

# UTJECAJ ORGANIZIRANOG VJEŽBANJA NA FUNKCIONALNI ISHOD KOD OSOBA S PREKOMJERNOM TJELESNOM MASOM

---

Žeželić, Daniela

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:732881>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA RIJEKA  
DIPLOMSKI STUDIJ FIZIOTERAPIJE

Daniela Žeželić

UTJECAJ ORGANIZIRANOG VJEŽBANJA NA FUNKCIONALNI ISHOD  
KOD OSOBA S PREKOMJERNOM TJELESNOM MASOM

Diplomski rad

Rijeka, 2024.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
GRADUATE UNIVERSITY OF PHYSIOTHERAPY

Daniela Žeželić

THE EFFECT OF ORGANIZED EXERCISE ON THE FUNCTIONAL  
OUTCOME OF OVERWEIGHT PERSONS

Master thesis

Rijeka, 2024.

Mentor rada: Doc.dr.sc. Mirela Vučković, mag. physioth.

Komentor rada: Slaven Medjimurec, mag. physioth., viši predavač

Diplomski rad obranjen je dana 19.07.2024. na Fakultetu zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci, pred povjerenstvom u sastavu:

1. Prof.dr.sc. Gordana Starčević Klasan, dr.med.
2. Izv.prof.dr.sc. Ksenija Baždarić, dipl. psih.-prof.
3. Doc.dr.sc. Mirela Vučković, mag.physioth.

## Izveštće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

## Opći podatci o studentu:

Sastavnica	
Studij	Diplomski studij Fizioterapija
Vrsta studentskog rada	Diplomski rad
Ime i prezime studenta	Daniela Žeželić
JMBAG	0351016267

## Podatci o radu studenta:

Naslov rada	
Ime i prezime mentora	Doc.dr.sc. Mirela Vučković, mag. physioth.
Datum predaje rada	5.07.2024.
Identifikacijski br. podneska	2413814140
Datum provjere rada	8.07.2024.
Ime datoteke	Diplomski_Daniela_e_eli.docx
Veličina datoteke	463.03 K
Broj znakova	81,661
Broj riječi	13,165
Broj stranica	57

## Podudarnost studentskog rada:

Podudarnost (%)	
	2%

## Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	8.07.2024.
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	Da
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	/
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum

8.07.2024.

Potpis mentora



*Zahvala*

*Veliko hvala mentorici doc.dr.sc. Mireli Vučković, mag. physioth. i komentoru Slavenu Medjimurcu, mag. physioth., višem predavaču, na pomoći kod izrade diplomskog rada.*

*Hvala i mojoj obitelji, posebno djeci Uni i Franku, radnim kolegama na pruženoj podršci i strpljenju.*

*Posebno veliko hvala mojoj kolegici Ivani Marčić.*

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Definicija debljine ili pretilosti .....	1
1.2. Dijagnostika pretilosti .....	2
1.3. Etiologija pretilosti.....	4
1.3.1. Genetski čimbenici .....	5
1.3.2. Bihevioralni čimbenici .....	5
1.3.3. Intrauterini i postnatalni čimbenici.....	6
1.3.4. Socioekonomski čimbenici.....	7
1.3.5. Medicinska stanja .....	7
1.3.6. Psihološki čimbenici.....	7
1.4. Utjecaj pretilosti na organske sustave .....	8
1.4.1. Kardiovaskularni sustav .....	9
1.4.2. Respiratorni sustav .....	10
1.4.3. Mišićno-koštani sustav .....	11
1.4.4. Neurološki sustav .....	12
1.4.5. Gastrointestinalni sustav.....	13
1.4.6. Urogenitalni sustav .....	13
1.5. Spirometrija.....	13
1.5.1. Plućni volumeni i kapaciteti .....	14
1.6. Mehanika disanja.....	17
1.7. Utjecaj pretilosti na disanje .....	17
1.8. Respiratorni mišići i pretilost .....	19
2. CILJEVI I HIPOTEZE .....	21
3. ISPITANICI I METODE .....	22

3.1. Ispitanici .....	22
3.2. Postupak i instrumentarij.....	23
3.3. Statistička obrada podataka.....	24
3.4. Etički aspekti istraživanja.....	25
4. REZULTATI.....	27
4.1. Raspodjela ispitanika prema spolu i dobi.....	27
4.2. Deskriptivni podaci u prvom i drugom mjerenju.....	29
4.3. Razlika u mjerenjima između ispitanika eksperimentalne i kontrolne skupine .....	30
5. RASPRAVA .....	34
6. ZAKLJUČAK.....	40
LITERATURA .....	42
PRIVITCI.....	47
KRATKI ŽIVOTOPIS.....	48



## SAŽETAK

**Cilj:** ustanoviti postoji li razlika u poboljšanju plućne funkcije i smanjenju udjela potrbušnog masnog tkiva kod osoba s pretilošću koje su u programu reducirane prehrane i uključene su u redovite treninge i osoba koje su također programu reducirane prehrane, ali se ne bave tjelovježbom.

**Ispitanici i metode:** Ovo prospektivno istraživanje obuhvatilo je 50 pacijenata Ambulante za debljinu dnevne bolnice Klinike za internu medicinu KBC-a Rijeka s dijagnozom pretilosti i trajalo je od listopada 2023.g. do svibnja 2024.g. Svi pacijenti bili su uključeni u program reducirane prehrane te im se nudila opcija priključenja organiziranim treninzima. Pacijenti su bili podijeljeni u dvije skupine, oni koji su sudjelovali u treninzima (n=25) i oni koji nisu sudjelovali u treninzima (n=25). Svim pacijentima su na početku i na kraju intervencije zabilježeni podaci vezani za spol, dob, masu, visinu, ITM, opseg struka, debljinu potrbušnog masnog tkiva te parametri plućne funkcije: FVC, FEV<sub>1</sub> i VC. Pacijenti koji su se uključili u treninge vježbali su dva puta tjedno po 60 min. Kriteriji uključanja bili su: ITM veći od 27 kg/m<sup>2</sup>, pacijenti evidentirani u Ambulanti za debljinu tijekom 2023. g. s preporukom organiziranog vježbanja od strane liječnika i fizioterapeuta. Kriteriji isključenja bili su prisustvo bilo koje kronične plućne bolesti, plućna embolija u anamnezi, angina pectoris, infarkt miokarda u anamnezi, gubitak svijesti iz bilo kojeg razloga u posljednjih 6 mjeseci, neredovitost u vježbanju.

**Rezultati:** Dobiveni rezultati ne ukazuju na postojanje statistički značajnih razlika pri završnim mjerenjima ITM-a (p = 0.154), opsega struka (p = 0.382), debljine potrbušnog masnog tkiva (p = 0.435), FVC (p = 0.741), FEV<sub>1</sub> (p = 0.676) i VC (p = 0.892) između ispitanika eksperimentalne i kontrolne skupine. Analiza podataka pokazala je da u svim ispitivanim parametrima između prvog i drugog mjerenja postoji statistički značajna razlika (p < 0.001).

**Zaključak:** Istraživanjem je potvrđen pozitivan učinak restriktivne dijeta na određene plućne funkcijske parametre i antropološke karakteristike ispitanika dok učinak tjelesne aktivnosti na poboljšanje istih nije dokazan.

**Ključne riječi:** potrbušno masno tkivo, pretilost, spirometrija, tjelesna aktivnost

## SUMMARY

**Objectives:** the aim of the study is to determine whether there is a difference in the improvement of lung functions and the reduction of abdominal fat tissue in people with obesity who are on a restrictive diet program and are involved in regular trainings and people who are also on a reduced diet program, but do not exercise.

**Subjects and methods:** this prospective study included 50 patients of the Obesity Outpatient Clinic of the Internal Medicine Clinic of KBC Rijeka with a diagnosis of obesity and lasted from October 2023 until May 2024. All patients were included in the restrictive diet program and were offered the option of joining organized training sessions. Patients were divided into two groups, those who participated in training (n=25) and those who did not participate in training (n=25). At the beginning and at the end of the intervention, data related to gender, age, weight, height, BMI, waist circumference, abdominal fat tissue thickness and pulmonary function parameters: FVC, FEV<sub>1</sub> and VC were measured for all patients. The patients who participated in the trainings exercised twice a week for 60 min. Inclusion criteria were: BMI higher than 27 kg/m<sup>2</sup>, patients registered in the Obesity Clinic during 2023 with a recommendation for organized exercise by a doctor and physiotherapist. Exclusion criteria were the presence of any chronic lung disease, history of pulmonary embolism, angina pectoris, history of myocardial infarction, loss of consciousness for any reason in the last 6 months, irregular exercise.

**Results:** the obtained results do not indicate the existence of statistically significant differences in the final measurements of BMI (p = 0.154), waist circumference (p = 0.382), abdominal fat tissue thickness (p = 0.435), FVC (p = 0.741), FEV<sub>1</sub> (p = 0.676) and VC (p = 0.892) between subjects of the experimental and control groups. The data analysis showed that in all tested parameters there is a statistically significant difference between the first and second measurements (p < 0.001).

**Conclusion:** the research confirmed the positive effect of a restrictive diet on certain pulmonary functional parameters and anthropological characteristics of patients, while the effect of physical activity on improving those parameters was not proven.

**Keywords:** abdominal fat tissue, obesity, physical activity, spirometry

## 1. UVOD

### *1.1. Definicija debljine ili pretilosti*

Pretilost ili debljina je bolest s razmjerima globalne epidemije, a predstavlja ozbiljan problem zdravstvene i društvene naravi. Definira se kao stanje kada prekomjerno nakupljanje masnog tkiva povećava rizik za razvoj nepovoljnih zdravstvenih ishoda. Nakupljanje masti može biti globalno, regionalno ili u pojedinim organima kao ektopični lipidi. Sama definicija ne podrazumijeva pojavu komplikacija koje debljina može uzrokovati, ali ističe povećani rizik od njihovog nastanka. Prevelika akumulacija masnog tkiva mijenja fiziološke procese u tijelu, a te promjene su progresivnog karaktera te tijekom određenog vremenskog razdoblja mogu imati štetan učinak na zdravlje. Pretilost je kompleksna bolest koja se razvija utjecajem genetskih i metaboličkih faktora, a na nastanak također djeluju okolišni, socijalni i kulturološki utjecaji. Najvažniji faktor razvoja bolesti je postojanje energetske neuravnoteženosti te prakticiranje loših životnih navika (1). Povećana tjelesna neaktivnost uslijed sve više prisutnog sjedilačkog načina života i promjena životnih navika i aktivnosti nastalih uslijed tehnološkog razvoja, doprinose sve učestalijoj pojavi viška tjelesne mase. Promjene u obrascima prehrane i tjelesne aktivnosti često su rezultat ekoloških i društvenih promjena povezanih s razvojem i nedostatkom preventivnih aktivnosti u sektorima zdravstva, obrazovanja, gospodarstva, marketinga i sl. (2).

Pretilost može nastati zbog primarnih i sekundarnih uzroka. Primarna pretilost je puno zastupljenija u populaciji, a uzrokovana je životnim navikama pojedinca i utjecajem okolišnih faktora. Sekundarna pretilost se ispoljava kao posljedica prisustva određenih drugih bolesti i stanja kod pojedinca (hipotireoza, hipogonadizam, hiperinzulinizam, sindrom policističnih jajnika, oštećenje hipotalamusa, hiperkorticism, pseudohipoparatiroidizam i dr.). Primarna pretilost se također naziva i jednostavna, idiopatska, konstitucionalna i monosimptomatska, a posljedica je međudjelovanja genetskih i okolišnih faktora (3).

Najčešći uzrok pretilosti je energetska neuravnoteženost zbog povećanog unosa visokokalorične hrane bogate mastima i rafiniranim šećerima u kombinaciji s manjkom tjelesne aktivnosti te se posljedično stvara suvišak energije koji se u tijelu taloži u obliku masti. Mast se

ponajviše akumulira u adipocitima što uzrokuje njihovu hipertrofiju. Obzirom na lokalizaciju nakupljenog masnog tkiva u tijelu, debljinu dijelimo u dva osnovna oblika: centralni, abdominalni ili visceralni tip i periferni ili potkožni tip. Masno tkivo se u tijelu najčešće raspoređuje regionalno, a ta raspodjela je obično spolno i genetički uvjetovana. Tako je za žene karakterističan ginoide oblik tijela (tzv. „kruškoliki oblik“) gdje je tjelesna masnoća najčešće akumulirana u području zdjelice i bokova, dok je za muškarce tipičan androide oblik tijela (tzv. „jabukoliki oblik“) gdje se masno tkivo lokalizira u području gornjeg dijela trbuha i struka (4). Istraživanja upućuju na to da sama pretilost nije isključivi prediktor za disregulaciju metabolizma, već se to pripisuje distribuciji masnog tkiva. Štetne zdravstvene posljedice povezane s pretilošću uglavnom se javljaju kod pojedinaca s nakupljanjem masti u gornjem dijelu tijela i visceralnom pretilošću. Međutim, povećanje potkožnog masnog tkiva donjeg dijela tijela povezano je sa smanjenim rizikom od metaboličke disregulacije pa čak i povećanom osjetljivošću na inzulin pa stoga se skladištenje u ovoj regiji smatra zaštitnim (5).

## ***1.2. Dijagnostika pretilosti***

Za dijagnosticiranje debljine najčešće se koriste jednostavna antropometrijska mjerenja iz kojih se izračunava indeks tjelesne mase (ITM), opseg struka i bokova te mjerenje debljine kožnih nabora. Izračunavanje ITM-a je najraširenija metoda utvrđivanja prekomjerne tjelesne mase i pretilosti na razini populacije budući da je isti za oba spola i za sve dobne skupine odraslih osoba. Definiira se kao masa osobe u kilogramima podijeljena s kvadratom njezine visine u metrima ( $\text{kg/m}^2$ ). Osobe koje imaju ITM veći od 25 spadaju u skupinu onih s prekomjernom tjelesnom masom, dok osobe s ITM-om preko 30 spadaju u skupinu pretilih osoba.

Debljina se dijeli u tri kategorije. Osobe čiji ITM iznosi od 30 do 34.9 pripadaju skupini prvog stupnja pretilosti. Osobe čiji ITM iznosi od 35 do 39.9 pripadaju drugom stupnju pretilosti, a ta se pretilost naziva još i opasna pretilost. U treći stupanj pretilosti spadaju osobe čiji ITM iznosi od 40 na više te se taj stupanj pretilosti još naziva i morbidna pretilost (Tablica 1.) (3).

**Tablica 1.** ITM i stupanj uhranjenosti prema klasifikaciji Svjetske zdravstvene organizacije

<b>Stupanj uhranjenosti</b>	<b>ITM (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Izrazita potranjenost	< 18,5
Potencijalna pothranjenost	18,5 – 19,9
Normalna uhranjenost	20,0 – 24,9
Preuhranjenost	25,0 – 29,9
Pretilost (I. stupanj)	30,0 – 34,9
Opasna pretilost (II. stupanj)	35,0 – 39,9
Morbidna pretilost (III. stupanj)	≥40,0

*(Izvor: Štimac D. Debljina- klinički pristup. Medicinska naklada, Zagreb, 2017. str.29)*

ITM je iznimno lako mjerljiv pokazatelj tjelesne uhranjenosti, ali njegov izračun uključuje određena ograničenja kod ljudi koji imaju jako razvijenu mišićnu masu te njihov ITM može biti povećan iako su im razine masnog tkiva niske. Podaci dobiveni izračunom ITM-a nisu u mogućnosti analizirati količinu abdominalne masti te se izolirana primjena ITM-a smatra nedostatnim biomarkerom u procjeni kardiometaboličkog rizika. Stoga je kod dijagnosticiranja debljine, uz izračun ITM-a, potrebno primijeniti i druge metode antropoloških mjerenja. Mjerenje opsega struka jedna je od jednostavnih i široko primjenjivih metoda koja nadopunjuje vrijednosti izračuna ITM-a. Mjera opsega struka korelira s količinom intraabdominalnog i potkožnog masnog tkiva i omogućuje daljnje preciziranje nepovoljnog zdravstvenog rizika određenog ITM-om te bi se ovo mjerenje trebalo uključiti prilikom procjene zdravstvenog rizika povezanog s pretilošću. Opseg struka veći od 102 cm kod muškaraca i 88 cm kod žena smatra se graničnim za pojavu rizika od metaboličkih komplikacija debljine. Pretilost se također može procijeniti debljinom potkožja u području tricepsa, bicepsa, subskapularnog i suprailijakalnog područja (Tablica 2.) (6).

**Tablica 2.** Klasifikacija rizika od metaboličkih komplikacija obzirom na opseg struka prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji

<b>Pokazatelj</b>	<b>Granična vrijednost</b>	<b>Rizik od metaboličkih komplikacija debljine</b>
Opseg struka	> 94 cm (M); > 80 cm (Ž)	Povećan
Opseg struka	> 102 cm (M); > 88 cm (Ž)	Znatno povećan

*(Izvor: Štimac D. Debljina- klinički pristup. Medicinska naklada, Zagreb, 2017. str.29)*

Najpreciznije mjerenje količine tjelesne masnoće su podvodno vaganje, dvoenergetska apsorpciometrija (DXA), kompjuterizirana tomografija (CT) i magnetska rezonancija (MR), ali zbog cijene, nedostupnosti i nepraktičnosti primjene rijetko se koriste u cilju utvrđivanja količine tjelesne masti i dijagnosticiranja debljine (7).

### **1.3. Etiologija pretilosti**

Pretilost je kompleksna bolest koja uključuje multifaktorijalnu etiologiju. Generalno se smatra da je posljedica obilne i nezdrave prehrane u kombinaciji s fizičkom neaktivnošću te da do gubitka tjelesne mase ne dolazi zbog loše samokontrole. No, znanost ukazuje da je debljina mnogostruko uvjetovana i da je to stanje zapravo kompleksan problem s uzrocima biološkog, genetskog, psihološkog i ambijentalnog porijekla. Tijekom posljednja tri desetljeća znanstvenici su otkrili da biopsihosocijalni čimbenici određuju povećanje tjelesne mase mnogo više od osobnih navika i odgovornosti. Različite genetske studije pokazale su da je pretilost izrazito nasljedna, s brojnim identificiranim genima povezanim s pretilošću i debljanjem. Ostali uzroci pretilosti uključuju smanjenu tjelesnu aktivnost, nesanicu, endokrine poremećaje, upotrebu određenih lijekova, konzumaciju hrane s visokim udjelom ugljikohidrata i masti te smanjen energetskei metabolizam (8).

Najjednostavnija podjela nastanka debljine je ona uvjetovana promjenjivim i uvjetovana nepromjenjivim faktorima. Nepromjenjivi čimbenici su oni na koje ne možemo imati utjecaja te

tu spada genetika, dob, spol i etnička pripadnost. U promjenjive čimbenike spadaju faktori na koje možemo djelovati te podrazumijevaju prakticiranje životnih navika koje uključuju adekvatne prehrambene obrasce, tjelesnu aktivnost, higijenu sna i zluporabu određenih supstanci. Obzirom da se pretilost opisuje već od prenatalnog razdoblja, i intrauterini uvjeti moraju biti pod nadzorom te se taj nadzor mora nastaviti i u postnatalnom razdoblju. Određena medicinska stanja putem određenih patofizioloških mehanizama i upotreba određenih medikamenata mogu doprinijeti pojavnosti debljine te je neophodan stručni monitoring nad njima. Psihosocijalni stres i socioekonomski status također su u bliskoj korelaciji u nastanku pretilosti (8).

### ***1.3.1. Genetski čimbenici***

Napredak tehnologije i razvoj genomskih studija imao je veliki utjecaj na identifikaciju poligena uključenih u regulaciju ljudske tjelesne mase. Istraživanja ukazuju da genetske mutacije (abnormalne promjene u sekvenci DNK), polimorfizmi (normalne varijacije u sekvenci DNK, što je uobičajeno u populaciji) i promjene u ekspresiji gena (proces kojim se informacija kodirana u genu pretvara u funkciju), svi imaju ulogu u stvaranju predispozicije pojedinaca za pretilost. Genotip koji predisponira pretilost prisutan je u 10% osoba, a određeni genetski polimorfizmi uvjetuju važne determinante pretilosti. Ipak, smatra se da je uloga genetike mnogo manja od uloge okoliša. Geni zapravo nemaju neovisnu ulogu, nego se smatra da geni povećavaju rizik od debljanja na temelju načina na koji djeluju na druge čimbenike rizika, poput nezdrave prehrane i neaktivnog načina života (9).

### ***1.3.2. Bihevioralni čimbenici***

Gledajući evolucijski, kalorijska restrikcija u kombinaciji s potrebom za velikom količinom tjelesne aktivnosti, zatim genetska predispozicija i metabolički procesi odgovorni za očuvanje tjelesne masnoće koji su našim precima omogućili izgled za preživljavanje i reprodukciju, u našem današnjem okruženju predstavlja veliku prijetnju za razvoj kroničnih bolesti i debljine. Genetski smo neprilagođeni našem suvremenom okruženju. U našem okruženju koje promiče poželjnost i dostupnost energetski bogate hrane, u kombinaciji s modernim društvom i kulturom koja stavlja toliki naglasak na hranu, mnogim je pojedincima

izuzetno teško prkositi potrebama za hranom, a osnovni uzrok pretilosti i prekomjerne tjelesne težine je energetska nesrazmjera između unesenih i potrošenih kalorija, naročito u hrani bogatoj mastima i rafiniranim ugljikohidratima. Globalni prehrambeni sustav usmjeren je prema proizvodnji hrane koja je tehnološki obrađena, energetska bogata, a osiromašena potrebnim nutrijentima. „Zapadnjačku prehranu“ karakteriziraju visoke razine šećera i masti, visoka energetska vrijednost te niske razine vlakana (10).

Jedan od razloga za visoku učestalost prekomjerne tjelesne mase i pretilosti, u usporedbi s prethodnim desetljećima, su razlike u životnim navikama i aktivnostima što podrazumijeva smanjenje tjelesne aktivnosti u korist sjedilačkog načina života. Tjelesna aktivnost ili neaktivnost ima velik utjecaj na razvoj prekomjerne tjelesne mase, pretilosti i određene metaboličke poremećaje. Sve učestalije prakticiranje pasivnih obrazaca aktivnosti svakodnevnog života, dovela su do smanjene tjelesne aktivnosti. Poznato je da tjelesna aktivnost smanjuje rizik od pojave debljine povećavajući osjetljivost na inzulin i kontrolu glikemijskog indeksa, ali se u posljednje vrijeme sve više istražuju uzroci neprakticiranja tjelesne aktivnosti. Sedentarni životni stil ide u prilog niskog metaboličkog ekvivalenta te je posljedično povezano s mogućnošću nepovoljnih zdravstvenih ishoda (11).

### ***1.3.3. Intrauterini i postnatalni čimbenici***

Pretilost kod majki snažan je faktor rizika za pretilost u djetinjstvu. Prekomjerno povećanje tjelesne mase majke tijekom trudnoće dovodi do inzulinske rezistencije i gestacijskog dijabetesa, što se očituje kroz veliku porođajnu težinu djeteta (12). Postnatalni promjenjivi čimbenici također mogu biti prediktori tempa debljanja tijekom života. Kratko trajanje sna djeteta izravno se povezuje s povećanjem težine u djetinjstvu, kao i u odrasloj dobi. Dulje vremensko trajanje dojenja povezuje se s nižim rizikom od povećanja tjelesne mase, a naglo povećanje tjelesne mase u dojenačkom dobu ide u prilog većem riziku od pretilosti kasnije u životu (13).



#### ***1.3.4. Socioekonomski čimbenici***

U ne tako davnoj prošlosti tjelesna uhranjenost je bila znak socijalnog statusa. Osobe iz bogatijeg staleža su bile deblje, dok je mršavost bila znak siromaštva. U doba tranzicije došlo je do preokreta ovog obrasca. Društvene nejednakosti u određenom društvu navode se kao ključni rizik u razvoju debljine. Potrošnja energetski bogatije hrane uz smanjeno prakticiranje tjelesne aktivnosti povezuje se s društvima s izraženijim nejednakostima, npr. Sjedinjene Američke Države, dok ta pojava nije uočena u skandinavskim zemljama (14).

#### ***1.3.5. Medicinska stanja***

Određena medicinska stanja mogu uzrokovati debljanje putem različitih mehanizama. Tako se vrlo čest pretilost povezuje s hormonskom neravnotežom. Smanjene razine tiroksina povezane s hipotireozom uzrokuju usporavanje ukupnog metabolizma pa, prema tome, uzrokuju debljanje. U Cushingovom sindromu, povećane razine kortizola u serumu uzrokuju više razine inzulina u serumu, što povećava metabolizam glukoze i sintezu masti. Visoki kortizol također povećava apetit i želju za slatkim i slanom hranom. Sličan mehanizam povezan s visokim razinama inzulina uzrokuje debljanje kod pacijentica sa sindromom policističnih jajnika. Metabolički sindrom je još jedno stanje koje se odnosi na istodobnu pojavu hipertenzije, inzulinske rezistencije, smanjene tolerancije glukoze, abdominalne pretilosti, povišenih triglicerida i niskih lipoproteina visoke gustoće. Debljanje je uglavnom rezultat visokih razina inzulina (8).

#### ***1.3.6. Psihološki čimbenici***

Kronični stres koji često proizlazi iz loših međuljudskih odnosa, količina stresa na poslu ili s druge strane nezaposlenost, niski nivo samopoštovanja i niski socioekonomski status, izravno se povezuje s nastankom pretilosti i s njom povezanim bolestima. Kronična aktivacija simpatikusa doprinosi anaboličkim procesima koji potiču skladištenje masti u obliku visceralnih depoa, što povećava rizik od dislipidemije, dijabetesa tipa 2, kardiovaskularnih bolesti i drugih aspekata metaboličkog sindroma. Stres također može pospješiti debljanje i taloženje masti kroz

promjene prehrambenih navika. Poznato je da kronični stres mijenja obrazac unosa hrane i preferencija u prehrani (15).

#### ***1.4. Utjecaj pretilosti na organske sustave***

Masno tkivo je složen, specijaliziran, višestanični „organ“ koji može utjecati na rad gotovo svih drugih organa i organskih sustava. To je tkivo sastavljeno većinom od adipocita, a sadrži ivaskularne endotelne stanice, preadipocite, fibroblaste te makrofage. Masno tkivo je vrlo heterogeno i sastoji se od različitih depoa masti jedinstvenih karakteristika što utječe na regulaciju metabolizma lipida koji djeluju na cijeli organizam. Svaki anatomski depo masti ima određenu fiziološku ulogu što podrazumijeva specifične metaboličke i hormonske aktivnosti usko povezane s razvojem bolesti.

Masno tkivo se dijeli na bijelo masno tkivo i smeđe masno tkivo. Ove dvije glavne vrste masnog tkiva su molekularno i fiziološki različite. Bijelo masno tkivo uglavnom služi kao skladište energije, dok smeđe masno tkivo rasipa energiju stvarajući toplinu. Bijelo masno tkivo se u tijelu akumulira kao potkožna i visceralna mast. Potkožno masno tkivo gornjeg dijela tijela najviše se lokalizira na površinskoj i unutarnjoj abdominalnoj regiji, na nadlakticama i, kod žena, u dojčkama, dok je potkožno masno tkivo donjeg dijela tijela uglavnom lokalizirano u gluteofemoralnoj regiji.

Prekomjerna tjelesna masa i pretilost jedna su od glavnih bolesti „životnog stila“ koja dovodi do daljnjih zdravstvenih problema i pridonosi brojnim kroničnim bolestima. Pretilost predisponira oboljele pojedince za veliki niz bolesti koje su često međusobno povezane, što dovodi do povećanog rizika od jednostavnog (dvije komorbidne bolesti) i složenog (četiri ili više komorbidnih bolesti) multimorbiditeta kod pretilih osoba. Hipertrofija masnog tkiva povezana je s proupalnim stvaranjem adipokina i infiltracijom makrofaga. Tendencija masnog tkiva da se kontinuirano širi dovodi do lipotoksičnosti i ektopičnog taloženja masti u fiziološki nemasnim tkivima kao što su srce, jetra, gušterača i bubrezi. To doprinosi nastanku proupalnog i inzulinski otpornog miljea i u kombinaciji s povećanim mehaničkim stresom, zbog povećane mase masnog tkiva, stvaraju se patofiziološki mehanizmi odgovorni za razvoj mnogobrojnih medicinskih stanja koja su usko povezana s pretilošću (16).

### ***1.4.1. Kardiovaskularni sustav***

Pretilost pridonosi razvoju inzulinske rezistencije, endotelnoj disfunkciji, aktivaciji simpatičkog živčanog sustava, povećanom vaskularnom otporu te upalnom i protrombotičkom stanju koje potiče incidenciju velikih kardiovaskularnih događaja, uključujući infarkt miokarda, zatajenje srca i iznenadnu srčanu smrt (17). Pretilost uzrokuje mikrovaskularno oštećenje koje odgovara smanjenju broja kapilara i endotelnoj disfunkciji, povećanom vaskularnom otporu i hipertenziji. Istraživanja pokazuju linearni odnos između tjelesne mase i razine krvnog tlaka, što odgovara povećanju rizika od hipertenzije 20%-30% za svakih 5% porasta tjelesne mase. Pretilost je karakterizirana povećanjem brzine otkucaja srca i tubularnom reapsorpcijom natrija i vode, što rezultira volumenskim preopterećenjem i povišenim vrijednostima krvnog tlaka (18).

U pretilih bolesnika razvoj ateroskleroze počinje ranije i ima bržu progresiju nego u osoba s normalnom tjelesnom masom. Studija Lloyd-Jones i sur. CARDIA (Coronary Artery Risk Development in Young Adults) pokazala je značajan odnos između vremena izloženosti prekomjernoj visceralnoj adipoznosti na nastanak i progresiju koronarnih kalcifikacija (19). Smatra se da nakupljanje ektopične srčane masnoće u perikardijalnoj i epikardijalnoj regiji ima znatnu ulogu u razvoju koronarne ateroskleroze. Povećanje tjelesne mase od 10 kg povezano je s 12% većim rizikom od koronarne arterijske bolesti, pogoršane čestim postojanjem mikrovaskularne disfunkcije (20).

Pretilost također pridonosi razvoju remodeliranja atrija i ventrikula, sistoličke i dijastoličke disfunkcije te povećanju tlaka punjenja ventrikula i plućnog tlaka što može rezultirati oštećenjem organa i konačno uzrokovati srčano zatajenje (21). Povećana fibroza, smanjena brzina provođenja srčanog mišića, epikardijalno salo i masna infiltracija predstavljaju štetne čimbenike za atrijalna i ventrikularna elektrofiziološka svojstva koja mogu potaknuti nastanak aritmije. Ove morfološke i funkcionalne promjene često dovode do fibrilacije atrija koja sama po sebi predstavlja još jedan patofiziološki mehanizam srčane insuficijencije kao i stanje koje predisponira moždanom udaru (22). Pretilost uzrokuje brojne anatomske i funkcionalne promjene koje igraju važnu ulogu u aritmogenezi. Dilatacija i disfunkcija lijevog atrija poznate su posljedice pretilosti. Pokazalo se da povećanje poprečnog promjera lijevog atrija za 5 mm

povećava šanse za paroksizmalnu fibrilaciju atrijsku za 1,39 puta, a isto tako potvrđena je i korelacija između povećanog masnog tkiva epikarda i fibrilacije atrijske (23).

#### ***1.4.2. Respiratorni sustav***

Pretilost je značajan uzrok poremećaja disanja. Uzrokuje smanjenje statičkog i dinamičkog plućnog volumena. Rezervni volumen izdisaja jedan je od prvih koji je promijenjen. Pretilost je povezana sa smanjenim protokom zraka, hiperreaktivnošću dišnih putova i povećanim rizikom od razvoja plućne hipertenzije, plućne embolije, infekcija respiratornog trakta, opstruktivne apneje u snu i hipoventilacijskog sindroma. Fiziološke promjene uzrokovane pretilošću potencijalno dovode do hipoksičnog ili hiperkapničnog respiratornog zatajenja (24). Utjecaj pretilosti na plućne volumene prvenstveno proizlazi iz njezina utjecaja na torakalnu popustljivost. Komplijansa prsnog koša ili prsnog zida oslabljena je u pretilih pacijenata zbog fizičkog ograničenja širenja prsnog zida i kontrakcije dijafragme koje stvara masno tkivo abdominalne i torakalne stijenke. Komplijansa pluća također je promijenjena i radi povećanja plućnog krvotoka, ali i zbog zatvaranja perifernih dišnih putova što posljedično dovodi do nastanka kroničnih mikroatelektaza. Smanjenje funkcionalnog rezidualnog kapaciteta (FRC) može dovesti do povećane površinske napetosti alveola dodatno smanjujući popustljivost pluća (25).

Najraniji i najčešće prijavljeni učinak pretilosti na statičke plućne volumene je smanjenje rezervnog ekspiratornog volumena (ERV), obično s očuvanim rezidualnim volumenom, što u konačnici rezultira smanjenjem FRC-a. Povećanje ITM-a eksponencijalno je povezano sa smanjenjem ERV-a. Učinci na statičke plućne volumene primjećuju se mnogo češće kod onih s androidnim uzorkom pretilosti u usporedbi s onima s ginekoidnim uzorkom, zbog njegovog utjecaja na dijafragmu. Vitalni kapacitet (VC), forsirani vitalni kapacitet (FVC) i forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi ( $FEV_1$ ) imaju tendenciju da budu blago smanjeni u pretilih osoba (26).

U literaturi se ne nalazi previše podataka o učincima pretilosti na snagu respiratornih mišića. Prema provedenim istraživanjima izgledno je da položaj tijela zapravo utječe na snagu respiratornih mišića. U pretilih osoba u ležećem položaju maksimalni inspiracijski tlak značajno

je smanjen u usporedbi s onim kada su u uspravnim položaju (27). Izdržljivost respiratornih mišića, što se očituje maksimalnom voljnom ventilacijom (MVV), smanjuje se s povećanjem ITM-a. To je najvjerojatnije posljedica smanjenog plućnog volumena i komplijanse stijenke prsnog koša te posljedičnog povećanja opterećenja dišnog sustava (28).

Sužavanje dišnih putova i posljedično povećanje otpora česta je pojava kod pretilih osoba. Tjelesna pletizmografija je pokazala povećanje otpora dišnih putova s porastom ITM-a. Patofiziologija suženja dišnih puteva u pretilih osoba može imati mehaničke uzroke ili se može očitovati kao hiperreaktivnost zbog proupalnog stanja. Budući da pretile osobe imaju tendenciju disanja s nižim FRC-om, glatki mišići dišnih putova mogu biti inaktivni i hipotrofični, što za posljedicu ima sužavanje dišnih putova (29).

Pretilost ima značajan utjecaj i na astmu i na kroničnu opstruktivnu plućnu bolest (KOPB). Ovo nije iznenađujuće jer oba stanja uključuju upalu dišnih puteva i promjene respiratorne fiziologije. Kod KOPB-a postoji tzv. fenomen "paradoksa pretilosti", a radi se o tome da zapravo povećani ITM usporava bolest i štiti od smrtnosti. Naime, ustanovljeno je da je smanjenje vrijednosti  $FEV_1$  bilo manje kod pretilih osoba s KOPB-om nego kod osoba koje nisu pretile (30). Pojavnost ovog paradoksa je individualna i na nju utječu heterogeni fenotipovi koji karakteriziraju KOPB. U bolesnika s uznapredovalim KOPB-om, pretilost se čini zaštitnom, dok nizak ITM značajno pridonosi smrtnosti (31).

#### ***1.4.3. Mišićno-koštani sustav***

Veza između pretilosti i mišićno-koštanih poremećaja je složena i uključuje biomehaničke, genetske, upalne i metaboličke faktore. Osteoartritis (OA) je najčešća mišićno-koštana bolest, a mnoga istraživanja ukazuju na jasan odnos između njezinog nastanka i pretilosti. Patogeneza osteoartritisa povezana je s prekomjernim opterećenjem zglobova i promijenjenim biomehaničkim obrascima zajedno s hormonskom i citokinskom neravnotežom. Pretilost je povezana s incidencijom i napredovanjem OA zglobova prvenstveno donjih ekstremiteta, ali mogu biti zahvaćeni i drugi zglobovi te je ujedno povećan i rizik od potrebe za artroplastikom (32). Drugi vrlo česti problem vezan uz mišićno koštani sustav je križbolja. Viši

ITM je utvrđen kao faktor rizika za razvoj kronične boli u donjem dijelu leđa. Pretilost smanjuje posturalnu stabilnost i može dovesti do povećanja boli i pojave radikulopatija (33).

Povećanje tjelesne mase uzrokuje povećanje mineralne gustoće kostiju, kako zbog mehaničkog učinka, tako i zbog veće količine estrogena prisutnih u masnom tkivu. Usprkos tome, rizik od prijeloma kod pretilih ljudi je veći naspram normalno uhranjene populacije. Taj rizik uvjetovan je metaboličkim faktorima i povećanim rizikom od padova (34).

Biomehaničke promjene uzrokovane preopterećenjem povezanim s prekomjernom tjelesnom masom uz sistemski metabolički učinak dovode do promjena u strukturnim proteinima tetiva te posljedično do smanjene čvrstoće same tetive (35). Pojava sarkopenije povezana je sa smanjenom pokretljivošću i narušenim metaboličkim zdravljem cijelog tijela, kao i sa smanjenjem tjelesne aktivnosti i potrošnjom energije te s povećanom masnom masom. Istraživanja upućuju na progresivno pogoršanje kvalitete mišića i njihovo funkcionalno oštećenje, uključujući smanjenje broja mišićnih vlakana, smanjenje kontraktilne funkcije, povećani stupanj lipidne infiltracije i poremećenu neurološku komponentu kontrakcije (36).

#### ***1.4.4. Neurološki sustav***

Pretilost i metabolička disfunkcija izazvana prehranom identificirani su kao čimbenici rizika za razvoj širokog spektra neuroloških poremećaja u središnjem i perifernom živčanom sustavu. Istraživanja pokazuju da je pretilost povezana s blagim kognitivnim oštećenjem, a postoji i čvrsta korelacija između pretilosti i demencije Alzheimerovog tipa. Bliska povezanost također postoji između pretilosti i polineuropatije, komplikacije koja se najčešće nalazi kod dijabetičkih pacijenata. Kod pretilosti su opisane i strukturalne promjene središnjeg živčanog sustava koje uključuju atrofiju mozga i smanjeni volumen sive tvari u frontalnim i temporalnim režnjevima te povećanje volumena bijele tvari u orbito-frontalnim područjima. Također može biti prisutan i reducirani integritet hipokampusu i hipotalamusa (37). Prekomjerna tjelesna masa i pretilost stvaraju niz fizioloških promjena, kao što je kronična upala niskog stupnja i mikroangiopatija, odnosno vaskularno oštećenje malih krvnih žila koji doprinose gubitku neurona (38).

#### ***1.4.5. Gastrointestinalni sustav***

Zdravstvene implikacije pretilosti uključuju širok spektar benignih probavnih bolesti kao što su gastroezofagealna refluksna bolest (GERB), Barrettov jednjak, erozivni ezofagitis, nealkoholna masna bolest jetre, žučni kamenci i pankreatitis te karcinomi probavnih organa kao što je kolangiokarcinom, hepatocelularni karcinom, kolorektalni karcinom te karcinom jednjaka i gušterače (39).

#### ***1.4.6. Urogenitalni sustav***

Najčešći poremećaj urogenitalnog sustava koji se povezuje s debljinom je urinarna inkontinencija većim dijelom prisutna u ženskoj populaciji. Mehanički pritisak abdominalnog masnog tkiva povećava pritisak na zdjelične organe te narušava funkciju sfinktera. Pretilost također povećava rizik od mnogih benignih i malignih uroloških stanja, uključujući karcinom prostate i bubrega, nefrolitijazu, hipogonadizam i neplodnost (40).

### ***1.5. Spirometrija***

Spirometrija je fiziološki test kojim se mjeri volumen zraka kojeg pojedinac može udahnuti i izdahnuti uz maksimalan napor. Spirometrijom možemo mjeriti statičke plućne kapacitete i volumene i dinamičke plućne volumene i odrediti krivulju protoka/volumena. Spirometrijsko testiranje se izvodi maksimalnim udahom do totalnoga plućnog kapaciteta, nakon kojega se zrak kratko zadržava (maksimalno jednu sekundu) te potom maksimalno ispuhuje u usnik spirometra (ne smije postojati gubitak struje zraka kroz nos ili pored usnika pa se na nos ispitanika postavlja štupaljka). Nakon svakog pokušaja potrebno je procijeniti tehniku izvođenja, uloženi trud ispitanika te mogućnost postojanja artefakata. Primarni signal mjeren u spirometriji je volumen ili protok unutar vremenskog intervala (41).

Spirometrija se primjenjuje u dijagnostici i praćenju respiratornih bolesti, procjeni respiratorne funkcije te se koristi za nadzor pacijenata kod kojih je moguć nastanak respiratorne insuficijencije. Podaci, odnosno vrijednosti dobivene spirometrijskim testiranjem ovise o dobi,

spolu, visini, težini, etničkoj pripadnosti te određenim medicinskim stanjima pojedinca. Spirometrijski nalaz ukazuje na mogućnost postojanja opstruktivskih ili restriktivskih promjena u procesu ventilacije te predstavlja osnovu za postavljanje dijagnoze respiratornih bolesti (42).

Odgovarajuće tumačenje testova plućne funkcije uključuje klasifikaciju opaženih parametara unutar ili izvan normalnog raspona vrijednosti temeljenih na podacima referentne populacije zdravih pojedinaca. Testovi plućne funkcije, odnosno testovi respiratorne funkcije, odražavaju fiziološka svojstva pluća (npr. mehaniku protoka zraka, volumene i prijenos plinova). Ovi se testovi desetljećima koriste za pomoć u dijagnosticiranju bolesti pluća, objašnjenju dispneje i praćenju nastanka i napredovanja bolesti i efikasnosti liječenja (43).

Rezultat, odnosno nalaz spirometrije, je prikazan pneumotahografom, tj. grafikonom na kojem je krivuljom zabilježen volumen i protok zraka koji je udahnut i izdahnut tijekom respiracijskog ciklusa.

### ***1.5.1. Plućni volumeni i kapaciteti***

Mjerenjem statičke funkcije pluća određuju se plućni volumeni i plućni kapaciteti. Razlikujemo sljedeće plućne volumene:

- Respiracijski ili tidalni volumen (TV) je količina zraka koju osoba udahne i izdahne u jednom respiratornom ciklusu i u prosjeku iznosi oko 500 ml zraka;
- Inspiracijski rezervni volumen (IRV) je količina zraka koju osoba prisilno udahne nakon normalnog TV-a, a normalna količina za odrasle osobe iznosi 1900-3300 ml zraka;
- Ekspiracijski rezervni volumen (ERV) je količina prisilno izdahnutog zraka nakon izdisaja normalnog TV-a, a normalne vrijednosti za odrasle osobe kreću se između 700 i 1200 ml zraka.
- Rezidualni volumen (RV) je količina zraka koja ostaje u plućima nakon maksimalnog izdisaja te se ona ne može izdahnuti. Normalna vrijednost kod odraslih osoba iznosi oko 1200 ml zraka.



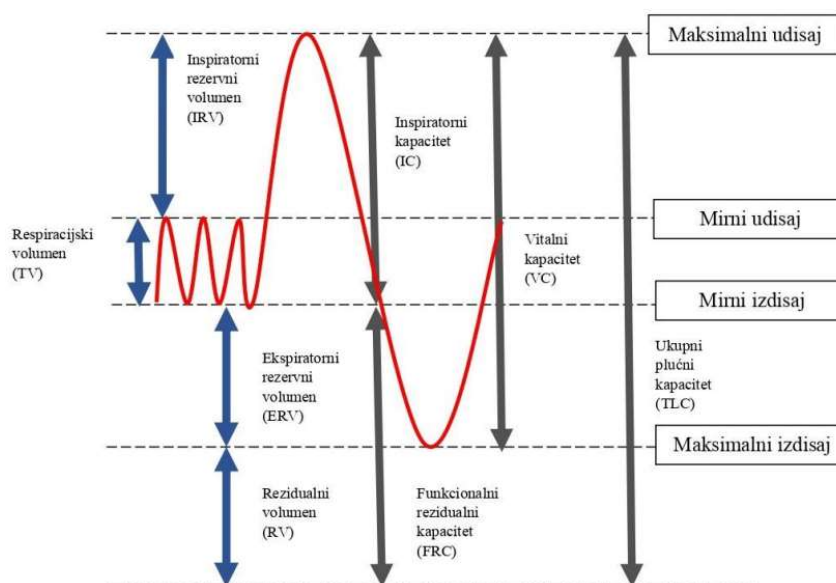
Zbrajanjem plućnih volumena dobivamo plućne kapacitete i njihove vrijednosti daju detaljniji uvid u stanje respiratornog ciklusa. Zbrajaju se vrijednosti dva ili više plućna kapaciteta. Najčešće mjereni plućni kapaciteti su:

- Inspiracijski kapacitet (IC) je zbroj respiracijskog volumena i inspiracijskog rezervnog volumena te prosječno iznosi oko 3500 ml zraka;
- Funkcionalni rezidualni volumen (FRV) je zbroj ekspiracijskog rezervnog volumena i rezidualnog volumena te predstavlja volumen zraka koji ostaje u plućima nakon normalnog izdisaja zraka;
- Vitalni kapacitet (VC) je količina zraka koju osoba može maksimalno udahnuti i potom izdahnuti, a dobiva se zbrajanjem respiracijskog volumena, inspiracijskog rezervnog volumena i ekspiracijskog rezervnog volumena te prosječno iznosi oko 4600 ml zraka;
- Ukupni plućni kapacitet (TLC) je maksimalni plućni volumen i dobiva se zbrajanjem svih plućnih kapaciteta, prosječno iznosi oko 5800 ml zraka (Slika 1.) (44).

Uz navedene volumene u spirometrijskoj dijagnostici mjere se kapaciteti koji su indikatori plućne funkcije:

- Forsirani vitalni kapacitet (FVC) predstavlja volumen zraka izražen u litrama izdahnut maksimalnim naporom nakon potpunog udisaja i to u čim kraćem vremenu koje kod zdravih pojedinaca iznosi otprilike 6 sekundi;
- Forsirani ekspiratorni volumen (FEV) mjeri količinu izdahnutog zraka nakon maksimalnog udisaja. Prilikom mjerenja ovog kapaciteta, posebno se može mjeriti i količina zraka izdahnutu u prvoj, drugoj, trećoj ili šestoj sekundi izdisaja pa razlikujemo  $FEV_1$ ,  $FEV_2$ ,  $FEV_3$ ,  $FEV_6$ . Forsirani ekspiratorni volumen je najvažnije spirometrijsko mjerenje funkcije pluća.

- Omjer  $FEV_1$  i FVC ( $FEV_1/FVC$ ), poznat i kao Tiffeneauov indeks, može pomoći u razlikovanju opstruktivnih i restriktivnih bolesti pluća. Kod opstruktivnih bolesti, smanjenje  $FEV_1$  nastaje zbog povećanog otpora dišnih putova ekspiratornom protoku. Smanjenje FVC-a također se može pojaviti zbog preranog zatvaranja dišnih puteva tijekom izdisaja, ali u manjoj mjeri od  $FEV_1$ , što može dovesti do smanjene vrijednosti  $FEV_1/FVC$ , ispod 70%. S druge strane, kod restriktivnih plućnih bolesti, kao što su deformacije stijenke prsnog koša i idiopatska plućna fibroza, FVC može biti više smanjen u usporedbi s  $FEV_1$ , čime se daje omjer  $FEV_1/FVC$  veći od 70% (45).



**Slika 1.** Standardni plućni volumeni i kapaciteti u spirometrijskom ispisu

(Izvor: [file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/doktorska\\_disertacija\\_iva\\_juric%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/doktorska_disertacija_iva_juric%20(2).pdf))

## ***1.6. Mehanika disanja***

Disanje je fiziološki proces koji omogućava izmjenu plinova i uvjetovan je pravilnom funkcijom i sinergijom između središnje neurološke kontrole, senzornih sustava, pluća i respiratornih mišića. Događa se zbog razlike atmosferskog i intrapleuralnog tlaka. Kada tlak zraka unutar alveolarnog prostora padne ispod vrijednosti atmosferskog tlaka, zrak ulazi u pluća, odnosno, dolazi do udaha ili inspirija. Povećanje tlaka u alveolama naspram atmosferskog tlaka uvjetuje izlazak zraka iz pluća, odnosno izdah ili ekspirij. Ovaj proces omogućava naizmjenično kontrahiranje i relaksiranje respiratornih mišića. Glavni inspiratorni mišići su dijafragma i vanjski međurebrani mišići (mm. intercostales externi). Kontrakcija vanjskih međurebranih mišića uzrokuje promjene u dimenzijama prsnog koša i to u anterio-posteriornom smjeru, dok aktivacija dijafragme potiskuje trbušni sadržaj prema dolje i van te povećava dimenziju toraksa u kaudo-kranijalnom smjeru. Pri tome se smanjuje intrapleuralni tlak što se reflektira i na alveolarni prostor. Obzirom da je atmosferski tlak na razini nosa, odnosno usta viši, stvara se preduvjet za spontani ulazak zraka u dišne puteve. Stijenka prsnog koša ima tendenciju širenja sve dok pluća nisu ispunjena s najmanje 80% ukupnog plućnog kapaciteta. Izjednačavanjem alveolarnog tlaka s onim na ulazu u dišni put (nos ili usta) prestaje faza udaha. Nakon aktivnog udaha slijedi faza izdaha koji je potpuno pasivan. Relaksacijom respiratorne muskulature dolazi do smanjenja obima prsnog koša i do izbacivanja zraka iz dišnih puteva (46).

Izdisaj može biti i aktivan dio respiratornog ciklusa gdje su uključeni ekspiratorni mišići i to prilikom obavljanja teže tjelesne aktivnosti ili forsiranog izdisaja. Glavni ekspiratorni mišići su unutarnji međurebrani mišići (mm. intercostales interni) i mišići prednje trbušne stijenke.

## ***1.7. Utjecaj pretilosti na disanje***

Prekomjerno nakupljanje masnog tkiva abdominalnog dijela tijela i stijenke prsnog koša može promijeniti normalnu plućnu funkciju smanjenjem respiratornih volumena, posebno funkcionalnog rezidualnog volumena i ekspiratornog rezervnog volumena zbog promjena u pokretanju stijenke prsnog koša. Nadalje, opterećenje uzrokovano pretilošću smanjuje mobilnost stijenke prsnog koša i povećava frekvenciju disanja. Kao jedan od glavnih uzroka respiratorne insuficijencije navodi se obrazac brzog i plitkog disanja što predstavlja prediktorni faktor za

smanjenje vitalnog kapaciteta pluća. Smetnje vezane za mehaniku disanja stvaraju predispoziciju za povećanje ventilacijskih potreba. To dovodi do slabljenja respiratornih mišića, što je istaknuto obilježje većine bolesti koje predisponiraju respiratornoj insuficijenciji (47).

Pretilost, osobito teška i ekstremna središnja pretilost, utječe na fiziologiju dišnog sustava, kako u mirovanju, tako i tijekom tjelesne aktivnosti. Smanjenje rezervnog ekspiratornog volumena, funkcionalnog rezidualnog kapaciteta i poremećena mehanika dišnog sustava stvaraju restriktivni ventilacijski defekt. Nizak funkcionalni rezidualni kapacitet i smanjenje rezervnog volumena izdisaja povećavaju rizik od ograničenja protoka izdisaja i zatvaranja dišnih putova tijekom spavanja. Posljedično, pretilost može uzrokovati ograničenje protoka izdisaja i razvoj intrinzičnog pozitivnog tlaka na kraju izdisaja, osobito u ležećem položaju. To podiže frekvenciju disanja i povećava opterećenje na respiratorne mišiće što dovodi do dispneje. Izražene smanjene vrijednosti ekspiratornog rezervnog volumena mogu dovesti do poremećaja protoka ventilacije sa zatvaranjem dišnih putova u određenim zonama pluća, izazivajući neusklađenost perfuzije ventilacije i abnormalnosti izmjene plinova. Pretilost također može narušiti mehaničku funkciju gornjih dišnih puteva i neuromuskularnu snagu te povećati potrošnju kisika, što zauzvrat povećava rad disanja i otežava ventilacijski pogon. Kombinacija poremećaja mehanike disanja, prekomjerne proizvodnje ugljičnog dioksida i smanjene ventilacijske površine kod pretilih osoba može predstavljati predispoziciju za nastanak hipoventilacijskog sindroma (48).

Glavne komplikacije respiratorne funkcije kod pretilih osoba uključuju povećanu potrebu za ventilacijom, pojačanu frekvenciju disanja, oslabljenost i neučinkovitost respiratorne muskulature i narušenu mehaniku disanja. Smanjeni funkcionalni rezidualni kapacitet i rezervni ekspiracijski volumen povezani su sa zatvaranjem perifernih respiracijskih područja, abnormalnostima perfuzije ventilacije te posljedično hipoksijom organizma, osobito u ležećem položaju. Pretili pacijenti imaju povećanu dispneju i smanjenu sposobnost tjelesne aktivnosti, što drastično narušava kvalitetu života. Smanjenje mišićne mase, pojačana bol u zglobovima i trenje kože važne su odrednice za smanjenu sposobnost obavljanja tjelesne aktivnosti te su usko povezane s nastankom kardiopulmoloških posljedica pretilosti. Redukcija tjelesne mase i redovita tjelesna aktivnost učinkoviti su alati za smanjenje respiratornih komplikacija pretilosti (49).

### ***1.8. Respiratorni mišići i pretilost***

Pretilost utječe na dišni sustav putem nekoliko mehanizama, uključujući izravne mehaničke promjene uzrokovane taloženjem masti na stijenci prsnog koša, abdomena, u području vrata i gornjih dišnih puteva, te prisustvom sistemske upale. Povećano mehaničko opterećenje kod pretilih osoba dovodi do smanjene mobilnosti stijenke prsnog koša te veće respiratorne frekvencije. S povećanjem indeksa tjelesne mase ekspiratorni pričuvni volumen, a time i funkcionalni rezidualni kapacitet se smanjuje i često se približava rezidualnom volumenu, naročito kod teže pretilosti (50).

Distribucija masnog tkiva unutar i oko torakoabdominalne regije može dovesti do promjena u snazi i kontrakcijskoj funkciji dijafragme, kontroli i mehanici disanja. Pri normalnom disanju, dijafragma se steže, gurajući trbušni sadržaj prema dolje i naprijed. U isto vrijeme, kontrakcija vanjskih interkostalnih mišića povlači rebra prema gore i naprijed. Kod pretilih osoba ovaj je mehanizam oštećen jer višak tjelesne masti koja oblaže prsa i zauzima trbuh ograničava djelovanje respiratornih mišića. Ove strukturne promjene u torakalno-abdominalnom području ograničavaju pokretljivost dijafragme i kretanje rebara, što potiče promjene u dinamici dišnog sustava i smanjuje njegovu usklađenost te dovodi do mehaničkog oštećenja respiratorne muskulature (51).

S ciljem proučavanja utjecaja pretilosti na disfunkciju dijafragme, Rodrigues i sur. (2020.) proveli su istraživanje na štakorima koji su postnatalno bili izloženi prekomjernom hranjenju s posljedičnim postizanjem pretilosti. Od 150-og postnatalnog dana rađeni su ultrazvuk dijafragme, kompjutorizirana tomografija, respirometrija, imunohistokemijske, biomolekularne i strukturalne histološke analize. Dijafragme pretilih životinja, u usporedbi s dijafragmama kontrolnih životinja, pokazale su promjene u morfologiji kao i povećanu frakciju zadebljanja, ekskurziju dijafragme i visinu kupole dijafragme te povećan respiratorni kapacitet mitohondrija. Također je tkivo dijafragme pretilih životinja pokazalo ultrastrukturalne promjene, kao što su kompaktni, okrugli i natečeni mitohondriji sa bljeđim kristalima i više lizosomskih tijela (52).

Buras i sur. (2019.) proveli su istraživanje o utjecaju prehrane bogate masnoćama na oštećenje funkcije dijafragme. Ustanovili su da progresivna ekspanzija masnog tkiva i taloženje

kolagena unutar dijafragme direktno utječu na njene kontrakcijske deficite. Štoviše, intradijafragmalni fibro-adipogeni progenitori proliferiraju s dugotrajnom konzumacijom namirnica bogatih mastima te stvaraju adipocite i fibroblaste tipa I koji deponiraju kolagen. Trombospondin 1 je cirkulirajući adipokin koji se povećava s pretilošću i inducira proliferaciju fibroadipogenih progenitora te su odgovorni za strukturalne promjene dijafragme koje doprinose respiratornoj disfunkciji povezanoj s pretilošću (53).

## 2. CILJEVI I HIPOTEZE

Glavni cilj: usporediti utjecaj organiziranog vježbanja na funkcionalne ishode kod pretilih osoba koje organizirano vježbaju i pretilih osoba koje ne vježbaju.

**C1:** Usporediti vrijednosti forsiranog vitalnog kapaciteta i forsiranog volumena izdisaja u prvoj sekundi kod pretilih osoba koje organizirano vježbaju i pretilih osoba koje ne vježbaju.

**C2:** Usporediti vrijednosti vitalnog kapaciteta pretilih osoba koje organizirano vježbaju i pretilih osoba koje ne vježbaju.

**C3:** Usporediti debljinu potrbušnog masnog tkiva pretilih osoba koje organizirano vježbaju i pretilih osoba koje ne vježbaju.

**H1:** Pretile osobe koje organizirano vježbaju imat će bolje vrijednosti forsiranog vitalnog kapaciteta i forsiranog volumena izdisaja u prvoj sekundi u odnosu na osobe koje ne vježbaju.

**H2:** Vrijednosti vitalnog kapaciteta pluća bit će veće kod pretilih osoba koje organizirano vježbaju od vrijednosti vitalnog kapaciteta pluća kod osoba koje ne vježbaju.

**H3:** Pretile osobe koje organizirano vježbaju imat će manju debljinu potrbušnog masnog tkiva od osoba koje ne vježbaju.

### 3. ISPITANICI I METODE

#### 3.1. Ispitanici

Ispitanici uključeni u istraživanje bili su pacijenti Ambulante za debljinu koja djeluje pri Zavodu za endokrinologiju, dijabetes i bolesti metabolizma Kliničkog bolničkog centra (KBC) Rijeka. U Ambulanti za debljinu svi pacijenti na temelju internističkog pregleda i individualnih nalaza dobivaju upute o prehrani, savjetuje ih se o važnosti tjelesne aktivnosti od strane fizioterapeuta te dobivaju psihološko savjetovanje od strane psihologa. U sklopu fizioterapijskog savjetovanja pacijentima se prezentira o važnosti redovite tjelesne aktivnosti te ih se upoznaje s mogućnošću uključivanja u organizirane treninge namijenjene pretilim osobama pod stručnim nadzorom fizioterapeuta koji se dva puta tjedno održavaju na Fakultetu zdravstvenih studija (FZS) u Rijeci. Treninzi nisu obvezni te im se pacijenti priključuju dobrovoljno.

U istraživanju je sudjelovalo 50 ispitanika muškog i ženskog spola koji su radno aktivno stanovništvo s dijagnozom pretilosti. Ispitanici su bili podijeljeni u dvije skupine, kontrolnu i eksperimentalnu, a u svakoj skupini je bilo po 25 ispitanika. Kontrolnu skupinu sačinjavali su pacijenti koji u Ambulanti za debljinu KBC-a Rijeka dobiju upute o promjeni životnih navika u smislu restriktivne dijeta prilagođene medicinski uvjetovanim individualnim potrebama i nisu zainteresirani za grupne treninge koji se održavaju na FZS Rijeka, dok su eksperimentalnu skupinu sačinjavali pacijenti koji su uz restriktivnu prehranu dva puta tjedno vježbali na FZS Rijeka. Metoda uzorkovanja je prigodni uzorak.

Kriteriji uključenja: ITM veći od  $27 \text{ kg/m}^2$ , pacijenti evidentirani u Ambulanti za debljinu tijekom 2023. godine s preporukom organiziranog vježbanja od strane liječnika i fizioterapeuta.

Kriteriji isključenja: prisustvo bilo koje kronične plućne bolesti, plućna embolija u anamnezi, angina pectoris, infarkt miokarda u anamnezi, gubitak svijesti iz bilo kojeg razloga u posljednjih 6 mjeseci, neredovitost u vježbanju .



### ***3.2. Postupak i instrumentarij***

Za provođenje istraživanja podaci su se prikupljali upotrebom standardiziranih mjernih instrumenata i aparata: visinomjer, vaga, kaliper i spirometar.

Visina se mjerila pomoću visinomjera na način da je ispitanik bos stao na bazu visinomjera, petama uz stražnji kraj baze, a ispitivač je polugu naslonio na ispitanikovu glavu te se visina očitala u centimetrima. Tjelesna masa se mjerila pomoću vage na način da je ispitanik bos i minimalno odjeven stao na vagu, podaci su se očitali u kilogramima. Dobiveni podaci upotrijebili su se za izračunavanje ITM-a i to na način da se podijelila tjelesna masa izražena u kilogramima i kvadrat tjelesne visine izražene u metrima.

Debljina potrbušnog masnog tkiva mjerila se pomoću kalipera i izražena je u centimetrima. Mjerenje se provelo tako da je ispitanik stajao, a ispitivač je rukom odignuo poprečni kožni nabor 2 cm lateralno od pupka, obuhvatio ga vrhovima kalipera i očitao rezultat.

Spirometrija se provodila pomoću prijenosnog Spirolab Mini Flowmeter aparata (Slika 2.). Prilikom spirometrijskog testiranja ispitanici su sjedili na stolici i rukom su držali nastavak spirometra na kojem se nalazi senzor i na kojeg je nataknut jednokratni usnik. Na nos ispitanika postavila se posebna štipaljka koja onemogućava izlazak zraka na nos. Također im je bilo napomenuto da usnik moraju čvrsto držati usnama da ne dođe do gubitka protoka zraka uz usnik. Ispitanici su tada bili zamoljeni da maksimalno udahnu zrak kroz usnik te nakon toga u usnik spirometra ispuhnu sav zrak iz pluća i to na način da izdah traje 6 sekundi, što ispitivač prati na zaslonu. Potom u kontinuitetu slijede još dva udaha i izdaha na isti opisani način, a pritom se usnice ni u jednom trenutku ne smiju odvojiti od usnika (54) .



**Slika 2.** Spirolab Mini Flowmeter

(Izvor: [https://www.a-msystems.com/images/product/large/1369\\_2\\_.jpg](https://www.a-msystems.com/images/product/large/1369_2_.jpg))

Organizirani treninzi pod stručnim nadzorom fizioterapeuta odvijali su se dva puta tjedno po sat vremena kroz šest mjeseci u prostorima FZS Rijeka. Na početku treninga provodilo se desetminutno zagrijavanje u vidu laganog trčanja ili poskakivanja. Zatim je uslijedio glavni dio treninga u trajanju od 40 minuta kojeg sačinjavaju kružni treninzi, kardiotreninzi, vježbe s pomagalima i utezima, vježbe na Pilates lopti. Treninzi su završavani desetminutnim istežanjem svih mišićnih skupina.

Prva mjerenja podataka provela su se krajem listopada 2023.g., a završna tijekom travnja i u prvom tjednu svibnja 2024.g. Podaci ispitanika koji nisu uključeni u organizirane treninge prikupljali su se u prostorima dnevne bolnice Interne klinike na poliklinici KBC-a Rijeka, dok su se podaci ispitanika koji su se uključili u organizirane treninge prikupljali u prostorima FZS Rijeka. Za prikupljanje podataka bilo je potrebno 15-ak min po ispitaniku. Podatke je mjerio autor istraživanja. Mogući problem u provođenju istraživanja bila je neredovitost ispitanika u odrađivanju treninga i odustajanje od treninga. U organizirane treninge bilo je uključeno 30 osoba koje su evidentirane u Ambulanti za debljinu dnevne bolnice Interne klinike KBC-a Rijeka te su svi kontinuirano vježbali dva puta tjedno kroz šest mjeseci. Po popisu koji je numeriran, u istraživanje je bilo uključeno prvih 25 ispitanika. U slučaju rasipanja uzorka u predviđeno je u istraživanje uključiti ispitanika koji je sljedeći na popisu.

### **3.3. Statistička obrada podataka**

Za statističku obradu podataka koristio se program Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc.). Nominalne varijable, spol i skupina, prikazane su apsolutnim i relativnim frekvencijama te su uspoređene Hi-kvadrat testom. Ostale varijable testirane u ovom istraživanju izražavaju se na intervalnoj ljestvici (FVC, FEV<sub>1</sub>, VC i debljina potrbušnog masnog tkiva) te su iste ujedno i zavisne varijable ovog istraživanja. Budući da su varijable izražene na intervalnoj ljestvici, ali su odstupale od normalne raspodjele, opisane su medijanom, interkvartilnim raspršenjem (IKR) i najmanjom i najvećom vrijednosti.

Kako bi ispitali razlikuju li se ispitanici u prvom i drugom mjerenju u tjelesnoj masi, indeksu tjelesne mase, opsegu struka, debljini potrbušnog masnog tkiva, forsiranom vitalnom kapacitetu (FVC), forsiranom ekspiratornom volumenu u prvoj sekundi (FEV<sub>1</sub>) i vitalnom kapacitetu (VC) obzirom na uključenost u vježbanje, proveden je Wilcoxonov test (NV1 – 1. i 2. mjerenje, NV2 – uključenost ili neuključenost u vježbanje).

Friedmanova ANOVA koristila se da bi ispitali razliku između parametara ispitanika u prvom i drugom mjerenju ovisno o tome jesu li vježbali ili nisu (NV1 – 1. i 2. mjerenje, NV2 – uključenost ili neuključenost u vježbanje). Ispitani su parametri tjelesne mase, indeks tjelesne mase, opseg struka, debljina potrbušnog masnog tkiva, forsirani vitalni kapacitet (FVC), forsirani ekspiratorni volumen (FEV<sub>1</sub>) i vitalni kapacitet (VC).

Mann-Whitney U test korišten je za mjerenje razlika između skupina vježbača i ne vježbača nakon 2. mjerenja.

Razina statističke značajnosti postavljena je na  $p < 0.05$ .

### **3.4. Etički aspekti istraživanja**

Prije početka provođenja istraživanja pacijenti su bili upoznati s etičkim aspektima, svrhom i metodama istraživanja. Ispitanicima je bilo objašnjeno da je sudjelovanje u istraživanju anonimno i dobrovoljno te da su slobodni i bez ikakvih posljedica odstupiti iz istraživanja bez navođenja razloga. Napomenuto im je da postupci i način odvijanja istraživačkog procesa ne mogu naštetiti njihovom zdravstvenom stanju. Također, ispitanicima je bilo objašnjeno da će se podaci dobiveni u istraživanju koristiti za izradu diplomskog rada i eventualnu objavu rada u

stručnom ili znanstvenom časopisu. Svaki ispitanik je informiran i osobnim potpisom suglasan za sudjelovanje u istraživanju kroz obrazac „Suglasnost ispitanika za sudjelovanje u istraživanju“. Provođenje istraživanja odobrilo je etičko povjerenstvo KBC-a Rijeka na sjednici 24. siječnja 2024. g. (Ur.br: 2170-29-02/1-23-2). Podaci koji su se prikupili ovim istraživanjem pohranjeni su u elektroničkoj bazi podataka, a glavni istraživač i njegov mentor i komentor poštuju sve etičke principe te osiguravaju anonimnost i zaštitu osobnih podataka. U bazi podataka ispitanici su evidentirani kodom. Uz istraživača i njegovog mentora i komentora, dokumentacija može biti dostupna Etičkom povjerenstvu KBC-a Rijeka.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Raspodjela ispitanika prema spolu i dobi

U istraživanju je sudjelovalo ukupno 50 ispitanika koji su ravnomjerno bili podijeljeni u dvije skupine, eksperimentalnu (vježbači) i kontrolnu (ne vježbači), po 25 ispitanika u svakoj skupini. U istraživanju je sudjelovalo značajno više žena ( $p < 0.001$ ) (Tablica 3).

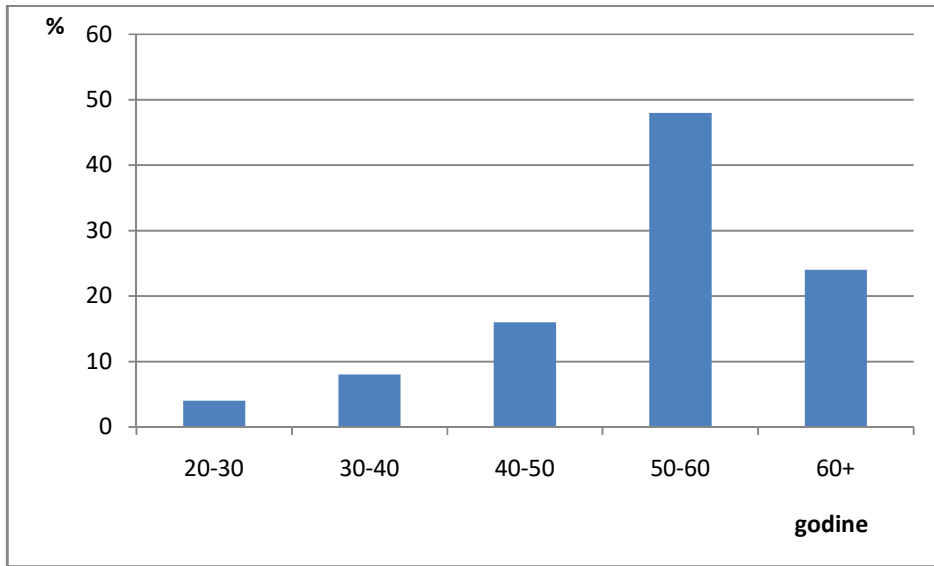
**Tablica 3.** Raspodjela ispitanika po spolu

Skupina	Spol /N(%)		
	Ženski	Muški	
Eksperimentalna	19 (76)	6 (24)	p < 0.001
Kontrolna	19 (76)	6 (24)	
Ukupno	38 (76)	12 (24)	

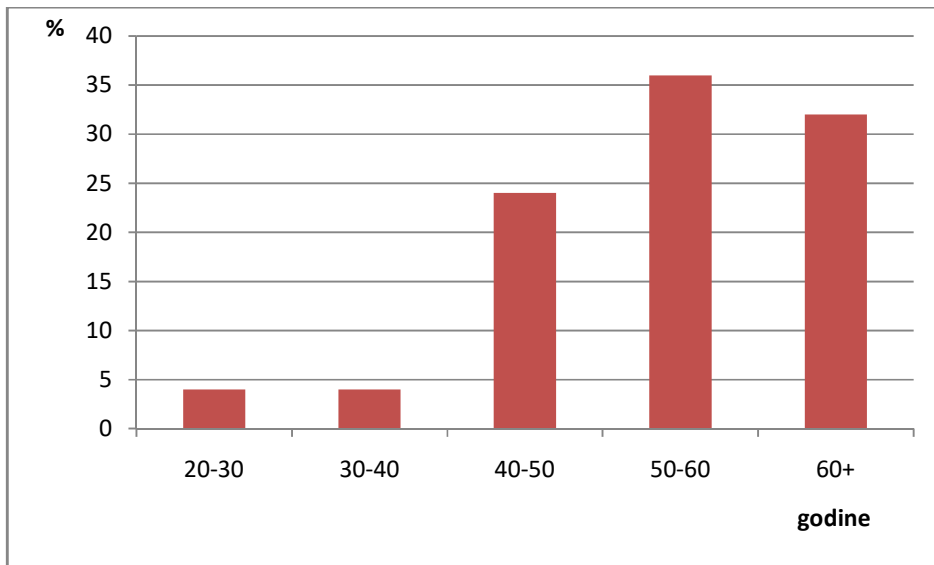
Medijan dobi ispitanika bio je 52 godine. Najmlađi ispitanik imao je 23 godine, a najstariji 64 godine.

U skupini ispitanika koji su vježbali 4 % ispitanika imalo između 20 i 30 godina, 8 % ispitanika imalo je između 30 i 40 godina, 16 % ispitanika imalo je između 40 i 50 godina, 48 % ispitanika imalo je između 50 i 60 godina, a 24 % ispitanika bilo je starije od 60 godina (Slika 3.).

U skupini ispitanika koji nisu vježbali 4 % ispitanika imalo je između 20 i 30 godina, 4 % ispitanika imalo je između 30 i 40 godina, 24 % ispitanika imalo je između 40 i 50 godina, 36% ispitanika imalo je između 50 i 60 godina, a 32 % ispitanika bilo je starije od 60 godina (Slika 4.).



**Slika 3.** Raspodjela ispitanika obzirom na dob u skupini koja je vježbala



**Slika 4.** Raspodjela ispitanika obzirom na dob u skupini koja nije vježbala

#### 4.2. Deskriptivni podaci u prvom i drugom mjerenju

Na početku i na kraju istraživanja svim ispitanicima izmjereni su ispitani parametri. Samo istraživanje trajalo je sveukupno 6 mjeseci. Izračunati deskriptivni podaci odnosili su se na antropološka mjerenja: visinu, tjelesnu masu, indeks tjelesne mase, opseg struka i debljinu potrbušnog masnog tkiva te na parametre plućne funkcije: forsirani vitalni kapacitet (FVC), forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi ( $FEV_1$ ) i vitalni kapacitet (VC).

**Tablica 4.** Deskriptivni podaci za ispitane parametre antropoloških mjerenja

N=50	Mjerenje	Medijan	IKR	Min-max	Wilcoxonov test $p$
Tjelesna masa	1.	103	92-114	69-157	<0.001
	2.	97	88-105	66-144	
Indeks tjelesne mase	1.	35.18	33-41	28-64	<0.001
	2.	34.16	31-39	27-56	
Opseg struka	1.	117	110-124	92-145	<0.001
	2.	114	105-120	88-140	
Debljina potrbušnog masnog tkiva	1.	13	11-16	8-23	<0.001
	2.	12	10-15	6-20	

Legenda: IKR= interkvartilno raspršenje; min-max= minimalni i maksimalni rezultat

Wilcoxonovim testom potvrdilo se da ispitanici u drugom mjerenju imaju statistički značajno nižu tjelesnu masu ( $p<0.001$ ), manji indeks tjelesne mase ( $p<0.001$ ), manji opseg struka ( $p<0.001$ ) te manju debljinu potrbušnog masnog tkiva ( $p<0.001$ ) (Tablica 4.).

**Tablica 5.** Deskriptivni podaci za ispitane parametre plućne funkcije

N=50	Mjerenje	Medijan	IKR	Min-max	Wilcoxonov test <i>p</i>
FVC	1.	3.11	2.77-3.52	2.25-5.20	<0.001
	2.	3.25	2.87-3.59	2.25-5.47	
FEV <sub>1</sub>	1.	2.66	2.33-3.04	1.86-4.2	<0.001
	2.	2.70	2.77-3.52	2.25-5.2	
VC	1.	2.76	2.55-3.03	2.34-4.23	<0.001
	2.	2.80	2.58-3.07	2.35-4.27	

Legenda IKR= interkvartilno raspršenje; min-max= minimalni i maksimalni rezultat

U drugom mjerenju Wilcoxonovim testom je potvrđeno da ispitanici postižu statistički značajno više vrijednosti u odnosu na prvo mjerenje i to za sve mjerene parametre: forsirani vitalni kapacitet ( $p < 0.001$ ), forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi ( $p < 0.001$ ) i vitalni kapacitet ( $p < 0.001$ ) (Tablica 5.).

#### **4.3. Razlika u mjerenjima između ispitanika eksperimentalne i kontrolne skupine**

Obzirom da su u svim parametrima dobivene razlike između prvog i drugog mjerenja, daljnjom analizom ispitani su isključivo parametri dobiveni u drugom mjerenju za skupinu ispitanika koja je vježbala (eksperimentalna skupina) i za skupinu ispitanika koja nije vježbala (kontrolna skupina). Razlike su računate Mann-Whitney U testom.

U tablicama 6. i 7. prikazani su medijani i interkvartilna raspršenja parametara ispitanika podijeljenih u dvije ispitne skupine prema vježbanju – ispitanici koji su vježbali (1) i ispitanici koji nisu vježbali (2). Prikazani su parametri za tjelesnu masu, indeks tjelesne mase, opseg struka, debljinu potrbušnog masnog tkiva, forsirani vitalni kapacitet (FVC), forsirani ekspiratorni volumen (FEV<sub>1</sub>) i vitalni kapacitet (VC). Razlike između skupina izračunate su Friedmanovom ANOVA-om.



**Tablica 6.** Medijani i interkvartilna raspršenja za parametre antropoloških mjerenja između dvije ispitne skupine

N=50	Vježbanje	Mjerenje	Medijan	IKR	<i>p</i>
Tjelesna masa	1.	1.	101	92-108	< 0.001
		2.	95	88-103	
	2.	1.	106	87-110	< 0.001
		2.	100	87-110	
	<i>p</i> *	0.244			
Indeks tjelesne mase	1.	1.	35	33-39	< 0.001
		2.	33	31-35	
	2.	1.	38	33-41	< 0.001
		2.	37	31-40	
	<i>p</i> *	0.154			
Opseg struka	1.	1.	118	107-123	< 0.001
		2.	100	102-118	
	2.	1.	117	111-124	< 0.001
		2.	115	108-120	
	<i>p</i> *	0.382			
Debljina potrbušnog masnog tkiva	1.	1.	13	11-15	< 0.001
		2.	12	10-14	
	2.	1.	13	11-16	< 0.001
		2.	12	10-15	
	<i>p</i> *	0.435			

Legenda:

Vježbanje – 1 = grupa koja je vježbala, 2 = grupa koja nije vježbala

Mjerenje – 1. prvo mjerenje, 2. drugo mjerenje

IKR = interkvartilno raspršenje

*P*\*Značajnost dobivena Mann-Whitney-testom za 2. mjerenje između skupina vježbača (1) i ne vježbača (2)

**Tablica 7.** Medijani i interkvartilna raspršenja za parameter mjerenja plućne funkcije između dvije ispitne skupine

N=50	Vježbanje	Mjerenje	Medijan	IKR	<i>p</i>
FVC	1.	1.	3.11	2.82-3.63	< 0.001
		2.	3.25	2.99-3.65	
	2.	1.	3.13	2.64-3.54	< 0.001
		2.	3.25	2.81-3.62	
	<i>p</i> *	0.741			
FEV <sub>1</sub>	1.	1.	2.66	2.37-3.13	< 0.001
		2.	2.69	2.4-3.16	
	2.	1.	2.71	2.29-3.05	0.009
		2.	2.76	2.33-3.12	
	<i>p</i> *	0.676			
VC	1.	1.	2.72	2.55-3.35	< 0.001
		2.	2.77	2.58-3.38	
	2.	1.	2.78	2.51-3.01	< 0.001
		2.	2.85	2.56-3.03	
	<i>p</i> *	0.892			

Legenda:

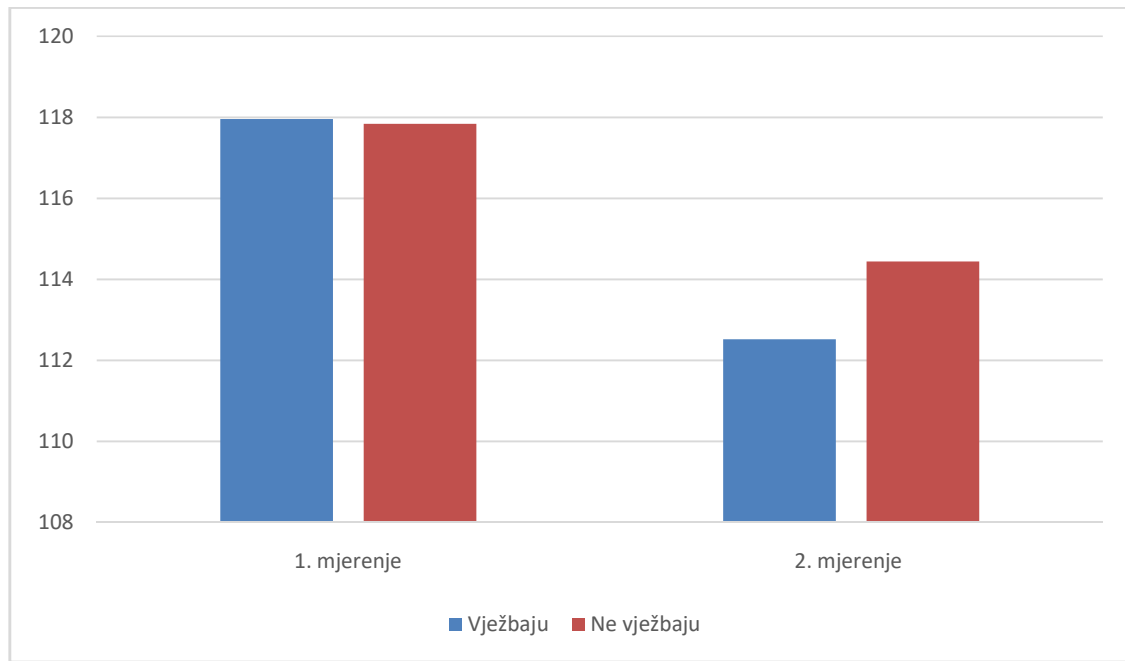
Vježbanje – 1 = grupa koja je vježbala, 2 = grupa koja nije vježbala

Mjerenje – 1. prvo mjerenje, 2. drugo mjerenje

IKR = interkvartilno raspršenje

*P*\*Značajnost dobivena Mann-Whitney-testom za 2. mjerenje između skupina vježbača (1) i ne vježbača (2)

Najveća razlika u u mjerenim parametrima dobivena između 1. i 2. mjerenja među eksperimentalnom i kontrolnom skupinom je za varijablu opseg struka. Stoga su dobiveni rezultati prikazani na Slici 5.



**Slika 5.** Prikaz rezultata 1. i 2. mjerenja za opseg struka kod skupine ispitanika koji su vježbali i skupine ispitanika koji nisu vježbali

Dobiveni rezultati pokazuju da se dvije skupine ne razlikuju u opsegu struka u prvom mjerenju, dok je u drugom mjerenju vidljiva razlika u opsegu struka. Oni koji su vježbali imaju manji opseg struka u odnosu na one koji nisu vježbali, međutim, izmjerene razlike nisu statistički značajne ( $p > 0.05$ ).

## 5. RASPRAVA

Glavni cilj ovog istraživanja bila je procjena utjecaja tjelesne aktivnosti na poboljšanje respiratornih parametara kod osoba s prekomjernom tjelesnom masom.

Rezultati istraživanja pokazali su da nema razlika u funkcionalnom oporavku plućne funkcije i antropoloških karakteristika između skupina osoba koje su vježbale i osoba koje nisu vježbale niti u jednoj testiranoj varijabli. Obzirom na dobivene rezultate u promatranim kliničkim mjerenjima primorani smo odbaciti sve tri postavljene hipoteze.

Zastupljenost osoba ženskog spola u istraživanju bila je znatno veća naspram osoba muškog spola te je raspon godina bio dosta širok (23-64 godine). Meta analiza Mabire i sur. (2017.) koja je obuhvatila 22 studije o utjecaju dobi, spola i indeksa tjelesne mase na učinak brzog hodanja kod pretilih ljudi također navodi mnogu veću zastupljenost ženskog spola u istraživanjima te u većini studija su ispitanice bile isključivo osobe ženskog spola. Ispitanici su, slično kao i u našem istraživanju, bili u rasponu od 22 do 61 godine starosti s prosječnim ITM-om  $32.1 \text{ kg/m}^2$ , dok su naši ispitanici imali ITM prosječne vrijednosti  $34,67 \text{ kg/m}^2$  (55). Navedeni podaci podupiru tezu da su osobe ženskog spola podložnije razvoju pretilosti te su sklonije prihvatiti posljedice koje ona nosi te ujedno pokušati usvojiti životne navike koje utječu na poboljšanje stanja, najvjerojatnije povezano s društvenim čimbenicima (56).

U prvoj hipotezi pretpostavili smo da će pretile osobe koje organizirano vježbaju imati bolje vrijednosti FVC-a i  $FEV_1$  u odnosu na osobe koje ne vježbaju, no rezultatima nismo potvrdili značajnu razliku u poboljšanju mjerenih parametara iako su svi ispitanici postigli statistički značajno više vrijednosti nakon drugog mjerenja ( $p < 0.001$ ). Prilikom uspoređivanja rezultata između ekperimentalne i kontrolne skupine, izračunata  $p$  vrijednost za FVC iznosi 0.741, a za  $FEV_1 p = 0.676$ .

U istraživanju Chheda i Manwadkar (2019.) prikazani su rezultati koji se dobrim dijelom podudaraju s ovim istraživanjem. Njihovo prospektivno istraživanje koje je trajalo 6 mjeseci uključilo je 54 pretila ispitanika s ITM-om većim od  $30 \text{ kg/m}^2$ , između 20 i 50 godina starosti. Bili su podijeljeni u dvije skupine s 27 ispitanika u svakoj grupi. Skupina koja je vježbala u program treninga je bila uključena kroz 6 tjedana, 5 ili više puta tjedno u trajanju od 30 do 45

minuta po seansi. Za potrebe istraživanja mjerio se FEV<sub>1</sub>, Tiffeneauov indeks i IC. Usporedbom rezultata uočeno je da je vrijednost FEV<sub>1</sub> veća kod osoba koje su vježbale, ali razlika u usporedbi s vrijednostima grupe koja nije vježbala nije statistički značajna. Jedino je vrijednost IC uspoređena u obje grupe imala statistički veće vrijednosti u korist grupe koja je 6 tjedana odrađivala treninge. Chheda i Manwadkar dolaze do zaključka da redovita tjelesna aktivnost može imati povoljne utjecaje na poboljšanje plućne funkcije, ali da treba obratiti pozornost i na ostale životne obrasce ispitanika kao što je prehrana i okolišni faktori (57). Ovo, kao ni naše istraživanje, ne navodi točan intenzitet primijenjenog treninga. Varijabla intenzitet primijenjenog treninga nije bila uključena u ispitivanje našeg istraživanja zbog nedostatka opreme kojom bi se mogao odrediti, odnosno izmjeriti intenzitet vježbi za ispitanike.

Slične rezultate potvrdili su i Sa-nguanmoo i sur (2023.) koji su proveli istraživanje o utjecaju tjelesne aktivnosti na plućnu funkciju i snagu respiratornih mišića kod pretilih mladih odraslih osoba. U studiju su bile uključene fizički aktivne i fizički neaktivne pretilo osobe u dobi od 18 do 25 godina. U skupine su bili podijeljeni prema metaboličkom ekvivalentu tjelesne aktivnosti (MET). Ispitanicima je mjerena funkcija plućnih parametara i jakost respiratorne muskulature. Mjerenja su pokazala da tjelesno aktivna grupa ima veći FEV<sub>1</sub> i maksimalni inspiracijski tlak (MIP), ali među skupinama nije bilo razlike u vrijednostima FVC-a, Tiffeneauovom indeksu, MMV-u i maksimalnom ekspiratornom tlaku (MEP). Zaključili su da viši FEV<sub>1</sub> i MIP koji su utvrđeni kod fizički aktivnih mladih odraslih osoba ukazuju na to da redovita tjelesna aktivnost povoljno djeluje na plućnu funkciju i snagu inspiratornih mišića kod pretilih osoba (58).

Chlif i sur. (2017.) također ispituju učinak treninga aerobnih vježbi na ventilacijsku učinkovitost i respiratorni pogon kod pretilih osoba, a prikazani rezultati podupiru dobivene rezultate ovog istraživanja. Istraživanje je provedeno na 19 pretilih muškaraca. Ispitanici su upućeni da obave jedan trening dnevno, 5 puta tjedno tijekom 8 tjedana te su ukupno odradili 40 treninga. Ispitanici su vježbali na cikloergometru pri kadenci od 60 okretaja u minuti, a intenzitet vježbanja praćen je otkucajima srca. Test plućne funkcije proveden je pomoću sustava spirometra te se mjerio FVC, FEV<sub>1</sub> i PEF. Rezultati su pokazali da nema značajne razlike u prediktivnim vrijednostima predviđenog FEV-a i FVC<sub>1</sub>, FEV/FVC<sub>1</sub> i postotku predviđenog PEF-a prije i nakon treninga (59).

Dostupna literatura obiluje istraživanjima koja ukazuju na cijeli niz čimbenika koji mogu utjecati na funkcionalno poboljšanje plućne funkcije pacijenata s prekomjernom tjelesnom masom. Statistički značajno poboljšanje mjerenih parametara ne odnosi se samo na tjelesnu aktivnost, već i na druge aspekte pretilosti, kao što je vrijednost ITM-a i količina središnje pretilosti. Svartengren i sur. (2020.) su u svom istraživanju koristili podatke iz kohortne studije švedskog EpiHealtha koja je provedena s primarnim ciljem proučavanja kako interakcije između čimbenika stila života i genotipova doprinose razvoju određenih poremećaja kod ljudi. Čak 22743 ispitanika zadovoljavalo je uvjete za sudjelovanje u istraživanju. Ispitanicima je mjereno ITM, opseg struka, pojednostavljeni test plućne funkcije proveden pomoću MiniSpir spirometra. Ustanovili su da je povećani opseg struka bio povezan s nižim FEV<sub>1</sub> bez obzira na vrijednost ITM-a, a slični rezultati su nađeni i za FVC. Utvrdili su da jedino ispitanici s visokom razinom tjelesne aktivnosti imaju poboljšanje vrijednosti FVC; FEV<sub>1</sub> i VC (60).

Relativno poboljšanje respiratornih parametara potvrđeno je i u istraživanju Silva-Raisa i sur. (2022.) usmjerenom na učinak tjelesne aktivnosti koja kombinira vježbe s otporom i aerobni trening na poboljšanje funkcije i mehanike pluća kod žena koje imaju prekomjernu tjelesnu masu ili pretilost. Program je trajao 12 tjedana, a u istraživanju su sudjelovale nepretile žene (n=12), žene s prekomjernom tjelesnom masom (n=17) i žene s pretilošću 1. stupnja (n=11). Istraživanje je uključilo osobe koje prakticiraju sjedilački način života. Nakon 12 tjedana treninga koji su se provodili 3 puta tjedno po 45 min napravljen je test plućne funkcije koji je obuhvatio mjerenje FVC, FEV<sub>1</sub>, odnos FEV<sub>1</sub>/FVC, vršni ekspiratorni protok (PEF) i maksimalni ekspiratorni protok (MEF). Rezultati su pokazali da je kombinirani trening poboljšao FVC (p=0.01) i PEF (p=0.01) kod skupine ispitanica s pretilošću 1. stupnja, dok rezultati za ostale skupine i mjerene parametre nisu imali statistički značajne vrijednosti. Također je ustanovljeno da osobe s prekomjernom tjelesnom masom i pretilošću 1. stupnja imaju povećanu količinu visceralne masnoće što negativno utječe na mehaniku pluća oštećujući dišne puteve, otpornost i elastičnost tkiva. Zaključili su da kombinirani trening povoljno utječe na smanjenje viceralnog masnog tkiva te na poboljšanje funkcionalnog kapaciteta žena srednje životne dobi koje imaju povećanu tjelesnu masu ili pretilost 1. stupnja (61).

Istraživanje kanadskih znanstvenika analizira utjecaj intenziteta i vremena trajanja tjelesne aktivnosti na smanjenje masnog tkiva (Cowan i sur., 2018.). Oni su proveli

randomizirano kontrolirano istraživanje na ukupno 300 ispitanika kojima je dijagnosticirana pretilost. Bili su podijeljeni u četiri skupine: kontrolna skupina koja nije vježbala, vježbe niskog intenziteta što je bilo određeno potrošnjom od 180 (žene) ili 300 (muškarci) kcal po treningu na 50% maksimalnog primitka kisika ( $VO_2 \text{ max}$ ), zatim vježbe visokog intenziteta određene potrošnjom 360 odnosno 600 kcal po treningu i potrošnja 50%  $VO_2 \text{ max}$  i na kraju vježbe visokog intenziteta s istom potrošnjom energije, ali sa 75%  $VO_2 \text{ max}$ . Ispitanici su trčali na traci do momenta potrošnje određene energije, a  $VO_2 \text{ max}$  je određen pomoću ergospirometrije. Ispitanici su se morali držati određenog režima prehrane kako ne bi došlo do povećanja tjelesne mase. Količina masnog tkiva mjerena je pomoću magnetske rezonance prije početka i nakon završetka programa vježbanja. Post hoc analiza pokazala je da je ukupna količina potkožnog, trbušnog potkožnog i visceralnog masnog tkiva smanjena u svim skupinama koje su vježbale u usporedbi s kontrolnom ( $p < 0.008$ ). Smanjenje količine potkožnog masnog tkiva među grupama koje su vježbale nije se statistički značajno razlikovalo. Abdominalna potkožna masnoća smanjena je u grupi vježbača visokog intenziteta s  $VO_2 \text{ max}$  75% naspram skupine vježbača niskog intenziteta ( $p < 0.008$ ). Također, došlo je i do smanjenja tjelesne težine i opsega struka u svim skupinama koje su vježbale naspram skupine koja nije vježbala ( $p < 0.008$ ), ali razlika između skupina vježbača nije utvrđena. Istraživanjem je potvrđeno značajno smanjenje ukupnog i potkožnog masnog tkiva te je zaključeno da je vježbanje dobra strategija za smanjenje pretilosti kada se prakticira na adekvatan način (62).

Druga hipoteza ovog istraživanja pretpostavila je da će vrijednosti VC pluća biti veće kod pretilih osoba koje organizirano vježbaju od vrijednosti VC pluća kod osoba koje ne vježbaju, ali i ona također nije potvrđena ( $p = 0.892$ ). Iako ovo istraživanje ne potvrđuje hipotezu, dostupna istraživanja ukazuju na moguć pozitivan učinak tjelesne aktivnosti na poboljšanje VC pretilih osoba.

İşleyen i Dağlıoğlu (2020.) u istraživanju pod nazivom efekt aerobnih vježbi na funkciju pluća i aerobnog kapaciteta kod muškaraca s prekomjernom tjelesnom masom ističu pozitivan ishod osmotjednog programa vježbi na plućne parametre. U istraživanje su bila uključena 24 muškaraca između 18 i 23 godine starosti. Eksperimentalna skupina bila je uključena u program aerobnog treninga 3 puta tjedno s opterećenjem od 70%  $VO_2 \text{ max}$ . Kontrolna skupina nije bila uključena u trenažni proces. Zaključeno je da je došlo do poboljšanja respiratornih parametara i to VC ( $p = 0.001$ ), FVC ( $p = 0.022$ ), FEV<sub>1</sub> ( $p = 0.013$ ) (63).

Učinci odabranih aerobnih vježbi na plućne funkcije pretilih adolescenata naziv je istraživanja iranskog autora Irandousta (2015.) čiji cilj je također bio istražiti utjecaj tjelesne aerobne aktivnosti na plućne funkcije. Uključeno je ukupno 45 adolescentica nasumično podijeljenih u tri skupine. Trening je uključivao preskakanje užeta (jedna skupina), trčanje (druga skupina), a treća skupina je predstavljala kontrolu i nije bila uključena u vježbanje. Prva skupina je trening odrađivala na način da je provodila 15 minutno zagrijavanje, zatim je uslijedilo preskakivanje užeta u trajanju od 25 minuta i odmora u trajanju od 5 minuta. Druga skupina imala je isto vremensko trajanje treninga te su one umjesto preskakivanja užeta trčale. Cjelokupni program je trajao 12 tjedana. Razlike u rezultatima između dvije eksperimentalne skupine nisu zabilježene, ali je zabilježena statistički značajna razlika između eksperimentalnih skupina i kontrolne skupine i to za VC, FVC i FEV<sub>1</sub> (64).

Treća hipoteza ovog istraživanja odnosila se na omjer smanjenja debljine potrbušnog masnog tkiva između skupine pretilih osoba koje su vježbale i onih koje nisu vježbale. Nažalost i nju smo odbacili iako su gotovo svi ispitanici imali manje vrijednosti debljine potrbušnog masnog tkiva, ali ne u statistički značajnom rezultatu ( $p=0.435$ ). Najveća razlika u mjerenim parametrima dobivena između 1. i 2. mjerenja između eksperimentalne i kontrolne skupine je za varijablu opsega struka koji je direktno povezan s varijablom debljine potrbušnog masnog tkiva, iako ni taj rezultat nema statistički značajnu vrijednost ( $p=0.382$ ).

Istraživanje vrlo slično ovom provela je skupina kalifornijskih znanstvenika (Lin i sur. 2021.), a cilj im je bio ispitati učinak aerobne tjelovježbe i antiaterosklerotične dijeta na visceralno masno tkivo, potkožno potrbušno masno tkivo, lipidne profile i koncentraciju inzulina kod pretilih ljudi. Uključili su 36 ispitanika podijeljenih u 3 skupine: jedna skupina koja je uključena u program vježbi i u program dijeta, druga skupina koja je uključena samo u program vježbi i treća kontrolna skupina koja nije ni vježbala ni bila uključena u dijetni program. Vježbe su trajale 45 minuta dnevno, tri puta tjedno, sveukupno 12 tjedana. Mjerenje ishoda studije evaluirano je skeniranjem magnetskom rezonancom. Zaključeno je da nije došlo do statistički značajnog smanjenja količine visceralnog i potkožnog masnog tkiva naspram kontrolne skupine (65).

Također i istraživanje pod nazivom Učinak vježbi jačanja trbušne muskulature na potrbušno masno tkivo kod pretilih žena (Kordi, 2015.) je zaključilo slične rezultate. 40 pretilih



žena nasumično su podijelili u dvije grupe. Jedna skupina je kroz 12 tjedana provodila vježbe za jačanje trbušne muskulature i bila je podvrgnuta dijeti, dok je druga skupina bila samo pod dijetalnim režimom prehrane. Nakon 12 tjedana intervencije nisu ustanovljene značajne razlike u mjerenjima debljine potkožnog masnog tkiva, opsega struka, obujma kukova, ITM-a, iako su svi sudionici izgubili na tjelesnoj masi (66).

Ograničenja ovog istraživanja je širok raspon dobi (od 23 do 64 godine života), nemogućnost određivanja intenziteta vježbi te mali broj ispitanika. Stoga dobivene rezultate treba sagledati kao indikativne te kod interpretacije rezultata i donošenja zaključaka treba pristupiti s određenom dozom opreza. Za dobivanje preciznijih rezultata trebalo bi provesti slično istraživanje kojim bi se navedena ograničenja svela na minimum.

## 6. ZAKLJUČAK

Glavni cilj istraživanja bio je usporedba utjecaja organiziranog vježbanja na funkcionalne ishode kod pretilih osoba koje organizirano vježbaju i pretilih osoba koje ne vježbaju. Fokus istraživanja bio je usmjeren na plućnu funkciju i antropometrijske karakteristike ispitanika.

Iako je kod svih ispitanika zabilježena statistički značajna razlika između prvog i drugog mjerenja, nije potvrđena razlika između ispitanika koji su organizirano vježbali i ispitanika koji nisu vježbali.

Prema dobivenim rezultatima zaključujemo da provođenje vježbi nije dovelo do poboljšanja vrijednosti forsiranog vitalnog kapaciteta i forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi .

Drugim ciljem istraživanja željelo se usporediti poboljšanje vitalnog kapaciteta pretilih osoba koje organizirano vježbaju i onih koje ne vježbaju. Dobiveni rezultati vrijednosti vitalnog kapaciteta također nisu statistički značajno povećane uslijed primjene tjelesne aktivnosti kod pretilih osoba u periodu vremenskog trajanja istraživanja.

Trećim ciljem istraživanja željelo se usporediti smanjenje debljine potrbušnog masnog tkiva pretilih osoba koje organizirano vježbaju i pretilih osoba koje ne vježbaju te se zaključilo da ono nije statistički značajnije kod pretilih osoba koje organizirano vježbaju naspram onih koje ne vježbaju.

Provedenim istraživanjem pretpostavilo se da će pretile osobe koje organizirano vježbaju imati bolje vrijednosti forsiranog vitalnog kapaciteta i forsiranog volumena izdisaja u prvoj sekundi u odnosu na osobe koje ne vježbaju, da će vrijednosti vitalnog kapaciteta pluća biti veće kod pretilih osoba koje organizirano vježbaju od vrijednosti vitalnog kapaciteta pluća kod osoba koje ne vježbaju i da će pretile osobe koje organizirano vježbaju imati manju debljinu potrbušnog masnog tkiva od osoba koje ne vježbaju, ali se nije potvrdila niti u jedna hipotezna pretpostavka. Dobiveni rezultati upućuju na to da primjena restriktivne dijeta ima pozitivan učinak na poboljšanje antropometrijskih karakteristika i parametara plućne funkcije kod osoba s prekomjernom tjelesnom masom ili debljinom. Uz prakticiranje restriktivne prehrane, dodatna primjena tjelesne aktivnosti nema statistički značajan učinak na poboljšanje promatranih parametara.

Bez obzira na dobivene rezultate ovog istraživanja, a uvažavajući rezultate istraživanja koja su dokazala poboljšanje funkcionalnog oporavka nakon gubitka tjelesne mase, neodgovorno bi bilo izostaviti redovnu tjelesnu aktivnost kao metodu izbora u oporavku funkcija svih organskih sustava kod osoba s prekomjernom tjelesnom masom i njezinu dobrobit u smanjenju mnogobrojnih rizičnih čimbenika.

Prilikom provođenja budućih istraživanja potrebno je uključiti veći broj ispitanika i homogeniji uzorak obzirom na spol i dob te uvođenje novih varijabli kao što je intenzitet vježbanja, a sve u svrhu dobivanja preciznijih rezultata.

## LITERATURA

1. Hazorika M, Deka A, Devi P, Goswami S, Bhuyan M, Sen S, i ostali. Obesity and its Classification: A Basic Review. *Acta Sci Vet Sci*. 01. rujan 2023.;5(9):85–90.
2. Birgani NB, Motamedi P, Kanaani L. A survey on the today's world problem of increasing obesity. *Prog Nutr*. 23. siječanj 2020.;21(2-S):22–32.
3. Štimac D. Debljina-klinički pristup. 1. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2017.
4. Medanić D, Pucarín-Cvetković J. Pretilost – javnozdravstveni problem i izazov. *Acta Med Croat*. 2012.;66:347–55.
5. Booth A, Magnuson A, Foster M. Detrimental and protective fat: body fat distribution and its relation to metabolic disease. *Horm Mol Biol Clin Investig*. 01. siječanj 2014.;17(1):13–27.
6. Ross R, Neeland IJ, Yamashita S, Shai I, Seidell J, Magni P, i ostali. Waist circumference as a vital sign in clinical practice: a Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity. *Nat Rev Endocrinol*. ožujak 2020.;16(3):177–89.
7. Purnell JQ. Definitions, Classification, and Epidemiology of Obesity. U: Feingold KR, Anawalt B, Blackman MR, Boyce A, Chrousos G, Corpas E, i ostali, urednici. *Endotext* [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000 [citirano 01. svibanj 2024.]. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279167/>
8. Masood B, Moorthy M. Causes of obesity: a review. *Clin Med*. srpanj 2023.;23(4):284–91.
9. Dhurandhar NV, Petersen KS, Webster C. Key Causes and Contributors of Obesity. *Nurs Clin North Am*. prosinac 2021.;56(4):449–64.
10. Hruby A, Hu FB. The Epidemiology of Obesity: A Big Picture. *Pharmacoeconomics*. srpanj 2015.;33(7):673–89.
11. Silveira EA, Mendonça CR, Delpino FM, Elias Souza GV, Pereira De Souza Rosa L, De Oliveira C, i ostali. Sedentary behavior, physical inactivity, abdominal obesity and obesity in adults and older adults: A systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr ESPEN*. kolovoz 2022.;50:63–73.
12. Weight Gain During Pregnancy: Reexamining the Guidelines [Internet]. Washington, D.C.: National Academies Press; 2009 [citirano 02. svibanj 2024.]. Dostupno na: <http://www.nap.edu/catalog/12584>
13. Harder T, Bergmann R, Kallischnigg G, Plagemann A. Duration of Breastfeeding and Risk of Overweight: A Meta-Analysis. *Am J Epidemiol*. 01. rujan 2005.;162(5):397–403.
14. Dinsa GD, Goryakin Y, Fumagalli E, Suhrcke M. Obesity and socioeconomic status in developing countries: a systematic review. *Obes Rev*. studeni 2012.;13(11):1067–79.

15. Scott KA, Melhorn SJ, Sakai RR. Effects of Chronic Social Stress on Obesity. *Curr Obes Rep.* ožujak 2012.;1(1):16–25.
16. Lam BC, Lim AL, Chan S, Yum MS, Koh NY, Finkelstein E. The impact of obesity: a narrative review. *Singapore Med J.* 2023.;64(3):163.
17. Volpe M, Gallo G. Obesity and cardiovascular disease: An executive document on pathophysiological and clinical links promoted by the Italian Society of Cardiovascular Prevention (SIPREC). *Front Cardiovasc Med.* 13. ožujak 2023.;10:1136340.
18. Jonk AM, Houben AJHM, De Jongh RT, Serné EH, Schaper NC, Stehouwer CDA. Microvascular Dysfunction in Obesity: A Potential Mechanism in the Pathogenesis of Obesity-Associated Insulin Resistance and Hypertension. *Physiology.* kolovoz 2007.;22(4):252–60.
19. Reis JP, Loria CM, Lewis CE, Powell-Wiley TM, Wei GS, Carr JJ, i ostali. Association Between Duration of Overall and Abdominal Obesity Beginning in Young Adulthood and Coronary Artery Calcification in Middle Age. *JAMA.* 17. srpanj 2013.;310(3):280.
20. Koliaki C, Liatis S, Kokkinos A. Obesity and cardiovascular disease: revisiting an old relationship. *Metabolism.* ožujak 2019.;92:98–107.
21. Lavie CJ, Milani RV, Ventura HO. Obesity and Cardiovascular Disease. *J Am Coll Cardiol.* svibanj 2009.;53(21):1925–32.
22. Rychter AM, Ratajczak AE, Zawada A, Dobrowolska A, Krela-Kaźmierczak I. Non-Systematic Review of Diet and Nutritional Risk Factors of Cardiovascular Disease in Obesity. *Nutrients.* 19. ožujak 2020.;12(3):814.
23. Csige I, Ujvárosy D, Szabó Z, Lőrincz I, Paragh G, Harangi M, i ostali. The Impact of Obesity on the Cardiovascular System. *J Diabetes Res.* 04. studeni 2018.;2018:1–12.
24. Shah NM, Kaltsakas G. Respiratory complications of obesity: from early changes to respiratory failure. *Breathe.* ožujak 2023.;19(1):220263.
25. Brazzale DJ, Pretto JJ, Schachter LM. Optimizing respiratory function assessments to elucidate the impact of obesity on respiratory health. *Respirol Carlton Vic.* srpanj 2015.;20(5):715–21.
26. Littleton SW, Tulaimat A. The effects of obesity on lung volumes and oxygenation. *Respir Med.* ožujak 2017.;124:15–20.
27. Sonpeayung R, Tantisuwat A, Janwantanakul P, Thaveeratitham P. Total and Compartmental Chest Wall Volumes, Lung Function, and Respiratory Muscle Strength in Individuals with Abdominal Obesity: Effects of Body Positions. *J Obes.* 18. prosinac 2019.;2019:1–10.
28. Costa D, Barbalho MC, Miguel GPS, Forti EMP, Azevedo JLMC. The Impact of Obesity on Pulmonary Function in Adult Women. *Clinics.* prosinac 2008.;63(6):719–24.

29. Shore S, Fredberg J. Obesity, smooth muscle, and airway hyperresponsiveness. *J Allergy Clin Immunol.* svibanj 2005.;115(5):925–7.
30. Guo Y, Zhang T, Wang Z, Yu F, Xu Q, Guo W, i ostali. Body mass index and mortality in chronic obstructive pulmonary disease: A dose–response meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* srpanj 2016.;95(28):e4225.
31. Franssen FME, O’Donnell DE, Goossens GH, Blaak EE, Schols AMWJ. Obesity and the lung: 5 {middle dot} Obesity and COPD. *Thorax.* 20. svibanj 2008.;63(12):1110–7.
32. King LK, March L, Anandacoomarasamy A. Obesity & osteoarthritis. *Indian J Med Res.* 2013.;138(2):185–93.
33. Lucha-López MO, Hidalgo-García C, Monti-Ballano S, Márquez-Gonzalvo S, Ferrández-Laliena L, Müller-Thyssen-Uriarte J, i ostali. Body Mass Index and Its Influence on Chronic Low Back Pain in the Spanish Population: A Secondary Analysis from the European Health Survey (2020). *Biomedicines.* 02. kolovoz 2023.;11(8):2175.
34. Rinonapoli G, Pace V, Ruggiero C, Ceccarini P, Bisaccia M, Meccariello L, i ostali. Obesity and Bone: A Complex Relationship. *Int J Mol Sci.* 20. prosinac 2021.;22(24):13662.
35. Tomlinson DJ, Erskine RM, Morse CI, Pappachan JM, Sanderson-Gillard E, Onambélé-Pearson GL. The combined effects of obesity and ageing on skeletal muscle function and tendon properties in vivo in men. *Endocrine.* svibanj 2021.;72(2):411–22.
36. Morgan PT, Smeuninx B, Breen L. Exploring the Impact of Obesity on Skeletal Muscle Function in Older Age. *Front Nutr.* 01. prosinac 2020.;7:569904.
37. O’Brien PD, Hinder LM, Callaghan BC, Feldman EL. Neurological consequences of obesity. *Lancet Neurol.* lipanj 2017.;16(6):465–77.
38. Gómez-Apo E, Mondragón-Maya A, Ferrari-Díaz M, Silva-Pereyra J. Structural Brain Changes Associated with Overweight and Obesity. *Weller A, urednik. J Obes.* 16. srpanj 2021.;2021:1–18.
39. Nam SY. Obesity-Related Digestive Diseases and Their Pathophysiology. *Gut Liver.* 15. svibanj 2017.;11(3):323–34.
40. Mobley D, Baum N. The Obesity Epidemic and Its Impact on Urologic Care. *Rev Urol.* 2015.;17(3):165–70.
41. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, i ostali. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 15. listopad 2019.;200(8):e70–88.
42. Neseck Adam V, Filipec M. Perioperacijska fizioterapija. 1. izd. Zagreb: Hrvatski zbor fizioterapeuta; 2022. 71–73 str.

43. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, i ostali. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J*. srpanj 2022.;60(1):2101499.
44. Lamb K, Theodore D, Bhutta BS. Spirometry. U: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [citirano 05. svibanj 2024.]. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560526/>
45. David S, Edwards CW. Forced Expiratory Volume. U: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [citirano 05. svibanj 2024.]. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK540970/>
46. Lutfi MF. The physiological basis and clinical significance of lung volume measurements. *Multidiscip Respir Med*. prosinac 2017.;12(1):3.
47. Chlif M, Keochkerian D, Choquet D, Vaidie A, Ahmaidi S. Effects of obesity on breathing pattern, ventilatory neural drive and mechanics. *Respir Physiol Neurobiol*. rujan 2009.;168(3):198–202.
48. Lin C, Lin C. Work of breathing and respiratory drive in obesity. *Respirology*. travanj 2012.;17(3):402–11.
49. Parameswaran K, Todd DC, Soth M. Altered Respiratory Physiology in Obesity. *Can Respir J*. 2006.;13(4):203–10.
50. Brazzale DJ, Pretto JJ, Schachter LM. Optimizing respiratory function assessments to elucidate the impact of obesity on respiratory health. *Respirology*. srpanj 2015.;20(5):715–21.
51. Collins LC, Hoberty PD, Walker JF, Fletcher EC, Peiris AN. The Effect of Body Fat Distribution on Pulmonary Function Tests. *Chest*. svibanj 1995.;107(5):1298–302.
52. Rodrigues GC, Rocha NN, Maia LDA, Melo I, Simões AC, Antunes MA, i ostali. Impact of experimental obesity on diaphragm structure, function, and bioenergetics. *J Appl Physiol*. 01. studeni 2020.;129(5):1062–74.
53. Buras ED, Converso-Baran K, Davis CS, Akama T, Hikage F, Michele DE, i ostali. Fibro-Adipogenic Remodeling of the Diaphragm in Obesity-Associated Respiratory Dysfunction. *Diabetes*. 01. siječanj 2019.;68(1):45–56.
54. Testovi plućne funkcije u predškolskoj dobi. *Liječnički Vjesn* [Internet]. 17. travanj 2023. [citirano 11. listopad 2023.];145(Supp 1). Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/300455>
55. Mabire L, Mani R, Liu L, Mulligan H, Baxter D. The Influence of Age, Sex and Body Mass Index on the Effectiveness of Brisk Walking for Obesity Management in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Phys Act Health*. svibanj 2017.;14(5):389–407.

56. Kantowski T, Schulze Zur Wiesch C, Aberle J, Lautenbach A. Obesity management: sex-specific considerations. *Arch Gynecol Obstet.* 08. veljača 2024.;309(5):1745–52.
57. Chheda H, Manwadkar S. A Comparative Study of Pulmonary Function between Exercising and Non-Exercising Obese Adults. *Int J Sci Res IJSR.* 2019.;10(2):916–9.
58. Sa-nguanmoo P, Chuatrakoon B, Pratanaphon S, Thanagosai J, Sriarpon J. Impact of Physical Activity on Pulmonary Function and Respiratory Muscle Strength in Obese Young Adults. *Trends Sci.* 28. kolovoz 2023.;20(11):6802.
59. Chlif M, Chaouachi A, Ahmaidi S. Effect of Aerobic Exercise Training on Ventilatory Efficiency and Respiratory Drive in Obese Subjects. *Respir Care.* srpanj 2017.;62(7):936–46.
60. Svartengren M, Cai GH, Malinowski A, Theorell-Haglöw J, Janson C, Elmståhl S, i ostali. The impact of body mass index, central obesity and physical activity on lung function: results of the EpiHealth study. *ERJ Open Res.* listopad 2020.;6(4):00214–2020.
61. Silva-Reis A, Rodrigues Brandao-Rangel MA, Moraes-Ferreira R, Gonçalves-Alves TG, Souza-Palmeira VH, Aquino-Santos HC, i ostali. Combined resistance and aerobic training improves lung function and mechanics and fibrotic biomarkers in overweight and obese women. *Front Physiol.* 07. rujun 2022.;13:946402.
62. Cowan TE, Brennan AM, Stotz PJ, Clarke J, Lamarche B, Ross R. Separate Effects of Exercise Amount and Intensity on Adipose Tissue and Skeletal Muscle Mass in Adults with Abdominal Obesity. *Obesity.* studeni 2018.;26(11):1696–703.
63. İşleyen G, Dağlioğlu Ö. The Effect of Aerobic Exercise on Pulmonary Function and Aerobic Capacity in Sedentary Men. *Int J Sport Exerc Train Sci [Internet].* 18. rujun 2020. [citirano 12. lipanj 2024.]; Dostupno na: <https://dergipark.org.tr/en/doi/10.18826/useeabd.784339>
64. Irandoust K. The Effects of Selected Aerobic Exercises on Pulmonary Functions of High School Obese Girls. *Int J Sch Health [Internet].* 01. listopad 2015. [citirano 12. lipanj 2024.];2(4). Dostupno na: <https://intjsh.sums.ac.ir/>
65. Lin JH, Liang MTC, Fang CL, Teng WP. Effect of Aerobic Exercise and Dietary Intervention on Visceral and Subcutaneous Adipose tissue in Sedentary Overweight Adults: a Magnetic Resonance Imaging Study. *J Rehabil Pract Res [Internet].* 2021. [citirano 13. lipanj 2024.];2(2). Dostupno na: <https://gexinonline.com/archive/journal-of-rehabilitation-practices-and-research/JRPR-126>
66. Kordi R, Dehghani S, Noormohammadpour P, Rostami M, Mansournia MA. Effect of Abdominal Resistance Exercise on Abdominal Subcutaneous Fat of Obese Women: A Randomized Controlled Trial Using Ultrasound Imaging Assessments. *J Manipulative Physiol Ther.* ožujak 2015.;38(3):203–9.



## PRIVITCI

### Popis ilustracija

<b>Slika 1.</b> Standardni plućni volumeni i kapaciteti u spirometrijskom ispisu .....	16
<b>Slika 2.</b> Spirolab Mini Flowmeter .....	24
<b>Slika 3.</b> Raspodjela ispitanika obzirom na dob u skupini koja je vježbala.....	28
<b>Slika 4.</b> Raspodjela ispitanika obzirom na dob u skupini koja nije vježbala .....	28
<b>Slika 5.</b> Prikaz rezultata 1. i 2. mjerenja za opseg struka kod skupine ispitanika koji su vježbali i skupine ispitanika koji nisu vježbali .....	33

### Popis tablica

<b>Tablica 1.</b> ITM i stupanj uhranjenosti prema klasifikaciji Svjetske zdravstvene organizacije .....	3
<b>Tablica 2.</b> Klasifikacija rizika od metaboličkih komplikacija obzirom na opseg struka prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji .....	4
<b>Tablica 3.</b> Raspodjela ispitanika po spolu.....	27
<b>Tablica 4.</b> Deskriptivni podaci za ispitane parametre antropoloških mjerenja.....	29
<b>Tablica 5.</b> Deskriptivni podaci za ispitane parametre plućne funkcije .....	30
<b>Tablica 6.</b> Medijani i interkvartilna raspršenja za parametre antropoloških mjerenja između dvije ispitne skupine .....	31
<b>Tablica 7.</b> Medijani i interkvartilna raspršenja za parameter mjerenja plućne funkcije između dvije ispitne skupine .....	32

## KRATKI ŽIVOTOPIS

Zovem se Daniela Žeželić, rođena sam 06.02.1977.g. u Rijeci. Osnovnoškolsko obrazovanje stekla sam u OŠ Jelenje-Dražice. Potom sam upisala srednju Obrtničku školu, smjer kozmetičar. Prediplomski studij fizioterapije upisala sam 1995.g na Medicinskom fakultetu u Rijeci te ga završila 1998.g. Pripravnički staž odrađivala sam u Thalassoterapiji Crikvenica. Stručni ispit položila sam 1999.g. u Zagrebu. Diplomski studij fizioterapije upisala sam 2022.g na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci. Zaposlena sam na radnom mjestu prvostupnika fizioterapije u Kliničkom bolničkom centru Rijeka na Odjelu intenzivne kirurške njege.