnozu) te nakon provođenja raznih testiranja, sat je pokazao 84,34% kliničke točnosti u Clarkeovoj analizi mreže pogrešaka (zone A + B). U bliskoj budućnosti, komercijalni proizvodi mogli bi se razviti na temelju ovog laboratorijskog prototipa kako bi se cijeloj ljudskoj populaciji omogućilo neprekidno praćenje razine glukoze u krvi bez upotrebe invazivnih postupaka.

Ova studija ograničena je samo na mušku populaciju te nitko od ispitanika ne boluje od dijabetesa, međutim narukvica se pokazala kao potencijalno koristan alat i za dijabetičare koji žele izbjeći bockanje po nekoliko puta dnevno. Potrebno je napraviti više istraživanja uz veći broj ispitanika te uključiti i dijabetičare kako bi se napravila detaljnija analiza kojom bi se utvrdila stvarna preciznost i točnost mjerenja pomoću Nitebeam EP01 narukvice.

## 5. ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata dobivenih provođenjem ovog eksperimenta može se zaključiti:

1. Vidljiv je trend dnevnih promjena glukoze u krvi izmjerenih pomoću pametne narukvice, pri čemu nakon svake epizode hranjenja dolazi do naglog povećanja, a zatim pada koncentracije glukoze.
2. Konzumacija svakog od sportskih napitaka tijekom treninga dovela je do povećanja razine glukoze u krvi kod svih ispitanika, ali obrok nakon samog treninga najviše je utjecao na podizanje koncentracije glukoze u krvi.
3. Nije utvrđena statistički značajna razlika u mjerenju glukoze u krvi pomoću pametne narukvice u odnosu na mjerenje glukometrom.
4. Pametna narukvica Nitebeam EP01 pokazao se koristan za kvalitativnu analizu mjerenja glukoze u krvi; uočljiv je trend dnevnih promjena razine glukoze. Kvantitativno su dobiveni rezultati drugačiji od mjerenja glukometrom i to zbog vanjskih čimbenika poput znojenja, temperature zraka i kretanja, pa točnost mjerenja narukvice nije zadovoljavajuća.
5. Glukometar je i dalje točniji, a ujedno i pouzdaniji uređaj za praćenje svakodnevnih oscilacija glukoze u krvi nego pametna narukvica Nitebeam EP01.
6. Ova pametna narukvica može biti korisna za kontrolu glukoze tijekom treninga kada upotreba glukometra nije praktična. No i dalje je nužna upotreba glukometra za kalibraciju pametne narukvice.

Zasad invazivne metode i dalje ostaju pouzdanije od neinvazivnih metoda mjerenja razine glukoze u krvi, no daljnjim razvojem i ugradnjom boljih senzora moguće je da će glukometar i lancete biti zamijenjeni nekom bezbolnijom i praktičnijom vrstom uređaja.

## 6. POPIS LITERATURE

- Arvidsson-Lenner R., Asp N.-G., Axelsen M., Bryngelsson S., Haapa E., Järvi A. i sur. (2004). Glycaemic Index. Relevance for health, dietary recommendations and food labelling. *Food & Nutrition Research*, **48**, 84-94. <https://doi.org/10.3402/fnr.v48i2.1509>
- Berg JM, Tymoczko JL, Stryer L (2002) *Biochemistry*, 5. izd., W.H. Freeman, New York.
- Chang T., Li H., Zhang N., Jiang X., Yu X., Yang Q. i sur. (2022) Highly integrated watch for noninvasive continual glucose monitoring. *Microsystems & nanoengineering*, **8**, 25. <https://doi.org/10.1038/s41378-022-00355-5>
- Contour®Next (2023) <https://www.diabetes.ascensia.com.hr/>. Pristupljeno 17. svibnja 2023.
- FAO (2023) The role of the glycaemic index in food choice, FAO-Food and Agriculture Organization, <https://www.fao.org/3/W8079E/w8079e0a.htm>. Pristupljeno 9. srpnja 2023.
- Gibson N (2010) Development of rapid assessment method for the glycaemic index. Master's thesis, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of Pretoria, Pretoria.
- Guyton AC, Hall JE (2017) *Medicinska fiziologija*. 13. izd., (preveli Andreis i sur.), Medicinska naklada, Zagreb
- Harrison B, Leazenby C, Halldorsdottir S (2011) Accuracy of the CONTOUR® blood glucose monitoring system. *Journal of diabetes science and technology*, **5**, 1009–1013. <https://doi.org/10.1177/193229681100500425>
- IDF (2023) Diabetes facts and figures, IDF-International Diabetes Federation, <https://idf.org/about-diabetes/diabetes-facts-figures/>. Pristupljeno 29. kolovoza 2023.
- ISO 26 642:2010 Food products – Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification.
- Jenkins, A.L. (2007) The Glycaemic Index: Looking Back 25 Years. *Cereal foods world*, **52**, 50-53. <https://doi.org/10.1094/CFW-52-1-0050>
- Kim J., Campbell A. S., Wang J. (2018) Wearable non-invasive epidermal glucose sensors: A review. *Talanta*, **177**, 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.08.077>

- Last, A. R., & Wilson, S. A. (2006). Low-carbohydrate diets. *American family physician*, **73**, 1942–1948. <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2006/0601/p1942.html> Pristupljeno 4. rujna 2023.
- Lukić A. (2015) Fiziologija za visoke zdravstvene studije, 1.izd., Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar.
- Mandal A (2023) Carbohydrate Metabolism- News medical. <https://www.news-medical.net/health/Carbohydrate-Metabolism.aspx>. Pristupljeno 6. srpnja 2023.
- Nitebeam EP01 (2023) <https://www.amazon.co.uk/NITEBEAM-EP01-Temperature-Waterproof-Bracelet/dp/B0BVM8L221>. Pristupljeno 19. svibnja 2023.
- Polleosport (2023) <https://polleosport.hr/sportska-prehrana/ugljikohidrati-i-energija/>. Pristupljeno 17. svibnja 2023.
- Prašek M (2004) Metabolički sindrom-osnovni principi liječenja. *Medicus*, **13**, 95-102. [https://www.researchgate.net/publication/27203303\\_Metabolicki\\_sindrom\\_-\\_osnovni\\_principi\\_lijecenja](https://www.researchgate.net/publication/27203303_Metabolicki_sindrom_-_osnovni_principi_lijecenja)
- Song V. (2023) If you're diabetic, don't wait for your smartwatch to replace your needles- The Verge. <https://www.theverge.com/2023/3/18/23618649/noninvasive-blood-glucose-monitoring-wearables-smartwatches>. Pristupljeno 4. rujna 2023.
- Šatalić Z, Sorić M, Mišigoj-Duraković M (2016) Sportska prehrana, 1. izd., Znanje, Zagreb
- Tamis-Jortberg B., Downs D. A. Jr, i Colten, M. E. (1996) Effects of a glucose polymer sports drink on blood glucose, insulin, and performance in subjects with diabetes. *The Diabetes educator*, **22**, 471–487. <https://doi.org/10.1177/014572179602200507>
- Wahren J. (1979) Glucose turnover during exercise in healthy man and in patients with diabetes mellitus. *Diabetes*, **28**, 82–88. <https://doi.org/10.2337/diab.28.1.s82>
- Wolever, T. M. S., Meynier, A., Jenkins, A. L., Brand-Miller, J. C., Atkinson, F. S., Gendre, D. i sur. (2019) Glycemic Index and Insulinemic Index of Foods: An Interlaboratory Study Using the ISO 2010 Method. *Nutrients*, **11**, 2218. <https://doi.org/10.3390/nu11092218>

## PRILOZI

Prilog 1. Nutritivni sastav ME:FIRST REVIVE praha za slaganje sportskog napitka

Energetska vrijednosti	312 kJ / 72 kcal (4 %)	1562 kJ / 360 kcal
Masti	0 g (0 %)	0,2 g
od kojih zasićene masne kiseline	0 g (0 %)	0 g
Ugljikohidrati	4,3 g (2 %)	22 g
od kojih šećeri **	0 g (0 %)	1,7 g
Vlakna	0,5 g	2,4 g
Bjelančevine	13 g (26 %)	65 g
Sol	0,14 g (2 %)	0,69 g
Vitamin C	100 mg (125 %)	500 mg
Vitamin B1	0,89 mg (81 %)	4,5 mg
Vitamin B2	0,75 mg (54 %)	3,8 mg
Niacin	8,0 mg (50 %)	49 mg
Pantotenska kiselina	2,7 mg (46 %)	14 mg
Vitamin B6	0,58 mg (41 %)	2,9 mg
Magnezij	180 mg (48 %)	900 mg
Kalij	71,5 mg (4 %)	358 mg
Kalcij	60,0 mg (8 %)	301 mg
Fosfor	57,0 mg (8 %)	285 mg
iBCAA	5000 mg	25000 mg
L-Glutamin	3000 mg	15000 mg
L-Arginin AKG	1000 mg	5000 mg
L-Citrulin DL-malat	1000 mg	5000 mg
L-Ornitin	1000 mg	5000 mg
Glicin	800 mg	4000 mg
β-Alanin	600 mg	3000 mg
Betain hidroklorid	600 mg	3000 mg
CLA	30 mg	150 mg
α-Lipoična kiselina	20 mg	100 mg
Maltodekstrin	3688 mg	18440 mg
Voštani kukuruzni škrob	500 mg	2500 mg
Inulin	500 mg	2500 mg

\* Preporučeni unos za prosječnu odraslu osobu (8 400 kJ / 2 000 kcal)

\*\* Sadrži prirodno prisutne šećere

Prilog 2. Nutritivni sastav ISO PLUS praha za slaganje izotoničnog napitka

Prosječne hranjive vrijednosti na	17,5 g (% PDU*)	100 g (% PDU*)
Energetska vrijednost	255 kJ/ 60 kcal	1479 kJ/ 348 kcal
Masti	0 g	0 g
od kojih zasićene masne kiseline	0 g	0 g
Ugljikohidrati	15 g	87 g
od kojih šećeri	12 g	70 g
Vlakna	0 g	0 g
Bjelančevine	0 g	0 g
Sol	0,29 g	1,6 g
Vitamin A	160 µg (20 %)	914,3 µg (114 %)
Vitamin D	1,0 µg (20 %)	5,7 µg (114 %)
Vitamin E	2,4 mg (20 %)	13,7 mg (114 %)
Vitamin C	16 mg (20 %)	91,4 mg (114 %)
Tiamin	0,22 mg (20 %)	1,25 mg (114%)
Riboflavin	0,28 mg (20 %)	1,6 mg (114 %)
Niacin	3,2 mg (20 %)	18,3 mg (114 %)
Vitamin B6	0,28 mg (20 %)	1,6 mg (114 %)
Folna kiselina	40, 0 µg (20 %)	228,5 µg (114 %)
Vitamin B12	0,50 µg (20 %)	2,86 µg (114 %)
Biotin	10 µg (20 %)	57,1 µg (114 %)
Pantotenska kiselina	1,2 mg (20 %)	6,86 mg (114 %)
Kalij	85,7 mg (4 %)	490 mg (25 %)
Kalcij	25,0 mg (3 %)	143 mg (18 %)
Magnezij	12,6 mg (3 %)	72,0 mg (19 %)
Natrij	0,12 g	0,66 g
L-Glutamin	192,5 g	1100 g
L-Karnitin	50 mg	285 mg

\*Preporučeni dnevni unos

Prilog 3. Nutritivni sastav izotoničnog napitka Vindi

PROSJEČNE HRANJIVE VRIJEDNOSTI NA 100 mL:		
Energija		73 kJ (17 kcal)
Masti		< 0,1 g
od kojih zasićene masne kiseline		< 0,01 g
Ugljikohidrati		3,6 g
od kojih šećeri		3,6 g
Bjelančevine		< 0,5 g
Sol		0,03 g
Vitamin C	(15% PU*)	12 mg
Niacin	(15% PU*)	2,4 mg
Pantotenska kiselina	(15% PU*)	0,90 mg
Vitamin B6	(15% PU*)	0,21 mg

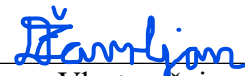
\*PU - Preporučeni unos





## Izjava o izvornosti

Ja DORIJAN ŽAVRLJAN izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.



Vlastoručni potpis