

Primjena bioelektrične impedancije u analizi sastava tijela

Mitrović, Lucija

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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:159:474212>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-03**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Nutricionizam

Lucija Mitrović

0058204622

**PRIMJENA BIOELEKTRIČNE IMPEDANCIJE U ANALIZI
SASTAVA TIJELA**

ZAVRŠNI RAD

Predmet: Modeliranje i optimiranje u nutricionizmu

Mentor: prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić

Zagreb, 2022.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam

Zavod za procesno inženjerstvo
Laboratorij za mjerenje, regulaciju i automatizaciju

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Nutricionizam

Primjena bioelektrične impedancije u analizi sastava tijela Lucija Mitrović, 0058204622

Sažetak:

Sastav tijela i antropometrijska obilježja su pokazatelj stanja tijela, stoga je u ovom radu korišten uređaj koji se temelji na bioelektričnoj impedanciji, medicinski analizator sastava tijela. U sklopu projekta *Mjerenja sastava tijela* (De Haagse Hogeschool), mjerene su studentice iz Europe i Azije (n=9), tijekom studentskog boravka u inozemstvu,. Mjerenja su provedena 3 puta, s razmakom od mjesec dana. Ispitanice su trebale korigirati svoj plan prehrane prema nutritivnim smjernicama i vježbati, s ciljem redukcije masne mase i povećanju nemasne mase. Praćene su promjene (i) osnovnih antropometrijskih pokazatelja: tjelesna masa, tjelesna visina te opseg struka) i (ii) parametara sastava tijela (masna masa i nemasna masa (mišićna masa, koštana masa, masa ostalih organa, fazni kut te ukupna masa vode u tijelu)). Podaci su uspoređeni međusobno te s dostupnim prosječnim podacima za mongoloide i kavkazoide. Rezultati mjerenja sastav tijela upućuje na očekivane razlike u tjelesnoj masi ($p=0,036$), indeksu tjelesne mase ($p=0,031$), indeksu masne mase ($p=0,046$) te opsegu struka ($p=0,034$), ovisno o pripadnosti ispitanica jednoj od dvije promatrane etničke skupine. Fazni kut je praćen u percentilima te nije pokazao pozitivnu korelaciju s indeksom tjelesne mase.

Ključne riječi: bioelektrična impedancija, sastav tijela, uređaj mBCA, studentice, različitosti

Rad sadrži: 27 stranica, 16 slika, 4 tablice, 33 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: 8. srpnja 2022.

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, regulation and automatisisation

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Nutrition

Application of bioelectric impedance in body composition analysis
Lucija Mitrović, 0058204622

Abstract:

Body composition and anthropometric characteristics are the indicator of the state of the body, so in this paper a device used is based on the bioelectrical impedance, the medical body composition analyzer. As part of the Body Composition Measurement project (De Haagse Hogeschool), female students from Europe and Asia (n=9) were measured during their student stay abroad. The measurements were carried out 3 times, with an interval of one month. The test subjects had to correct their diet plan according to nutritional guidelines and exercise, with the aim of reducing fat mass and increasing lean mass. Changes in (i) basic anthropometric indicators: body mass, body height and waist circumference) and (ii) body composition parameters (fat mass and lean mass (muscle mass, bone mass, mass of other organs, phase angle and total water mass in body)). The data were compared with each other and with the available average data for Mongoloids and Caucasoids. The results of measuring body composition indicate the expected differences in body mass ($p=0.036$), body mass index ($p=0.031$), fat mass index ($p=0.046$) and waist circumference ($p=0.034$), depending on whether the subjects belonged to one of the two observed ethnic groups. The phase angle was monitored in percentiles and did not show a positive correlation with body mass index.

Keywords: bioelectrical impedance, body composition, device mBCA, female students, diversity

Thesis contains: 27 pages, 16 figures, 4 tables, 33 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: June 8th 2022

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. ENERGETSKI UNOS I SASTAV TIJELA	2
2.1.1. Masnoća u tijelu	2
2.1.1.1. <i>Adipociti</i>	3
2.1.1.2. <i>Adipozno ili masno tkivo</i>	3
2.1.1.3. <i>Raspodjela masnog tkiva</i>	4
2.1.1.4. <i>Visceralna masnoća</i>	4
2.1.2. Nemasno tkivo – mišićno tkivo, koštana masa te ukupna tjelesna voda	4
2.1.2.1. <i>Mišićni sustav</i>	4
2.1.2.2. <i>Kvaliteta mišića</i>	6
2.1.2.3. <i>Segmentalna mišićna masa</i>	6
2.1.3. Ukupna voda u tijelu	6
2.1.3.1. <i>Unutar- i izvanstanična voda</i>	7
2.1.4. Koštana masa	8
2.1.5. Promjene u tjelesnom sastavu tijekom starenja	8
2.1.6. Fazni kut	9
3. EKSPERIMENTALNI DIO	10
3.1. ISPITANICI	10
3.2. METODE	10
3.2.1. <i>Mjerenje parametara sastava tijela</i>	10
3.2.2. <i>Obrada podataka</i>	12
4. REZULTATI I RASPRAVA	13
5. ZAKLJUČAK	24
6. LITERATURA	25
7. PRILOZI	

1. UVOD

Sastav tijela i antropometrijska obilježja pojedinca, pokazatelj su stanja tijela jer će analiza sastava tijela biti pokazatelj udjela nemasne mase, mase masti, mišićne mase, ali i udjela tjelesne masti. Redovitim praćenjem može se ustanoviti promjene u praćenim parametrima kako bi se procijenila potrebna njega pacijenta ili kondicija pojedinca, ali i sportaša. Upravo navedeno ukazuje koliko je bitan sastav tijela, a ovaj rad će pokušati pojasniti i zašto.

Sastav tijela može se mjeriti na različite načine, a u ovom radu su prikazani rezultati primjene uređaja koji se temelji na bioelektričnoj impedanciji (BIA) a koristi se i u medicinske svrhe, tzv. mBCA (medical Body Composition Analysis) uređaj. Kroz rad su prikazani rezultati mjerenja provedenih u sklopu projekta *Mjerenja sastava tijela* studenata na razmjeni tijekom boravka na Veleučilištu u Haagu (De Haagse hogeschool).

Mjerenja su provedena tijekom tri mjeseca (mjerenje na početku i svaki mjesec) tijekom perioda boravka u Haagu. Postavljena je hipoteza „Promjena u prehrani i vježbanju pomaže u redukciji masne mase i povećanju nemasne mase“.

Ovaj rad prati promjene (i) osnovnih antropometrijskih pokazatelja (tjelesna masa, tjelesna visina te opseg struka) i (ii) parametara sastava tijela (masna masa i nemasna masa (mišićna masa, koštana masa, masa ostalih organa te ukupna masa vode u tijelu)), za devet ispitanica. Podaci su uspoređeni s dostupnim prosječnim podacima za mongoloidnu i kavkazoidnu etničku skupinu. (prilog 1 i 2).

2. TEORIJSKI DIO

Iznimno važan pokazatelj uhranjenosti čovjeka je analiza sastava tijela u kojem se procjenjuje udio masnog i nemasnog tkiva, tjelesne vode te udio koštane mase, od koji se učestalo koriste metode na osnovi bioelektrične impedancije, ali i novije metode, kao npr. blisko-infracrvena spektroskopija (Sorić, 2005; Jensen i sur., 2020). Analiza bioelektrične impedancije (BIA) je brza, neinvazivna i relativno jeftina metoda za procjenu sastava tijela u terenskim i kliničkim uvjetima (Affuso i sur., 2018) koja daje medicinski precizne rezultate.

Tako npr. medicinski analizator sastava tijela (eng. medical Body Composition Analyser, mBCA) iako izgleda kao modificirana vaga tjelesne mase, omogućava mjerenje udjela komponenti sastava tijela važnih u medicinskoj praksi, tj. na masnu masu i masu bez masti, tjelesnu vodu (sastavljenu od izvanstanične vode i unutarstanične vode) i skeletnu mišićnu masu (Seca, 2021).

2.1. ENERGETSKI UNOS I SASTAV TIJELA

2.1.1. Masnoća u tijelu

Udio masti u tijelu jedan je od pokazatelja tjelesne kondicije osobe. Veći udio tjelesne masti povećava vjerojatnost razvoja bolesti povezane s pretilošću, uključujući bolesti srca, visoki krvni tlak, moždani udar i dijabetes tipa 2 (Bienertová-Vašků, 2013). Preporučeni udio tjelesne masti odraslih osoba naveden je u tablici 1 (Woods, 2022).

Tablica 1. Preporučene vrijednosti udjela masti u tijelu, prema dobi i spolu (Woods, 2022)

Dob	Preporučeni udio masti u tijelu (%)	
	Žene	Muškarci
20-39	21-32	8-19
40-59	23-33	11-21
60-79	24-35	13-24

Energija (mjerne jedinice su kcal ili kJ, kasnije spomenute samo kcal) koju naš organizam zahtijeva dolazi od konzumacije hrane i pića (osim vode). Energija sagorijeva kroz tjelesnu aktivnost i općenito funkcije ljudskog organizma (rad glatkih i srčanog mišića, regulacija tjelesne temperature, itd.). KiloKalorije – jedinice za energiju koje se uobičajeno koriste u nutricionizmu i prehrambenoj industriji. Kalorija je mjerna jedinica koja predstavlja količinu

toplinske energije koja je potrebna kako bi podigla temperaturu 1 g vode za 1 Celzijev stupanj (1 °C), od temperature 14,5 °C na temperaturu 15,5 °C, pri tlaku od 1 atm. U termokemiji 1 kalorija (cal) je 1,184 J. Energija iz hrane mjerena je u kilokalorijama, a mnogi ljudi koriste naziv kalorija, što nije ispravno (Howell i Konces, 2017).

Za održavanje tjelesne mase, nužno je unositi onoliko energije koliko se troši, tj. kalorijski ekvivalent za energetske bilancu je sljedeći (Gajdoš Kljusurić, 2020):

$$\text{energetska bilanca} = \text{ulaz energije} - \text{izlaz energije} \quad [1]$$

Ukoliko energetski unos nije u ravnoteži postoje dvije mogućnosti (i) gubitak tjelesne mase (jednadžba 2) ili (ii) povećanje tjelesne mase (jednadžba 3):

$$\text{ulaz (unos) energije} < \text{izlaz (potrošnja) energije} \quad [2]$$

$$\text{ulaz (unos) energije} > \text{izlaz (potrošnja) energije} \quad [3]$$

Međutim, ako se konzumira otprilike isti broj kcal koliko se i sagorijeva, sve se utroši. Prilikom konzumiranja više energije nego što se utroši, višak kcal se sprema u masne stanice. Ukoliko se ta rezervna masnoća kasnije ne pretvara u energiju, stvarat će se povećani udio masti u tijelu.

2.1.1.1. Adipociti

Adipociti, lipociti ili masne stanice su stanice koje grade adipozna ili masna tkiva. To su stanice koje spremaju energiju u obliku masti. Postoje dva tipa adipoznog tkiva: bijelo i smeđe adipozno tkivo. Oni sadrže dvije vrste adipocita. Najnovija istraživanja pokazuju prisustvo 'bež' adipocita s ekspresijom gena koja je različita i od bijelih i smeđih, iako imaju sličniju funkciju smeđima (Dai i sur., 2022).

Bijeli adipociti sadrže veliku masnu (lipidnu) kapljicu i uključene su u skladištenje masti, dok smeđi imaju manju lipidnu kapljicu i puno više mitohondrija koji stvaraju energiju i na taj način očuvaju tjelesnu temperaturu.

2.1.1.2. Adipozno ili masno tkivo

Adipozno tkivo je slobodno vezivno tkivo koje se sastoji od adipocita i izvedeno je iz lipoblasta (prekursora od adipocita). Povijesno gledajući, mast je smatrana da ublažava i izolira tijelo od vanjskih utjecaja, ali nedavno se prepoznala njezina uloga kao dio energije i kao signalne

molekule (fosfolipidi). Također, fiziološki, psihosocijalni i klinički faktori utječu na količinu i distribuciju adipoznog tkiva unutar tijela. Masno tkivo se dijeli na dvije skupine s različitim metaboličkim karakteristikama, a to su potkožno masno tkivo i visceralno masno tkivo. Esencijalno masno tkivo sadrži lipide koji čine 1,5 – 3 % tjelesne mase. To su strukturne komponentne staničnih membrana i živčanog sustava (Rosen i Spiegelman, 2014).

2.1.1.3. Raspodjela masnog tkiva

Raspodjela je različita kod muškog i ženskog spola. Kod žena se nalazi više potkožnog masnog tkiva, dok muškarci imaju više intra-abdominalnog adipoznog tkiva.

Raspodjela masnog tkiva je važna jer je povezana s pretilosti i zdravljem. Jednako je važna ili čak važnija od njegove količine. Ova raspodjela je podijeljena na dva tipa: androidni tip ('muški' tip ili tip 'jabuke') gdje je tkivo u gornjem dijelu, oko trbuha, i ginoidni tip ('ženski' tip ili tip 'kruške') gdje je tkivo više u donjem dijelu, u bokovima (Björntorp, 1991).

2.1.1.4. Visceralna masnoća

1. Abdominalna pretilost, karakterizirana kao pretilost u kojoj je povećan udio adipoznog tkiva oko organa, naziva se visceralna pretilost. Povezana je s patološkim stanjima poput oštećenog metabolizma glukoze i masti, inzulinske rezistencije, povećanog rizika za rak debelog crijeva, dojke i prostate. Također je povezana s infektivnim bolestima i komplikacijama te većom smrtnosti u bolnicama (Shuster i sur., 2012). Uzrokuje i srčane bolesti, visoki arterijski krvni tlak (hipertenziju) i ishemijsku srčanu bolest. Kao hormonski aktivno tkivo, visceralno masno tkivo otpušta razne bioaktivne molekule i hormone, poput adiponektina, leptina, faktora tumorske nekroze, rezistina i interleukina-6 (IL-6). Adiponektin u cirkulaciji je u suprotnoj korelaciji s količinom visceralnog adipoznog tkiva, a snižene koncentracije adiponektina su povezane s dijabetesom tipa 2, povećanom razinom glukoze, hipertenzijom, srčanim bolestima i tumorima (Shuster i sur., 2012).

2.1.2. Nemasno tkivo – mišićno tkivo, koštana masa te ukupna tjelesna voda

2.1.2.1. Mišićni sustav

Mišićni sustav je odgovoran za pokretanje tijela. Mišići su pričvršćeni za kosti preko tetiva. U tijelu se nalazi 700 poznatih mišića koji čine skoro polovicu tjelesne mase. Svaki od tih mišića je organ za sebe koji sadrži mišićno tkivo, krvne žile, tetive i živce (Car, 2011). Mišićna tkiva

nalazimo i na srcu, probavnom sustavu, krvnim žilama, itd. U tim organima mišići imaju ulogu pokretača tvari kroz tijelo.

Postoje tri vrste mišićnog tkiva: visceralno (glatko), skeletno i srčano

- 1) Visceralno – nalazimo unutar organa poput želuca, crijeva i krvnih žila. To je najslabije od svih mišićnih tkiva i uloga mu je da pokrene organe kako bi mogli pomicati tvari kroz njih. Iz razloga što je to mišićno tkivo kontrolirano od strane mozga koji radi nesvjesno, dakle nije potrebna naše svjesno razmišljanje za njihov rad, oni rade automatski. Glatki mišići se nazivaju tako jer pod mikroskopom se vidi jednolično tkivo, kao da je "glatko" te kada ga uspoređujemo po izgledu sa srčanim i skeletnim, vidi se kontrast u izgledu.
- 2) Srčano – nalazi se samo na srcu te je odgovorno za pumpanje krvi kroz tijelo. Također je to mišić koji ne radi našom voljom, nego automatski. Dok neurotransmiteri i hormoni iz mozga kontroliraju i pokreću druge organe, srčani mišić stimulira sam sebe. Srčane mišićne stanice su prošarane, imaju svijetle i tamne prugice kad ih se gleda kroz svjetlosni mikroskop. Proteinska vlakna koja su složena tako da se čini kao da ima svijetle i tamne prugice. Takav izgled stanica nam govori da je taj mišić čvrst, za razliku od glatkih mišića.
- 3) Skeletno – drugi naziv je poprečno-prugasto mišićno tkivo. Jedino mišićno tkivo koje se pokreće našom voljom te je za svaki pokret (hodanje, govorenje, pisanje, treptanje, itd.) je potreban rad skeletnih mišića. Uloga tih mišića je pokretanje koštanog sustava koji je povezan s mišićima preko tetiva.

Glavna funkcija mišićnog sustava je pokretanje, ali također uloga im je održavanje posture i položaja tijela. Mirovanje tijela, odnosno stajanje u jednom položaju, zahtjeva također mišićni rad. Najizdržljiviji mišići su oni koji održavaju posturu. Prije spomenuti visceralni mišići te srčani mišić imaju ulogu prijenosa tvari i nikad se ne "umore". Još jedna važna funkcija mišića je stvaranje topline u tijelu. Puno manjih mišićnih kontrakcija proizvodi prirodnu toplinu. Kada se iscrpimo vježbajući, mišići se troše više nego obično, povećava se naglo toplina i kao posljedica tijelo se znoji (Vurdelja, 2016).

Mišićna masa uključuje skeletne mišiće, glatke i srčani mišić te vodu koja se nalazi u tim mišićima. Mišići djeluju kao stroj za uzimanje energije. Oni su dio nemasne mase, koja čini svu masu osim masne.

2.1.2.2. Kvaliteta mišića

Pokazuje stanje mišića, koje se mijenja kroz život, ovisno o dobi i uvježbanosti. Najbolji mišići su kod mladih uvježbanih ljudi, dok starenjem i ne-vježbanjem kvaliteta opada (Crnković, 2020).

2.1.2.3. Segmentalna mišićna masa

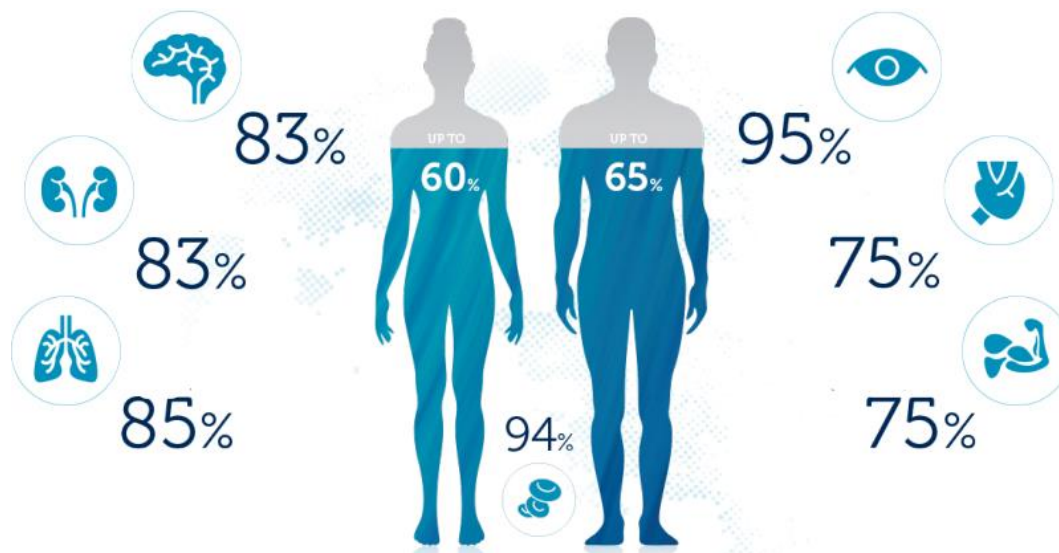
Mišićna masa koja se mjeri posebno u pet dijelova tijela: abdomen, lijeva i desna ruka te lijeva i desna noga. Mjerenje i promatranje segmentalne mišićne mase pomaže vidjeti i razumjeti utjecaj treninga kroz vrijeme. Također se iz toga može vidjeti da neki mišić nije dobro razvijen, pa se tako lakše može spriječiti ozljeda pri treningu. Isto tako se može mjeriti segmentalna masna masa (Crnković, 2020).

2.1.3. Ukupna voda u tijelu

U fiziologiji, tjelesna voda je sva voda u tijelu koja se nalazi u tkivima, krvi, kostima, itd. To je ukupna količina tekućine u tijelu koja se računa u postotku ukupne tjelesne mase. Vodeni medij svakog tkiva pridonosi količini ukupne tjelesne vode, što, također, pridonosi tjelesnoj masi i volumenu. Osiguravanje optimalne količine vode je dio ravnoteže i homeostaze. Voda regulira temperaturu tijela i pomaže eliminaciji otpadnih tvari. Voda se konstantno gubi kroz urin, znoj i disanje (Valenzuela i sur., 2021).

Količina vode koju je potrebno unijeti je individualna i ovisi o klimatskim uvjetima (po ljetu je potrebno više vode zbog pojačanog znojenja, nego po zimi) i o tjelesnoj aktivnosti (jača tjelesna aktivnost pojačava znojenje). Obično se kaže da zdrava osoba treba unijeti 2 – 2,5 L vode dnevno (Oliver, 2018).

Prosječna tjelesna voda (u postocima) za zdravu osobu iznosi: ženska populacija: 45-60 %, muška populacija: 50-65 % (Slika 1), a oči su organ kojim dominira voda (95 %) te prema sadržaju vode slijedi krv (94 %).



Slika 1. Voda u tijelu muškarca i žene te organi u kojima voda dominira (Oliver, 2018).

Također, količina vode je različita kod djece i odraslih te ovisi isto tako o adipoznosti. Urin (mokraća) pokazuje je li osoba dobro hidrirana. Na to ukazuje pridruživanje broja boji urina, gdje je broj 1 najsvjetlija, žućkasto prozirna boja i urin nema mirisa i to znači da osoba ima optimalnu količinu vode u sebi, a broj 8 najtamnija, gotovo smeđa boja, koja ima i težak miris, pokazatelj je kako nema dovoljno tjelesne vode i osoba je dehidrirana (Ellis, 2000).

2.1.3.1. Unutar- i izvanstanična voda

U Netterovom Atlasu fiziologije čovjeka (Hansen i Koeppen, (2002)) tjelesna voda je podijeljena na:

- Unutarstaničnu tekućinu (2/3 tjelesne vode). U organizmu koji ima 72 kg nalazi se 40 L tekućine, što je otprilike 62,5%.
 - Izvanstanična tekućina (1/3 tjelesne vode). Za organizam koji sadrži 40 L tekućine, 15 L je izvanstanična tekućina, 37,5 %.
- a) Plazma (1,5 izvanstanične tekućine). Od toga 15 L izvanstanične tekućine, plazma iznosi 3 L, dakle 20 %
 - b) Intersticijska tekućina (4/5 izvanstanične tekućine)
 - c) Međustanična tekućina (tzv. prazan prostor, često izbačen iz računanja) nalazi se unutar organa, poput probavnih, zatim u trbušnoj šupljini i tekućina unutar oka.

Ukupna tjelesna voda se može odrediti iz izdaha pojedinca korištenjem protočne masene spektrometrije s naknadnim sjajem (eng. *Flowing afterglow mass spectrometry measurement*,

FA-MS), korištenjem deuterija. Poznata doza deuterija (tzv. teške vode), D₂O, se proguta i pomiješa se sa tjelesnom vodom. FA-MS uređaj tada mjeri omjer deuterija i vodika u izdahu. Ukupna tjelesna voda je precizno mjerena od povećanja količine deuterija u dahu u odnosu na volumen unesenog D₂O. Također, voda se može izmjeriti bioelektričnom impedancijom (BIA) koja će kasnije biti detaljnije objašnjena (Spanel i Smith, 2001).

2.1.4. Koštana masa

Koštana masa ima veliki značaj za jačinu kosti pojedinca tijekom života. Najbrži dobitak koštane mase odvija se u djetinjstvu, posebno tijekom puberteta kad kosti izrazito rastu i jačaju. Kako starimo, koštana masa gubi svoju gustoću. Kolika je masa kostiju, toliko se predviđa da ima koštanih minerala u organizmu (Heyward i Wagner, 2004). Koštana masa nema značajne promjene tijekom kraćeg vremenskog perioda, no bitna je pravilna prehrana i tjelovježba.

Faktori o kojima ovisi koštana masa:

- 1) Genetski faktori – studije na blizancima pokazuju da 60-80 % koštane mase je genetski predodređeno (oblik kostiju i čvrstoća)
- 2) Prehrambeni faktori – adekvatan unos kalcija, fosfora i magnezija, a manje natrija
- 3) Tjelesna aktivnost – pomaže izgradnji kostiju, osobito u mlađoj dobi
- 4) Hormonski status – primarno, hipogonadizam u oba spola je povezan s niskom koštanom masom; sekundarno, amenoreja kod žena (zbog poremećaja prehrane i gubitka TM te određenih fizičkih bolesti) je također povezana s gubitkom koštane mase (Zhu i Zheng, 2021).

Sastav tijela dati će jasniji uvid u potencijalne promjene (pozitivne ili negativne) uslijed promjena samog pojedinca (npr. mijenjanje životnih navika, promjena prehrane i sl.).

2.1.5. Promjene u tjelesnom sastavu tijekom starenja

Istraživanja su pokazala da se masna masa povećava, a mišićna masa smanjuje tijekom starenja. Metabolizam u mirovanju (engl. Resting Metabolic Rate, RMR) i brzina oksidacije supstrata su bile promatrane tijekom starenja. Bilo je predloženo da smanjenje oksidacije RMR i masti mogu promijeniti sastav tijela. Dok se to događa, povećava se udio masnog tkiva, a nemasna masa i koštana gustoća se smanjuju. Još k tome, povećanje masne mase je najviše rašireno u području abdomena, što dovodi do kardiovaskularnih oboljenja i dijabetesa.

RMR po kilogramu tjelesne mase i nemasna masa su najviši u novorođenčadi, naglo padaju do četvrte godine i polagano do odrasle dobi kada dostižu određenu vrijednost, međutim, kasnije, u starosti, opet opadaju. Puno istraživanja dokazuje da postoji poveznica opadanja nemasne mase s opadanjem RMR kod zdravih starijih ljudi, no ne zna se zašto je to tako.

Analiza bioelektrične impedancije (BIA) je metoda određivanja sastava tijela. Mjeri se masna masa u odnosu na nemasnu masu. To je važan dio nutricionističke procjene.

2.1.6. Fazni kut

Fazni kut (engl. Phase Angle, PhA) je izravno mjerenje cjelokupnosti stanica i raspodjela vode unutar i izvan stanične membrane. Kod zdravog pojedinca, stanična membrana od neprovodnog lipidnog materijala (dvostruki lipidni sloj, izolator) smješten između dva sloja provodne tekućine (unutarstanična i izvanstanična voda). Kada dva provodna materijala okružuju izolator, to se naziva kondenzator. Dakle, stanična membrana je kao „tvrđava“ sa sposobnostima kondenzatora, koja ne samo da sprječavaju struje da ulaze u stanicu, nego i tvari poput otrova i otpadnih tvari. To znači da su zdrave stanice (ili jači „kondenzatori“) one stanice koje su bolje u prevenciji ulaska otrovnih i otpadnih tvari kroz membranu (Langer i sur., 2020). Utvrđeni rezultati istraživanja kažu da više vrijednosti PhA znače bolje ukupno stanično zdravlje i manju propusnost membrane. Manji PhA se javlja kod manje mišićne snage i zarazne bolesti te dovodi do povećane smrtnosti od raka kod starije populacije. Također, pojedinci koji su pothranjeni, oboljeli od AIDS-a i kronični alkoholičari imaju niži PhA. S druge strane, manjak tekućine u organizmu, bilo da je dehidracija ili zbog oporavka od bolesti, nosi sa sobom viši PhA (Kolodziej i sur., 2022).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ISPITANICI

Istraživanje je provedeno u sklopu ERASMUS+ studentskog boravka na Veleučilištu u Haagu (De Haagse Hogeschool). U istraživanju je sudjelovalo 9 (devet) studentica na razmjeni. Navedena mjerenja prema suglasnosti mentorice stručne prakse Machteld van Lieshout PhD, mogu koristiti u izradi ovog rada (Tablica 2).

Tablica 2. Osnovni podaci o sudionicima

Broj sudionika	9 (13 ukupnih, četvero je obavilo samo dva mjerenja, odustali)
Dob	19 – 26 godina
Rasa/etnička pripadnost	kavkazoidi (eupeidi) i mongoloidi (azijati)
Spol	ženski
Čime se bave	studenti
Period	svaki mjesec (3 puta)

U tablici priloga 3 navedeni su trendovi praćenih parametara za svih devet sudionica (S1 do S9).

3.2. METODE

3.2.1. Mjerenje parametara sastava tijela

Za mjerenje sastava tijela korišten je medicinski analizator sastava tijela (mBCA) koji mjerenu tjelesnu masu razdjeljuje na masnu tjelesnu masu i masu bez masti, tjelesnu vodu (sastavljenu od izvanstanične vode i unutarstanične vode) te skeletnu mišićnu masu. Sama modifikacija vage ima i dodatnu pomoć za stajanje, koja jamči da se subjekt uvijek mjeri u uspravnom položaju (slika 2). U samom okviru za koji se ispitanik drži, ugrađene su ručne elektrode koje sprječavaju pogreške u mjerenju, a ujedno velika staklena platforma omogućava i vaganje pacijenata do 300 kilograma. Uređaj sadrži i jednostavnu, intuitivnu navigaciju preko zaslona osjetljivog na dodir.

Tjelesna visina i opseg struka su ulazni parametri koji se upisuju u uređaj mBCA, a mjerenje traje maksimalno 20 sekundi.

Tjelesna visina (cm) mjerena je s antropometrom (točnosti 0,1 cm), a opseg struka mjereno je mjernom trakom (točnosti 0,1 cm), a nakon čega su poznati parametri učitani u sustav uređaja i koriste se u procjeni kakvoće sastava tijela, npr. masne mase i tjelesne vode.



Slika 2. Uređaj mBCA (Seca, 2021)

Navedenim uređajem, mBCA, se mjere sljedeći parametri:

- tjelesna masa (kg)
- indeks tjelesne mase (kg m^{-2})
- masna masa (kg)
- nemasna masa (kg)
- mišićna masa (kg)
- ukupna tjelesna voda i izvanstanična voda (kvalitativno mjerenje)
- omjer ukupne vode i izvanstanične vode (%)
- fazni kut (percentil)
- bazalni metabolizam, odnosno metabolizam u mirovanju (engl. Resting energy expenditure, REE) (kcal)

REE se množi s razinom tjelesne aktivnosti (PAL vrijednost) i dobije se potpuni dnevni utrošak energije (total energy expenditure, TEE (Seca, 2021).

3.2.2. Obrada podataka

Postavljena je hipoteza „Je li promjena u prehrani i vježbanju pomogla pri redukciji masne mase i povećanju nemasne mase (npr. mišićne mase)“, te s ciljem potvrde ili opovrgavanja hipoteze te s ciljem utvrđivanja je li trend bio isti kod ispitanica neovisno o etničkoj pripadnosti (kavkazoidna, mongoloidna), korištena je ANOVA, χ^2 -test te jednosmjerni t-test. Značajnost je ispitana na razini $\alpha = 0,05$.

Popis korištenih skraćenica u prikazu rezultata:

TM – tjelesna masa

TV – tjelesna visina

ITM – indeks tjelesne mase

IMM – indeks masne mase

INM – indeks nemasne mase

MM – mišićna masa

OS – opseg struka

KAV – kavkaska etnička skupina

MON – mongoloidna etnička skupina

PhA – fazni hut (eng. Phase angle)

4. REZULTATI I RASPRAVA

Sve ispitanice su tijekom boravka na razmjeni trebale poboljšati prehrambene navike i povećati udio mišićne mase u ukupnoj tjelesnoj masi.

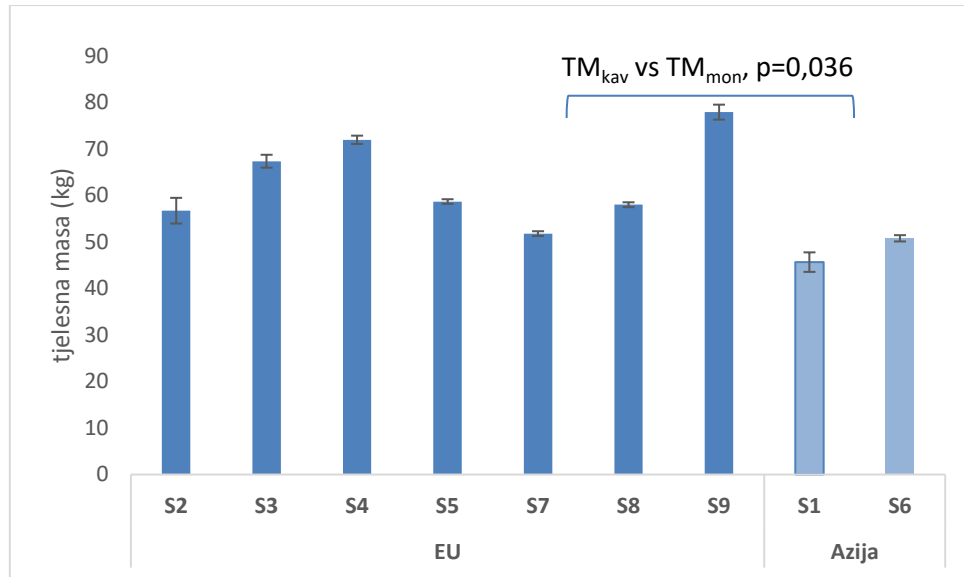
O svim sudionicama, osim mjerenih podataka, vođene su i zabilješke o promjeni (ili ne) prehrambenih navika kao i tjelesne aktivnosti (Tablica 3).

Tablica 3. Osnovne zabilješke vezane za ispitanice tijekom istraživanja.

Sudionice	Zabilješka
Sudionica 1	<ul style="list-style-type: none">- isprva nije mijenjala životni stil,- tijekom ispitnog perioda provodila je sjedilački način života- prehranu nije mijenjala
Sudionica 2	<ul style="list-style-type: none">- prestala je s tjelesnom aktivnošću od kad je na razmjeni- jela je više gotovu kupovnu hranu, a manje napravljenu kod kuće
Sudionica 3	<ul style="list-style-type: none">- promijenila je prehranu, jede više svježega voća, ali je počela pušiti- imala je virusnu infekciju (prehladu) na zadnjem mjerenju
Sudionica 4	<ul style="list-style-type: none">- počela je više vježbati i pripremati hranu kod kuće te je jela manje brze hrane
Sudionica 5	<ul style="list-style-type: none">- počela je ići u teretanu, ali je primijetila da je počela jesti hranu siromašniju vlaknima
Sudionica 6	<ul style="list-style-type: none">- prvo je počela vježbati, ali pred kraj projekta putovala je kući (u drugu vremensku zonu), pa je prestala vježbati i počela je više jesti
Sudionica 7	<ul style="list-style-type: none">- počela je puno više hodati, prehranu nije mijenjala
Sudionica 8	<ul style="list-style-type: none">- počela je više hodati, manje vježbati- prehranu nije mijenjala
Sudionica 9	<ul style="list-style-type: none">- zadnjih par tjedana ispitivanja počela je više vježbati- prehranu nije mijenjala

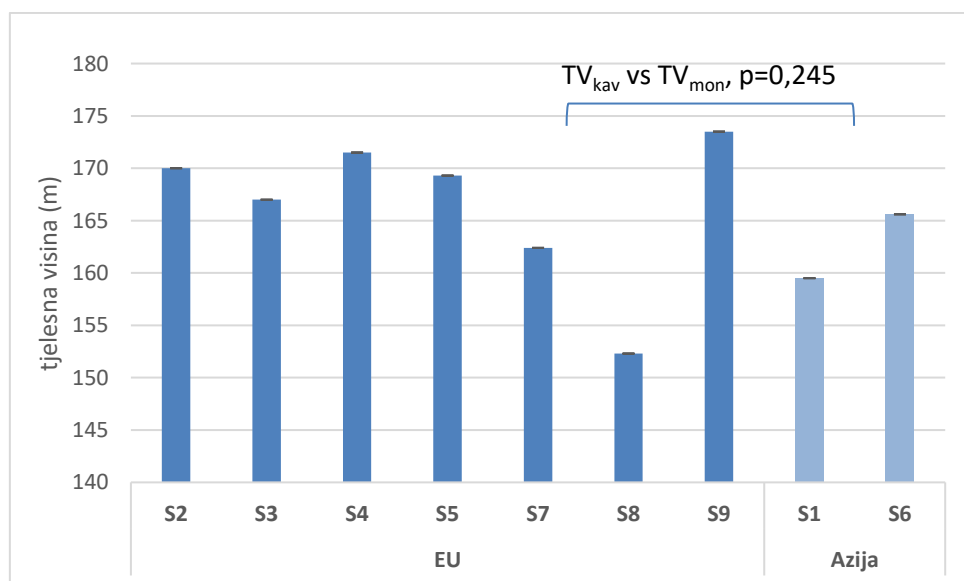
Tjelesna visina mjerena je samo na početku, jer predstavlja veličinu koja se kod odraslih osoba ne mijenja. Za ostale mjerene parametre (tjelesna masa, masna masa, nemasna masa, mišićna masa, opseg struka te fazni kut) te izračunat indeks tjelesne mase su izračunate srednje vrijednosti s pripadnim standardnim devijacijama. Navedeni rezultati su prikazani na slikama

3 do 9) te su računate potencijalne razlike u prosječnim vrijednostima promatranih parametara za studentica iz EU zemalja (kavkasko etničke skupine) u odnosu na prosječne vrijednosti promatranih parametara za studentice podrijetlom iz Azije (Mongoloidne etničke skupine). Promatrana razina značajnosti bila je $\alpha=0,05$.



Slika 3. Tjelesna masa ispitanica s pripadnim odstupanjima tijekom mjerenja.

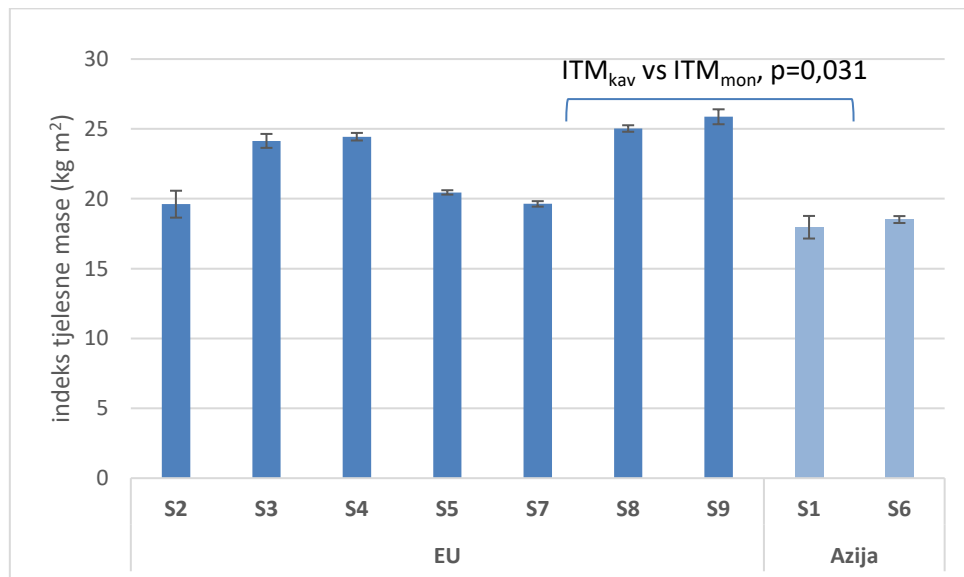
Prema slici 3, vidljivo je kako se prosječna tjelesna masa studentica podrijetlom iz europskih zemalja ($m_{kav}=62,54$ kg) značajno razlikuje ($p=0,036$) od prosječne mase djevojaka koje su podrijetlom iz Azije ($m_{mon}=47,08$ kg).



Slika 4. Tjelesna visina ispitanica

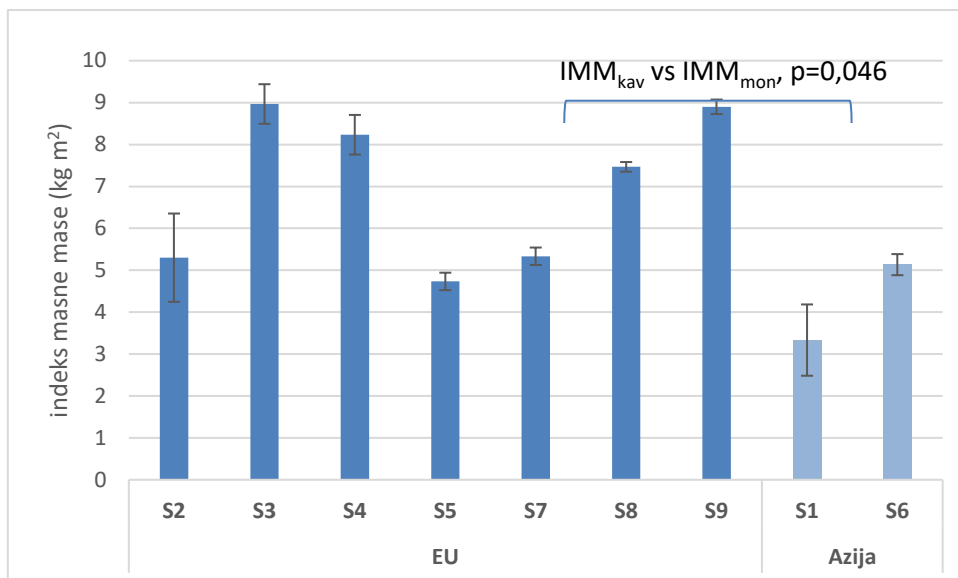
Prema slici 4, vidljivo je kako se prosječna tjelesna visina studentica podrijetlom iz europskih zemalja ($TV_{kav}=166,57$ cm) ne razlikuje značajno ($p=0,245$) od prosječne visine djevojaka koje su podrijetlom iz Azije ($TV_{mon}=162,55$ cm).

Ispitanica S8, svojom tjelesnom visinom odstupa (152 cm), te je proveden Grubbsov test kako bi se provjerilo predstavlja li navedena TV podatak koji odstupa (tzv. outlier). Međutim, test je pokazao kako navedena TV ne odstupa značajno od ostalih ispitanica. Uvidom u prosječne antropometrijske parametre (TV, TM i ITM), prosječna visina za uključene europske zemlje je 1,65 m, a 1,605 m za azijske zemlje (WorldData, 2021).



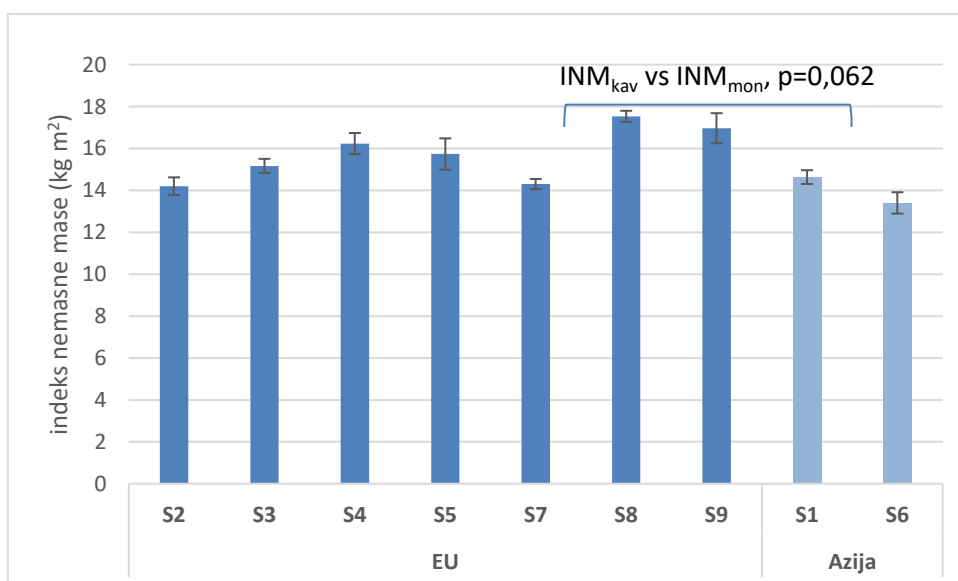
Slika 5. Indeks tjelesne mase s pripadnim devijacijama za sve ispitanice.

Prema slici 5, vidljivo je kako se indeks tjelesne mase studentica podrijetlom iz europskih zemalja ($ITM_{kav}=22,52$ kg m⁻²) značajno razlikuje ($p=0,036$) od indeksa tjelesne mase djevojaka koje su podrijetlom iz Azije ($ITM_{mon}=17,82$ kg m⁻²).



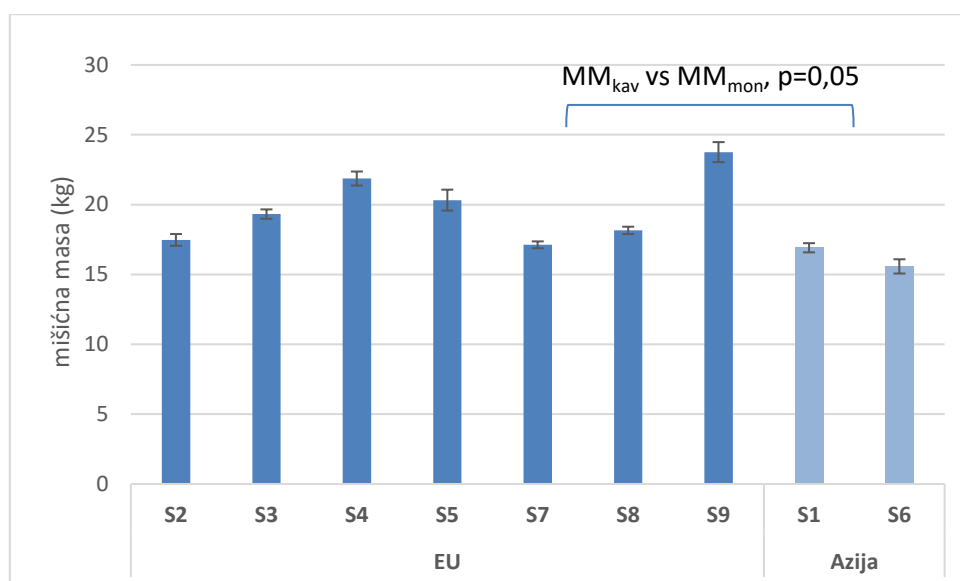
Slika 6. Indeks masne mase s pripadnim devijacijama za sve ispitanice.

Prema slici 6, vidljivo je kako se indeks masne mase studentica podrijetlom iz europskih zemalja ($IMM_{kav}=6,87 \text{ kg m}^{-2}$) značajno razlikuje ($p=0,046$) od indeksa masne mase djevojaka koje su podrijetlom iz Azije ($IMM_{mon}=3,9 \text{ kg m}^{-2}$).



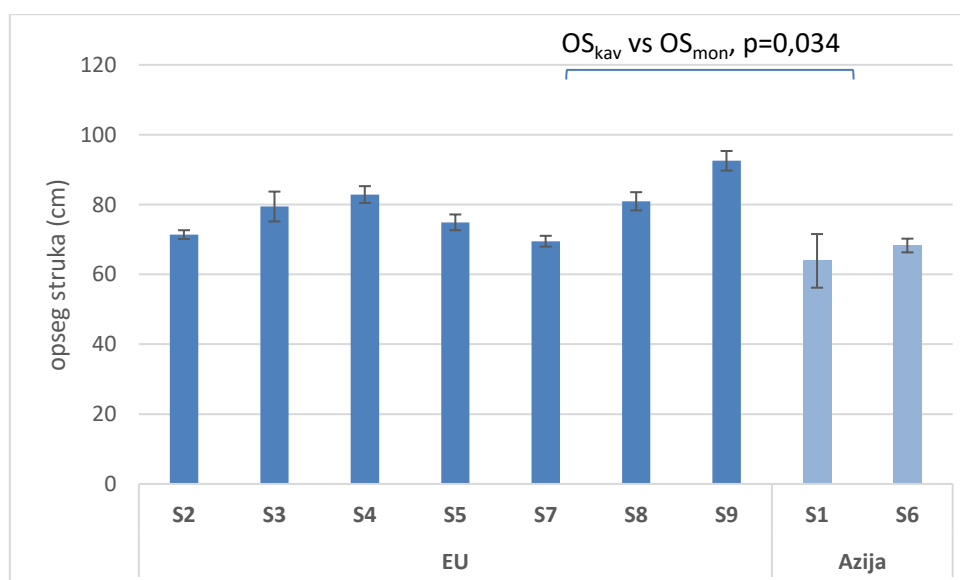
Slika 7. Indeks nemasne mase s pripadnim devijacijama za sve ispitanice.

Prema slici 7, vidljivo je kako se indeks nemasne mase studentica podrijetlom iz europskih zemalja ($INM_{kav}=15,61 \text{ kg m}^{-2}$) ne razlikuje značajno ($p=0,062$) od indeksa nemasne mase djevojaka koje su podrijetlom iz Azije ($INM_{mon}=13,95 \text{ kg m}^{-2}$).



Slika 8. Mišićna masa s pripadnim devijacijama za sve ispitanice.

Prema slici 8, vidljivo je kako se mišićna masa studentica podrijetlom iz europskih zemalja ($MM_{kav}=19,59$ kg) ne razlikuje značajno ($p=0,05$) od mišićne mase djevojaka koje su podrijetlom iz Azije ($MM_{mon}=16,06$ kg).



Slika 9. Opseg struka s pripadnim devijacijama za sve ispitanice.

Prema slici 9, vidljivo je kako se opseg struka studentica podrijetlom iz europskih zemalja ($OS_{kav}=79,31$ cm) značajno razlikuje ($p=0,034$) od opsega struka djevojaka koje su podrijetlom iz Azije ($OS_{mon}=67,15$ cm).

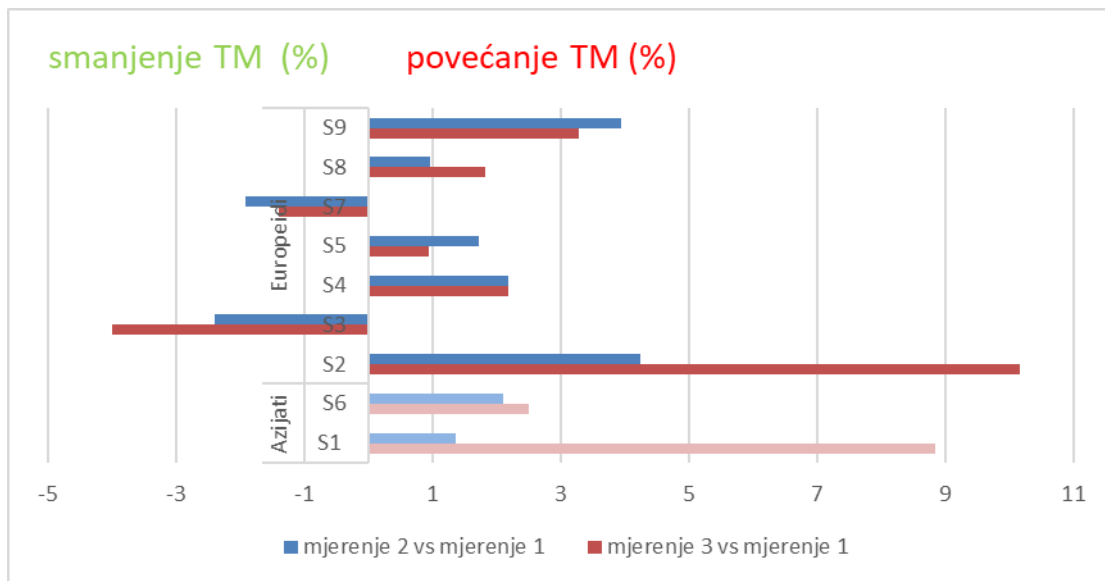
Tablica 4. ANOVA za promatrane parametre ispitanica (n=3); srednja vrijednost i pripadna varijanca, *statistički značajna razlika

Ispitanice	EU	Azija	Sve
Tjelesna masa/ kg	63,2 ± 80,8	48,2 ± 9,8	59,9 ± 104,3
Visina/ cm	166,6 ± 46,9	162,6 ± 11,2	165,7 ± 41,1
ITM/ kg m⁻²	22,7 ± 6,8	18,2 ± 0,4	21,7 ± 9
IMM/ kg m⁻²	7,0 ± 3,2	4,2 ± 1,3	6,4 ± 4,1
INM/ kg m⁻²	15,7 ± 1,5	14 ± 0,5	15,4 ± 1,8
Mišićna masa	19,7 ± 5,5	16,2 ± 0,7	18,9 ± 6,5
Fazni kut/ Percentil	33,7 ± 336,2	36,3 ± 1390,1	34,3 ± 527,1*
Opseg struka/ cm	78,8 ± 59,8	66,1 ± 30,9	76,0 ± 81,0

Izračunate su statistički značajne razlike promjene mjerenih parametara u drugom i trećem krugu mjerenja, prema prvom danu prikupljanja podataka (Tablica 4).

Osim za mjerene vrijednosti faznog kuta, nisu ustanovljene značajne razlike u promjenama promatranih parametara, neovisno o vremenu mjerenja (drugi ili treći put vs. prvi put), kao niti ovisno o tome jesu li ispitanice podrijetlom iz europskih ili azijskih zemalja. Fazni kut ($p_{kav}=0,493$; $p_{mon}=0,431$; $p_{kav-vs-mon}=0,004$) pokazao je značajne razlike kada se promatraju rezultati djevojaka podrijetlom iz europskih zemalja u odnosu na one iz azijskih zemalja (Tablica 4, označeno *). Fazni kut predstavlja informaciju o utreniranosti mišića, te općem stanju staničnog metabolizma (Cvetko, Lovrić i Sesar, 2020). U istraživanju Lukaski (2013) navodi se kako je fazni kut kotangens odnosa reaktancije i rezistencije, a koje su ujedno i mjereni parametri pri analizi bioelektrične impedancije te opisuju put električnog impulsa kroz tijelo prilikom mjerenja. Istraživanje Selberg i Selberg (2002) su pokazala linearnu povezanost faznog kuta sa zdravljem i integritetom stanica u tijelu, razinom tjelesne aktivnosti (Mundstock i sur., 2019), mišićnom snagom (deBlasio i sur., 2017), dok su niske vrijednosti faznog kuta povezane su sa slabom uhranjenošću (Kyle et al, 2012).

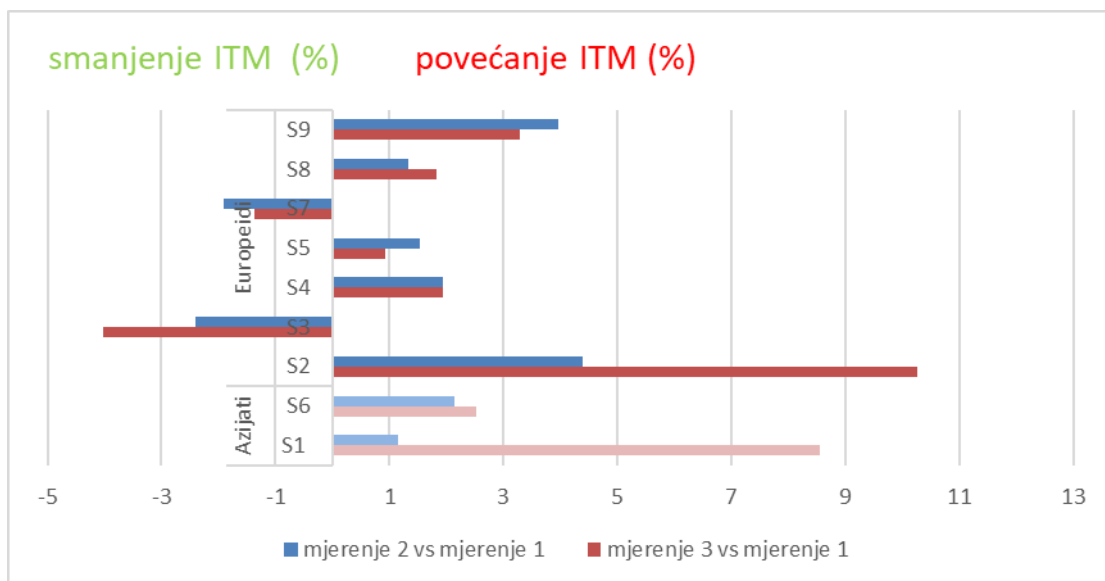
Promjene tijekom mjerenja za tjelesnu masu, indeks tjelesne mase, indeks masne mase, indeks nemasne mase, udio mase, fazni kut i opseg struka prikazane su slikama 10 – 15.



Slika 10. Promjene tjelesne mase ispitanica tijekom mjerenja (mjerenje 1: početak, mjerenje 2: nakon mjesec dana i mjerenje 3: nakon 2mjeseca)

Antropometrijskim mjerenjima unutar 3 mjeseca pratio se sastav tijela devet studentica na razmijeni (tjelesna masa, masna i nemasna masa, indeks tjelesne mase i opseg struka te fazni kut, uz konstantnu visinu).

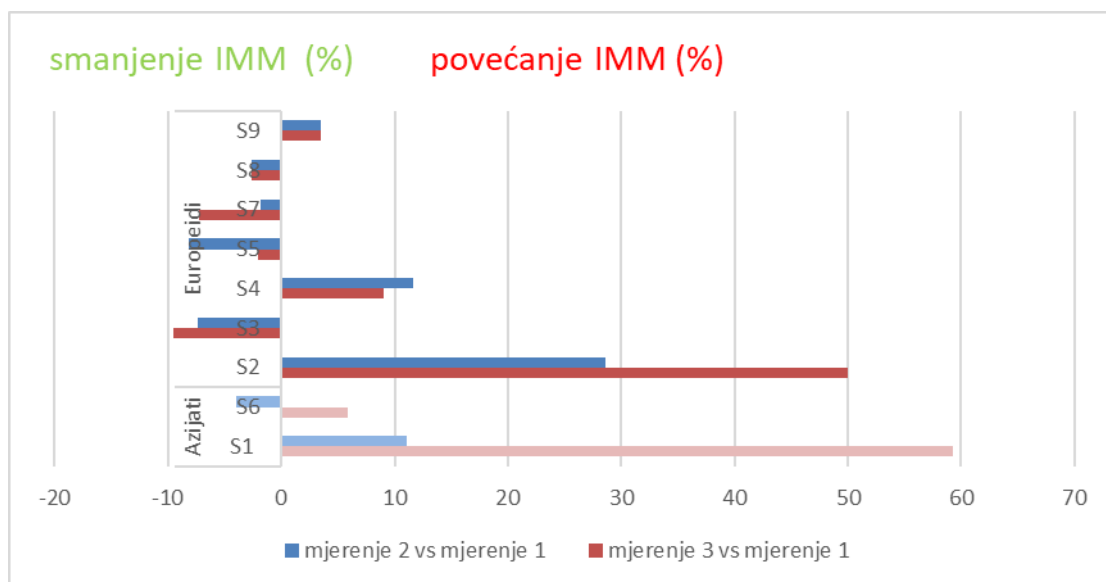
Sve ispitanice promijenile su životni stil (prehranu i tjelesnu aktivnost) također, budući da mongoloidna rasa (u koju spadaju studentice iz Azije) ima drugačije antropometrijske parametre (prilog 1 i 2) te su stoga posebno izdvojene od europeidne populacije.



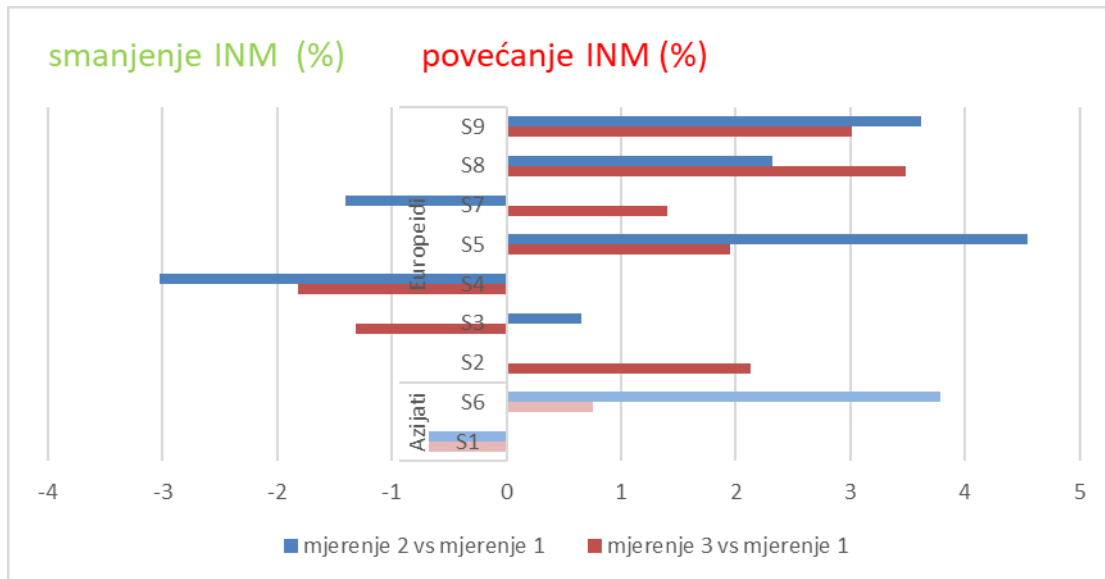
Slika 11. Promjene indeksa tjelesne mase ispitanica tijekom mjerenja (mjerenje 1: početak, mjerenje 2: nakon mjesec dana i mjerenje 3: nakon 2mjeseca)

Promjenom životnih navika koje su podrazumijevale promjene prehrambenih navika u skladu s načelima pravilne prehrane te umjerena tjelesna aktivnost (Cashman i Ginty, 2003), očekivan je neznatan porast tjelesne mase s naglaskom na veći udio mišićne mase, a smanjenje masne mase, kao i povećanje faznog kuta. Fazni kut predstavlja indikator integriteta membrane i raspodjele vode između unutarstaničnog i izvanstaničnog dijela, ovisi o spolu i dobi te pozitivno korelira s ITM (Crnogorac, 2021).

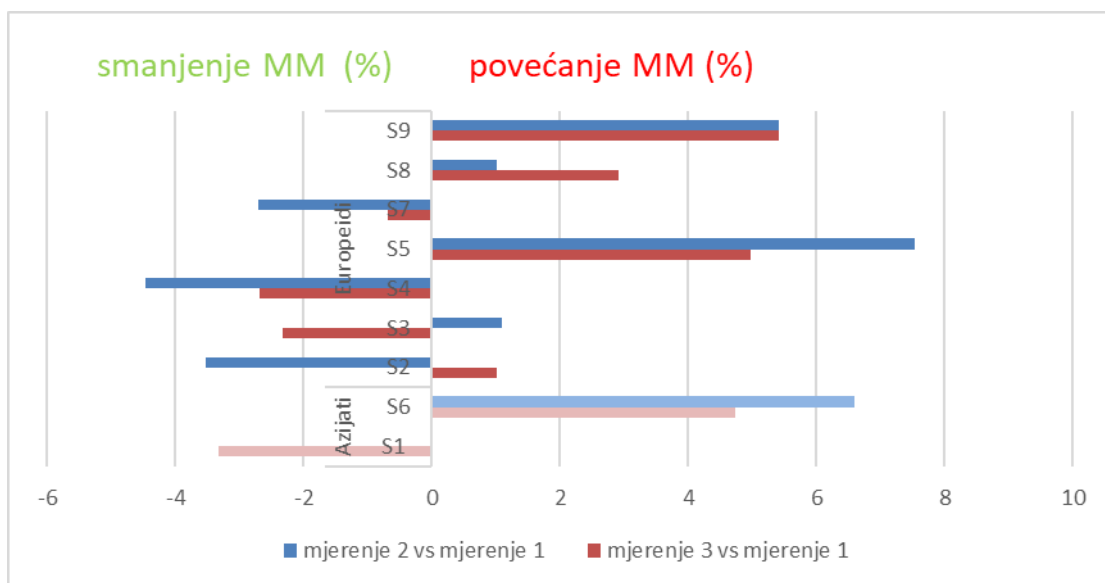
Na slikama 12 i 13 prikazani su indeksi masne i nemasne mase, gdje je kod većine ispitanica (55,6%) nakon 2. mjerenja utvrđeno smanjenje IMM-a te je isti udio ispitanica povećao indeks nemasne mase tijela. Međutim, nakon trećeg kruga mjerenja, 55,6 % ispitanica je povećalo IMM, a 66 % ih je povećalo i INM, što je u skladu s povećanjem ITM (slika 11), TM (slika 10), udjela MM (slika 13) i udjela NM (slika 14).



Slika 12. Promjene indeksa masne mase ispitanica tijekom mjerenja (mjerenje 1: početak, mjerenje 2: nakon mjesec dana i mjerenje 3: nakon 2mjeseca)



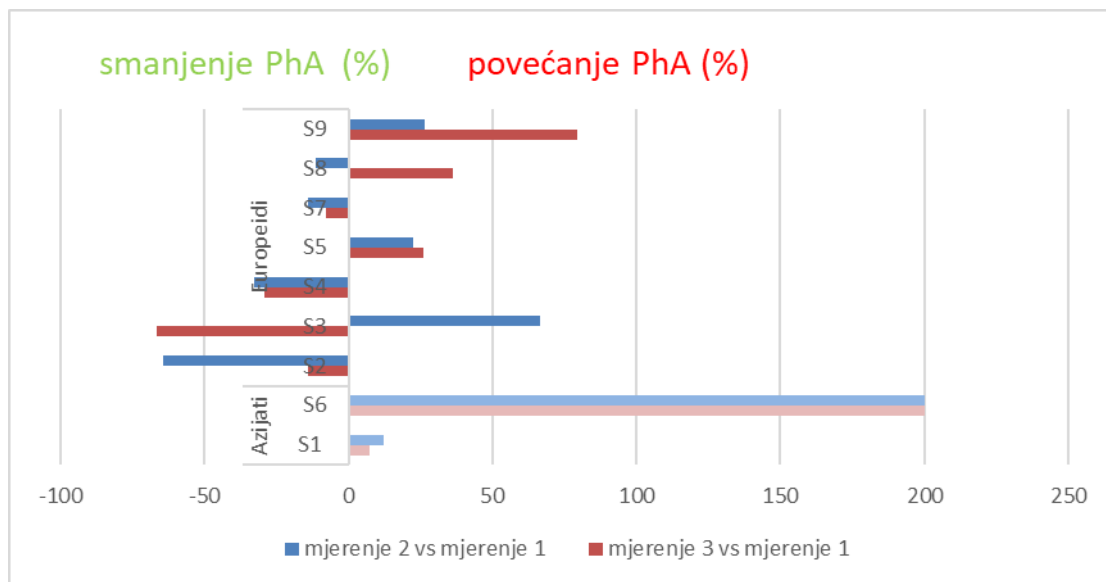
Slika 13. Promjene indeksa nemasne mase ispitanica tijekom mjerenja (mjerjenje 1: početak, mjerjenje 2: nakon mjesec dana i mjerjenje 3: nakon 2mjeseca)



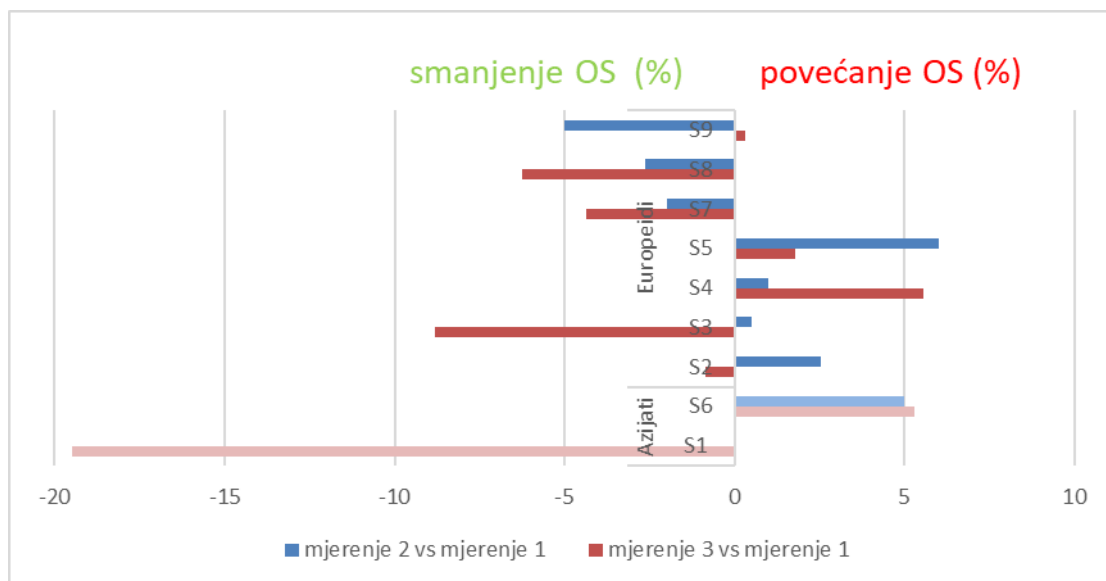
Slika 14. Promjene udjela mase masti ispitanica tijekom mjerenja (mjerjenje 1: početak, mjerjenje 2: nakon mjesec dana i mjerjenje 3: nakon 2mjeseca)

Iako istraživanja pokazuju korelaciju faznog kuta sa ITM (Crnogorac, 2021), to za ovaj skup ispitanica nije utvrđeno (slike 15 i 11), a izračunati koeficijent korelacije je 0,08. Fazni kut je ujedno i pokazatelj poremećaja transporta natrija i klorida te može doći i do poremećaja raspodjele vode u tijelu (Crnogorac, 2021). On također predstavlja i informaciju o utreniranosti mišića te općem stanju staničnog metabolizma te je povezan sa sastavom tjelesne mase (Stipić, 2021). Istraživanje provedeno nakon zimske stanke nogometaša ukazuje na korelacije između

faznog kuta mjenenog metodom bioelektrične impedancije i sastava tjelesne mase, ali niti jedan pokazatelj sastava tjelesne mase nije prediktor faznog kuta (Cvetko i sur., 2020), što je bio slučaj i u ovom istraživanju. Kako je bioelektrična impedancija mjerna metoda koja prati otpor, vrlo važan parametar je udio vode u tijelu te da mjerena osoba nije dehidrirana ili prehidrirana te mjerenje ovog parametra treba promatrati kao grubu grešku mjerenja.



Slika 15. Promjene faznog kuta za ispitanice tijekom mjerenja (mjerenje 1: početak, mjerenje 2: nakon mjesec dana i mjerenje 3: nakon 2mjeseca)



Slika 16. Promjene opsega struka ispitanica tijekom mjerenja (mjerenje 1: početak, mjerenje 2: nakon mjesec dana i mjerenje 3: nakon 2mjeseca)

Opseg struka (slika 16) se smanjio kod 33,3% ispitanica nakon mjesec dana (nakon 2. mjerenja) te kod 55,6 % ispitanica nakon 3. mjerenja). Opseg struka je u pozitivnoj korelaciji sa ITM ($r = 0,87$), TM ($r = 0,88$) te MM ($r = 0,84$) što ukazuje na čvrstu vezu između promatranih parametara. Prema podacima prosječnih vrijednosti opsega struka koje se smatraju kritičnim indikatorima potencijalne pretilosti (prilog 2), prema određenoj etničkoj skupini (Lear i sur., 2010), vidljivo je kako nisu očekivane razlike u opsegu struka ispitanica.

Dominantno je smanjenje OS-a nakon drugog kruga mjerenja i to kod onih ispitanica koje su imale smanjene prethodno spomenute parametre. Prema prilogu 3, vidljivo je kako se upravo opseg struka proporcionalno mijenjao ovisno o ostalim parametrima koji su mjereni mBCA uređajem.

5. ZAKLJUČAK

1. Praćenjem načina života ispitanica (kavkazoidne i mongoloidne etničke skupine) utvrđeno je kako se njihove prehrambene navike i tjelesna aktivnost nisu značajno promijenile
2. Sastav tijela devet ispitanica (kavkazoidne i mongoloidne etničke skupine) praćen je u tri kruga mjerenja s uređajem koji se temelji na bioelektričnoj impedanciji (BIA), a koristi se i u medicinske svrhe, tzv. mBCA (medical Body Composition Analysis) uređaj
3. Ulazni parametri za praćenje sastava tijela bili su tjelesna masa, tjelesna visina te opseg struka
4. Parametri koji su rezultat mjerenja mBCA uređajem su indeks tjelesne mase, indeks masnog tkiva, indeks nemasnog tkiva, mišićna masa u tijelu te fazni kut
5. Promjena opsega struka je proporcionalna promjenama tjelesne mase, mišićne mase i indeksa tjelesne mase
6. Rezultati mjerenja sastava tijela upućuju na očekivane razlike u tjelesnoj masi, indeksu tjelesne mase, indeksu masne mase te opsegu struka, ovisno o pripadnosti ispitanica kavkazoidnoj i mongoloidnoj etničkoj skupini
7. Fazni kut je praćen u percentilima te nije pokazao pozitivnu korelaciju s indeksom tjelesne mase

6. LITERATURA

1. Affuso O, Pradhan L, Zhang C, Gao S, Wiener HW, i sur. (2018) A method for measuring human body composition using digital images. *PLoS ONE* **13**, e0206430
2. Bienertová-Vašků J (2013) *Body Fat: Composition, Measurements and Reduction Procedures* (Nutrition and Diet Research Progress), Nova Science, New York.
3. Björntorp P (1991) Adipose tissue distribution and function. *International Journal of Obesity*, **15**, 67-81.
4. Car H (2011) Ljudsko tijelo: kosti i mišići. *Matka* **19**, 169-171
5. Cashman KD, Ginty F (2003) Age-Related Changes in Bone Mass, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2.izd.
6. Crnković K (2020) Mišići ljudskog tijela. Diplomski rad, Veleučilište "Lavoslav Ružička", Vukovar.
7. Crnogorac IK (2021) Procjena tjelesne građe primjenom bioimpedancije u odraslih bolesnika s cističnom fibrozom. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet, Zagreb.
8. Cvetko D, Lovrić E, Sesar V (2020) Sastav tjelesne mase i fazni kut nogometaša nakon zimske stanke. Zbornik radova 6. Međunarodni znanstveno-stručni skup "fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu", 2020, 90 – 99.
9. Dai B, Xu J, Li X, Huang L, Hopkins C, i sur. (2022) Macrophages in epididymal adipose tissue secrete osteopontin to regulate bone homeostasis. *Nat Commun* **13**, 427. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27683-w>
10. de Blasio F, Santaniello MG, de Blasio F, Mazzarella G, Bianco A, i sur. (2017) Raw BIA variables are predictors of muscle strength in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Clin Nutr.* **71**, 1336-1340.
11. Ellis KJ (2000) Human Body Composition: In Vivo Methods. *Physiological Reviews.* **80**, 649-680.
12. Hansen J T, Koepfen BM (2002) *Netter's atlas of human physiology*, 1.izd., Teterboro, N.J., Icon Learning Systems, c2002.
13. Heyward VH, Wagner DR (2004) *Applied Body Composition Assessment*, 2. izd. Human Kinetics. Champaign, USA.
14. Howell S, Kones R (2017) "Calories in, calories out" and macronutrient intake: the hope, hype, and science of calories. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* **313**, 608-612.

15. Kołodziej M, Kozieł S, Ignasiak Z.(2022) The Use of the Bioelectrical Impedance Phase Angle to Assess the Risk of Sarcopenia in People Aged 50 and above in Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. **19**, 4687. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084687>
16. Kyle UG, Soundar EP, Genton L, Pichard C (2012) Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects. *Clin Nutr*. **31**, 875-8.
17. Langer RD, da Costa KG, Bortolotti H, Fernandes GA, de Jesus RS, Gonçalves EM. (2020) Phase angle is associated with cardiorespiratory fitness and body composition in children aged between 9 and 11 years. *Physiol Behav*. 2020 **215**:112772. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112772>.
18. Lear S, James P, Ko G, Kumanyika S (2010) Appropriateness of waist circumference and waist-to-hip ratio cutoffs for different ethnic groups. *Eur J Clin Nutr* **64**, 42–61. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.70>
19. Lukaski HC (2013) Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. *Eur J Clin Nutr*. **67**, 2–9.
20. Mundstock E, Amaral MA, Baptista RR, Sarria EE, Dos Santos RRG, i sur. (2019) Association between phase angle from bioelectrical impedance analysis and level of physical activity: Systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr*. **38**, 1504-1510. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.08.031>
21. Oliver, T. (2018) Why hydration is so important. <<http://www.tristramoliver.com/hydration-important/>>. Pristupljeno 28. siječnja 2022.
22. Jensen B, Braun W, Both M, Gallagher D, Clark P, i sur. (2020) Configuration of bioelectrical impedance measurements affects results for phase angle, *Medical Engineering & Physics*, **84**, 10-15.
23. Rosen ED, Spiegelman BM (2014.), What we talk about when we talk about fat, <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3934003/>> Pristupljeno 4. ožujka 2022.
24. Seca (2021) Discover the advantages of the seca mBCA 514/515. <https://mbca.seca.com/en_be.html>. Pristupljeno 5. studeni, 2021.
25. Selberg O, Selberg D (2002) Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *Eur J Appl Physiol*. **86**, 509-16.

26. Shuster A, Patlas M, Pinthus JH, Mourtzakis M (2012) The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3473928/>> Pristupljeno 4. ožujka 2022.
27. Sorić M (2005) Vrijednost infracrvene spektroskopije u određivanju sastava tijela. *Hrvat. Športskomed. Vjesn.* **20**, 49-53.
28. Spanel P, Smith D (2001) Accuracy and precision of flowing afterglow mass spectrometry for the determination of the deuterium abundance in the headspace of aqueous liquids and exhaled breath water. *Rapid Commun Mass Spectrom.* **15**, 867-72. doi: 10.1002/rcm.310. PMID: 11382934.
29. Stipić A (2021) Fazni kut kao prediktor ranih poslijeoperacijskih komplikacija u bolesnika elektivno operiranih zbog kolorektalnog karcinoma. Diplomski rad. Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet, Split.
30. Valenzuela LO, O'Grady SP, Ehleringer JR (2021) Variations in human body water isotope composition across the United States, *Forensic Science International* **327**. 110990, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110990>.
31. Vurdelja M (2016) Vodič za prehranu sportaša. https://www.hoo.hr/images/dokumenti/OI_Rio_webVODI%C4%8C_za_prehranu_spora%C5%A1a.pdf. Pristupljeno 7. ožujka, 2022.
32. Woods M (2022) Health Library: Your Body Fat Percentage: What Does It Mean? <<https://www.winchesterhospital.org/health-library/article?id=41373>>. Pristupljeno 27. siječnja 2022.
33. Zhu X, Zheng H (2021) Factors influencing peak bone mass gain. *Front Med.* **15**, 53-69.

7. PRILOZI

Prilog 1. Prosječne vrijednosti TV, TM i ITM u zemljama od kuda su i mjerene ispitanice (WorldData, 2021)

ZEMLJE	MUŠKARCI			ŽENE		
	Prosječna TV (m)	Prosječna TM (kg)	Prosječni ITM (kg m ⁻²)	Prosječna TV (m)	Prosječna TM (kg)	Prosječni ITM (kg m ⁻²)
DANSKA	1,82	86,8	26,3	1,69	70,2	24,6
HRVATSKA	1,81	91,3	28,0	1,67	74,7	26,9
KANADA	1,78	87,3	27,4	1,65	72,4	26,7
AUSTRIJA	1,78	84,6	26,6	1,66	68,3	24,7
SAD	1,77	90,6	29,0	1,63	77,1	29,0
MADARSKA	1,76	87,6	28,2	1,62	70,1	26,6
TURSKA	1,76	84,0	27,2	1,61	75,0	28,8
KINA	1,75	73,5	24,1	1,63	62,2	23,5
JAPAN	1,72	69,5	23,6	1,58	54,8	21,9

WorldData (2021) Average sizes of men and women <<https://www.worlddata.info/average-bodyheight.php>>. Pristupljeno 10. prosinac, 2021.

Prilog 2. Prosječne vrijednosti opsega struka prema određenoj etničkoj skupini (Lear i sur., 2010)

Etničke-specifične vrijednosti opsega struka		
Etnička skupina	Opseg struka (kao mjera pretilosti)	
	Muškarci / cm (inči)	Žene / cm (inči)
Europska, podsaharska, afrička, istočno mediteranska i bliskoistočna (arapska)	94 (37.6) ili više	80 (32) ili više
Jugoistočna, kineska, japanska, južno i centralnoamerička	90 (36) ili više	80 (32) ili više

Prilog 3. Tablica praćenih parametara za sudionice (S1-S9)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Indeks tjelesne mase	Povećanje	Povećanje	Smanjenje	Nema promjene	Nema promjene	Povećanje	Smanjenje	Povećanje	Povećanje, pa smanjenje
Masna masa	Povećanje	Povećanje	Smanjenje	Povećanje	Nema promjene	Povećanje	Smanjenje	Nema promjene	Nema promjene
Nemasna masa	Smanjenje	Nema promjene	Nema promjene	Smanjenje, pa povećanje	Povećanje, pa smanjenje	Povećanje, pa smanjenje	Nema promjene	Povećanje	Povećanje
Mišićna masa	Smanjenje	Smanjenje, pa povećanje	Povećanje, pa smanjenje	Nema promjene	Povećanje	Povećanje	Smanjenje, pa povećanje	Povećanje	Povećanje
Opseg struka	Nema promjene	Povećanje, pa smanjenje	Smanjenje	Povećanje	Povećanje, pa smanjenje	Povećanje	Smanjenje	Smanjenje	Nema promjene
Fazni kut	Povećanje, pa smanjenje	Smanjenje, pa povećanje	Povećanje, pa smanjenje	Smanjenje	Povećanje	Povećanje	Smanjenje, pa povećanje	Smanjenje, pa povećanje	Povećanje

IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja (Lucija Mitrović) izjavljujem da je ovaj diplomski 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