

Primjena tehnologija Industrije 4.0 u praćenju ljudskog zdravlja

Bilić, Bruno

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:003774>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-28**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Bruno Bilić

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing.

Student:

Bruno Bilić

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Ovim putem htio bih se zahvaliti mentoru, prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću na pomoći tijekom izrade diplomskog rada. Zahvaljujući njegovim smjericama i idejama uvelike mi je olakšao izradu ovog rada te ukazao ispravni put koji je potrebno slijediti. Hvala mu također na podršci, strpljenju, ljubaznosti i neizmjernom povjerenju tijekom mog akademskog puta.

Zahvaljujem djelatnicima Specijalne bolnice za plućne bolesti Zagreb i Opće bolnice Zabok i bolnice hrvatskih veterana, a posebno dr. Ana-Mariji, dr. Mariji i dr. Siniši što su mi izašli u susret i pomogli u provođenju istraživanja.

Hvala mojim prijateljima, s fakulteta i izvan njega, koji su sa mnom dijelili sve dobro i loše tijekom studiranja te su uvijek bili spremni pomoći kada je to bilo potrebno. Sretan sam što vas mogu zvati svojim prijateljima.

Ovim putem zahvaljujem i jednoj od najbitnijih osoba u životu, mojoj Ivani, koja mi je bezuvjetna podrška kako na fakultetu tako i u životu općenito. Hvala ti što si bila puna ljubavi, ohrabrenja, razumijevanja, strpljenja i motivacije te što si uvijek vjerovala u mene.

Za kraj, želim zahvaliti cijeloj obitelji, a posebice majci Gaby, ocu Augustinu i bratu Janu što su cijeli život uz mene. Hvala što ste uvijek vjerovali u mene i gurali me prema naprijed te vam ne mogu dovoljno zahvaliti za sve što ste učinili za mene.

Bruno Bilić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
Proizvodno inženjerstvo, inženjerstvo materijala, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
mehatronika i robotika, autonomni sustavi i računalna inteligencija



Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 23 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Bruno Bilić** JMBAG: 0035214663

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Primjena tehnologija Industrije 4.0 u praćenju ljudskog zdravlja**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Application of Industry 4.0 technologies in the monitoring of human health**

Opis zadatka:

Prema novoj europskoj strategiji zdravstva, prevencija zdravlja ljudi navodi se kao prvi strateški korak za unapređenje zdravstvenih sustava europskih zemalja. Industrijsko inženjerstvo sa svojim velikim brojem alata, metoda i metodologija svakako može doprinijeti uspješnoj realizaciji prvog strateškog cilja europske zdravstvene strategije. Industrija 4.0 i širok spektar različitih tehnologija (IoT, Umjetna inteligencija, Big data, Napredna robotika, Virtualna i proširena stvarnost, 5G, Računalstvo u oblacima...) koriste se uspješno u praćenju i prevenciji zdravstvenog stanja ljudi.

U radu je potrebno:

- Sistematizirati i detaljno objasniti pristupe praćenja i prevencije zdravlja ljudi.
- Detaljno objasniti Industriju 4.0 kao i njene tehnologije koje su pogodne za praćenje zdravlja ljudi.
- Na temelju pregleda literature sistematizirati najvažnije parametre po kojima se može pratiti stanje ljudskog organizma (tlak, temperatura, glukoza, hemoglobin, saturacija, kolesterol, EEG, itd).
- Na temelju provedene sistematizacije razraditi procesni pristup praćenja zdravstvenog stanja ljudskog organizma.
- Istražiti tržište raspoloživih uređaja za praćenje parametara stanja organizma te ih sistematizirati prema isporučiteljima i korištenim tehnologijama.
- Napraviti izbor uređaja za praćenje najvažnijih parametara zdravstvenog stanja ljudskog organizma.
- Na proizvoljno odabranom uzorku testirati odabrane uređaje i odabrane tehnologije te analizirati dobivene rezultate.
- Predložiti model preventivnog praćenja zdravstvenog stanja ljudskog organizma.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan: 4. svibnja 2023. Datum predaje rada: 6. srpnja 2023. Predviđeni datumi obrane: 17. – 21. srpnja 2023.

Zadatak zadano:

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Ivica Garašić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	IV
POPIS TABLICA.....	VI
POPIS KRATICA	VII
POPIS OZNAKA	VIII
SAŽETAK.....	IX
SUMMARY	X
1. UVOD.....	1
1.1. Zdravstvo – uslužna djelatnost.....	1
1.2. Praćenje zdravlja u svrhu prevencije bolesti	2
1.2.1. EU strategija za globalno zdravlje	3
1.3. Digitalizacija kao budućnost u svim djelatnostima.....	4
2. PRAĆENJE LJUDSKOG ZDRAVLJA	5
2.1. Pristupi praćenja ljudskog zdravlja	5
2.1.1. Konvencionalna medicina.....	6
2.1.2. Tradicionalna medicina.....	7
2.1.3. Preventivna medicina.....	8
2.1.4. Komplementarna medicina	8
2.1.5. Integrativna medicina.....	9
2.2. Zdravstveni parametri kod praćenja ljudskog zdravlja	11
2.2.1. Zdravlje srca.....	12
2.2.2. Zasićenost kisika u krvi.....	17
2.2.3. Tjelesna kompozicija (analiza sastava tijela).....	18
2.3. Procesni pristup – kako najbolje pratiti ljudsko zdravlje	22
3. INDUSTRIJA 4.0 U ZDRAVSTVU	25

3.1.	Utjecaj industrijskih revolucija na ljudsko zdravlje.....	25
3.2.	Zdravstvo u eri Industrije 4.0.....	28
3.3.	Ključne digitalne tehnologije za Zdravstvo 4.0.....	32
3.3.1.	Internet stvari (eng. Internet of Things – IoT).....	32
3.3.2.	Računalstvo u oblaku (eng. Cloud computing).....	34
3.3.3.	Senzorika u medicini.....	36
3.3.4.	Strojno i duboko učenje.....	38
3.4.	Pametni uređaji za praćenje ljudskog zdravlja.....	40
3.4.1.	Vrste pametnih uređaja.....	41
3.4.2.	Withings pametni uređaji.....	42
4.	ISTRAŽIVANJE (WITHINGS I PROFESIONALNI UREĐAJI).....	45
4.1.	Profesionalni medicinski uređaji u istraživanju.....	45
4.1.1.	Profesionalna tjelesna vaga TANITA MC-780MA PLUS.....	46
4.1.2.	Uređaj za mjerenje krvnog tlaka OMRON M6 AC.....	48
4.1.3.	Pulsni oksimetar Beurer PO 35.....	49
4.1.4.	Elektrokardiograf Mindray BeneHeart R12.....	50
4.2.	Withings uređaji u istraživanju.....	51
4.2.1.	Pametna tjelesna vaga Withings Body Cardio.....	51
4.2.2.	Pametni ručni sat Withings ScanWatch.....	53
4.2.3.	Pametni tlakomjer Withings BPM Connect.....	56
4.3.	Provedba istraživanja.....	58
4.3.1.	Ispitanici u istraživanju.....	59
4.3.2.	Rezultati mjerenja pomoću profesionalnih medicinskih uređaja.....	60
4.3.3.	Rezultati mjerenja pomoću Withings uređaja.....	64
4.3.4.	Usporedba i analiza rezultata istraživanja.....	69

4.3.5. Statistička analiza istraživanja	79
5. ZAKLJUČAK.....	81
LITERATURA.....	82

POPIS SLIKA

Slika 1.	Konvencionalna medicina [10]	7
Slika 2.	Tradicionalna kineska medicina [12]	8
Slika 3.	Integrativna medicina [18]	11
Slika 4.	Mjerenje krvnog tlaka pomoću digitalnog tlakomjera [23].....	14
Slika 5.	Srčani ritam [31].....	17
Slika 6.	Pulsna oksimetrija [35].....	18
Slika 7.	Raspon BMI vrijednosti [40].....	21
Slika 8.	Industrijske revolucije [46]	28
Slika 9.	Tranzicija od Zdravstva 1.0 do Zdravstva 4.0 [47]	29
Slika 10.	Izazovi Zdravstva 4.0 [47].....	31
Slika 11.	Računalstvo u oblaku u zdravstvenom sustavu [54]	36
Slika 12.	Vrste senzora u medicinskim uređajima [57].....	38
Slika 13.	Strojno i duboko učenje u medicini [60]	40
Slika 14.	Withings proizvodi [67]	44
Slika 15.	Profesionalna tjelesna vaga TANITA MC-780MA PLUS [68].....	46
Slika 16.	Primjer izvještaja profesionalne tjelesne vage [68].....	47
Slika 17.	Uređaj za mjerenje krvnog tlaka OMRON M6 AC [70].....	48
Slika 18.	Pulsni oksimetar Beurer PO 35 [72].....	49
Slika 19.	Elektrokardiograf Mindray BeneHeart R12 [74]	50
Slika 20.	Pametna tjelesna vaga Withings Body Cardio [75].....	51
Slika 21.	Primjer izvještaja o tjelesnoj kompoziciji u Health Mate aplikaciji [75].....	53
Slika 22.	Pametni ručni sat Withings ScanWatch [77].....	54
Slika 23.	Prikaz EKG snimke na Health Mate aplikaciji [77].....	55

Slika 24.	Mjerenje saturacije kisika pomoću Withings ScanWatcha [77]	56
Slika 25.	Pametni tlakomjer Withings BPM Connect [78]	57
Slika 26.	Prikaz rezultata mjerenja krvnog tlaka na Health Mate aplikaciji [78].....	58
Slika 27.	Grafički prikaz rezultata mjerenja tjelesne mase s dvije vrste uređaja	69
Slika 28.	Odstupanja u rezultatima mjerenja tjelesne mase izraženo u postotcima	69
Slika 29.	Grafički prikaz rezultata mjerenja BMI-a s dvije vrste uređaja	70
Slika 30.	Odstupanja u rezultatima mjerenja BMI-a izraženo u postotcima	70
Slika 31.	Grafički prikaz rezultata mjerenja % tjelesne masti s dvije vrste uređaja.....	71
Slika 32.	Odstupanja u rezultatima mjerenja % tjelesne masti izraženo u postotcima	71
Slika 33.	Grafički prikaz rezultata mjerenja % vode u tijelu s dvije vrste uređaja	72
Slika 34.	Odstupanja u rezultatima mjerenja % vode u tijelu izraženo u postotcima	72
Slika 35.	Grafički prikaz rezultata mjerenja mišićne mase s dvije vrste uređaja	73
Slika 36.	Odstupanja u rezultatima mjerenja mišićne mase izraženo u postotcima	73
Slika 37.	Grafički prikaz rezultata mjerenja koštane mase s dvije vrste uređaja	74
Slika 38.	Odstupanja u rezultatima mjerenja koštane mase izraženo u postotcima	74
Slika 39.	Grafički prikaz rezultata mjerenja krvnog tlaka s dvije vrste uređaja.....	75
Slika 40.	Odstupanja u rezultatima mjerenja krvnog tlaka izraženo u postotcima.....	75
Slika 41.	Grafički prikaz rezultata mjerenja srčane frekvencije s dvije vrste uređaja.....	76
Slika 42.	Odstupanja u rezultatima mjerenja srčane frekvencije izraženo u postotcima	76
Slika 43.	Grafički prikaz rezultata mjerenja SpO2 s dvije vrste uređaja.....	78
Slika 44.	Odstupanja u rezultatima mjerenja SpO2 izraženo u postotcima.....	78

POPIS TABLICA

Tablica 1. Najpoznatije komplementarne terapije [14]	9
Tablica 2. Prikaz zona srčane frekvencije prema životnoj dobi [26]	15
Tablica 3. Zdrava koštana masa za muškarce i žene [41]	22
Tablica 4. Prednosti IoT-a u zdravstvu [50].....	33
Tablica 5. Primjena MC-780MA PLUS u kliničkoj praksi [68]	47
Tablica 6. Rezultati mjerenja tjelesne kompozicije profesionalnom tjelesnom vagom	60
Tablica 7. Rezultati mjerenja krvnog tlaka profesionalnim tlakomjerom	62
Tablica 8. Rezultati mjerenja srčane frekvencije i ritma profesionalnim EKG-om.....	62
Tablica 9. Rezultati mjerenja SpO2 profesionalnim pulsним oksimetrom	63
Tablica 10. Rezultati mjerenja tjelesne kompozicije pametnom tjelesnom vagom	64
Tablica 11. Rezultati mjerenja krvnog tlaka pametnim tlakomjerom	66
Tablica 12. Rezultati mjerenja srčane frekvencije i ritma pametnim satom	67
Tablica 13. Rezultati mjerenja SpO2 pametnim satom	68
Tablica 14. Usporedba rezultata snimanja srčanog ritma s dva tipa uređaja	77
Tablica 15. t-test za usporedbu srednjih vrijednosti između dva povezana uzorka	79
Tablica 16. ANOVA s jednim utjecajnim faktorom	80

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
EU	Europska unija
SAD	Sjedinjene Američke Države
KAM	Komplementarna alternativna medicina
OMT	Osteopatska manipulativna terapija
EKG	Elektrokardiogram
KOPB	Kronična opstruktivna plućna bolest
SpO2	Zasićenje (saturacija) krvi kisikom
DEXA	<i>Dual-energy X-ray absorptiometry</i>
BMI	<i>Body Mass Index</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
EMR	<i>Electronic medical record</i>
ABIIS	<i>Aliança Brasileira da Indústria Inovadora de Saúde</i>
HIoT	<i>Healthcare IoT</i>
WBAN	<i>Wireless body sensor networks</i>
CES	<i>Consumer Electronics Show</i>
REM	<i>Rapid eye movement</i>
NAWI	<i>Non-automatic Weighing Instruments</i>
MDD	<i>Medical Devices Directive</i>
DoC	<i>Declaration of Conformity</i>
ATM	<i>Atmosphere</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
LED	<i>Light-emitting diode</i>

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
m_t	kg	Tjelesna masa
m_m	kg	Mišićna masa
m_k	kg	Koštana masa
BMI	m^{kg}/h^2_m	<i>Body Mass Index</i> (Indeks tjelesne mase)
SpO_2	%	Zasićenje (saturacija) krvi kisikom

SAŽETAK

Diplomski rad istražuje primjenu tehnologija Industrije 4.0 u praćenju ljudskog zdravlja. U radu su najprije prikazani različiti pristupi praćenja ljudskog zdravlja s prednostima i manama ovisno o pristupu. Nadalje, navedeni i opisani su glavni zdravstveni parametri koji su bili potrebni za praktični dio rada tj. istraživanje koje je uključivalo mjerenje istih. Na kraju poglavlja navodi se da integrativni pristup koji uključuje različite stručnjake i aktivno sudjelovanje pacijenata postaje ključan u procesu praćenja zdravlja. Potom se proučavao utjecaj digitalizacije i digitalnih tehnologija na prevenciju bolesti, otkrivanje uzroka bolesti i praćenje zdravstvenog stanja osobe. U istom poglavlju se predstavljaju pametni uređaji koji koristeći digitalne tehnologije imaju cilj što uspješnije mjeriti i analizirati zdravstvene parametre osobe kako bi korisnicima pružili uvid u stanje vlastitog zdravlja, a stručnjacima omogućili preliminarnu dijagnostiku i beskontaktno praćenje zdravlja pacijenta. U praktičnom dijelu rada tj. istraživanju cilj je bio provjeriti pretpostavku da pametni uređaji, uz sve svoje prednosti koje digitalizacija nosi, mogu biti kompetentni s profesionalnim medicinskim uređajima kada je u pitanju mjerenje različitih zdravstvenih parametara koji se smatraju vitalnim parametrima za ljudskog zdravlje. Kombinacija pametnih medicinskih uređaja, integrativnog pristupa i aktivnog sudjelovanja pojedinca u procesu omogućuje bolje rezultate liječenja, veću učinkovitost zdravstvenog sustava i poboljšanje kvalitete života pacijenata.

Ključne riječi: praćenje ljudskog zdravlja, integrativni pristup, digitalne tehnologije, pametni medicinski uređaji

SUMMARY

The master's thesis explores the application of Industry 4.0 technologies in monitoring human health. The thesis initially presents different approaches to monitoring human health, discussing their advantages and disadvantages. Furthermore, it identifies and describes the main health parameters necessary for the research, which involved measuring these parameters. The thesis emphasizes that an integrative approach involving various experts and active patient participation becomes crucial in the health monitoring process. The impact of digitalization and digital technologies on disease prevention, identification of causes, and monitoring of health status is then examined. The thesis introduces smart devices that utilize digital technologies to effectively measure and analyze an individual's health parameters, providing users with insights into their own health and enabling preliminary diagnosis and contactless monitoring by healthcare professionals. The aim of the research was to verify whether smart devices, with all their advantages brought by digitalization, can be competent compared to professional medical devices in measuring various health parameters that are considered vital for human health. The combination of smart medical devices, an integrative approach, and active individual participation in the process enables better treatment outcomes, greater healthcare system efficiency, and improved quality of life for patients.

Keywords: human health monitoring, integrative approach, digital technologies, smart medical devices

1. UVOD

U ovom radu prikazat će se utjecaj digitalizacije tj. digitalnih tehnologija proizašlih iz Industrije 4.0, kada je u pitanju praćenje ljudskog zdravlja. Kroz rad će se ispitati važnost koju tehnologije imaju u prevenciji bolesti i općenitom promicanju zdravlja čovjeka te provjeriti pretpostavka da digitalne tehnologije pridonose zdravstvenim djelatnicima za pravovremeno otkrivanje uzroka bolesti i lakše praćenje zdravstvenog stanja pacijenta čime se istovremeno smanjuje opterećenje i potkapacitiranost kojem su u današnje doba izloženi. Pratit će se glavni zdravstveni parametri (poput krvnog tlaka, srčane frekvencije, srčanog ritma, zasićenosti kisika u krvi, tjelesne analize) pomoću profesionalnih medicinskih uređaja na testnoj skupini ispitanika koji su općenito dobrog zdravlja, fizički aktivni i kvalitetnih životnih navika kao i na patološkoj skupini ispitanika tj. pacijentima u bolnici. Rezultati dobiveni s profesionalnim medicinskim uređajima će se usporediti s onima dobivenim pomoću inovativnih uređaja koji se temelje na digitalnim tehnologijama Industrije 4.0. Takvi uređaji vrlo su intuitivni, prilagođeni korisniku te namijenjeni za korištenje u svakodnevnom životu kod kuće. Ovim istraživanjem pokazat će se koliko pouzdani mogu biti pametni uređaji kada rezultate parametara koje prate usporedimo s profesionalnim uređajima te mogu li zaista biti pomoć liječnicima u praksi. Pristup praćenja zdravlja koji bi uključivao korištenje pametnih uređaja, čime se postiže da pojedinac postaje aktivan sudionik u procesu praćenja svog zdravlja, može se opisati kao integrativni pristup praćenja ljudskog zdravlja.

1.1. Zdravstvo – uslužna djelatnost

Uslužna djelatnost općenito sektor je gospodarstva koji obuhvaća pružanje različitih usluga korisnicima, podrazumijeva nematerijalnu razmjenu dobara ili pružanje vještine i znanja. To uključuje širok raspon industrija i sektora, poput ugostiteljstva, turizma, prijevoza, trgovine, financija, informacijske tehnologije, savjetovanja, ali i zdravstva te mnoge druge. [1]

U ovome radu naglasak je ipak na zdravstvu. Zdravstvo je jedna od ključnih uslužnih djelatnosti koja se bavi očuvanjem i unapređenjem zdravlja ljudi. Ovaj sektor obuhvaća širok raspon usluga koje se pružaju pacijentima u svrhu dijagnoze, liječenja, prevencije bolesti i održavanja općeg zdravlja. [2]

U zdravstvenom sektoru mogu djelovati različiti sudionici kao što su bolnice, poliklinike, ljekarne, laboratoriji, liječnici, medicinske sestre, fizioterapeuti i drugi stručnjaci. Usluga zdravstva može obuhvaćati različite aspekte kao što su hitna medicinska pomoć, primarna zdravstvena zaštita, specijalističke konzultacije, dijagnostika, operacije, rehabilitacija i još mnogo toga. Jedinstvena karakteristika zdravstvene usluge je često izravna interakcija između zdravstvenih radnika i pacijenata. Pružanje kvalitetne zdravstvene usluge zahtijeva visoko obrazovanje, stručnost, etičnost i osjetljivost prema pacijentima. Tehnološki napredak također ima značajan utjecaj na zdravstvo kao uslužnu djelatnost. Uvođenje inovacija kao što su elektronički zdravstveni zapisi, telemedicina, robotika, umjetna inteligencija i druge tehnologije pomaže u poboljšanju pružanja usluga, dijagnostike i liječenja. Zdravstveni sektor ima važnu ulogu u društvu jer doprinosi očuvanju i unapređenju zdravlja ljudi, poboljšanju kvalitete života te smanjenju stope obolijevanja i smrtnosti. [3]

1.2. Praćenje zdravlja u svrhu prevencije bolesti

Prevenција je izuzetno važan aspekt očuvanja dobrobiti pojedinca i zajednice. Umjesto da se fokusira samo na liječenje bolesti, prevencija ima cilj spriječiti pojavu bolesti, smanjiti rizik od obolijevanja i promicati opće zdravlje. [4]

Postoje tri glavne razine prevencije bolesti [4]:

- Primarna prevencija: Ova razina prevencije usredotočena je na sprječavanje bolesti prije nego što se pojave. To uključuje promicanje zdravog načina života, poput redovite tjelesne aktivnosti, uravnotežene prehrane, izbjegavanja pušenja i konzumiranja alkohola u umjerenim količinama. Cjepiva također igraju važnu ulogu u primarnoj prevenciji jer pomažu u sprječavanju infektivnih bolesti.
- Sekundarna prevencija: Ova razina prevencije ima za cilj otkrivanje bolesti u ranoj fazi, kada su šanse za uspješno liječenje veće. Redoviti medicinski pregledi i testiranja pomažu identificirati rizične faktore i bolesti u ranom stadiju. Na primjer, mamografija se koristi za otkrivanje raka dojke, a kolonoskopija za otkrivanje raka debelog crijeva.
- Tercijarna prevencija: Ova razina prevencije fokusira se na smanjenje posljedica već postojećih bolesti i sprječavanje komplikacija. Cilj je poboljšati kvalitetu života

pacijenta, kontrolirati simptome i spriječiti pogoršanje bolesti. To se postiže pravilnim liječenjem, rehabilitacijom, terapijom i promjenom životnih navika.

Prevenција uključuje edukaciju i osnaživanje ljudi da preuzmu aktivnu ulogu u očuvanju vlastitog zdravlja. Promicanje svijesti o zdravim stilovima života, pravilnoj prehrani, redovitoj tjelesnoj aktivnosti i upravljanju stresom ključno je za prevenciju mnogih bolesti. [4]

1.2.1. EU strategija za globalno zdravlje

Važno je napomenuti da promicanje zdravlja zahtijeva multidisciplinarni pristup koji uključuje zdravstvene ustanove, obrazovne institucije, vladu, nevladine organizacije i pojedince. Sve ove sudionike treba poticati na suradnju kako bi se postigao maksimalan učinak u očuvanju zdravlja ljudi. Tako i Europska unija ima ulogu u podupiranju i koordiniranju politika zdravstva u svojim članicama. Glavni ciljevi europske strategije zdravstva uključuju [5]:

- Unaprjeđenje zdravlja i prevenciju bolesti: EU se zalaže za promicanje zdravog načina života, prevenciju bolesti i smanjenje faktora rizika koji dovode do obolijevanja. To uključuje poticanje zdrave prehrane, tjelesne aktivnosti, borbu protiv pušenja, alkoholizma i smanjenje izloženosti štetnim tvarima.
- Jačanje zdravstvenih sustava: EU podržava države članice u jačanju njihovih zdravstvenih sustava kako bi osigurale pristupačne, pravedne i učinkovite zdravstvene usluge za svoje građane. To uključuje poboljšanje kvalitete zdravstvene skrbi, osiguravanje adekvatnih zdravstvenih radnika i infrastrukture te promicanje inovacija i digitalizacije u zdravstvu.
- Borba protiv prekograničnih prijetnji zdravlju: EU surađuje s državama članicama u suočavanju s prekograničnim prijetnjama zdravlju, poput pandemija, zaraznih bolesti i otpornosti na antibiotike. Unaprjeđenje suradnje, razmjena informacija i koordinacija ključni su elementi u rješavanju ovih izazova.

1.3. Digitalizacija kao budućnost u svim djelatnostima

Digitalizacija je kroz svoj napredak imala značajan utjecaj na sve sektore uslužnih djelatnosti, uključujući i zdravstvo. U nastavku je navedeno nekoliko načina na koje je digitalizacija pomogla u svim sektorima uslužnih djelatnosti [6]:

- Poboljšana dostupnost i pristupačnost usluga: Digitalne tehnologije omogućuju pružanje usluga na daljinu, što pomaže u prevladavanju geografskih barijera i povećanju dostupnosti usluga. Primjerice, telemedicina omogućuje pacijentima da se konzultiraju s liječnicima putem video poziva, smanjujući potrebu za fizičkim dolaskom u ordinaciju.
- Efikasnija i personalizirana usluga: Digitalne tehnologije omogućuju automatizaciju i olakšavaju procese uslužnih djelatnosti. Korištenje algoritama i umjetne inteligencije omogućuje pružanje personaliziranih preporuka i usluga temeljenih na preferencijama i potrebama korisnika. Primjer su digitalne banke koje mogu pružiti personalizirane financijske savjete, a *online* trgovine mogu preporučiti proizvode temeljene na prethodnom ponašanju korisnika.
- Poboljšane komunikacijske mogućnosti: Digitalizacija je omogućila bržu i učinkovitiju komunikaciju između pružatelja usluga i korisnika. Komunikacijski kanali kao što je *chat* uživo, *chatbotovi* te društvene mreže omogućuju brzu razmjenu informacija, postavljanje pitanja i dobivanje podrške. Ovo je posebno važno u sektorima poput korisničke podrške, putovanja i trgovine, a kad je u pitanju privatni medicinski sektor, primjena navedenih digitalnih rješenja postala je uobičajena u praksi.
- Bolje upravljanje podacima: Digitalizacija omogućuje prikupljanje, pohranu i analizu velikih količina podataka. To pomaže uslužnim djelatnostima u razumijevanju potreba korisnika, praćenju performansi i donošenju informiranih odluka. Na primjer, zdravstvene ustanove mogu koristiti podatke pacijenata za praćenje njihovog zdravlja, identifikaciju uzoraka i poboljšanje dijagnostike i liječenja.
- Inovacije i novi poslovni modeli: Digitalizacija potiče inovacije u svim uslužnim djelatnostima.

2. PRAĆENJE LJUDSKOG ZDRAVLJA

Praćenje ljudskog zdravlja je ključni aspekt svakog medicinskog pristupa, bez obzira na vrstu medicine koja se primjenjuje. Od drevnih tradicionalnih medicinskih sistema do suvremenih inovacija, praćenje zdravlja pojedinca omogućuje procjenu stanja tijela i identifikaciju eventualnih promjena ili poremećaja. Kroz različite discipline medicine, poput konvencionalne, alternativne pa sve do integrativne medicine, postoji raznovrsnost pristupa praćenju zdravlja, svaki s vlastitim specifičnostima i ciljevima. Bez obzira na razlike, zajednički cilj svih pristupa je održavanje i poboljšanje zdravlja pojedinca kako bi se postigla optimalna dobrobit i prevencija bolesti. Također, važno je naglasiti da praćenje zdravlja ne bi imalo smisla da se ne promatraju vitalni zdravstveni parametri bez kojih stručnjaci ne bi mogli pružiti adekvatnu zdravstvenu uslugu, procijeniti zdravstveno stanje osobe, odrediti eventualnu dijagnozu i slično. Stoga, u ovom poglavlju će se istražiti različiti pristupi praćenja ljudskog zdravlja, ističući važnost i koristi koje takvo praćenje donosi u različitim medicinskim kontekstima te će se navesti i opisati neki od najbitnijih zdravstvenih parametara koji će se kasnije u radu promatrati. Uz sve to odredit će se optimalan procesni pristup kada je u pitanju praćenje ljudskog zdravlja, odnosno pristup za koji se smatra da bi u današnje vrijeme i trenutne mogućnosti imao najveću korist za svaku osobu.

2.1. Pristupi praćenja ljudskog zdravlja

Zdravstvena skrb se općenito može podijeliti na dvije glavne kategorije: konvencionalnu medicinu (zapadnu/modernu) i tradicionalnu medicinu (alternativnu). Također, uz dvije glavne kategorije postoji još nekoliko pristupa poput preventivne medicine, komplementarne medicine te integrativne medicine kojom se više kategorija tj. načina pružanja zdravstvenih usluga isprepliće u jedan pristup. Dakle, o čemu se radi kod svih ovih vrsta zdravstvene skrbi? Mogu li se koristiti zajedno? Kakve prednosti i nedostatke imaju i kako se međusobno odnose? [7]

U nastavku će se odgovoriti na prethodno postavljena pitanja na način da se ukratko predstavi pojedini pristup s glavnim obilježjima i benefitima koje osoba dobiva koristeći taj pristup praćenja vlastitog zdravlja.

2.1.1. Konvencionalna medicina

Konvencionalna medicina je pristup u kojem doktori medicine i drugi zdravstveni stručnjaci (poput medicinskih sestara, farmaceuta i terapeuta) liječe simptome i bolesti primjenom lijekova, radijacije ili kirurgije. Također se naziva još i biomedicina, moderna medicina, ortodokсна medicina i zapadna medicina. [8]

Konvencionalnom medicinom smatra se zdravstvena skrb koju osoba prima kada posjeti liječničku ordinaciju, medicinsku kliniku, bolnicu ili hitnu službu. Ova vrsta medicinske skrbi koristi tehnike temeljene na znanstvenim dokazima. Zdravstveni djelatnici oslanjaju se na dokazane metode za dijagnosticiranje i liječenje stanja te poboljšanje općeg zdravlja pacijenta. Danas se ovaj pristup medicine smatra najčešćim oblikom zdravstvene skrbi u velikom dijelu svijeta. [9]

Prednosti konvencionalne medicine koje je važno naglasiti [7]:

- Neprestani razvoj: Moderna medicina se razvija nevjerojatnom brzinom s konstantnim otkrićima i napretkom.
- Efikasnost: Novi lijekovi su značajno smanjili stope smrtnosti povezane s ozbiljnim bolestima poput bolesti srca, raka i moždanog udara. Prema statistikama, od 1970. godine moderna medicina je smanjila smrtnost povezanu s bolestima srca za 60%.

Nedostaci [7]:

- Prevelika ovisnost o lijekovima: Veliki broj opcija znači da se najčešće može pronaći tableta za različita stanja što ne predstavlja uvijek ispravan izbor liječenja.
- Prema kritičarima, brzi napredak moderne medicine stvara situaciju u kojoj se više stavlja fokus na liječenje bolesti nego na prevenciju iste.
- Visoki troškovi: Često su prisutni visoki troškovi, ovisno o propisanim lijekovima i postupcima,



Slika 1. Konvencionalna medicina [10]

2.1.2. Tradicionalna medicina

Tradicionalna medicina, definirana od strane Svjetske zdravstvene organizacije, obuhvaća ukupnost znanja, vještina i praksi temeljenih na teorijama, uvjerenjima i iskustvima autohtonih kultura koje se koriste u održavanju zdravlja, kao i u prevenciji, dijagnozi, poboljšanju ili liječenju tjelesnih i mentalnih bolesti. [11]

U generalnom smislu, tradicionalna medicina predstavlja kulturu i drevne oblike medicinske prakse koji su postojali u tipičnim ljudskim društvima mnogo prije nego što je moderna znanost pronašla svoj put u zdravstvo. Praksa tradicionalne medicine značajno varira ovisno o kulturnom i društvenom nasljeđu različitih nacija. [7]

Do danas, u nekim dijelovima svijeta, većina stanovništva i dalje se oslanja na vlastitu tradicionalnu medicinu kako bi zadovoljila svoje osnovne potrebe za zdravstvenom skrbi. Najpoznatije kulture tradicionalne medicine dolaze iz Kine, Indije i Afrike. [11]

Prednosti korištenja metoda tradicionalne medicine [7]:

- Unatoč tome što postoji već stoljećima, tradicionalna medicina i dalje predstavlja učinkovit način liječenja i prevencije bolesti.
- Koristi se prirodnim biljkama i biljnom medicinom.

S druge strane, postoje i nedostaci [7]:

- Postupci ovog pristupa nisu regulirani i mogu biti opasni za pojedinca.
- Metode liječenja nisu testirane i mogu uzrokovati ozbiljne štetne učinke.



Slika 2. Tradicionalna kineska medicina [12]

2.1.3. Preventivna medicina

Svrha preventivne medicine upravo je onakva kako naziv sugerira: spriječiti bolest ili oboljenje prije nego se dogodi. Ovaj pristup predstavlja interdisciplinarnu granu medicine koja se usredotočuje na cjelokupnog pacijenta, uključujući mnoge faktore koji utječu na njihovo zdravlje. Ideologija koja stoji iza preventivne medicine usredotočena je na zaštitu, promociju i održavanje zdravlja. [13]

Praktičari u ovom pristupu nastoje spriječiti bolest, invaliditet i smrt na individualnoj razini, kao i na širokoj razini u zajednicama i populacijama. Liječnici u ovoj specijalnosti koriste biostatistiku i epidemiologiju, kao i mješavinu medicinskih, društvenih, ekonomskih i bihevioralnih znanosti. Mogu evaluirati zdravstvene usluge ili upravljati zdravstvenim organizacijama, a također proučavaju uzroke bolesti i ozljeda unutar određenih populacijskih segmenata. [13]

2.1.4. Komplementarna medicina

Komplementarna medicina odnosi se na skup terapijskih i dijagnostičkih disciplina koje se uglavnom pružaju izvan konvencionalnih zdravstvenih institucija poput bolnica, medicinskih klinika i sl. Komplementarna medicina sve više postaje sastavni dio prakse u području zdravstvene skrbi, no i dalje postoji značajna zbunjenost oko toga što točno obuhvaća i kakav je njezin odnos prema konvencionalnoj medicini. U 1970-ima i 1980-ima, ove discipline su

uglavnom pružane kao alternativa konvencionalnoj zdravstvenoj skrbi i stoga su bile poznate pod zajedničkim nazivom "alternativna medicina". Naziv "komplementarna medicina" se razvio kada su se ova dva sustava počela koristiti zajedno ("komplement" jedan drugome). [14]

Tablica 1. Najpoznatije komplementarne terapije [14]

Akupresura	Kiropraktika	Akupunktura
Osteopatija	Homeopatija	Meditacija
Joga u svakodnevnom životu	Biljna medicina	Primijenjena kineziologija
Masaža	Hipnoza	Aromaterapija

2.1.5. Integrativna medicina

Integrativna medicina prakticira medicinu na način da uključuje elemente komplementarne i alternativne medicine uz konvencionalne metode dijagnoze i liječenja. Sam koncept je trenutno najpopularniji u visokorazvijenim zemljama poput SAD-a, Ujedinjenog Kraljevstva i određenih zemalja članica EU, ali se ovaj pristup počinje javljati i u brojnim drugim zemljama svijeta. [15]

Nekada se koristio stariji termin „KAM“ koji u svom imenu spaja komplementarnu i alternativnu medicinu. U moderno vrijeme taj se termin redovito zamjenjuje s "integrativna medicina". [16]

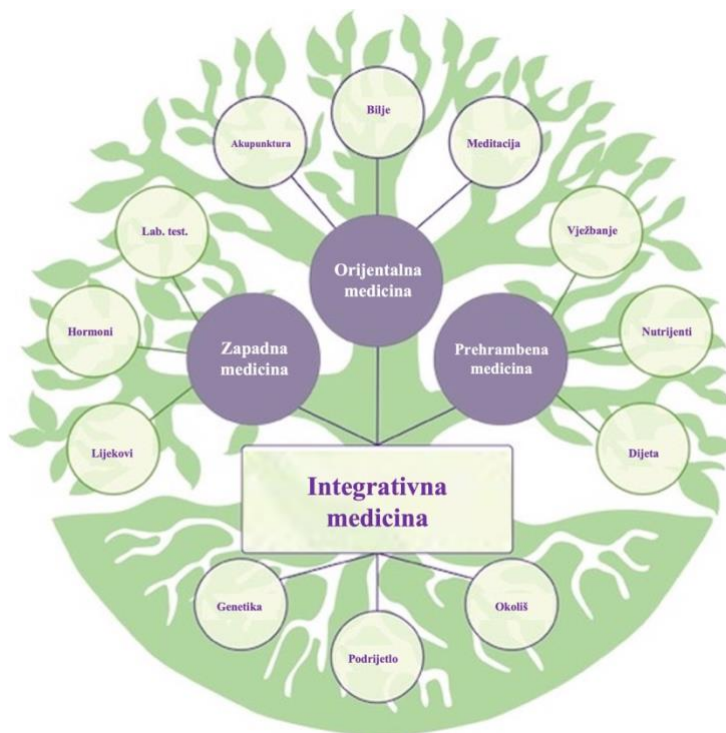
Integrativnu medicinu ne možemo smatrati sinonimom za komplementarnu medicinu. Komplementarna medicina odnosi se na terapije koje se mogu koristiti kao dodatak konvencionalnom liječenju i obično se ne podučavaju na medicinskim fakultetima. Integrativna medicina ima šire značenje i cilj, a fokus joj je na zdravlju i ozdravljenju, a ne samo na bolesti i liječenju. Promatra pacijente kao cjelovite osobe s umom i duhom, kao i tijelom, i uključuje ove dimenzije u dijagnozu i liječenje. Uključuje i suradnju između pacijenata i liječnika u održavanju zdravlja kroz pažnju prema čimbenicima kao što su prehrana, vježbanje, kvaliteta odmora i sna te priroda međuljudskih odnosa. [15]

Integrativna medicina, u svojoj biti, predstavlja pristup zdravstvenoj skrbi utemeljen na znanstvenim dokazima koji uključuje, ali nije ograničen na, medicinsko liječenje. Stoga, može se zaključiti da je integrativna medicina u osnovi primjena različitih pristupa zdravstvenoj skrbi, optimalno prilagođenih potrebama i poteškoćama svakog pojedinog pacijenta. Potrebno je promicati suradnju između različitih disciplina kako bi se dalje optimizirala integrativna medicinska praksa. [16]

Postavlja se pitanje koje bi onda bile prednosti ovog pristupa te su neke od njih navedene u nastavku [17]:

1. Integrativna medicina pruža sveobuhvatan pristup njezi (kombinira znanstveno utemeljene metode konvencionalne medicine i alternativnu medicinu; npr. kada konvencionalne metode za bol u leđima nisu učinkovite, pružatelj zdravstvene skrbi može predložiti akupunkturu, osteopatsku manipulativnu terapiju (OMT), masažu ili slične terapijske postupke).
2. Tretiranje kompletnog zdravlja osobe, a ne samo stanja ili bolesti (u okviru integrativne medicine uzimaju se u obzir svi faktori koji utječu na zdravlje: biološki, bihevioralni, psihosocijalni i okolišni).
3. Postavljanje temelja za cjelokupno zdravlje (ovaj pristup aktivno se bavi imunitetom (npr. zdravljem probavnog sustava ili upalnim opterećenjem), nutritivnim statusom (nedostaci vitamina ili alergije na hranu), hormonskim disbalansima kao i okolišnim toksinima (pesticidi u hrani, opasnosti na radnom mjestu itd.)).
4. Sprječavanje budućih zdravstvenih problema prije nego se pojave (integrativna medicina uključuje u svoj pristup i preventivnu medicinu. Najbolji način osiguranja zdravlja je potpuno razumijevanje trenutnog stanja zdravlja i pronalaženje načina za proaktivno rješavanje medicinskih problema prije nego se razviju).
5. Može se primjenjivati i u primarnoj i specijalističkoj skrbi (ovaj medicinski pristup prakticira se u različitim specijalnostima, osim primarne skrbi, uključujući npr. psihijatriju i gastroenterologiju).

Zaključno, kada se usporede svi pristupi praćenja ljudskog zdravlja, može se zaključiti da bi integrativna medicina trebala biti jedan od ključnih medicinskih pristupa u budućnosti.



Slika 3. Integrativna medicina [18]

2.2. Zdravstveni parametri kod praćenja ljudskog zdravlja

Zdravlje je neprocjenjivo bogatstvo koje svaki čovjek želi očuvati i unaprijediti. Kako bi to postigao, važno je razumjeti i pratiti različite zdravstvene parametre koji pružaju uvid u stanje tijela i mogu pomoći u održavanju optimalnog zdravlja. Zdravstvenim parametrima smatraju se mjerenja, testovi i pokazatelji koji se koriste za procjenu različitih aspekata ljudskog zdravlja, uključujući tjelesne funkcije, biokemijske vrijednosti, fiziološke parametre i druge relevantne faktore.

Praćenje zdravstvenih parametara ima ključnu ulogu u dijagnosticiranju bolesti, praćenju napretka terapije i prevenciji zdravstvenih problema. Ovi parametri omogućuju zdravstvenim stručnjacima da steknu uvid u trenutno stanje organizma osobe i identificiraju potencijalne abnormalnosti ili rizike za razvoj određenih bolesti. Na temelju tih informacija, mogu se donijeti pravovremene odluke o liječenju, promjeni načina života i poduzimanju preventivnih mjera.

U ovom radu fokus će biti na neke od najvažnijih zdravstvenih parametara koji se kod čovjeka prate, počevši od onih vezanih za najvažniji ljudski organ tj. srce i to su krvni tlak, srčana frekvencija i srčani ritam. Uz osnovne parametre o zdravlju srca, fokus će biti i na zasićenosti kisika u krvi koja se smatra ključnom za svakodnevno funkcioniranje ljudskog organizma. Za kraj, analizirat će se i sastav tijela tj. tjelesna kompozicija (indeks tjelesne mase, postotak masnoće, vode, mišića i kostiju u tijelu) iz razloga da se pokaže važnost praćenja ovih parametara za dugoročno zdravlje osobe.

2.2.1. Zdravlje srca

Bolesti srca i krvnih žila su glavni uzrok smrtnosti širom svijeta i u Europi. Svake godine, samo u Europskoj uniji, preko 1,8 milijuna ljudi umre od srčano-žilnih bolesti, dok se na području cijele Europe taj broj penje čak na 3,9 milijuna. Najčešće bolesti srca i krvnih žila su ishemijska bolest srca i moždani udar, koji su istovremeno i dva najčešća pojedinačna uzroka smrti u Europi. [19]

Prema prethodno navedenim informacijama o bolestima srca i krvnih žila te statističkim podacima može se zaključiti da je zdravlje srca gotovo glavni prioritet očuvanja zdravlja svakog čovjeka. Kako bi se očuvalo srce zdravim i aktivnim, potrebno je redovito pratiti osnovne parametre i sukladno njihovim rezultatima, reagirati po potrebi i prevenirati teške komplikacije koje bi mogle nastati za sveukupno zdravlje pojedinca. Kao što je na početku ovog poglavlja naglašeno, u ovom radu fokus će biti na glavnim parametrima za koje je svaka osoba čula i barem jednom u životu mjerila. Riječ je o krvnom tlaku, srčanoj frekvenciji i srčanom ritmu.

Krvni tlak

Prema [20] i [21] krvni tlak predstavlja mjeru sile koju srce koristi kako bi krv pumpalo po tijelu. Mjerenje krvnog tlaka iskazuje se u milimetrima žive (mmHg) i prikazuje se kao dva broja:

- sistolički tlak → tlak kada srce krv ubacuje u arterijski sustav i u tom trenutku je tlak najviši.
- dijastolički tlak → tlak kada srce odmara između otkucaja i tada je krvni tlak niži.

- može se prikazati na primjeru kada osoba izmjeri tlak pomoću tlakomjera te se na uređaju prikazuje očitavanje: 130/90 mmHg, što znači da osoba ima sistolički tlak od 130 mmHg i dijastolički tlak od 90 mmHg.

Optimalna vrijednost krvnog tlaka kod zdravih osoba smatra se između 90/60 mmHg i 120/80 mmHg. Ako se učestalim mjerenjem ukaže vrijednost krvnog tlaka iznad 140/90 mmHg tada govorimo o stanju hipertenzije tj. povišenom krvnom tlaku. Vrijednosti manje od 90/60 mmHg smatraju se niskim krvnim tlakom. [20], [21]

Hipertenzija se smatra vodećim uzrokom kardiovaskularnih bolesti i prerane smrti diljem svijeta. Prehrana i životne navike važni su faktori koji doprinose razvoju visokog krvnog tlaka. Nezdrave životne navike, poput pušenja, prekomjernog konzumiranja alkohola, prekomjerne tjelesne težine i nedovoljne tjelesne aktivnosti, često su povezane s visokim krvnim tlakom. Postoje dokazi da je krvni tlak pozitivno povezan s većom konzumacijom natrija, alkohola, proteinske hrane životinjskog porijekla poput crvenog mesa, niskokvalitetnih ugljikohidrata poput napitaka sa šećerom te zasićenih masnih kiselina. S druge strane, neki prehrambeni sastojci imaju snižavajući učinak na krvni tlak (kalij, kalcij, jogurt, jaja, soja, mahunarke, voće...). Neliječeni visoki krvni tlak može povećati rizik od razvoja ozbiljnih dugoročnih zdravstvenih problema, uključujući koronarnu bolest srca. [20], [21], [22]

Nizak krvni tlak je manje uobičajen. Neki lijekovi mogu uzrokovati nizak krvni tlak kao nuspojavu. Također može biti uzrokovan radi nekoliko stanja poput zatajenja srca ili dehidracije. [20]

Kada su u pitanju uređaji za mjerenje krvnog tlaka tada govorimo o dvije najvažnije skupine, a to su mehanički i digitalni tlakomjeri. Digitalni tlakomjeri su sve češće u upotrebi zbog svoje jednostavnosti korištenja i činjenice da umanjuju ljudske pogreške pri mjerenju, čime su postali standard kako u kliničkoj tako i u kućnoj upotrebi kada je u pitanju mjerenje krvnog tlaka. [21]



Slika 4. Mjerenje krvnog tlaka pomoću digitalnog tlakomjera [23]

Srčana frekvencija

Srčana frekvencija je broj otkucaja srca u minuti. Ljudski organizam automatski kontrolira ovaj parametar kako bi se prilagodio trenutnim aktivnostima ili situacijama u kojima se osoba nalazi. Srčana frekvencija stoga se ubrzava u određenoj aktivnosti, u stresnim situacijama ili u onima koje izazivaju strah kod osobe. Suprotno tome, usporava se prilikom odmora, spavanja i sličnih situacija u kojima se osoba osjeća ugodno.

Srčana frekvencija je također važan pokazatelj općeg zdravlja. Kada je frekvencija prebrza ili prespora, to može biti znak srčanih ili drugih zdravstvenih problema, stoga liječnicima daje određeni orijentir za postavljanje dijagnoze medicinskih stanja. [24]

Važno je naglasiti da postoji razlika između srčane frekvencije i pulsa, što većina ljudi smatra sinonimom. Srčana frekvencija je brzina kojom srce kuca/kontrahira. Svaka kontrakcija srca dio je srčane frekvencije. Puls je s druge strane privremeno povećanje arterijskog tlaka koje se može osjetiti u cijelom tijelu. Stoga može se zaključiti da je srčana frekvencija parametar koji govori kolikom brzinom srce kuca dok je puls način na koji se može osjetiti frekvencija. [25]

Prilikom mjerenja krvnog tlaka, uređaj očitava i srčanu frekvenciju. Također, snimanjem elektrokardiograma, na zapisu se uz prikaz srčanog ritma vidi i frekvencija kojom srce „lupa“.

Za potrebe ovog rada, kada se radi o kliničkim uvjetima, rezultati dobiveni mjerenjem tlaka i snimanjem EKG-a koristili su se za određivanje srčane frekvencije kod pojedinog ispitanika.

Tablica 2. Prikaz zona srčane frekvencije prema životnoj dobi [26]

Dob	Prosječna maksimalna frekvencija srca	Ciljana zona frekvencije kod 50-70% intenziteta od maksimuma
20	200 otkucaja po minuti	100 - 170 otkucaja po minuti
30	190 otkucaja po minuti	95 - 162 otkucaja po minuti
40	180 otkucaja po minuti	90 - 153 otkucaja po minuti
50	170 otkucaja po minuti	85 - 145 otkucaja po minuti
60	160 otkucaja po minuti	80 - 136 otkucaja po minuti
70	150 otkucaja po minuti	75 - 128 otkucaja po minuti

Srčani ritam

Srčani ritam može se opisati kao uzorak tj. tempo kojim se srca kontrahira i opušta kako bi pumpalo krv kroz tijelo. Sinusni ritam je naziv za normalan srčani ritam jer srčani impuls započinje u sinusnom čvoru, koji se nalazi u desnoj srčanoj pretkljetki. Električni impuls se zatim širi kroz pretkljetke, uzrokujući njihovu kontrakciju i „guranje“ krvi u kljetke. Impuls potom dolazi do atrioventrikularnog čvora i dalje se širi kroz Hisov snop, koji se dijeli na lijevu i desnu granu. Ove grane omogućuju širenje impulsa u lijevu i desnu kljetku, uzrokujući kontrakciju i potiskivanje krvi u aortu i arterije. [27]

Aritmijom se smatra nepravilan rad srca tj. da je srce izvan svog uobičajenog ritma. Može se činiti da srce kuca prebrzo (stručni naziv: tahikardija) ili presporo (stručni naziv: bradikardija). Pojava aritmije je često bezopasna, ali također može predstavljati stanje za hitnu medicinsku intervenciju. [28]

Najčešći simptomi aritmije [28]:

- Pojačani otkucaji srca
- Vrtoglavica ili osjećaj slabosti
- Nesvjestica
- Otežano disanje

- Bol ili stezanje u prsima
- Slabost ili umor (osjećaj izrazite iscrpljenosti)
- Anksioznost
- Zamagljen vid
- Pojačano znojenje

Fibrilacija atriya smatra se najčešćom vrstom poremećaja srčanog ritma diljem svijeta. Ova bolest povezana je s povećanim rizikom od moždanog udara, zatajenja srca i drugih sistemskih embolijskih događaja. Nakon dobi od 40 godina, rizik od razvoja fibrilacije atriya iznosi 25%. Utvrđeno je da fibrilacija atriya ima pretežito mušku učestalost u epidemiološkim studijama, a očekuje se da će incidencija porasti kod oba spola zbog starenja opće populacije. Najčešći faktori povezani s fibrilacijom atriya su: starenje, povišeni krvni tlak, povišena razina kolesterola, dijabetes, hipertireoza, KOPB i dugotrajna tjelesna aktivnost koja konstantno pomiče granice izdržljivosti organizma. [29]

Elektrokardiogram (EKG) je jednostavan i brz test koji se koristi za procjenu stanja srca. Samim time, ključan je test kojim se pruža uvid u srčani ritam osobe. Na temelju rezultata EKG-a, liječnici mogu utvrditi brzinu otkucaja srca, ritam srčanih otkucaja (pravilan ili nepravilan – aritmija), kao i snagu i vremenski raspored električnih impulsa u različitim dijelovima srca. Za njegovu provedbu, elektrode se postavljaju na određene točke na tijelu pacijenta (prsa, ruke i noge), a zatim se mjeri električna aktivnost srca. Očitavanje na EKG-u može ukazivati na različite srčane probleme i stanja. [30]



Slika 5. Srčani ritam [31]

2.2.2. Zasićenost kisika u krvi

Pulsna oksimetrija se sveprisutno koristi za praćenje oksigenacije ili postotka hemoglobina koji je zasićen kisikom (eng. *saturation of peripheral oxygen* – SpO₂). Zasićenost kisikom je ključni element u upravljanju i razumijevanju skrbi o pacijentima. Također, smatra se jednim od ključnim parametara koji se prate u intenzivnoj njezi zato što upozorava zdravstveno osoblje na prisutnost hipoksemije, gdje se pravovremenom reakcijom mogu izbjeći ozbiljne komplikacije za pojedine organske sustave kao što su mozak, srce i bubrezi. [32], [33]

Zasićenost kisikom mjeri koliko je trenutno hemoglobina vezano za kisik u odnosu na količinu nevezanog hemoglobina. Prilikom transporta kisika u krvi, hemoglobin je sposoban nositi do četiri molekule kisika. S obzirom na kritičnu prirodu potrošnje tkivnog kisika u tijelu, važno je da postoji mogućnost praćenja trenutne zasićenosti kisikom. [33]

Točnost mjerenja SpO₂ nedovoljna je u nekoliko situacija, poput kritično bolesnih pacijenata koji primaju dodatni kisik i može biti opasna ako dovodi do povišenih vrijednosti parcijalnog tlaka kisika u krvi. Također, iznimka postoji i kod nedonoščadi koji imaju veću osjetljivost na retinopatiju koja se razvija zbog visoke koncentracije kisika u krvi. Niska točnost mjerenja SpO₂ kod kritično bolesnih pacijenata i novorođenčadi može se pripisati činjenici da se

empirijski kalibracijski proces provodi na zdravim dobrovoljcima čime uređaji nisu uvijek pouzdani i točni kada se mjerenja provode na osobama koje imaju velike probleme sa zdravljem. [34]

Pulsni oksimetar je uređaj koji može mjeriti zasićenost kisikom. To je neinvazivni uređaj koji se postavlja na prst osobe. Mjeri valne duljine svjetlosti kako bi odredio omjer trenutnih razina oksigeniranog hemoglobina i deoksigeniranog hemoglobina. Upotreba pulsne oksimetrije postala je standardna praksa u medicini i smatra se jednom od glavnih pretraga vitalnih parametara. [33]



Slika 6. Pulsna oksimetrija [35]

2.2.3. Tjelesna kompozicija (analiza sastava tijela)

Pojam za „sastav tijela“ dolazi još iz antičke Grčke iz razdoblja oko 400. godine prije Krista. Međutim, tek u 20. stoljeću napravljeni su veliki napredci u primjeni različitih metoda analize sastava tijela. Studije su evoluirale od isključivo eksperimentalnog istraživanja do istraživanja s utjecajem na kliničku praksu. [36]

U kontekstu zdravlja i *fitness*-a, tjelesna kompozicija se koristi za opisivanje postotka masnog tkiva, kostiju i mišića u ljudskom tijelu. Postotak tjelesne masti je najzanimljiviji jer može biti vrlo koristan za procjenu zdravlja. Budući da je mišićno tkivo gušće od masnog tkiva, važno je procijeniti postotak tjelesne masti kako bi se utvrdila ukupna tjelesna kompozicija, posebno kada taj podatak utječe na davanje zdravstvenih preporuka od strane stručnog osoblja. [37]

Kako utvrditi tjelesnu kompoziciju?

Postoji nekoliko metoda mjerenja tjelesne kompozicije, ovisno o tehnologiji koja se koristi, a u nastavku će se navesti najpopularnije [38]:

Kaliper za mjerenje tjelesne masti

Zdravstveni stručnjaci koriste kalipere (klijesta) za mjerenje debljine nabora kože. Mjere se područja na kojima se obično nalazi pohranjena mast te se ova metoda generalno smatra vrlo preciznom. Nedostatak je taj što ljudska pogreška može uzrokovati fluktuacije rezultata.

Hidrostatsko vaganje

Metoda kod koje osoba ulazi u spremnik vode, sjedi na posebnoj vagi i svoje tijelo potapa pod vodu dok se mjeri podvodna težina. Težina čovjeka pod vodom pomaže u procjeni koliki je postotak masnog tkiva. Ovo je vrlo precizna metoda za utvrđivanje tjelesne kompozicije, ali zahtijeva posebnu opremu za njenu izvedbu.

Body Pod

Uređaj za mjerenje kompozicije tijela koji mjeri koliko zraka tijelo istiskuje. To je praktičnija opcija u usporedbi s hidrostatskim vaganjem jer vremenski kraće traje, a rezultati su vrlo precizni, konstantni i brzi. Ova metoda smatra se zlatnim standardom kada je u pitanju mjerenje kompozicije tijela.

Denzitometrija (eng. dual-energy x-ray absorptiometry – DEXA)

DEXA pregled koristi rendgenske zrake kako bi utvrdio koliki postotak tjelesne masti, mišića i kostiju čovjek ima u tijelu. Metoda je vrlo brza te se često koristi u kliničkoj praksi.

Bioelektrična impedancija

Ova analiza šalje električne impulse kroz tijelo te potom mjeri brzinu pulsa. Ova metoda je brza, neinvazivna i relativno jeftina metoda mjerenja tjelesne masti. Jedini nedostatak bila bi preciznost pošto ista ovisi o raznim čimbenicima stoga se smatra najboljom za praćenje promjena u tjelesnoj masti.

U ovom radu fokus će biti na uređajima koji se temelje na tehnologiji bioelektrične impedancije te će se o njima reći više u nastavku ovog diplomskog rada.

Postotak tjelesne masti

Ovaj parametar, svjetski poznat kao *Body fat*, je individualan podatak koji dokazuje činjenicu da dvije osobe iste visine i tjelesne težine mogu imati različitu kvalitetu zdravlja zbog različite tjelesne kompozicije. [37]

Ljudsko tijelo sastoji se od vode, proteina, masti i minerala. Postoje dva tipa masti u tijelu [38]:

- Nemasna masa → poznata i pod nazivom esencijalna mast. Vrsta masti koja se nalazi u kostima, jetri, bubrezima, crijevima i mišićima. Mast na ovim mjestima je potrebna za normalno funkcioniranje tijela.
- Masna masa → također pohranjena mast koja se nalazi u masnom tkivu osobe (neposredno ispod kože) te okružuje organe. Ova vrsta masti se koristi kao izvor energije za tijelo, a funkcija joj je da izolira i štiti tijelo.

Problem za kvalitetu zdravlja nastaje kada osoba ima previše pohranjene masti što potom može dovesti do kroničnih bolesti i stanja. [38]

Neka od njih su sljedeća [38]:

- Zatajenje srca
- Dijabetes
- Pretilost
- Umor

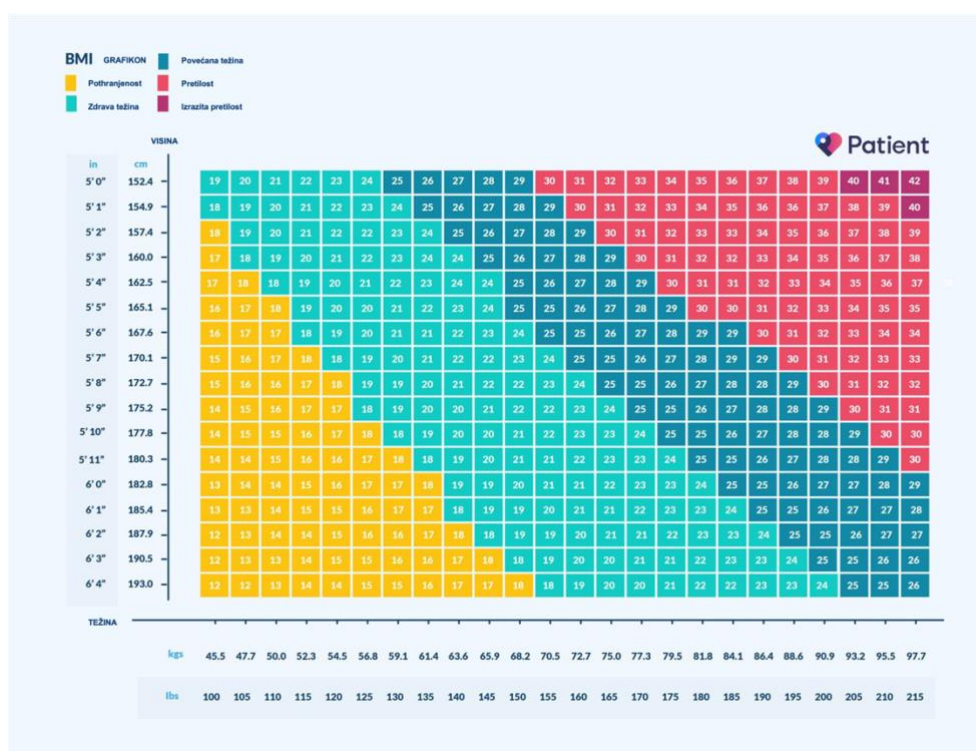
Mjerenje sastava tijela stoga predstavlja važan zdravstveni parametar jer pruža informaciju o postotku tjelesne masti odnosno s druge strane, mišićne mase. [38]

Indeks tjelesne mase (eng. *Body mass index* – BMI)

U kliničkoj praksi, zdravstveno stanje tijela može se procijeniti pomoću jednostavnih antropometrijskih metoda. Indeks tjelesne mase (BMI) je najčešće korištena metoda za dijagnosticiranje pretilosti. Trenutno se BMI koristi kao mjera za definiranje antropometrijskih karakteristika visine/težine kod odraslih i za njihovu klasifikaciju u skupine. Također se široko koristi kao faktor rizika za razvoj nekoliko zdravstvenih problema. BMI je koristan pri određivanju javnozdravstvenih politika zbog svoje široke prihvaćenosti u definiranju određenih kategorija tjelesne mase kao zdravstvenog problema. Međutim, sve je

jasnije da je BMI prilično slab pokazatelj postotka tjelesne masti. Važno je napomenuti da BMI ne pruža informacije o masnoj masi na različitim dijelovima tijela. [36], [39]

Postoji raspon zdravih i nezdravih BMI vrijednosti. Međutim, zbog činjenice da BMI samo prikazuje omjer težine i visine, proizlazi da nije izuzetno precizan alat za određivanje vrijednosti opće kvalitete zdravlja čovjeka. Uobičajeno, BMI veći od 30 ukazuje na pretilost. Ako je BMI kod osobe veći od 30, može se pretpostaviti da ima, sukladno tome, i veći postotak tjelesne masnoće. To može povećati rizik od zdravstvenih problema koji su prethodno navedeni. [38]



Slika 7. Raspon BMI vrijednosti [40]

Mišićna masa

Mišićna masa je procijenjena masa mišića u tijelu. To uključuje skeletne mišiće, srčane i probavne mišiće te vodu koja se nalazi u tim mišićima. Normalan postotak mišićne mase varira od osobe do osobe stoga ne postoji standardni raspon za ovaj parametar. Međutim, eksperti se slažu da veća mišićna masa ubrzava metabolizam te sprječava napredovanje ili razvoj kroničnih bolesti. Prema nekim istraživanjima veći nivo mišićne mase može odgoditi, ako ne i spriječiti, razvoj dijabetesa. [41]

Koštana masa

Količina koštane mase je mjera količine minerala kostiju (uglavnom kalcija i fosfora) u tijelu. Mjerenje koštane mase koristi se za dijagnosticiranje osteoporoze (stanja karakteriziranog smanjenom koštanom masom), praćenje učinkovitosti tretmana osteoporoze i predviđanje vjerojatnosti prijeloma kostiju. Niska koštana masa može se javiti kod pacijenata koji se liječe od raka. Istraživanja ukazuju na to da postoji određena zdrava količina koštane mase za različite težine i spolove. [41], [42]

Tablica 3. Zdrava koštana masa za muškarce i žene [41]

Muškarci	
Manje od 65 kg	2,65 kg
65 – 95 kg	3,29 kg
Preko 95 kg	3,69 kg
Žene	
Manje od 50 kg	1,95 kg
50 – 75 kg	2,40 kg
Preko 75 kg	2,90 kg

2.3. Procesni pristup – kako najbolje pratiti ljudsko zdravlje

Na početku ovog poglavlja jasno se navelo da će se odrediti procesni pristup za praćenje ljudskog zdravlja koji se smatra optimalnim izborom kada se usporede svi pristupi praćenja zdravlja koji su prethodno navedeni, pritom uzimajući u obzir i zdravstvene parametre koje je potrebno pratiti. Važno je naglasiti da svaki pristup ima svoje prednosti i nedostatke te da pojedinoj osobi može nešto manje odnosno više odgovarati.

Postoji razvijena metodologija koja je široko primjenjiva na sve sektore i djelatnosti te ista može ponuditi rješenje za ovaj slučaj. Radi se o metodologiji CULIS, razvijene od strane prof. dr. sc. Nedeljka Štefanića, koja zbog svoje univerzalnosti i primjenjivosti postaje M-CULIS što naglašava prilagođenost medicini tj. zdravstvu. U spomenutoj metodologiji čovjek je uvijek u središtu cijelog pristupa te se traži najbolji način na koji će se osigurati njegovo

zdravlje. Jedna od glavnih karakteristika je da čovjek postaje aktivni dio procesa, a ne pasivni kao što je to u većini pristupa praćenja zdravlja.

Glavni ciljevi su prevencija bolesti, veće mogućnosti za lakše izlječenje kada do bolesti ipak dođe te što manji postotak težih oboljenja i smrtnosti. Upravo te smjernice se navode kao dijelovi strategije EU za očuvanje globalnog zdravlja populacije. Sve to može se postići ako stručnjaci i pacijenti surađuju u procesu jer time postižu bolje rezultate za obje strane. Liječnicima i drugim zdravstvenim stručnjacima olakšava se rad, smanjuje opterećenje i pruža bolji uvid u stanje zdravlja osobe koje se prati dok pacijenti dobivaju praćenje zdravlja u realnom vremenu, bolju kvalitetu života, znanje na koji način pomoći samome sebi i slične benefite.

Kada bi korelirali ovu metodologiju s prethodno navedenim pristupima praćenja zdravlja, može se zaključiti da najviše sličnosti postoji s integrativnim pristupom tj. pristupom gdje je više struka uključeno u cijeli proces uz naravno aktivnu uključenost osobe koja je središte cijelog procesa. Naime, uz neophodnu prisutnost medicinskih stručnjaka (liječnika, medicinskih sestara i tehničara, laboranata...) u ovaj pristup uključuju se i drugi stručnjaci koji su na ovaj ili onaj način involvirani u proces praćenja sveukupnog zdravlja osobe. Stoga, ovdje navodimo inženjere nutricionizma kao stručnjake za određivanje pravilne i personalizirane prehrane za osobu, potom kineziologe, fitness i kondicijske trenere i slične stručnjake koji se brinu o adekvatnoj tjelovježbi i aktivnosti osobe pa sve do stručnjaka tradicionalne medicine koji će pružiti savjete o biljnoj suplementaciji kao pomoći uz reguliranu prehranu te ponuditi dokazane metode manualne korekcije i terapije poput postupaka kiropraktike, akupunktura i akupresure, kineziterapije, osteopatije i slično.

Kako bi ovaj pristup bio u skladu s modernim vremenom te se podigao na jednu novu i inovativnu razinu, koriste se benefiti digitalnih tehnologija Industrije 4.0. Digitalne tehnologije poput Interneta stvari (eng. *Internet of Things* – IoT), računalstva u oblaku (eng. *Cloud computing*), senzoričke, strojnog i dubokog učenja u domeni kompleksnih algoritama i analitike implementirane su u uređaje i aplikacije koje se koriste za moderan način praćenja ljudskog zdravlja. U ovom radu fokus će se staviti na pametne medicinske uređaje i aplikativna rješenja koja donose jednu novu dimenziju u procesnom pristupu kako za profesionalno osoblje tako i za samog korisnika koji mjeri i prati svoje zdravstvene parametre. Uređaji poput pametnih satova opremljenih tehnologijom za snimanje elektrokardiograma,

srčane frekvencije i zasićenosti kisika u krvi tj. SpO₂, pametnih tjelesnih vaga s tehnologijom bioelektrične impedancije koje analiziraju tjelesnu kompoziciju osobe, tlakomjera koji mjerenja spremaju na „oblak“ kako bi se historijski mogli pratiti rezultati i adekvatno odrediti terapija pa sve do uređaja za analizu sna koji imaju sposobnost detektiranja apneje, analize ciklusa spavanja, praćenja srčane frekvencije i disanja tijekom noći koristeći naprednu sensoriku i kompleksne algoritme. Svi ti uređaji postavljaju novi standard u procesnom pristupu praćenja ljudskog zdravlja te predstavljaju temelj istraživanja u ovom diplomskom radu.

Sukladno svim navedenim informacijama, može se zaključiti da je integrativni pristup zajedno s digitalnim tehnologijama novi model koji će u budućnosti zasigurno postati temelj za praćenje i samim time održavanje kvalitete ljudskog zdravlja.

3. INDUSTRIJA 4.0 U ZDRAVSTVU

Koncept Industrije 4.0 zahtijeva dublje razumijevanje i temeljitu analizu jer predstavlja novu industrijsku revoluciju koja ima globalni utjecaj na poslovne modele svih djelatnosti i oblikuje sve aspekte svakodnevnog života. Digitalne tehnologije proizašle iz Industrije 4.0 transformirale su razne sektore industrije, uključujući zdravstvo na koje je ovaj diplomski rad usmjeren. U ovom poglavlju će se sažeto prikazati kronološki razvoj industrijskih revolucija s naglaskom utjecaja na zdravlje čovjeka i zdravstveni sustav te će se detaljnije analizirati Industrija 4.0 i ključne digitalne tehnologije i koncepti relevantni za ovaj rad. Poseban naglasak bit će stavljen na važnost digitalizacije u zdravstvu i prednosti koje iz nje proizlaze.

3.1. Utjecaj industrijskih revolucija na ljudsko zdravlje

U narednim odlomcima prikazat će se utjecaj koji su industrijske revolucije (počevši od prve) imale na ljudsko zdravlje u općem smislu. Važno je naglasiti da su postojali kako pozitivni tako i negativni utjecaji te će se isti u nastavku obrazložiti. Uz to, navest će se općenito napredak svake industrijske revolucije s istaknutim ključnim karakteristikama pojedinog razdoblja.

1. Industrijska revolucija (Industrija 1.0)

Industrijski pokret potaknuo je ogromno povećanje globalne populacije ljudi, ali nije značajno poboljšao zdravstveno stanje većine populacije. Došlo je do ogromnih demografskih promjena, potičući posebno mlađu odraslu populaciju da se seli iz ruralnih krajeva u urbano okruženje čime počinje brzi rast populacije u gradovima. Brzo i masovno preseljenje ljudi u gradove dovelo je do značajnih novih prijetnji ljudskom zdravlju povezanih s visokom gustoćom populacije, neljudskim uvjetima stanovanja povezanim s lošom sanitacijom i higijenom. Industrijski gradovi bili su prožeti kontaminiranom vodom, nekvalitetnim prenapučenim stambenim prostorom, značajnim zagađenjem zraka i izloženošću raznim novim patogenima koji su se mogli brzo širiti kroz gusto naseljene stambene prostore, što je povećalo prijetnju epidemija. Povećana uporaba fosilnih goriva uzrokovala je zagađenje, vjerojatno povećavajući rizik od respiratornih bolesti i nedostatka vitamina D. Upotreba strojeva uz nedostatak sigurnosnih mjera za radnike i nedostatak zakonskih odredbi za zaštitu djece od rada smatra se da su pridonijeli povećanju smrtnosti i obolijevanja djece te

povećanom riziku od ozljeda i infekcija na radnom mjestu. Uz sve navedeno treba naglasiti i da se broj bolnica posebno povećao kako bi se odgovorilo na veliku potražnju zbog mnogo oboljelih od tifusa i tuberkuloze odnosno bolesti koje su bile u središtu kliničkog interesa tog razdoblja. [43], [44]

2. Industrijska revolucija (Industrija 2.0)

Napredak tehnologije i tvornica donio je masovni napredak u proizvodnji i prijevozu te također brojne izume koji transformiraju način na koji ljudi žive, komuniciraju i ostavljaju trag koji se i danas vidi. Međutim, zdravstvo je bilo sporo kada se uspoređuje učinkovitost tvornica. Liječnici su se smatrali vještim zanatlijama, a mnoge inovacije koje se primjenjuju u industriji se ne implementiraju u zdravstvo jer postoje brojne razlike i prioriteti između djelatnosti poput zdravstva i automobilske industrije za koju se pridodavalo više pažnje. Zdravstvo, koje je prethodno bilo pošteđeno organizacije rada povezane s drugom industrijskom revolucijom, započelo je proces "industrijalizacije" u drugoj polovici 20. stoljeća. Može se reći da je zdravstvena skrb bila u procesu u kojem doživljava promjene u organizaciji rada koje se odražavaju na one koje su započele u drugim industrijama znatno prije. [44]

Primjeri „industrijalizacije" uključuju [44]:

- Povećanje specijalizacije i razvoja podspecijalizacija (preko 120 priznatih oznaka specijalnosti).
- Porast administrativnih uloga u zdravstvu od 3200% u razdoblju od 35 godina, dok se broj liječnika povećao samo za 150% u istom razdoblju
- Implementacija tehnika poboljšanja iz primjera velikih tvrtki iz različitih industrija, Lean metodologije, Six Sigma i pristupa poboljšanju kvalitete sve s ciljem eliminacije gubitaka, dodavanja vrijednosti procesima, redizajna rada i maksimiziranja operativne učinkovitosti, kvalitete i brzine uz smanjenje troškova

3. Industrijska revolucija (Industrija 3.0)

Treća industrijska revolucija smatra se najvažnijom za napredak zdravstva kada se uspoređuje s prethodne dvije. Stoga s napretkom tehnologije u kontekstu zdravstva, pojavilo se nekoliko transformacijskih trendova koji mijenjaju ovu djelatnost.

Jedan značajan razvoj je ostvarenje poboljšanog kontinuiteta u skrbi pacijenta. Kroz elektroničke medicinske zapise (EMR) i sustave s informacijama na razini pacijenta, pružatelji zdravstvene skrbi mogu bez problema pratiti medicinsku povijest, dijagnoze i odrađene tretmane. Poboljšani kontinuitet olakšava bolju koordinaciju između različitih pružatelja zdravstvene skrbi uključenih u pacijentovu skrb, što dovodi do informiranijeg donošenja odluka i poboljšanih ishoda za pacijente. [45]

Drugi važan aspekt ove transformacije je prijelaz s primarnog fokusa na prikupljanje podataka na isporuku zdravstvene skrbi. Korištenjem tehnologije i optimiziranih sustava, zdravstveni radnici s prvih linija sada mogu generirati podatke koji su od ključne važnosti u danom trenutku. Ovaj pristup vođen podacima ne samo da smanjuje teret ručnog unosa podataka, već i omogućuje zdravstvenim radnicima da pridonese širem zdravstvenom ekosustavu pružanjem pravovremenih zdravstvenih usluga. [45]

Interoperabilnost ima važnu ulogu u ovoj revoluciji. Kako zdravstveni sustavi postaju sve više povezani, sposobnost besprijekornog dijeljenja podataka između različitih platformi i institucija postaje ključna. Interoperabilnost osigurava da su informacije o pacijentima lako dostupne ovlaštenim pružateljima, bez obzira na određeni EMR ili zdravstveni sustav koji koriste. Ova neprekidna razmjena podataka omogućuje učinkovitu suradnju i sprječava kritične praznine u skrbi zbog nedostupnih ili fragmentiranih informacija. [45]

U ovom poglavlju do sada je pružen kratak opis i analiza prethodnih triju industrijskih revolucija s posebnim osvrtom na zdravlje čovjeka. Današnje vrijeme obilježava era četvrtre industrijske revolucije, poznate i kao Industrija 4.0, koja donosi brojne digitalne tehnologije poput Interneta stvari (eng. *Internet of Things* – IoT), senzoričke, strojnog i dubokog učenja u domeni naprednih algoritama i analitike, računalstva u oblaku (eng. *Cloud computing*) i mnoge druge. Nadalje, ova industrijska revolucija bit će detaljnije istražena u kontekstu zdravstva uz posebni naglasak na digitalne tehnologije relevantne u okviru ovog rada.



Slika 8. Industrijske revolucije [46]

3.2. Zdravstvo u eri Industrije 4.0

U današnjem svijetu, u kojem gotovo svaki pojedinac smatra Internet nezaobilaznim dijelom svog života, potreba za kontinuiranim istraživanjem novih dimenzija postojećih tehnologija je neporeciva te samim time zdravstveni sektor u tom kontekstu nije iznimka.

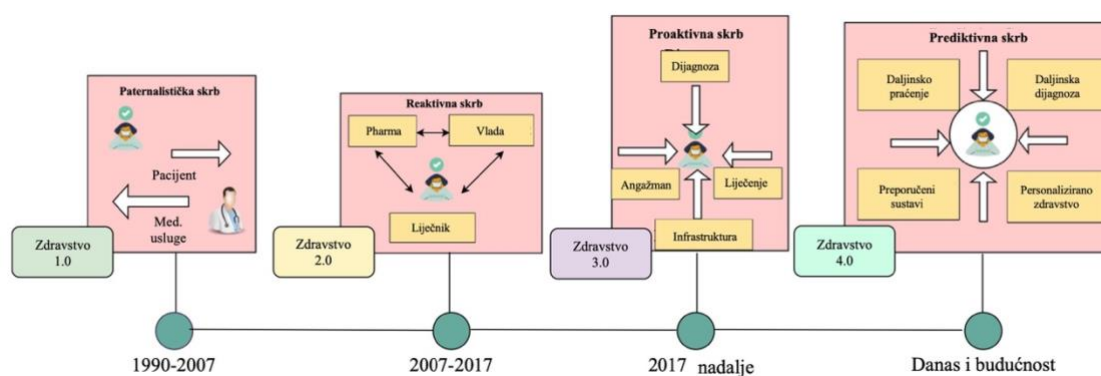
Postoji nekoliko tranzicija/revolucija u zdravstvenoj industriji unazad par desetljeća od dolaska Interneta te je svako razdoblje transformiralo domenu zdravstvene skrbi na nove razine s nekoliko velikih inovacija. U nastavku će se dati kratki osvrt na pojedino razdoblje kako bi se dobio bolji uvid što sve donosi era Industrije 4.0 kada je u pitanju zdravstveni sektor. [47]

Zdravstvo 1.0: Zdravstveni sektor je doživio prvu revoluciju, poznatu kao Zdravstvo 1.0, krajem 1990-ih godina, s naglaskom na povećanje učinkovitosti usluga i smanjenje birokracije. Inovacija je transformirala tadašnji sustav baziran na kućnom liječenju u puno napredniji, pametniji i podatkovno usmjeren sustav. Automatizacija je prvi put uvedena u ovoj revoluciji s uključivanjem administrativnih sustava. [47]

Zdravstvo 2.0: Cilj druge tranzicije u zdravstvu bio je povećanje učinkovitosti i razmjene podataka. Dijeljenje informacija bilo je usmjereno ne samo unutar jedne institucije, već i

unutar grupe povezanih zdravstvenih organizacija. Nova revolucija usredotočila se na reagiranje prema simptomima, bolestima i individualnim potrebama. [47]

Zdravstvo 3.0: Zdravstvo 3.0 naglasak je stavilo na proaktivnu skrb i moglo je osigurati preventivno liječenje prije pojave simptoma bolesti. Uz druge važne tehnologije poput analitike velikih podataka i nosivih uređaja koji se temelje na IoT-u, elektronički zdravstveni zapisi (EMR) također su široko korišteni u ovoj revoluciji. [47]



Slika 9. Tranzicija od Zdravstva 1.0 do Zdravstva 4.0 [47]

Koncept Industrije 4.0 predstavlja četvrtu industrijsku revoluciju koja se definira kao novi nivo organizacije i kontrole nad cjelokupnim lancem vrijednosti proizvodnog ciklusa, s naglaskom na zahtjevima kupaca koji postaju sve individualiziraniji. Izraz "*Industrie 4.0*" pojavio se u Njemačkoj 2011. godine kada su političari i akademski istraživači nastojali promovirati ideju kao pristup jačanju konkurentnosti njemačke industrije i povezivanju granica između digitalnog, fizičkog i biološkog svijeta. Stoga može se potvrditi da je četvrta industrijska revolucija koncept koji obuhvaća glavne tehnološke inovacije u područjima automatizacije, kontrole i informacijske tehnologije primijenjene na proizvodne procese. Zdravstveni sektor je jedan od sektora koji je najizloženiji tehnološkoj evoluciji koja revolucionira način pružanja zdravstvene skrbi. [48], [49]

Postoji nekoliko pojmova za zdravstvo koje se nalazi u eri Industrije 4.0 počevši od Zdravstva 4.0 (eng. *Health 4.0*) ili Pametnog zdravstva (eng. *Smart health*), ali neovisno koji se naziv koristi, temelj svega je da četvrta revolucija u zdravstvu predstavlja ostvarenje koncepta medicinskih inovacija uz poboljšanje učinkovitosti skrbi o pacijentima sve to uz primjenu digitalnih tehnologija. U tom kontekstu, ističe se pojam "Zdravlje 4.0" koji je razvila Alijança Brasileira da Indústria Inovadora de Saúde (ABIIS) na temelju karakteristika Industrije 4.0, a

koji predlaže interakciju između tehnologije i ljudi u zdravstvenom sektoru. Na temelju upotrebe digitalnih tehnologija, razvijaju se nove metode liječenja, dijagnosticiranja i praćenja zdravstvenog stanja pacijenata, inovacije u upravljanju i organizaciji zdravstvenih sustava te se mijenja i pristup zdravstvenoj skrbi. [47], [48], [49]

Do napredaka u medicinskom području dolazi putem uvođenja sustava automatizacije, upravljanja i obrade informacija. Zdravstvo 4.0 se tumači kao unaprijeđena međusobna povezanost kibernetičke i fizičke strane te povezanih rješenja pomoću inovativnih informacijskih i komunikacijskih tehnologija poput velikih podataka (eng. *Big Data*), interneta stvari (eng. *Internet of Things – IoT*) i računalstva u oblaku (eng. *Cloud computing*). Integracija ovih tehnologija oblikuje sustave Zdravstva 4.0, za koje se vjeruje da pružaju personaliziranu zdravstvenu skrb u stvarnom vremenu pacijentima, liječnicima i ostalom profesionalnom osoblju. [47]

Implementacija Zdravstva 4.0 posebno podržava prijelaz iz sustava usmjerenog na bolnice u organizaciju usmjerenu na pacijenta, u kojoj se više odjela, uloga i odgovornosti spajaju kako bi se postigla optimalna zdravstvena skrb za pacijente. Zdravstvo 4.0 poboljšava sposobnosti tradicionalnog medicinskog sustava i pomaže u strategiji podrške u pogledu pružanja kvalitetne skrbi na daljinu. Cilj Zdravstva 4.0 je poboljšati iskustvo pacijenata, promovirati zdravlje, kontrolirati troškove i postići zadovoljstvo stručnog kliničkog osoblja kada su u pitanju njihovi kapaciteti rada, bolja informiranost, točnost dijagnoze, pristup informacijama bez obzira na mjesto i sl. Takve revolucionarne promjene mogu imati značajan utjecaj na svaki aspekt populacije općenito. [47]

Unatoč prednostima, postoji mnogo izazova u vezi uspješne implementacije Zdravstva 4.0. i kompleksnosti kako izvesti digitalizaciju podataka, međusobno povezivanje strojeva, učinkovitije baze podataka i posebno veću autonomiju pacijenata u vezi s vlastitim zdravljem. [47], [49]

Ključni izazovi koji se u ovom modelu mogu prepoznati su [47]:

- Raznolikost u podacima i upravljanje → zbog raznolikosti izvora podataka, izgradnja modela strojnog učenja na temelju takvih heterogenih podataka dugotrajna je i zamorna

- Skalabilnost → Zdravstvo 4.0 trebalo bi se proširiti na više regija ili globalno kako bi se ispunila sve veća očekivanja pacijenata i potaknulo poboljšano zdravstveno poslovanje što je nekada teško postići zbog različitog stupnja razvijenosti pojedine države.
- Osiguranje resursa → Pojava mnoštva aplikacija dovela je do stvaranja ogromne količine podataka. Imperativ je pohranjivati, analizirati i tumačiti ogromne količine podataka u stvarnom vremenu, stoga može se zaključiti da su komunikacijski i računalno intenzivni resursi neizbježno ograničeni.
- Sigurnost i privatnost → Rješavanje pitanja privatnosti i sigurnosti bilo kojeg okvira zdravstvene skrbi uvijek je značajan izazov jer su ljudi koju zlorabljaju mogućnosti tehnologije hakerskim napadima nevjerojatno zainteresirani za zdravstvene podatke, što dovodi podatke pacijenata u golemu opasnost.
- Standardizacija → Još jedno kritično pitanje je nedostatak zdravstvenih propisa. Ovaj aspekt ima ogromne implikacije na sigurnost, privatnost, prijenos podataka i općenito sinkronizaciju u svakom aspektu.
- *User-friendly* sučelja → Krajnji korisnici zdravstvenih usluga trebali bi biti aktivni u procesu razvoja pojedinih tehnoloških rješenja kako bi podijelili svoje uvide, preference i brige, a takav pristup nažalost nije uvijek praksa.



Slika 10. Izazovi Zdravstva 4.0 [47]

Uz ogromne napretke u medicinskim uređajima, kliničkom napredovanju i analizi podataka, sve veći interes postoji za uporabu inženjerskih pristupa u pružanju zdravstvenih usluga diljem svijeta. [47]

3.3. Ključne digitalne tehnologije za Zdravstvo 4.0

U nastavku ovog poglavlja navest će se i detaljniji opisati ključne tehnologije kada je u pitanju Zdravstvo 4.0 odnosno praćenje ljudskog zdravlja što je i fokus ovog rada. Postoji mnogo tehnologija koje su već dugo godina u primjeni te se konstantno unaprjeđuju i optimiziraju, ali i postoje one koje tek dolaze na tržište i za koje se smatra da će postati ključan alat za boljitak zdravstvenog sustava i ljudskog zdravlja općenito.

Digitalne tehnologije poput Interneta stvari (eng. *Internet of Things* – IoT), računalstva u oblaku (eng. *Cloud computing*), senzorike, strojnog i dubokog učenja u domeni kompleksnih algoritama i analitike predstavljaju temelj na kojem se bazira moderno praćenje ljudskog zdravlja.

3.3.1. *Internet stvari (eng. Internet of Things – IoT)*

IoT je koncept koji uključuje korištenje elektroničkih uređaja za akumulaciju i praćenje podataka te njihovu pohranu u javni ili privatni oblak. Karakteristika IoT uređaja je da prikupljaju podatke i neprekidno ih prenose na oblak u ulaz za djelovanje i donošenje odluka. Iako IoT tehnologija ne može zaustaviti proces starenja niti iskorijeniti kronične bolesti, može poboljšati pristup praćenja ljudskog zdravlja. [50]

Postoji snažna sinergija između tehnoloških napredaka u području Interneta stvari i nastalih potreba i smjerova primjene u zdravstvenoj skrbi. S brzim širenjem implementacije IoT uređaja i sve većom željom da se zdravstvo učini ekonomičnijim, personaliziranim i proaktivnim, IoT ima snažnu ulogu u svim aspektima upravljanja zdravljem. HIoT tj. Healthcare IoT se generalno može podijeliti na dvije potkategorije: 1) osobnu i 2) kliničku. Pod kategoriju osobnih HIoT uređaja spadaju oni za praćenje aktivnosti/otkucaja srca, praćenja ciklusa spavanja i zasićenosti kisika u krvi kao i još mnogo drugih parametara. Uz razne uređaje, najčešće se spominju pametni satovi (poput Fitbit-a i Apple Watch-a) koji se koriste za samopraćenje zdravstvenih parametara od strane potrošača. Ove uređaji općenite namjene korisnici najviše koriste bez uključenosti tj. vođenja od strane liječnika. S druge

strane klinički HIoT uređaji su posebno razvijeni za praćenje zdravlja pod nadzorom i uz sudjelovanje liječnika. Primjeri uključuju pametne kontinuirane monitore glukoze i povezane inhalatore. Ovi uređaji namijenjeni su za upotrebu u kliničkim ili kućnim okruženjima, ali su s druge strane strogo regulirani i odobreni za upotrebu tek nakon kliničke validacije. [51]

Rano otkrivanje i predviđanje bolesti ključno je za smanjenje medicinskih troškova i smrtnosti, posebno u slučaju bolesti poput ishemijske bolesti srca. IoT omogućuje implementaciju pametnih rješenja u zdravstvenom sektoru putem integracije tehnika prikupljanja, prijenosa i analize podataka. [50]

Najveći izazov s druge strane koji se javlja s ovom tehnologijom je kompleksnost. Potpuna infrastruktura Interneta stvari (IoT) može se opisati kao skup raznolikih uređaja opremljenih sensorima koji generiraju podatke, a ti podaci moraju biti obrađeni na način da bi ih se kasnije moglo lako interpretirati i donijeti potrebne odluke. Radi ostvarenja tog cilja, potrebno je strukturirano rješenje za IoT koje uzima u obzir kako fizičke aspekte (senzori, mreže itd.), tako i virtualne aspekte (komunikacijski protokoli, usluge itd.) i pripadajuće tehnologije. [50]

Osnovna arhitektura IoT-a za zdravstvo sastoji se od tri ključna sloja: sloj prikupljanja podataka, sloj digitalizacije i agregacije podataka te sloj pohrane i analize podataka. Radi kompleksnosti, svi podaci prikupljeni s krajnjih uređaja trebaju se pridržavati slojevite arhitekture. [50]

U Tablica 4 navest će se neke od glavnih prednosti IoT tehnologije kako za krajnje korisnike tj. pacijente tako i za profesionalno medicinsko osoblje koje upravlja s dobivenim podacima.

Tablica 4. Prednosti IoT-a u zdravstvu [50]

<u>Prednosti za pacijenta</u>	<u>Prednosti za stručno osoblje</u>
Medicinski podaci u stvarnom vremenu – bolja skrb	Smanjen opseg pojavljivanja grešaka
Sniženi troškovi	Poboljšano upravljanje potrebnim lijekovima i dozama lijekova
Unaprijeđena hitna medicinska skrb	Bolja predviđanje trenda kod razvoja bolesti

Poboljšana stopa dijagnosticiranja bolesti	Jednostavnije snimanje i analiza izvješća
Pravovremena značajna zdravstvena upozorenja	Poboljšana kontrola zaliha lijekova
Nadzor pacijenata <i>on-line</i> i medicinska pomoć	

3.3.2. Računalstvo u oblaku (eng. *Cloud computing*)

U posljednjim godinama, tehnologija računalstva u oblaku postala je jedna od najpopularnijih tema u informacijskoj tehnologiji. Predstavlja inovativan pristup računalstvu koji ima za cilj pružanje raznovrsnih usluga putem umreženih medija kao što je Internet. Ova strategija donosi brojne prednosti potencijalnim korisnicima, uključujući plaćanje prema korištenju, mogućnost skaliranja, *online* softvere i virtualne hardverske resurse te eliminaciju potrebe da poduzeća posjeduju, održavaju i nadograđuju svoju softversku i hardversku infrastrukturu. Pruža skalabilnost, mobilnost i bolju sigurnost korištenjem resursa po zahtjevu korisnika (npr. pohrana podataka, usluge, mreže, poslužitelji, aplikacije i hardver). [47], [52]

Prema mnogim stručnjacima računalstvo u oblaku nedavno je postalo osnova za IoT sustave u području zdravstva. Najveća prednost računalstva u oblaku je mogućnost dijeljenja informacija među zdravstvenim stručnjacima, skrbnicima i pacijentima na strukturiran i organiziran način, čime se smanjuje rizik od gubitka medicinskih zapisa i druge važne dokumentacije. Kao rezultat toga, zdravstvene usluge i aplikacije imaju koristi od razvoja tehnologija poput IoT-a i računalstva u oblaku. [52]

Prema [52] postoje tri glavna sloja kod *m-Health* platforme za praćenje podataka o pacijentu: sloj za analizu zdravstvenih podataka, sloj za anotacije o zdravstvenim podacima te sloj za pohranu u oblaku i kontrolu pristupa višestrukih korisnika koji se smatra ključnim segmentom platforme. Taj sloj prima zdravstvene podatke prikupljene sensorima poput mjerača šećera u krvi ili senzora za praćenje frekvencije srca tijekom svakodnevnih aktivnosti. Zbog velike količine podataka i upravljanja istim, tehnologijom računalstva u oblaku je moguće smanjiti troškove koji nastaju u procesu. Osim toga, implementirani su moduli za kontrolu pristupa

višestrukim korisnicima između baze podataka korisnika i zajedničke baze podataka kako bi se poboljšala sigurnost i privatnost podataka pacijenata. [52]

Međutim, postoji i par nedostataka kada je u pitanju ova tehnologija. Naime, većina centara podataka temeljenih na ovoj tehnologiji je geografski centralizirana i udaljena od krajnjih korisnika. Stoga, za aplikacije koje zahtijevaju trenutačnu povratnu informaciju u stvarnom vremenu, poput daljinskog nadzora ili telemedicine, vrijeme komunikacije između korisnika i udaljenih poslužitelja u oblaku može izazvati značajne probleme poput kašnjenja u prijenosu podataka, mrežne zagušenosti i drugih poteškoća. Kao rezultat toga, nedavni tehnološki razvoj, poput *fog* računalstva i velikih podataka, proširuje sposobnost računalstva u oblaku podržavajući visoko skalabilne računalne platforme. [52]

Računalstvo u magli ili računalna paradigma magle (eng. *Fog computing*)

CISCO je prvi predstavio koncept *fog* računalstva kao rješenje za proširenje računalne snage i kapaciteta pohrane oblaka do ruba mreže. *Fog* računalstvo se zasniva na ideji da se čvorovi nalaze između zemlje i oblaka/centara za pohranu podataka, gdje su fizički smješteni uređaji krajnjih korisnika. Također se koristi i pojam *edge* računalstva, koji se odnosi na uređaje krajnjih korisnika i zadatke koje obavljaju kao dio *edge* računalstva. Topologija je ključna karakteristika *fog* računalstva, što znači da su distribuirani čvorovi geografski raspoređeni te obavljaju računanje i pružaju mrežne usluge i pohranu. To je sustav u kojem se aplikacije specifične za određene namjene nalaze na infrastrukturnim komponentama zajedno s centrima za pohranu podataka i korisničkim uređajima. Te infrastrukturne komponente uključuju rutere, *gatewaye* i pristupne točke. Drugim riječima, dobiva se oblak bliže svojim korisnicima čime se omogućuje prikupljanje i lokalna obrada podataka te se smanjuje mrežna latencija. [52], [53]



Slika 11. Računalstvo u oblaku u zdravstvenom sustavu [54]

3.3.3. Senzorika u medicini

Napredak informacijskih tehnologija donosi značajne promjene u zdravstvenim uslugama, posebno u području praćenja pacijenata na daljinu. Prevencija bolesti i rano otkrivanje visokorizičnih oboljenja postali su glavni ciljevi upotrebe umreženih fizičkih senzora. Današnji pametni sustavi i razvijeni alati omogućuju trenutno praćenje pacijenata i kontrolu njihovog zdravstvenog stanja. Nosive tehnologije koriste se za praćenje simptoma i stanja pacijenata, telemedicinu, praćenje medicinskih timova, robotsku kirurgiju i druge aplikacije. U posljednjem desetljeću, posebno u zdravstvenoj industriji, velika pažnja posvećuje se razvoju nosivih senzora koji registriraju fizičke signale kao što su otkucaji srca, krvni tlak, temperatura kože, disanje i tjelesni pokreti kako bi pružili relevantne kliničke informacije. Bežične mreže tjelesnih senzora (WBAN) sastoje se od različitih bioloških senzora smještenih na tijelu pacijenta. Ovi senzori imaju posebne zahtjeve za identifikaciju simptoma i njihovo bilježenje. Budući da mnoge bolesti i invalidnosti zahtijevaju stalni nadzor stručnjaka, neprekidno praćenje pacijenata radi pravovremene intervencije postaje neophodno. Stoga, jedno od najvažnijih područja primjene nosivih tehnologija u zdravstvu je korištenje WBAN-a za praćenje pacijenata. [55]

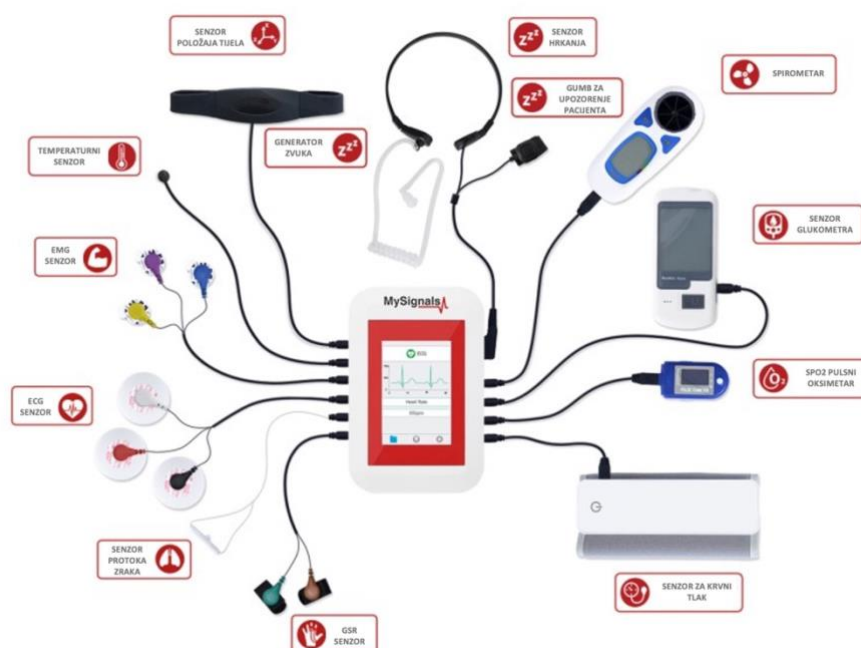
Također senzori koji su povezani s medicinom sve češće se implementiraju u popularne tehnološke uređaje koje koristi veliki broj osoba različite dobi i zdravstvenog stanja. Najčešće se govori o pametnim satovima koji mogu imati nekoliko vrsta senzora za prikaz medicinskih podataka tj. zdravstvenih parametara koje mjere.

Senzor koji je najčešće prisutan u sve više pametnih satova je senzor za mjerenje srčane frekvencije. Kao što naziv govori, senzor prati broj otkucaja srca. Ovaj senzor mjeri i provjerava puls u redovitim intervalima, a u slučaju da senzor prepozna nepravilne otkucaje srca kod osobe, uređaj šalje momentalnu obavijest i upozorenju korisniku. Pojedini napredniji modeli uređaja obavještavaju kontakte koje je korisnik odredio za hitne slučajeve čime mogu spasiti život ako je isti u opasnosti. [56]

Također razvijen je senzor za mjerenje zasićenosti kisika u krvi tj. SpO₂. Ovaj senzor u pametnom satu može odrediti razinu kisika u krvi. Senzor tj. podaci koje generira se smatraju vrlo važnim za procjenu zdravstvenog stanja osobe pošto je zasićenost kisika u krvi vitalan parametar svake osobe te se pravovremenim upozorenjem o preniskoj razini kisika u krvi može na vrijeme reagirati i pružiti pomoć osobi kako ne bi došlo do pogoršanja zdravstvenog stanja. [56]

Postoji i senzor koji se može opisati kao senzor za mjerenje tjelesne temperature. Naime, ovaj senzor pomaže korisniku shvatiti zašto je došlo do porasta tjelesne temperature i radi kojih aktivnosti. U osnovi omogućuje da osoba shvati kako pretjerano vježbanje može dovesti do porasta ukupne tjelesne temperature te pravovremeno javlja kada bi bilo idealno prekinuti s aktivnošću. [56]

Sumarno, senzori u medicini omogućuju daljinsko praćenje pacijenata, prikupljanje podataka o njihovom zdravstvenom stanju i komunikaciju s njihovim skrbnicima i liječnicima, pružajući korist kako za pacijente tako i za profesionalno osoblje.



Slika 12. Vrste senzora u medicinskim uređajima [57]

3.3.4. Strojno i duboko učenje

Algoritmi strojnog učenja koriste se u brojnim stvarnim primjenama. U području zdravstva, umjetna inteligencija i strojno učenje primjenjuju se kako bi se poboljšali dijagnostički sustavi. Budući da zdravstvena industrija obrađuje velike količine podataka, uključujući informacije o pacijentima, ti veliki zapisi su izazovni za čuvanje i analizu. Sustavi strojnog učenja razvili su način kako automatski prepoznati uzorke i projicirati rezultate na temelju podataka. Algoritmi strojnog učenja mogu učinkovito obraditi ogromne količine medicinskih podataka. Brzi rast strojnog učenja i velikih podataka olakšao je implementaciju algoritama strojne inteligencije u zdravstvene primjene poput precizne dijagnoze bolesti, novih metoda liječenja, daljinskog praćenja zdravstvenog stanja osobe, otkrivanja novih lijekova, itd. [58]

Duboko učenje je dio strojnog učenja koji nastaje rade inspiracije iz neurona u ljudskom mozgu. U ljudskom mozgu postoji na desetine milijuna neurona, a između njih postoji više od 100 000 veza. Metoda dubokog učenja tako postaje umjetna neuronska mreža. Ona se sastoji od ulaznog sloja, skrivenog sloja i izlaznog sloja. Svaki sloj sastoji se od nekoliko neurona, a skriveni sloj može imati mnogo slojeva. Ovisno o vrsti zadatka, broj neurona u izlaznom sloju neuronske mreže može varirati. [59]

Kada se promatra utjecaj dubokog učenja u medicini, može se navesti nekoliko primjena u kojima je duboko učenje pokazalo svoje prednosti.

Duboko učenje je postiglo uspjeh u području obrade medicinskih slika; obavlja zadatke poput klasifikacije slika, prepoznavanja ciljeva i segmentacije ciljeva analizirajući slike. Stoga je primjena dubokog učenja u zadatku analize medicinskih slika postala trend u medicinskim istraživanjima posljednjih godina. Znanstvenici koriste metode umjetne inteligencije kako bi pomogli liječnicima u donošenju točnih dijagnoza i odluka. Uključeni su mnogi aspekti u ovim zadacima, poput otkrivanja retinopatije, procjene koštane starosti, identifikacije raka kože itd. [59]

Također, postoji i primjena ove tehnologije kada su u pitanju elektronički zdravstveni kartoni. Tradicionalno se koristilo strojno učenje za analizu podataka elektroničkih zdravstvenih kartona. To je ponekad predstavljalo problem pošto je trebalo ručno izdvojiti značajke i zatim ih unijeti u model. Samim time, takav način rada znatno je ovisio o razini znanja osobe koja izvlači podatke i upravlja s njima. Štoviše, ova metoda uzrokuje veliki ljudski i vremenski gubitak te utječe na učinkovitost istraživanja. Duboko učenje prevladava nedostatak tradicionalnog strojnog učenja koje zahtijeva ručno izdvajanje značajki. [59]

Uz navedene primjere primjene tehnologije strojnog i dubokog učenja, iste imaju mnogo benefita i poboljšavaju područja poput personalizirane medicine, mijenjanje životnih navika osobe, prediktivnog pristupa liječenju, robotskih operacija, predikcija raznih epidemija bolesti poput COVID-19 i mnoge druge. [60]

Kada je riječ o pametnim medicinskim uređajima, prethodno navedene digitalne tehnologije igraju veliku ulogu u njihovom radu. Strojno učenje uključuje usmjeravanje nosivih uređaja da djeluju i donose odluke bez eksplicitnog programiranja za određeni scenarij, putem učenja iz prethodnih iskustava. Primjena tehnika strojnog učenja provodi se koristeći tjelesne signale za praćenje generalnog zdravlja osobe. Među područjima koja se detaljno istražuju i sve više implementiraju u pametne uređaje su tehnologije otkrivanje pada, otkrivanje napadaja, praćenje i predviđanje rezultata vitalnih znakova te prepoznavanje aktivnosti za praćenje kondicije ili identifikaciju svakodnevnih aktivnosti kod ljudi. Dodatno, istražuje se primjena nosivih uređaja za praćenje stresa, otkrivanje aritmije srčanog ritma i za rehabilitacijske zadatke. [61]



Slika 13. Strojno i duboko učenje u medicini [60]

3.4. Pametni uređaji za praćenje ljudskog zdravlja

U ovom poglavlju se do sada detaljno objasnio utjecaj Industrije 4.0 kada je u pitanju zdravstvo. Prikazane su faze razvoja zdravstva te navedene i opisane neke od najvažnijih digitalnih tehnologija Industrije 4.0 koje svojim doprinosom u zdravstvenom sektoru pomiču granice iz dana u dan kako za profesionalno osoblje tako i za pacijente.

U ovoj sekciji će se detaljniji prikazati i objasniti pametni uređaji kojima je zdravstveni aspekt korisnika glavni cilj. Uređaji su temeljeni na prethodno navedenim digitalnim tehnologijama te predstavljaju inovaciju kada je u pitanju praćenje ljudskog zdravlja. U današnje vrijeme postaju sve više popularni te se broj ljudi koji koriste takve uređaje konstantno povećava.

Ovi napredni uređaji kombiniraju senzore, algoritme i povezivost, IoT i tehnologiju računalstva u oblaku kako bi omogućili kontinuirano praćenje različitih aspekata ljudskog zdravlja i tjelesne kondicije. Njihova sveprisutnost, jednostavnost korištenja i mogućnost praćenja vitalnih znakova i drugih parametara čine ih korisnim alatom za održavanje i unapređenje zdravlja čovjeka.

Prema [62] ključne prednosti pametnih medicinskih uređaja su:

- **Brzo prepoznavanje anomalija ili promjena u zdravstvenom stanju u stvarnom vremenu** – sposobnost upozorenja korisnika na promjene ili anomalije u zdravstvenom stanju. Pametni medicinski uređaji uz prepoznavanje promjene u zdravlju korisnika, često pružaju neprocjenjive podatke koji korisniku omogućuju

informiranu odluku o zdravlju u stvarnom vremenu čime mogu brže reagirati i liječnici kao i ostalo stručno osoblje.

- **Smanjenje troškova i smanjenje opterećenja rada** – kvalitetna rješenja u zdravstvu često su skupa za razvoj i zahtijevaju velike troškove održavanja. Osobni medicinski uređaji daju individualnom korisniku inicijalne informacije kako se pobrinuti za vlastito zdravlje. To doprinosi smanjenju opterećenja na medicinskom osoblju za dijagnozu, liječenje i dugoročno praćenje zdravlja. Također, stručnjaci dobivaju i veću vidljivost u nedavnu zdravstvenu povijest pacijenta, što omogućuje donošenje pravovremene odluke u dijagnozi i liječenju i samim time smanjenje troškova procesa liječenja.
- **Povećano sudjelovanje pacijenata i kontrola** – pokazalo se da pacijenti koji su aktivni sudionici u praćenju vlastitog zdravlja su ujedno i skloniji brzom obavještavanju članova obitelji i medicinskih stručnjaka o važnim promjenama ili razvojem u zdravlju te se ovaj pristup smatra ključnim za prevenciju bolesti. To je posebno važno za osobe s kroničnim zdravstvenim stanjima koja zahtijevaju dugoročno praćenje.

3.4.1. Vrste pametnih uređaja

Pametni uređaji za praćenje ljudskog zdravlja obuhvaćaju širok spektar proizvoda, uključujući pametne narukvice, pametne satove, pametne tjelesne vage, pametne podloge za analizu sna, pametne tlakomjere i druge slične uređaje. Oni su dizajnirani kako bi pratili različite zdravstvene aspekte kao što je broj koraka, potrošene kalorije, kvaliteta sna, srčana frekvencija i ritam, krvni tlak, zasićenost kisika u krvi, tjelesna kompozicija i mnogi drugi. Ovi uređaji su također sposobni komunicirati s drugim uređajima putem Wi-Fi-a (bežične veze) kako bi omogućili prijenos podataka i potom daljnju analizu od strane korisnika ili medicinskih stručnjaka.

Na tržištu danas postoje razna rješenja kada su u pitanju pametni uređaji za praćenje zdravlja čovjeka. Počevši od velikana poput Apple-a sa svojim pametnim satom (Apple Watch) koji u svojim modelima nudi širok raspon funkcionalnosti i značajki za praćenje ljudskog zdravlja. Uz Apple tu su i tvrtke poput Samsunga, Huaweija, Garmina, Fitbita koje su razvile slične uređaje te konstantno rade na razvoju novih uređaja i tehnologija kako bi ponudili korisnicima bolje iskustvo u praćenju vlastitog zdravlja. [63]

Neke od glavnih značajki uređaja koje Apple, a samim time i konkurenti imaju u ponudi [64]:

1. Praćenje aktivnosti (praćenje koraka, udaljenosti, potrošenih kalorija i aktivnih minuta tijekom dana).
2. Praćenje vježbanja (različiti načini praćenja vježbanja, kao što su trčanje, biciklizam, plivanje, *fitness* trening i još mnogo toga. Uređaji pružaju informacije o ritmu, brzini, potrošenim kalorijama i napretku tijekom vježbanja).
3. Praćenje otkucaja srca (neprekidno praćenje otkucaja srca uz upozorenja o nepravilnom ritmu ili visokom puls).
4. Elektrokardiogram (određeni modeli mogu snimiti elektrokardiogram čime se pružaju informacije o srčanom ritmu i otkrivaju eventualne abnormalnosti).
5. Praćenje spavanja (uređaji mogu pratiti san, pružajući podatke o trajanju sna, kvaliteti sna i ciklusima spavanja).
6. Stres i disanje (mogućnost praćenja razine stresa na temelju otkucaja srca i disanja).

Ovo su samo neke od značajki uređaja koje razvijaju prethodno spomenute tvrtke kada su u pitanju uređaji s funkcijom praćenja zdravlja.

3.4.2. Withings pametni uređaji

Za potrebe ovog diplomskog rada, nakon istraživanja tržišta i testiranja različitih uređaja, odabrana je tvrtka Withings koja u svom portfelju ima širok spektar uređaja koji se fokusiraju isključivo na zdravlje korisnika, istovremeno dizajnirani kao *user-friendly* uređaji. Sva rješenja ove tvrtke bazirana su na digitalnim tehnologijama prethodno spomenutim u poglavlju.

Withings za razliku od svojih konkurentskih tvrtki ima misiju stvarati pametne proizvode i tehnologiju primarno za brigu o vlastitom zdravlju čovjeka s idejom da praćenje zdravlja postane svakodnevna rutina. Cilj im revolucionirati odnos koji ljudi imaju kada je u pitanju vlastito zdravlje na način da kroz zanimljive i premium uređaje dobiju informacije koje će ih potaknuti na zdraviji život. [65]

Tvrtka je 2020. godine proglašena kao jedna od 10 najinovativnijih tvrtki u Europi. U zadnjih 15 godina osvojili su 16 CES nagrada i registrirali preko 69 patenata te se smatraju lideri u

inovacijama povezanim s praćenjem ljudskog zdravlja poput prvog Wi-Fi digitalnog tlakomjera s funkcijom elektrokardiograma i digitalnog stetoskopa, prve aplikativno povezane digitalne vage, prvog analognog sata s funkcijom elektrokardiograma kao i prvog hibridnog sata s EKG-om i SpO2 funkcijom. Važno je naglasiti kako je svaki Withingsov proizvod klinički validiran od strane renomiranih svjetskih klinika i akreditacijskih agencija. [65], [66]

Uređaji kombiniraju vrhunsku medicinsku tehnologiju s isto tako vrhunskim dizajnom. Ovi uređaji jednostavni su za korištenje, imaju mogućnost povezivanja s aplikacijama i djeluju kao moćni zdravstveni pametni uređaji za svakodnevno praćenje zdravlje, ali i kao alati za svladavanje dugoročnih zdravstvenih ciljeva. Uređaji prikupljaju i prate vitalne parametre na daljinu, stoga neovisno prati li se određena kronična bolest ili uredno zdravstveno stanje, rješenja ove tvrtke mijenjaju svakodnevne živote svih onih koji su uključeni u zdravstvenu skrb, od pacijenata, stručnjaka do istraživača. [65]

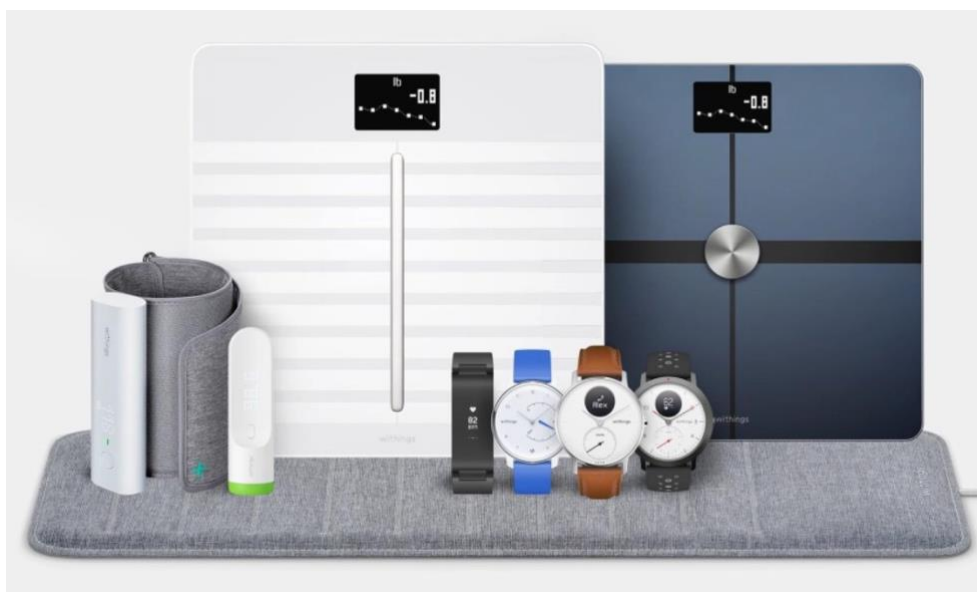
U svom asortimanu Withings nudi razne pametne satove poput njihovih premium modela satova ScanWatch i ScanWatch Horizon te Steel HR. Ti hibridni satovi su proizvodi koji kombiniraju estetiku analognog sata koji podsjeća na luksuzne satove najboljih svjetskih proizvođača zajedno s inovativnim tehnologijama unutar kućišta koje omogućuje napredne funkcije za praćenje zdravlja osobe. Svi podaci koje uređaji generiraju spremljeni su na oblaku i automatski se sinkroniziraju na aplikaciju gdje je moguće dobiti uvid u svaki mjereni zdravstveni parametar prikazan u obliku inovativnih izvještaja. [65]

Sljedeći tip proizvoda su pametne tjelesne vage koje su bazirane na tehnologiji bioelektrične impedancije. Withings u svojoj ponudi nudi nekoliko modela vagi, ovisno o broju funkcija koje određeni model može pružiti korisniku. Svaka vaga, kao i sat, podatke koje generira mjerenjem šalje na oblak čime se isti mogu u realnom vremenu promatrati na aplikaciji. Najjednostavnija vaga mjeri osnovni parametar poput tjelesne mase i BMI-a, dok napredniji modeli analiziraju sastav tijela odnosno mjere sve parametre tjelesne kompozicije koji su prethodno u radu navedeni. Najnapredniji model razvijen je na toliko visokoj razini da mjeri i važne parametre o zdravlju srca i živaca u tijelu uz mogućnost mjerenja visceralne masti i segmentalne tjelesne analize. [65]

Zdravlju srca Withings je podario veliku važnost stoga u svom asortimanu proizvoda nude pametne tlakomjere od kojih je svaki povezan s oblakom čime se omogućuje da korisnik i liječnik prate historijski rezultate jednog od najbitnijih vitalnih parametara tj. krvnog tlaka.

Premium model tlakomjera posjeduje i funkciju elektrokardiograma kao i digitalnog stetoskopa kako bi otkrio abnormalne zvukove srca. [65]

Uz sve prethodno navedene grupe proizvoda, tvrtka je razvila digitalni beskontaktni i visokoprecizan termometar koji se sinkronizira s aplikacijom te poseban uređaj za praćenje ljudskog tijela za vrijeme spavanja, tzv. analizator spavanja. Radi se o uređaju koji ima mogućnost praćenja ciklusa spavanja (duboki i laki san, REM faza), praćenja srčane frekvencije, varijabilnosti kod otkucaja srca i disanja te detektiranja apneje spavanja i epizoda hrkanja. Ovaj proizvod smatra se svjetskim brojem jedan kada je u pitanju uređaj za otkrivanje *sleep apneje* u kućnoj uporabi. [65]



Slika 14. Withings proizvodi [67]

U praktičnom dijelu ovog rada, napraviti će se istraživanje usporedbe pojedinih Withings proizvoda s profesionalnim medicinskim uređajima čime se dobiti odgovor na pitanje mogu li pametni uređaji za praćenje zdravlja temeljeni na digitalnim tehnologijama biti pouzdani i adekvatni za korisnike tj. pacijente te za profesionalno medicinsko osoblje.

4. ISTRAŽIVANJE (WITHINGS I PROFESIONALNI UREĐAJI)

U prethodnim poglavljima ovog diplomskog rada objašnjeno je nekoliko važnih tema poput praćenja ljudskog zdravlja i pojma Industrije 4.0 u zdravstvu. Navedeni su i ukratko objašnjeni različiti pristupi u praćenju zdravlja u kontekstu medicine kao i osnovni zdravstveni parametri koje je potrebno pratiti kod čovjeka kako bi se stekao uvid u njegovo opće zdravlje. Na osnovu tih informacija predložen je pristup praćenja zdravlja za koji se smatra da donosi najveću korist svakom pojedincu uključenom u taj proces. Potom je prikazana uloga Industrije 4.0 i digitalnih tehnologija koje su iz nje proizašle kada je u pitanju zdravstveni sektor. Najrelevantnije tehnologije za ovaj rad su detaljno opisane sa svim prednostima koje donose svojom implementacijom u zdravstvo. Na kraju poglavlja otvorena je tema pametnih uređaja koji svoju primjenu pronalaze u kontekstu praćenja zdravlja čovjeka te je naglasak stavljen na uređaje tvrtke Withings. U praktičnom dijelu ovog diplomskog rada cilj je napraviti istraživanje usporedbe mjerenja između profesionalnih medicinskih uređaja i Withings uređaja. Naime, mjereni su osnovni ili vitalni zdravstveni parametri koji su prethodno opisani, a to su krvni tlak, srčana frekvencija i ritam, zasićenost krvi kisikom i tjelesna kompozicija tj. analiza sastava tijela. Za potrebe istraživanja parametri su mjereni ispitanicima generalno dobrog zdravlja kao i patološkoj skupini ispitanika tj. pacijentima koji se liječe u kliničkim uvjetima u bolnicama. Mjerenja su provedena paralelno na profesionalnim medicinskim uređajima i Withingsovim uređajima pri jednakim uvjetima i u istom vremenskom okviru. Na taj su se način statistički analizirali rezultati s oba tipa uređaja uz očitavanje liječnika čime se mogla usporediti količina preklapanja rezultata. Pomoću ovog istraživanja dobit će se odgovor na pitanje mogu li pametni medicinski uređaji biti dostojni točnosti profesionalnih uređaja te mogu li biti pouzdan izvor podataka o zdravlju pojedinca koji će koristiti i liječniku za pravovremenu reakciju u liječenju tj. za prevenciju bolesti.

4.1. Profesionalni medicinski uređaji u istraživanju

Praktični dio rada odrađen je u dogovoru s dvije bolnice, Specijalna bolnica za plućne bolesti Zagreb te Opća bolnica Zabok i bolnica hrvatskih veterana.

4.1.1. Profesionalna tjelesna vaga TANITA MC-780MA PLUS

U Specijalnoj bolnici za plućne bolesti zajedno s medicinskim osobljem provedeno je mjerenje tjelesne kompozicije na profesionalnoj tjelesnoj vazi koja je certificirana za primjenu u kliničkoj praksi. U ovom slučaju riječ je o vazi MC-780MA PLUS japanskog brenda TANITA koji je svjetski priznati proizvođač mjernih instrumenata za tjelesnu kompoziciju. Ovaj model vage namijenjen je za profesionalnu upotrebu u klinikama što potvrđuje i njegova ocjena točnosti NAWI Class III kao i klasifikacija MDD Class II-a. [68]



Slika 15. Profesionalna tjelesna vaga TANITA MC-780MA PLUS [68]

MC-780MA PLUS višefrekvencijski je segmentalni monitor sastava tijela koji omogućuje trenutnu analizu zdravlja i kondicije pacijenta uz mogućnost praćenja njihovog zdravstvenog napretka tijekom vremena. Uređaj se bazira na tehnologiji bioelektrične impedancije, a dizajniran je kao interaktivni uređaj koji omogućuje korisnicima i stručnjacima *user-friendly* pristup čime se mjerenja izvode relativno brzo i u potpunosti jednostavno. [68]

Mogućnosti koje uređaj ima su brojne, počevši od brze i potpune segmentalne analize. Uređaj također mjeri BMI, postotak tjelesne masti, nemasnu i masnu mast, koštanu masu, postotak vode i mišića u tijelu, visceralnu mast, metaboličku starost i još mnogo parametara koji

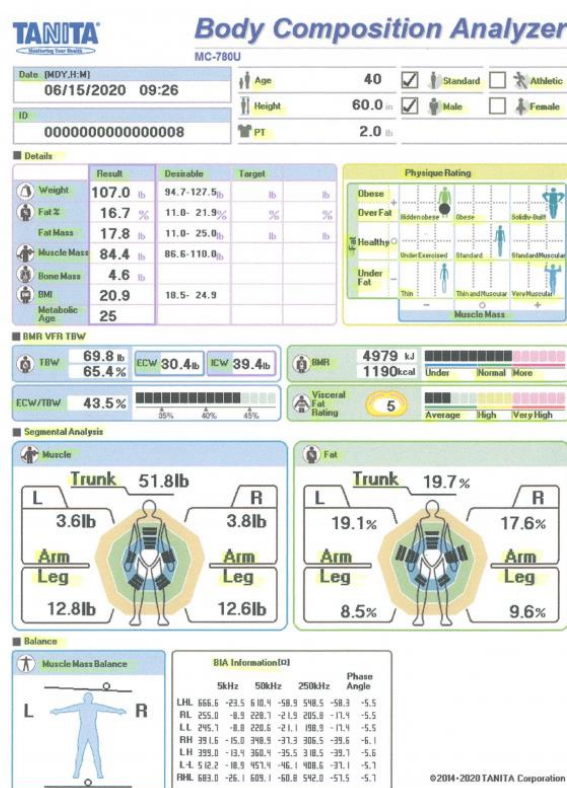
liječnicima i stručnom osoblju služe za određivanje trenutnog zdravstvenog stanja osobe kada je u pitanju tjelesna kompozicija. [68]

Potpuna analiza segmentalnog sastava tijela obavlja se u roku od 20 sekundi i prikazuje se na dvostrukom zaslonu, a rezultati se automatski spremaju na memorijski disk ili ispisuju na pisaču radi daljnje konzultacije s pacijentom. Također, postoji i mogućnost korištenja softvera u kojem se generiraju izvještaji o provedenim mjerenjima. [68]

U kliničkoj praksi uređaj se može primjenjivati u raznim granama medicine i kod specifičnih bolesti, a neke su prikazane u Tablica 5.

Tablica 5. Primjena MC-780MA PLUS u kliničkoj praksi [68]

Onkologija	Pedijatrija	Fizioterapija
Opća praksa	Farmacija	Barijatrija
KOPB	Dijabetes	Aktivno starenje



Slika 16. Primjer izvještaja profesionalne tjelesne vage [68]

Kada su u pitanju ostala mjerenja zdravstvenih parametara, točnije krvnog tlaka, srčane frekvencije i ritma te saturacije kisika u krvi, ista su napravljena u prostorima Opće bolnice Zabok i bolnice hrvatskih veterana. Zahvaljujući angažmanu medicinskog osoblja, mjerenja su provedena koristeći profesionalne medicinske uređaje za mjerenje krvnog tlaka, saturacije kisika u krvi te elektrokardiograma.

4.1.2. Uređaj za mjerenje krvnog tlaka OMRON M6 AC

Uređaj za mjerenje krvnog tlaka koji je korišten u istraživanju spada u skupinu digitalnih tlakomjera te dolazi iz japanske tvrtke OMRON. Brend OMRON Healthcare je svjetski vodeći proizvođač medicinskih uređaja kao što su monitori krvnog tlaka. Na tržište plasiraju visoko kvalitetne proizvode koji se koriste u kliničkoj, ali i u kućnoj praksi. Svaki uređaj ove tvrtke je vrlo pouzdan i točan te klinički validiran od strane ključnih zdravstvenih organizacija nakon što je podvrgnut rigoroznim i opsežnim testiranjima kako bi stručnjacima pružio realnu i ispravnu sliku zdravstvenog stanja pacijenta. [69]

Konkretno model u ovom istraživanju, OMRON M6 AC, je prepun značajki koje ga čine adekvatnim za profesionalnu i kućnu upotrebu poput obavijesti o pravilno postavljenoj manžeti, spremanja korisničkih profila za mjerenje, otkrivanja nepravilnih otkucaja srca, ali prije svega visokoj točnosti mjerenja sistoličkog i dijastoličkog tlaka te srčane frekvencije. [70]



Slika 17. Uređaj za mjerenje krvnog tlaka OMRON M6 AC [70]

4.1.3. Pulsni oksimetar Beurer PO 35

Sljedeći uređaj koji je korišten u bolnici prilikom istraživanja bio je pulsni oksimetar namijenjen za mjerenje zasićenosti kisika u krvi. U ovom slučaju radi se o uređaju njemačke tvrtke Beurer koja nudi raspon od preko 500 proizvoda fokusiranih na zdravlje i dobrobit čovjeka počevši od medicinskih proizvoda specijaliziranih za prevenciju i dijagnostiku, proizvoda za vaganje i dijagnostiku, terapijskih uređaja i masažera pa do asortimana koji uključuje senzore za praćenje aktivnosti i monitora pulsa. [71]

Model koji je korišten u istraživanju bio je Beurer PO 35 – pulsni oksimetar. Ima funkciju određivanja arterijskog zasićenja krvi kisikom (SpO₂) i srčanog ritma. Zahvaljujući kompaktnom formatu vrlo je prikladan u kliničkoj praksi zbog rukovanja i jednostavnosti korištenja, stoga se može koristiti i kod kuće. Također, postupak mjerenja je potpuno bezbolan i brz. Uređaj omogućuje mjerenje SpO₂ razine, koja je važan pokazatelj u akutnim bolestima i smatra se jednim od najbitnijih vitalnih parametara. [72]



Slika 18. Pulsni oksimetar Beurer PO 35 [72]

4.1.4. Elektrokardiograf Mindray BeneHeart R12

Posljednji profesionalni medicinski uređaj koji je korišten u svrhu ovog istraživanja je elektrokardiograf. Kao što je već navedeno, elektrokardiogram (EKG) je brza i jednostavna metoda koja se koristi za evaluaciju zdravlja srca i koja omogućuje liječnicima da dobiju uvid u srčani ritam i frekvenciju pacijenta i time postave ispravnu dijagnozu.

Uređaj koji je korišten dolazi od tvrtke Mindray, inovativne svjetske tvrtka koja na tržište plasira medicinske uređaje i rješenja. Inovacija je ukorijenjena u ideologiju Mindraya još od osnutka kompanije prije 30 godina, čime omogućuju zdravstvenim stručnjacima da pruže bolju skrb pacijentima s lakoćom i sigurnošću. [73]

Radi se o modelu Mindray BeneHeart R12, 12-kanalnom elektrokardiografu. Ovaj model pruža korisnicima jednostavno iskustvo korištenja, kao i profesionalnu analizu za različite kliničke zahtjeve. Neke od glavnih karakteristika ovog uređaja su [74]:

- Suvremen i praktičan dizajn (ergonomski izgled i jednostavan raspored kontrola; ugrađeni pisac).
- Smanjeno opterećenje rada i optimiziran radni tijek (prikaz cijelog izvješća na zaslonu; povijest zapisa; smanjeno vrijeme unosa informacija).
- Pouzdana dijagnostička analiza i izvanredne performanse (napredni algoritmi; detekcija pacemakera).
- IT rješenja / Prijenos podataka (žičani i bežični prijenos zapisa u sustav).



Slika 19. Elektrokardiograf Mindray BeneHeart R12 [74]

4.2. Withings uređaji u istraživanju

Nakon opisa profesionalnih medicinskih uređaja korištenih za potrebe istraživanja diplomskog rada, u ovom dijelu poglavlja će se staviti fokus na pametne uređaje za praćenje zdravlja koji su namijenjeni korištenju za široke mase ljudi. Tvrtka Withings zajedno sa svojim asortimanom proizvoda se već ukratko predstavila prethodno u radu stoga će ovdje biti detaljnije objašnjeni pojedini uređaji koji su se koristili za praktični dio rada.

4.2.1. Pametna tjelesna vaga Withings Body Cardio

Za početak, u Specijalnoj bolnici za plućne bolesti za usporedbu s profesionalnim instrumentom za analizu tjelesne kompozicije TANITA MC-780MA PLUS korištena je tjelesna vaga Withings Body Cardio koja je 2020. godine proglašena najboljom pametnom tjelesnom vagom na svijetu prema nekim od najpoznatijih medijskih kuća kao što su CNET i Tech Advisors. [75]



Slika 20. Pametna tjelesna vaga Withings Body Cardio [75]

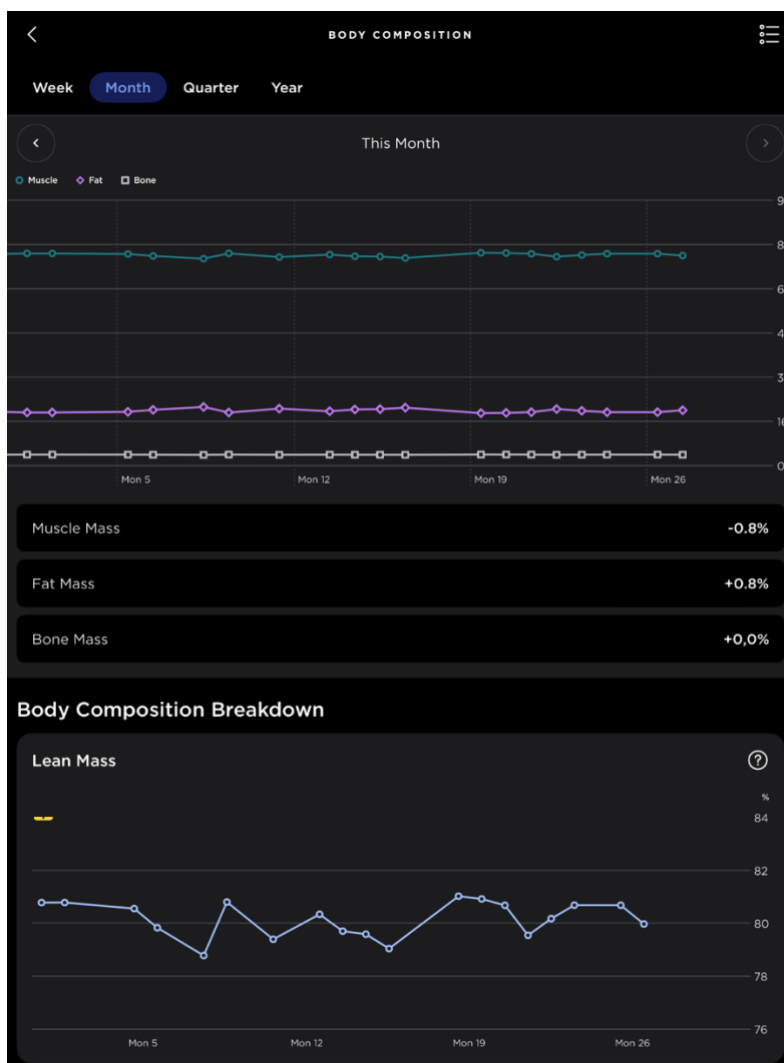
Withings Body Cardio je tjelesna vaga koja je bazirana na tehnologiji bioelektrične impedancije isto kao i profesionalna vaga TANITA MC-780MA PLUS. Model Body Cardio uz mogućnost analize tjelesne kompozicije ima po prvi puta na tržištu mogućnost praćenja zdravlja srca, točnije detektiranja srčane frekvencije te kardiovaskularne starosti arterija što se smatra ključnim biomarkerom za liječnike prilikom određivanja kvalitete kardiovaskularnog zdravlja pojedinca. Ova kompleksna dijagnostika moguća je zahvaljujući naprednim algoritmima tj. digitalnim tehnologijama koje tvrtka Withings koristi pri razvoju svojih proizvoda. [75]

Funkcije Body Cardio vage koje su za ovo istraživanje najvažnije su one vezane uz analizu tjelesne kompozicije čiji će se rezultati usporediti s rezultatima TANITA profesionalne tjelesne vage.

Body Cardio ima mogućnost određivanja mišićne mase u tijelu osobe, postotka tjelesne masti ili *body fata*, postotka vode u tijelu te koštane mase osobe. [75]

Mjerenja su vrlo jednostavna i brza te su namijenjena za svakodnevnu uporabu u svakom kućanstvu. Ovaj model vage uz to ima značajke poput automatskog detektiranja do 8 korisnika vage, Wi-Fi tehnologije, visoko preciznih senzora koji imaju osjetljivost do 100 grama, punjive baterije koja traje i do godinu dana te par inovativnih modova rada kao što je *baby mode* ili *athlete mode* koji omogućuju mjerenja prilagođena posebnim potrebama korisnika. [75]

Ono što ovu vagu čini posebnom je mogućnost povezivanja s aplikativnim rješenjem tvrtke Withings, Health Mate aplikacijom zahvaljujući IoT tehnologiji. Health Mate aplikacija pohranjuje podatke mjerenja Body Cardio vage, prezentira historijski trendove i izvješća svih parametara tjelesne kompozicije koji se mjere te ima mogućnost određivanja osobnih ciljeva korisnika kada je u pitanju tjelesno zdravlje. Podaci su pohranjeni na Withingsovom oblaku čime se u realnom vremenu na aplikaciji sinkroniziraju novi podaci mjerenja što omogućuje liječnicima da prate zdravstveno stanje pacijenata te pravovremeno određuju potrebne korake u terapiji. [75]



Slika 21. Primjer izvještaja o tjelesnoj kompoziciji u Health Mate aplikaciji [75]

Važno je još naglasiti da je ovaj model tjelesne vage razvijen u suradnji s kardiolozima te zadovoljava europski standard koji potvrđuje da je proizvod u skladu sa strogim sigurnosnim i kvalitativnim zahtjevima za medicinske uređaje (EU Declaration of Conformity – DoC). [76]

4.2.2. Pametni ručni sat Withings ScanWatch

Sljedeći proizvod tvrtke Withings koji je korišten za potrebe ovog istraživanja je pametni ručni sat. Radi se o premium modelu ovog brenda pod nazivom ScanWatch koji se smatra prvim hibridnim pametnim satom s mogućnošću konstantnog praćenja vitalnih zdravstvenih parametara. Uređaj je korišten za potrebe mjerenja srčane frekvencije, srčanog ritma tj. snimanja elektrokardiograma te mjerenja zasićenosti kisika u krvi kod ispitanika u Općoj bolnici Zabok i bolnici hrvatskih veterana. Rezultati mjerenja uspoređivani su s onima

dobivenim profesionalnim medicinskim uređajima tj. elektrokardiografom Mindray BeneHeart R12 i pulsni oksimetrom Beurer PO 35.

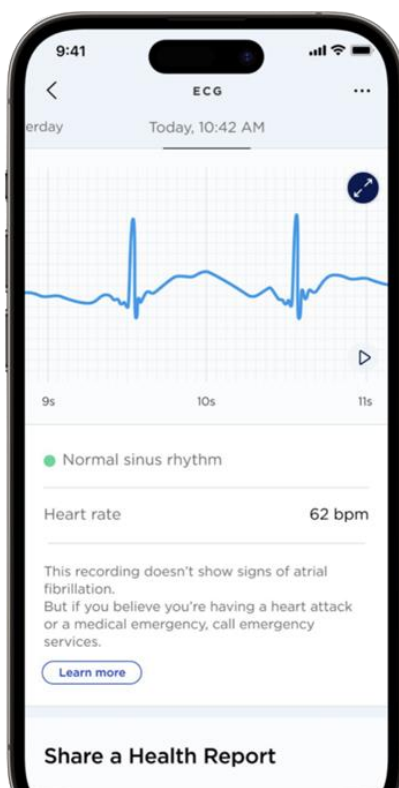
Withings ScanWatch razvijen je u suradnji s ekspertima iz poznatih svjetskih zdravstvenih institucija te se ističe svojim medicinski certificiranim EKG uređajem, oksimetrom za mjerenje SpO2 i impresivno dugotrajnom baterijom koja može trajati do 30 dana. Neke od institucija koje su sudjelovale u validaciji ovog uređaja: UCSF Hypoxia Research Laboratory, San Francisco; Hôpital Georges Pompidou, AP-HP Paris; Centre Cardiologique du Nord, Paris Area; Ludwig Maximilien University Of Munich. Također, kao i svi ostali proizvodi i ScanWatch zadovoljava EU DoC. [76], [77]



Slika 22. Pametni ručni sat Withings ScanWatch [77]

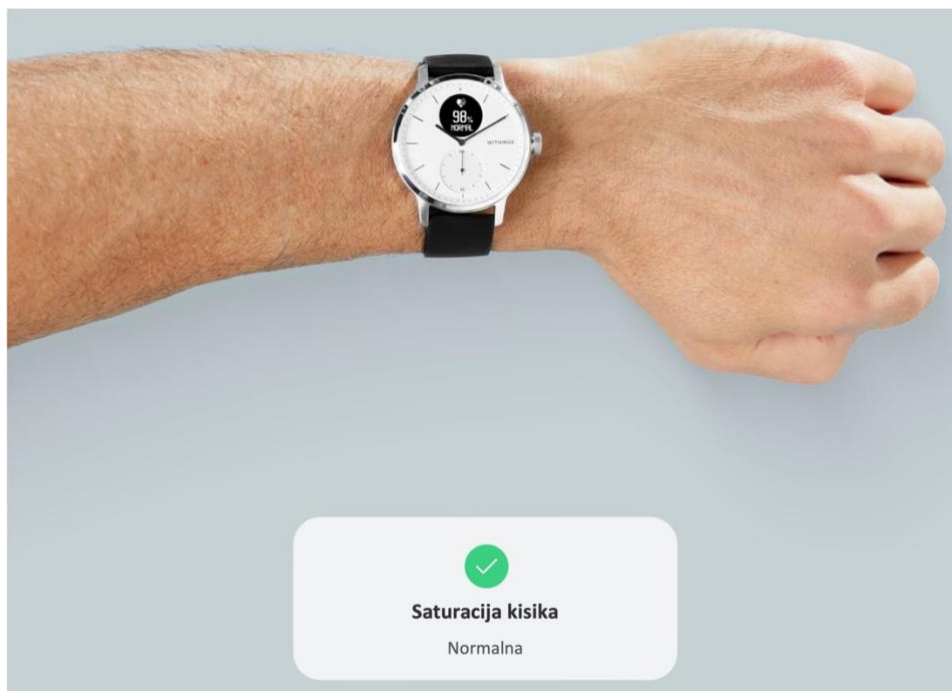
Kada je u pitanju praćenje srčanih parametara, ScanWatch je jedan od najboljih pametnih satova na tržištu. Mogućnost detekcije fibrilacije atrijske, proaktivno praćenje srčane frekvencije tijekom dana i noći te snimanje 1-kanalnog elektrokardiograma glavne su funkcije ovog sata kada se radi o zdravlju srca. Snimajući puls u kontinuitetu, ScanWatch šalje obavijest kada otkrije nepravilan rad srca te tada savjetuje korisnika da snimi medicinski certificirani elektrokardiogram. U samo 30 sekundi, može se dobiti EKG očitavanje koje pruža

detaljan uvid liječniku o stanju srčanog ritma i frekvencije. Izvještaj se jednostavno može podijeliti s liječnikom putem Health Mate aplikacije. [77]



Slika 23. Prikaz EKG snimke na Health Mate aplikaciji [77]

Sljedeća važna funkcija ScanWatcha koja je korištena za potrebe ovog rada bila je mjerenje zasićenosti kisika u krvi. Ovaj pametni sat može djelovati kao medicinski certificirani oksimetar sa senzorom ekskluzivne tehnologije više valnih duljina što omogućuje snimanje razine kisika u krvi u periodu od samo 30 sekundi. Također, sat ima funkciju pratiti epizode disajnih poremećaja tijekom spavanja zahvaljujući značajki *Respiratory Scan*. Sva tehnologija se bazira na naprednom algoritmu razvijenog od strane stručnjaka iz različitih područja koji obrađuje podatke o SpO2, brzini otkucaja srca, pokretu i brzini disanja radi mjerenja poremećaja tijekom disanja uz indikator *sleep* apneje. Kao i kod mjerenja srčanih parametara, svi podaci su vidljivi na Health Mate aplikaciji što korisniku kao i liječniku omogućuje uvid u jedan od glavnih vitalnih zdravstvenih parametara čovjeka. [77]



Slika 24. Mjerenje saturacije kisika pomoću Withings ScanWatcha [77]

Ovaj model sata također ima i mogućnost praćenja različitih tjelesnih aktivnosti, vodootpornost do 5 ATM, povezanost s GPS-om, dugotrajnu bateriju te inovativan i kvalitetan dizajn koji ga čini svjetski najnaprednijim hibridnim satom za praćenje ljudskog zdravlja. [77]

4.2.3. Pametni tlakomjer Withings BPM Connect

Posljednji Withings uređaj koji je korišten za potrebe ovog rada bio je Withings pametni tlakomjer. Radi se o klinički validiranom modelu BPM Connect čiji su rezultati mjerenja kod ispitanika u Općoj bolnici Zabok i bolnici hrvatskih veterana uspoređivani s rezultatima profesionalnog medicinskog tlakomjera OMRON M6 AC koji je prethodno detaljnije opisan.

Withings BPM Connect pametni je tlakomjer razvijen uz pomoć vodećih europskih kardiologa i temeljito je testiran u usporedbi s nekoliko referentnih uređaja kako bi se osigurala najbolja moguća točnost mjerenja krvnog tlaka. Kako bi se potvrdila učinkovitost uređaja, provedeno je kliničko istraživanje prema protokolu koji su razvili vodeći stručnjaci iz Europskog društva za hipertenziju, Udruženja za unapređenje medicinske instrumentacije u Sjedinjenim Američkim Državama i Međunarodne organizacije za standardizaciju. Također, kao i svi ostali proizvodi i BPM Connect zadovoljava EU DoC. [76], [78]



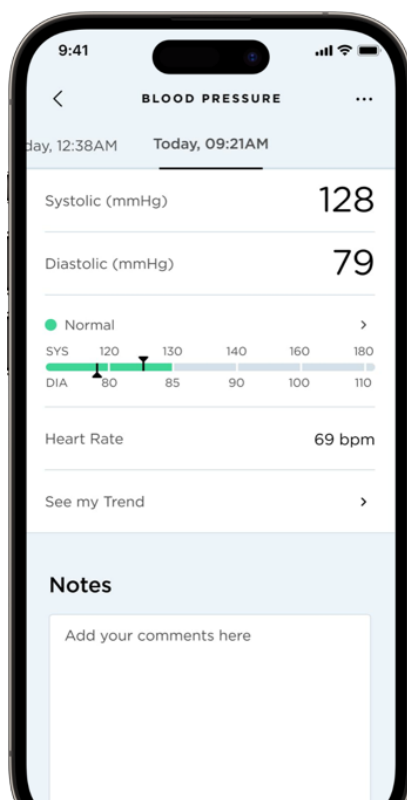
Slika 25. Pametni tlakomjer Withings BPM Connect [78]

Uređaj je vrlo jednostavan za korištenje, opremljen je preglednim LED zaslonom kako bi se lako očitala mjerenja krvnog tlaka. Ono najvažnije, mjerenja sistoličkog i dijastoličkog tlaka kao i srčane frekvencije su precizna i točna u kontinuitetu što korisnicima, ali i liječnicima služi kao dobar pokazatelj jednog od najvažnijih zdravstvenih parametara. [78]

Ono što ovaj tlakomjer čini pametnim i odvaja ga od ostatka konkurencije digitalnih tlakomjera je mogućnost povezivanja na Withingsovu Health Mate aplikaciju. IoT tehnologijom se uređaj spaja na aplikaciju te podatke spremljene na oblaku u realnom vremenu sinkronizira na aplikaciju korisnika. Liječnik kasnije može pristupiti podacima putem izvještaja koje korisnik pošalje čime na *online* način dobiva uvid u mjerenja krvnog tlaka pacijenta. To može biti ključna prednost u odnosu na uobičajene digitalne tlakomjere pošto pacijent nije primoran biti fizički prisutan u bolnici ili drugoj zdravstvenoj ustanovi. [78]

Uređaj ima i druge korisne značajke poput automatske detekcije nepravilno pozicionirane manžete na ruci, punjive i dugotrajne baterije te Wi-Fi tehnologije s kojom je moguće mjerenja napraviti i bez prisustva mobilnog telefona jer se podaci direktno šalju i spremaju na

oblak. Sve ove značajke, pouzdanost i točnost pri mjerenju, jednostavnost korištenja i praktičnost stavljaju ovaj uređaj na prvo mjesto u klasi pametnih tlakomjera. [78]



Slika 26. Prikaz rezultata mjerenja krvnog tlaka na Health Mate aplikaciji [78]

4.3. Provedba istraživanja

Provedba istraživanja odrađena je u prostorima dviju bolnica, Specijalna bolnica za plućne bolesti Zagreb i Opća bolnica Zabok i bolnica hrvatskih veterana, kao što je već navedeno. U ovom dijelu poglavlja prikazani su rezultati istraživanja pri mjerenju zdravstvenih parametara kod dvije skupine ispitanika najprije korištenjem profesionalnih medicinskih uređaja koji su predstavljani u radu te potom Withings uređaja koji su također prethodno prezentirani. Rezultati su potom uspoređeni čime je moguće tablično i grafički vidjeti odstupanje rezultata za pojedini mjereni parametar uz komentare i očitavanje liječnika koji su sudjelovali u procesu istraživanja. Na kraju je provedena statistička analiza za parametar s najvećim odstupanjem čime je prezentirano konačno mišljenje o validnosti Withings uređaja za ovaj slučaj tj. za pretpostavku mogu li uređaji biti pouzdani pri praćenju ljudskog zdravlja u odnosu na profesionalne uređaje i tako pomoći korisnicima i medicinskim stručnjacima.

4.3.1. Ispitanici u istraživanju

U ovom istraživanju prisustvovala su dvije skupine sudionika. Naime, prva skupina (skupina 1) su mlađi ispitanici (prosječna dob 30,3 godina) koji su općenito dobrog zdravlja, prosječno fizički aktivni te bez nekih istaknutih dijagnoza bolesti. U skupinu spadaju osobe ženskog i muškog spola, ukupno njih 10. Ovi ispitanici sudjelovali su u mjerenju tjelesne kompozicije u Specijalnoj bolnici za plućne bolesti Zagreb koristeći profesionalnu medicinsku tjelesnu vagu TANITA MC-780MA PLUS te Withings Body Cardio pametnu tjelesnu vagu.

Druga skupina ljudi (skupina 2) sastoji se od 6 ispitanika (podjednako muških i ženskih osoba) u Općoj bolnici Zabok i bolnici hrvatskih veterana. Radi se o patološkoj skupini ispitanika tj. pacijentima koji se liječe na kardiološkom odjelu u spomenutoj bolnici. To su ispitanici starije životne dobi (prosječna dob od 70,1 godine) koji su generalno lošijeg zdravlja, većina njih s komorbiditetima, slabe pokretljivost te s određenim akutnim bolestima ili preboljenim teškim stanjima. Ispitanici su sudjelovali u mjerenju srčanih zdravstvenih parametara tj. snimanje EKG-a, mjerenje krvnog tlaka te srčane frekvencije. Također, ispitanicima je mjerena i zasićenost kisika u krvi, SpO₂. Mjerenja su se najprije provela pomoću profesionalnih medicinskih uređaja (tlakomjer OMRON M6 AC, pulsni oksimetar Beurer PO 35, elektrokardiograf Mindray BeneHeart R12) te potom koristeći Withingsove pametne uređaje za praćenje zdravlja, odnosno Withings ScanWatch pametni ručni sat te Withings BPM Connect pametni tlakomjer.

Važno je naglasiti da su rezultati mjerenja kod svih ispitanika korišteni isključivo u svrhu ovog istraživanja i nigdje drugdje. Također, osobni podaci se nisu koristili u ovom slučaju te će se sudionici istraživanja stoga navoditi po oznaci Ispitanik (redni broj ispitanika; skupina ispitanika (1 ili 2)). Uz to, prilikom navođenja ispitanika, nadodano je i slovo koje prezentira skupinu uređaja. Stoga slovo „P“ predstavlja profesionalne medicinske uređaje, dok slovo „W“ predstavlja Withings pametne uređaje. Sukladno tome, finalan način označavanja ispitanika u tablicama u nastavku izgleda: Ispitanik (redni broj ispitanika; skupina ispitanika (1 ili 2); vrsta uređaja (P ili W))

Svaka osoba prethodno je upoznata s idejom i svrhom istraživanja te je potpisana pisana privola kojom je potvrđeno da se podaci mjerenja zdravstvenih parametara na obje vrste uređaja mogu koristiti isključivo za potrebe istraživanja diplomskog rada.

Također, potrebno je spomenuti da je ovo istraživanje provedeno u svrhu preliminarne usporedbe Withings i profesionalnih medicinskih uređaja kako bi se dobio generalni dojam sukladnosti rezultata obje vrste uređaja te da za potrebe publikacije i znanstvene validacije rezultata usporedbe uređaja je potrebno provesti istraživanje sa znatno većom skupinom ispitanika prema analizi statističara što za potrebe diplomskog rada nije bilo zadano.

4.3.2. Rezultati mjerenja pomoću profesionalnih medicinskih uređaja

U nastavku ovog dijela poglavlja prikazani su rezultati mjerenja zdravstvenih parametara dobiveni profesionalnim medicinskim uređajima.

Za početak, prikazani su rezultati prve skupine ispitanika koji su mjerili tjelesnu kompoziciju pomoću tjelesne vage TANITA MC-780MA PLUS uz pomoć i očitavanje rezultata od strane liječnika specijaliste interne medicine i medicinske sestre. Ispitanici su navedeni po principu Ispitanik (redni broj ispitanika; skupina ispitanika 1; vrsta uređaja P).

Tablica 6. Rezultati mjerenja tjelesne kompozicije profesionalnom tjelesnom vagom

Parametri Ispitanici	Tjelesna masa (kg)	Indeks tjelesne mase (BMI)	% Tjelesne masti	% Vode u tijelu	Mišićna masa (kg)	Koštana masa (kg)
Ispitanik (1;1;P)	86,3	24,4	20,2	56,1	65,5	3,4
Ispitanik (2;1;P)	84,5	24,4	18,7	59,5	65,3	3,4
Ispitanik (3;1;P)	61,6	20,1	27,4	52,3	42,4	2,3
Ispitanik (4;1;P)	107,7	30,5	27,8	51	74	3,8

Ispitanik (5;1;P)	69,9	22,8	31,5	49,1	45,5	2,4
Ispitanik (6;1;P)	66,2	24,9	31	49,7	43,4	2,3
Ispitanik (7;1;P)	74	25	32	48,6	47,8	2,5
Ispitanik (8;1;P)	52,8	20,1	22	55,7	39,1	2,1
Ispitanik (9;1;P)	66,5	21,2	24,5	54	47,7	2,5
Ispitanik (10;1;P)	61,9	20,4	24,2	54,3	44,5	2,4

Prikazani podaci mjerenja u tablici, prema analizi liječnika, smatraju se prosječno normalnim kada se promatraju preporučene zone vrijednosti parametara tjelesne kompozicije ovisno za dob, spol, metabolizam i fizičke karakteristike ispitanika. Mjerenja su bila vrlo brza i jednostavna, a rezultati mjerenja bili su prezentirani u obliku prethodno prikazanog izvještaja koji liječnici s lakoćom interpretiraju.

Nakon prikaza rezultata mjerenja tjelesne kompozicije ispitanika prve skupine pomoću profesionalnog medicinskog uređaja, u nastavku su prikazani rezultati mjerenja drugih zdravstvenih parametara (krvni tlak, srčani ritam i frekvencija, SpO2 saturacija) ispitanika druge skupine pomoću već prezentiranih profesionalnih medicinskih uređaja uz sudjelovanje liječnika specijalista interne medicine i subspecijalista kardiologije te medicinskih sestara.

Rezultati mjerenja krvnog tlaka pomoću uređaja OMRON M6 AC prikazani su u Tablica 7. Ispitanici su navedeni po principu Ispitanik (redni broj ispitanika; skupina ispitanika 2; vrsta uređaja P).

Tablica 7. Rezultati mjerenja krvnog tlaka profesionalnim tlakomjerom

Ispitanici	Krvni tlak (mmHg)
Ispitanik (1;2;P)	105/65
Ispitanik (2;2;P)	130/70
Ispitanik (3;2;P)	110/70
Ispitanik (4;2;P)	120/55
Ispitanik (5;2;P)	130/60
Ispitanik (6;2;P)	145/80

Optimalna vrijednost krvnog tlaka kod zdravih osoba smatra se između 90/60 mmHg i 120/80 mmHg. Mjerenja su bila vrlo brza i jednostavna, a podaci mjerenja bili su jednostavni za interpretaciju stručnom osoblju.

U Tablica 8 prikazani su rezultati mjerenja srčane frekvencije i ritma. Mjerenja su provedena na 12-kanalnom elektrokardiografu Mindray BeneHeart R12. Ispitanici su navedeni po principu Ispitanik (redni broj ispitanika; skupina ispitanika 2; vrsta uređaja P).

Tablica 8. Rezultati mjerenja srčane frekvencije i ritma profesionalnim EKG-om

Ispitanici	Srčana frekvencija (otkucaji po minuti)	Srčani ritam (očitanje ritma)
Ispitanik (1;2;P)	94	Fibrilacija atrijska
Ispitanik (2;2;P)	60	Sinus ritam

Ispitanik (3;2;P)	65	Sinus ritam
Ispitanik (4;2;P)	41	Sinus ritam
Ispitanik (5;2;P)	71	Sinus ritam
Ispitanik (6;2;P)	57	Sinus ritam

Sinus ritam smatra se normalnim srčanim ritmom dok je fibrilacija atrijska najčešća vrsta aritmije koja se javlja kod kardioloških bolesnika. Mjerenja su provele medicinske sestre na odjelu, a parametri su očitani od strane subspecijalista kardiologije koji je nadzirao cijeli proces i na kraju napravio analizu mjerenja.

Posljednji profesionalni uređaj koji je korišten za mjerenje zasićenosti kisika u krvi tj. SpO₂ saturacije bio je Beurer PO 35. Rezultati mjerenja prikazani su u tablici u nastavku. Ispitanici su navedeni po principu Ispitanik (redni broj ispitanika; skupina ispitanika 2; vrsta uređaja P).

Tablica 9. Rezultati mjerenja SpO₂ profesionalnim pulsним oksimetrom

Ispitanici	SpO ₂ (%)
Ispitanik (1;2;P)	98
Ispitanik (2;2;P)	93
Ispitanik (3;2;P)	99
Ispitanik (4;2;P)	91
Ispitanik (5;2;P)	98
Ispitanik (6;2;P)	96

Normalne vrijednosti SpO₂ smatraju se od 95% do 100%. Sve ispod 95% smatra se ispod prosjeka, dok uzastopni rezultati ispod 90% saturacije zahtijevaju intervenciju liječnika i medicinskog osoblja radi potencijalno za život ugrožene situacije. Mjerenja su bila brza i

efikasna zahvaljujući jednostavnosti i naprednim tehničkim karakteristikama uređaja, koji je omogućio stručnjacima da s lakoćom i preciznošću izvrše potrebna mjerenja.

4.3.3. Rezultati mjerenja pomoću Withings uređaja

Ovaj dio poglavlja obuhvaća rezultate mjerenja zdravstvenih parametara dobivenih korištenjem Withings pametnih uređaja.

U startu, kao i u prethodnoj sekciji, prikazani su rezultati prve skupine ispitanika (skupina 1) koji su mjerili tjelesnu kompoziciju. Drugo mjerenje nakon profesionalne tjelesne vage bilo je korištenje pametne tjelesne vage Withings Body Cardio. Mjerenje ispitanika napravljeno je pod nadzorom stručnog osoblja, specijaliste interne medicine i medicinske sestre koji su kasnije i provjerili ispravnost rezultata. Ispitanici su navedeni po principu Ispitanik (redni broj ispitanika; skupina ispitanika 1; vrsta uređaja W).

Tablica 10. Rezultati mjerenja tjelesne kompozicije pametnom tjelesnom vagom

Parametri Ispitanici	Tjelesna masa (kg)	Indeks tjelesne mase (BMI)	% Tjelesne masti	% Vode u tijelu	Mišićna masa (kg)	Koštana masa (kg)
Ispitanik (1;1;W)	87,3	24,7	19,2	54,3	67	3,5
Ispitanik (2;1;W)	85,5	24,2	14,4	58,9	69,5	3,7
Ispitanik (3;1;W)	62,2	20,3	27,2	51,1	43	2,3
Ispitanik (4;1;W)	107,5	30,4	29,7	49,2	72	3,7

Ispitanik (5;1;W)	70,9	23,1	30,5	47,3	47	2,5
Ispitanik (6;1;W)	67,2	24,7	26,7	49	47,6	2,6
Ispitanik (7;1;W)	73,8	24,9	33,9	46,8	45,8	2,4
Ispitanik (8;1;W)	53,4	20,3	21,8	54,5	39,7	2,1
Ispitanik (9;1;W)	67,5	21	20,2	53,4	51,9	2,8
Ispitanik (10;1;W)	62,5	20,6	24	53,1	45,1	2,4

Prikazani podaci mjerenja u tablici, kao i kod profesionalne vage, prema analizi liječnika smatraju se prosječno normalnim kada se promatraju preporučene zone vrijednosti parametara tjelesne kompozicije ovisno za dob, spol, metabolizam i fizičke karakteristike ispitanika. Mjerenja su također bila brza i jednostavna, osim činjenice što je za ovaj slučaj bilo potrebno u Withingsovu aplikaciju tj. bazu podataka upisati osnovne tjelesne parametre ispitanika kako bi uređaj mogao sam prepoznati koja osoba provodi mjerenje u tome trenutku. Rezultati mjerenja prezentirani su u obliku prethodno prikazanog izvještaja tj. vidljivi su na kreiranom profilu ispitanika u aplikaciji gdje se prikazuju i sinkroniziraju rezultati mjerenja u stvarnom vremenu. Stručno osoblje zbog preglednog izvještaja je također s lakoćom interpretiralo rezultate mjerenja.

Nakon prikaza rezultata mjerenja tjelesne kompozicije ispitanika prve skupine pomoću Withings pametne tjelesne vage, u nastavku su prikazani rezultati mjerenja drugih zdravstvenih parametara (krvni tlak, srčani ritam i frekvencija, SpO2 saturacija) ispitanika

druge skupine koji su mjerenja napravili pomoću Withings pametnih uređaja, točnije Withings ScanWatcha – pametni sat te Withings BPM Connecta – pametni tlakomjer. Pomoću sata provedeno je mjerenje srčane frekvencije, srčanog ritma i saturacije kisika (SpO2), dok je s druge strane mjerenje krvnog tlaka provedeno s pametnim tlakomjerom. U procesu je kao i kod profesionalnih uređaja sudjelovalo stručno medicinsko osoblje tj. liječnik specijalist interne medicine i subspecijalist kardiologije te medicinske sestre.

Rezultati mjerenja krvnog tlaka pomoću uređaja Withings BPM Connect prikazani su u tablici u nastavku. Ispitanici su navedeni po principu Ispitanik (redni broj ispitanika; skupina ispitanika 2; vrsta uređaja W).

Tablica 11. Rezultati mjerenja krvnog tlaka pametnim tlakomjerom

Ispitanici	Krvni tlak (mmHg)
Ispitanik (1;2;W)	109/71
Ispitanik (2;2;W)	121/71
Ispitanik (3;2;W)	108/75
Ispitanik (4;2;W)	128/67
Ispitanik (5;2;W)	129/70
Ispitanik (6;2;W)	142/87

Optimalna vrijednost krvnog tlaka kod zdravih osoba smatra se između 90/60 mmHg i 120/80 mmHg. Mjerenja su bila vrlo brza i jednostavna, a podaci mjerenja bili su jednostavni za interpretaciju stručnom osoblju. Prednost ovog tlakomjera je u tome što podaci ostaju spremljeni na aplikaciji te u svakom trenutku korisnik i liječnik mogu pregledati historijski rezultate mjerenja i time dobiti dodatnu vrijednost u praćenju zdravlja srca.

U sljedećoj tablici prikazani su rezultati mjerenja srčane frekvencije i ritma pomoću pametnog sata Withings ScanWatch. Za razliku od profesionalnog uređaja koji snima 12-kanalni EKG, u ovom slučaju sat snima 1-kanalni EKG koristeći 3 senzora za snimanje ritma i frekvencije

srca. Ispitanici su navedeni po principu Ispitanik (redni broj ispitanika; skupina ispitanika 2; vrsta uređaja W).

Tablica 12. Rezultati mjerenja srčane frekvencije i ritma pametnim satom

Ispitanici	Srčana frekvencija (otkucaji po minuti)	Srčani ritam (očitanje ritma)
Ispitanik (1;2;W)	98	Fibrilacija atriya
Ispitanik (2;2;W)	68	Sinus ritam
Ispitanik (3;2;W)	67	Sinus ritam
Ispitanik (4;2;W)	43	Neadekvatan rezultat (tremor ispitanika)
Ispitanik (5;2;W)	76	Sinus ritam
Ispitanik (6;2;W)	64	Sinus ritam

Sinus ritam smatra se normalnim srčanim ritmom dok je fibrilacija atriya najčešća vrsta aritmije koja se javlja kod kardioloških bolesnika. U ovom dijelu istraživanja važno je navesti slučaj koji se dogodio s Ispitanikom (4;2;W) koji pati od teškog simptoma tremora tj. drhtanja ruku. Tremor je znatno utjecao na mjereni signal srčanog ritma te se rezultat prema analizi specijalista kardiologije nije mogao ispravno interpretirati. Samim time, može se zaključiti da je u pojedinim slučajevima kada se radi o osobi starije životne dobi s težim komorbiditetima i općenito lošeg zdravstvenog stanja, teže provesti mjerenje s pametnim satom nego kada se koristi profesionalna medicinska oprema. Ostala mjerenja ScanWatch je uredno odradio te prikazao relevantne rezultate koje je stručno osoblje bez problema očitalo. Prednost je ponovno u činjenici da se rezultati spremaju na oblak i dostupni su u svakom trenutku na aplikaciji korisniku i liječniku za analizu i intervenciju prema potrebi.

Posljednji zdravstveni parametar koji je mjereno pametnim uređajem bio je zasićenost kisika u krvi tj. SpO2 saturacija. Mjerenje je također provedeno koristeći Withings ScanWatch pametni sat. Rezultati mjerenja prikazani su u tablici u nastavku. Ispitanici su navedeni po principu Ispitanik (redni broj ispitanika; skupina ispitanika 2; vrsta uređaja W).

Tablica 13. Rezultati mjerenja SpO2 pametnim satom

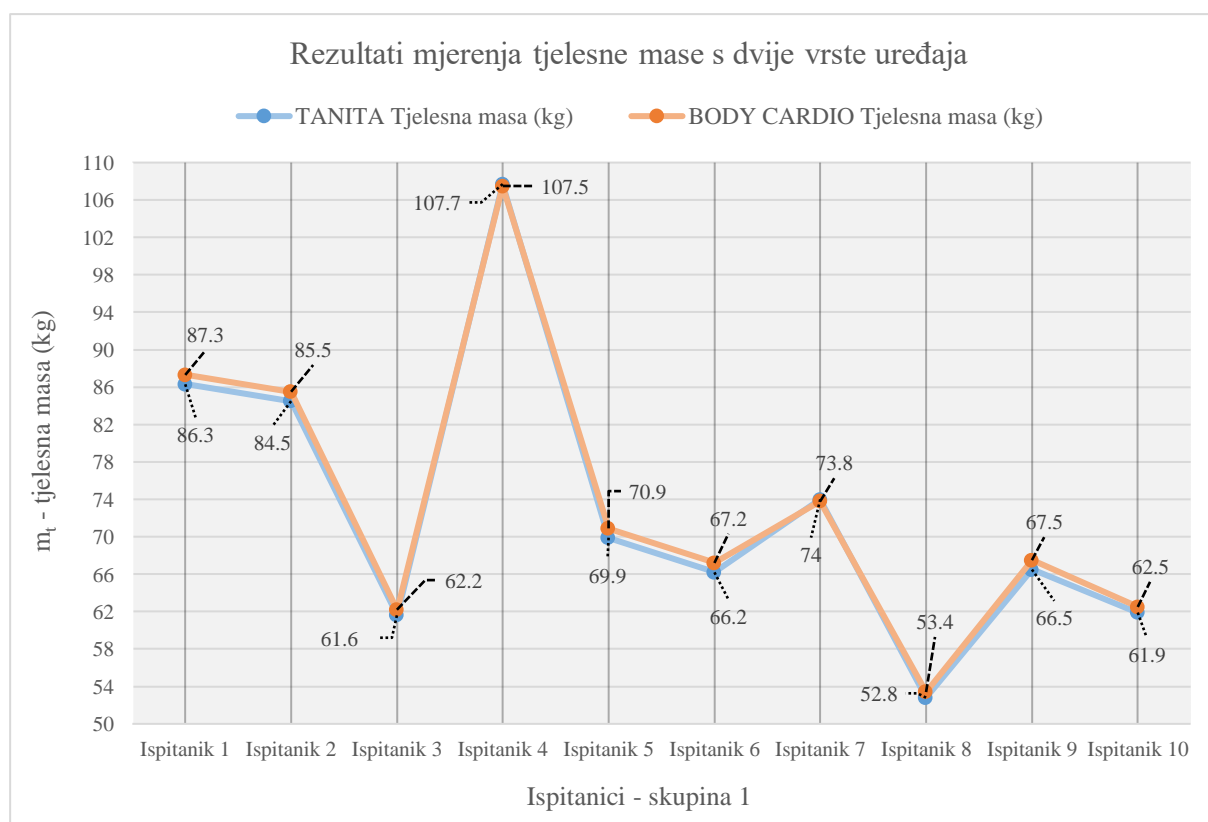
Ispitanici	SpO2 (%)
Ispitanik (1;2;W)	98
Ispitanik (2;2;W)	94
Ispitanik (3;2;W)	99
Ispitanik (4;2;W)	97
Ispitanik (5;2;W)	99
Ispitanik (6;2;W)	96

Normalne vrijednosti SpO2 smatraju se od 95% do 100%. Sve ispod 95% smatra se ispod prosjeka, dok uzastopni rezultati ispod 90% saturacije zahtijevaju intervenciju liječnika i medicinskog osoblja radi potencijalno za život ugrožene situacije. Ovdje je važno naglasiti slučaj kod Ispitanika (4;2;W) prilikom mjerenja saturacije kisika. Naime, zbog posljedice tremora tj. drhtanja ruku rezultati prvih nekoliko mjerenja nisu bili generirani sve do 3. pokušaja mjerenja. Stoga se rezultat koji je prikazan u tablicama treba uzeti sa skepticizmom zbog posljedice tremora. Ponovno, može se zaključiti da u pojedinim slučajevima ovaj način mjerenja zdravstvenih parametara nije idealan kada se radi o osobi starije životne dobi s težim komorbiditetima i općenito lošeg zdravstvenog stanja te da je za adekvatne rezultate potrebno provesti mjerenje profesionalnim instrumentima. Ostala mjerenja ScanWatch je uredno odradio te prikazao relevantne rezultate koje je stručno osoblje bez problema očitao. Prednost je ponovno u činjenici da se rezultati spremaju na oblak i dostupni su u svakom trenutku na aplikaciji korisniku i liječniku za analizu i intervenciju prema potrebi.

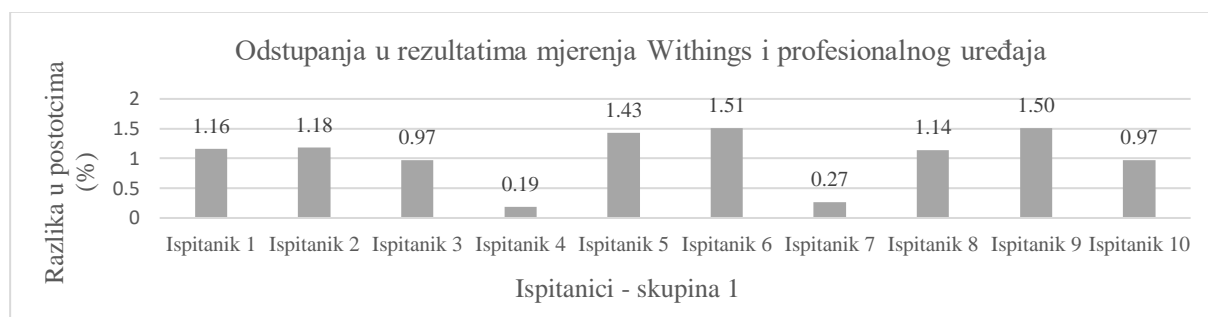
4.3.4. Usporedba i analiza rezultata istraživanja

U prethodne dvije sekcije prikazani su rezultati mjerenja kako s profesionalnim tako i s Withings uređajima. Uz prikaz rezultata navedeni su popratni komentari o izvedbi mjerenja te određene zabilježbe koje iz procesa. U nastavku ove sekcije uspoređena su mjerenja između dvije vrste uređaja, ovisno o skupini ispitanika (skupina 1 ili skupina 2) te o zdravstvenom parametru koji se mjerio.

Tjelesna kompozicija

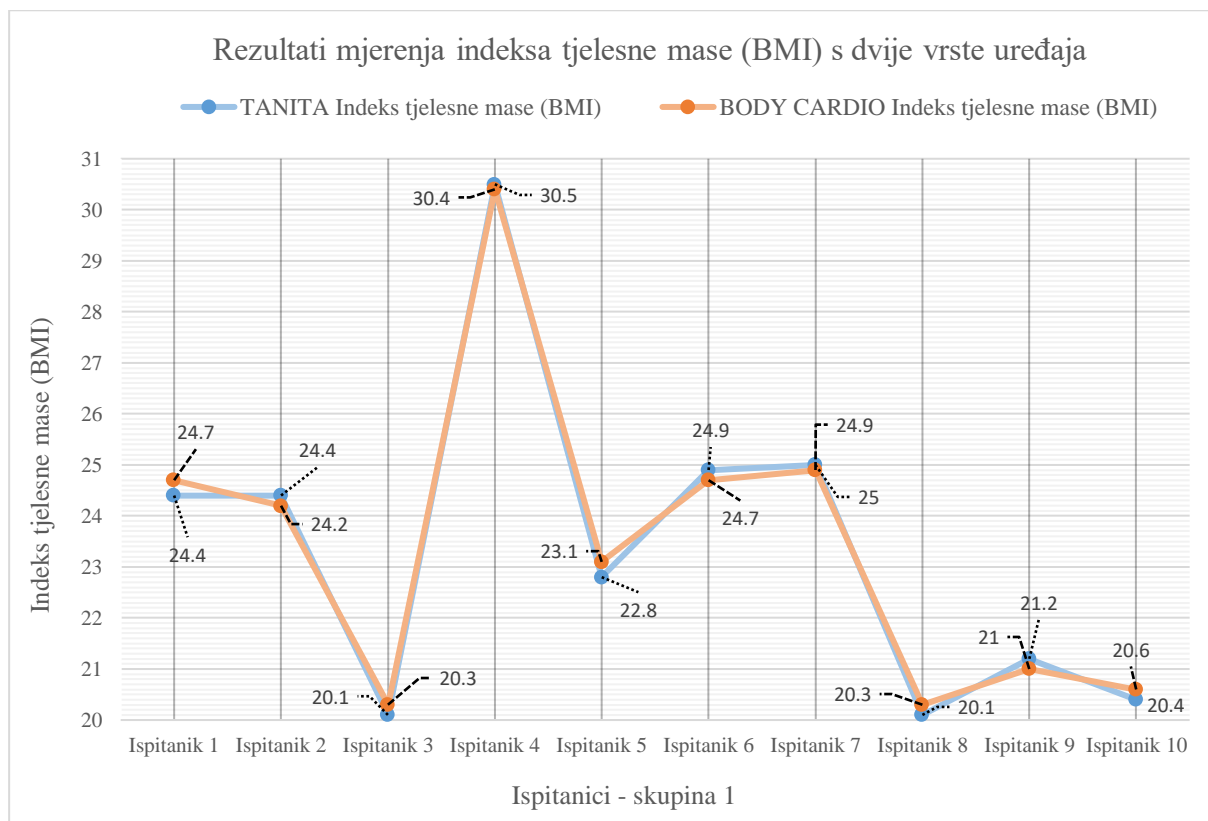


Slika 27. Grafički prikaz rezultata mjerenja tjelesne mase s dvije vrste uređaja

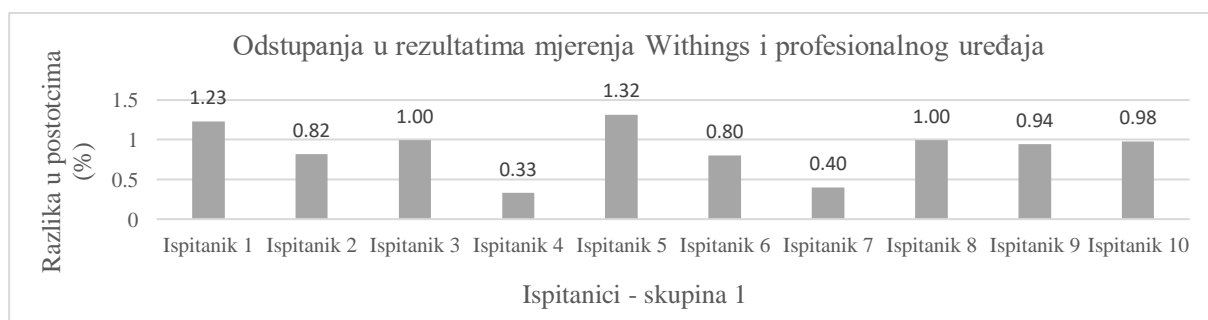


Slika 28. Odstupanja u rezultatima mjerenja tjelesne mase izraženo u postotcima

Analiza: Iz grafičkog prikaza na Slika 27 može se zaključiti da su rezultati mjerenja kontinuirano usklađeni između uređaja počevši od mjerenja prvog ispitanika pa sve do posljednjeg iz prve skupine. Na stupićastom grafu vidljiva je razlika u mjerenju kada se uspoređuju oba uređaja koja je izražena u postotcima. Razlike su vrlo male kod svakog mjerenja tj. ispitanika te prosječna razlika iznosi 1,03%. Može se zaključiti da Withings tjelesna vaga pokazuje pouzdanost pri mjerenju tjelesne mase.



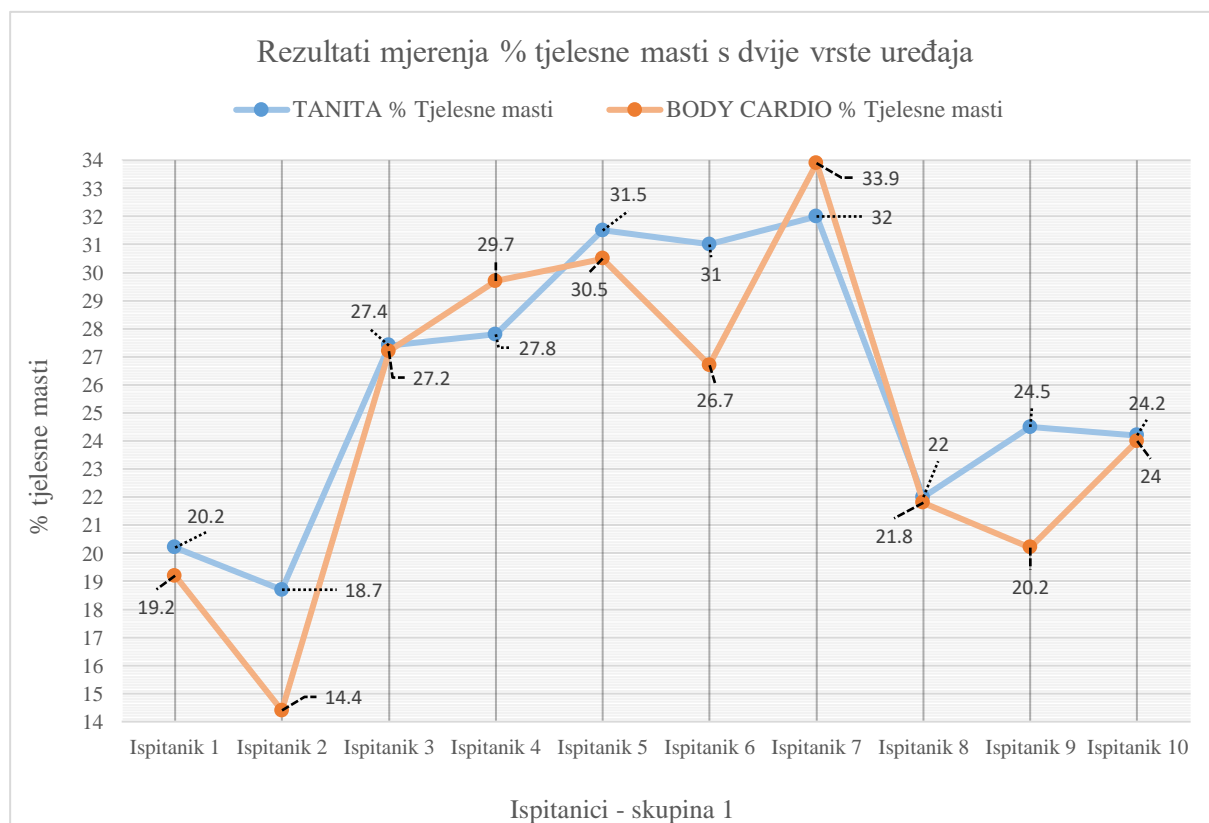
Slika 29. Grafički prikaz rezultata mjerenja BMI-a s dvije vrste uređaja



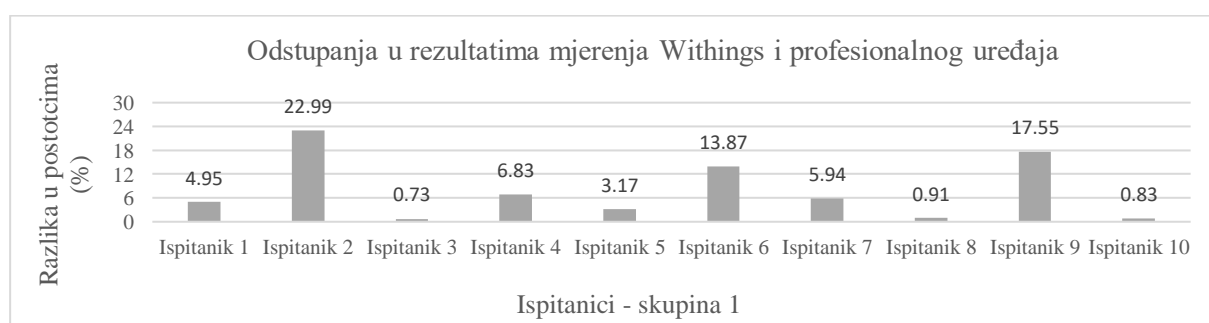
Slika 30. Odstupanja u rezultatima mjerenja BMI-a izraženo u postotcima

Analiza: Iz grafičkog prikaza na Slika 29 može se zaključiti da su rezultati mjerenja kontinuirano usklađeni između uređaja počevši od mjerenja prvog ispitanika pa sve do

posljednjeg iz prve skupine. Na stupićastom grafu vidljiva je razlika u mjerenju kada se uspoređuju oba uređaja koja je izražena u postotcima. Razlike su vrlo male kod svakog mjerenja tj. ispitanika te prosječna razlika iznosi 0,88%. Može se zaključiti da Withings tjelesna vaga pokazuje pouzdanost pri mjerenju indeksa tjelesne mase tj. BMI-a.



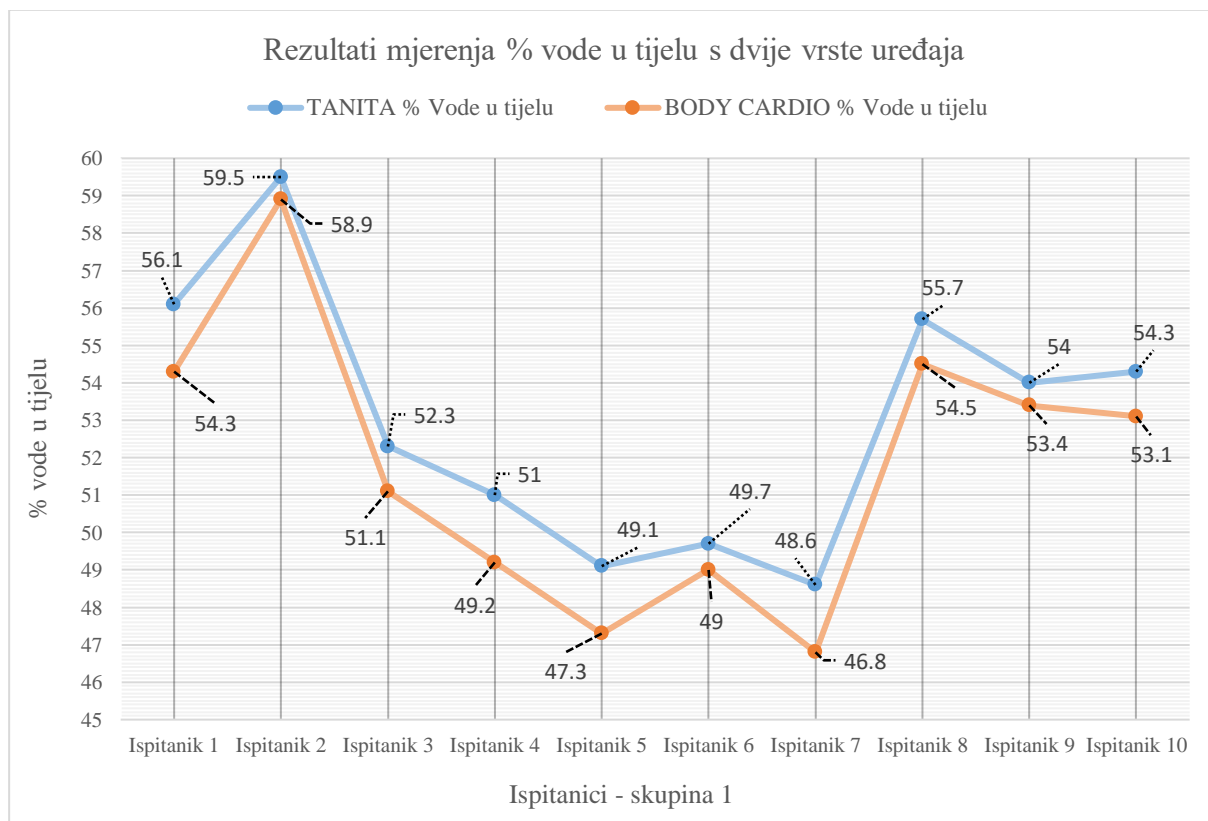
Slika 31. Grafički prikaz rezultata mjerenja % tjelesne masti s dvije vrste uređaja



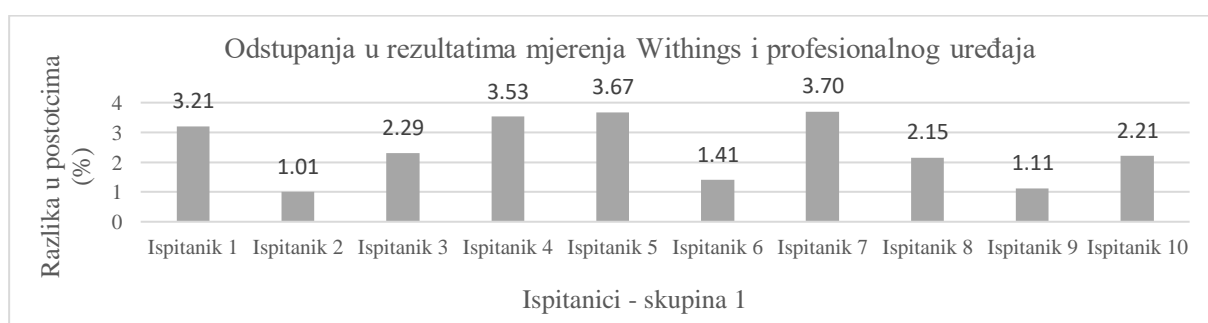
Slika 32. Odstupanja u rezultatima mjerenja % tjelesne masti izraženo u postotcima

Analiza: U odnosu na prethodna dva parametra tjelesne kompozicije, kod mjerenja postotka tjelesne masti primjećuju se nešto veća odstupanja u rezultatima. Iz grafičkog prikaza na Slika 32 vidljivo je da su razlike kod nekih ispitanika, kada se uspoređuju oba uređaja, gotovo zanemarive. S druge strane kod Ispitanika 2, 6 i 9 vidljiva su odstupanja sve do 23% u

najvišem slučaju. Sve razlike tj. odstupanja za pojedinog ispitanika su prikazana na stupićastom grafu. Prosječna razlika za ovaj slučaj iznosi 7,77%. Prema analizi liječnika i zbog kompleksnosti mjerenja i ovaj rezultat za Body Cardio je prolazan te bi na većem uzorku ispitanika sigurno bio još i bolji.



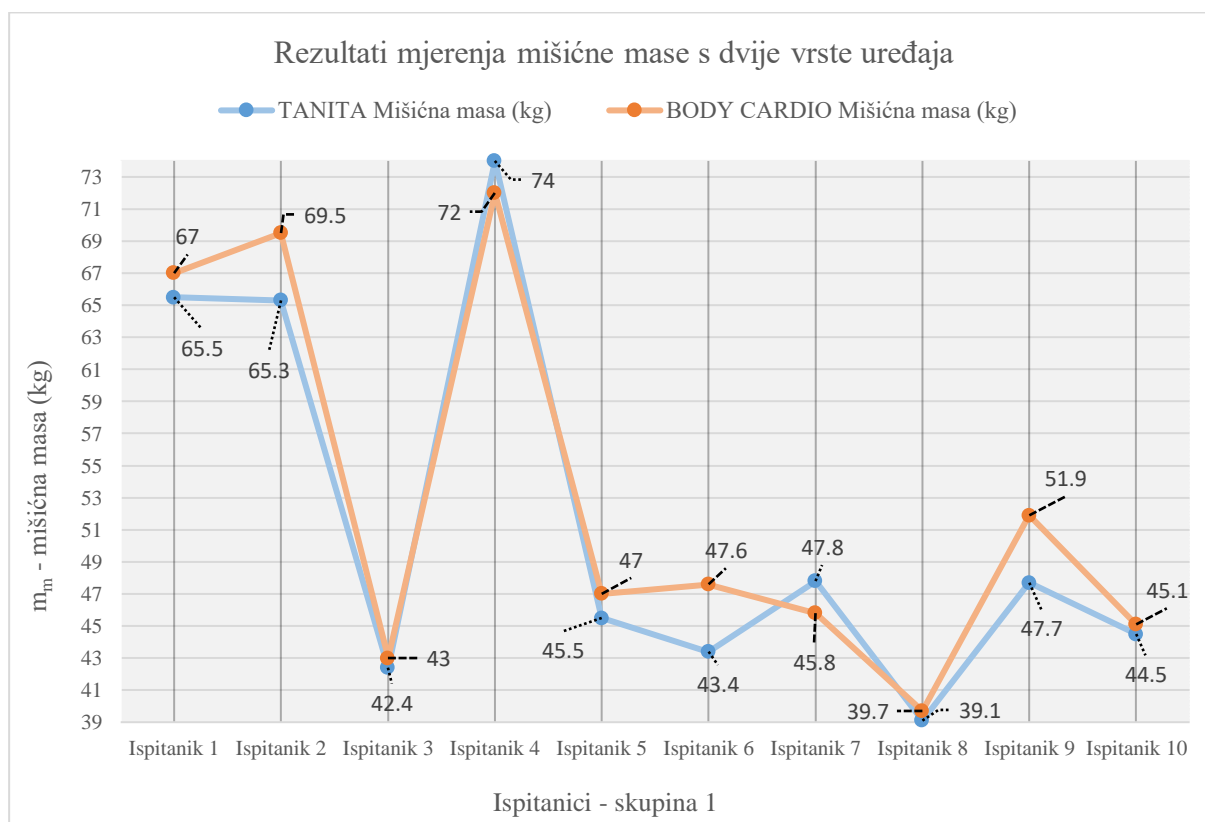
Slika 33. Grafički prikaz rezultata mjerenja % vode u tijelu s dvije vrste uređaja



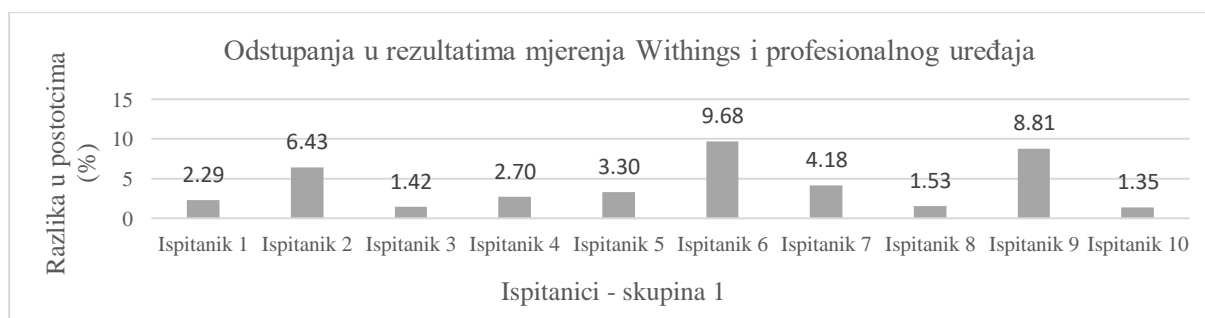
Slika 34. Odstupanja u rezultatima mjerenja % vode u tijelu izraženo u postotcima

Analiza: Iz grafičkog prikaza na Slika 34 može se zaključiti da su rezultati uređaja relativno usklađeni s najvećim odstupanjem od 3,7% kod Ispitanika 7 što je vidljivo na stupićastom grafu na Slika 34. Prosječna razlika iznosi 2,43%. Prema očitavanju stručnog osoblja ovaj rezultat je odličan kada je u pitanju mjerenje % vode u tijelu. S obzirom na razliku u

kompleksnosti profesionalnog i Withings uređaja te ovaj rezultat, može se zaključiti da je Body Cardio vaga vrlo pouzdana pri mjerenju % vode u tijelu.

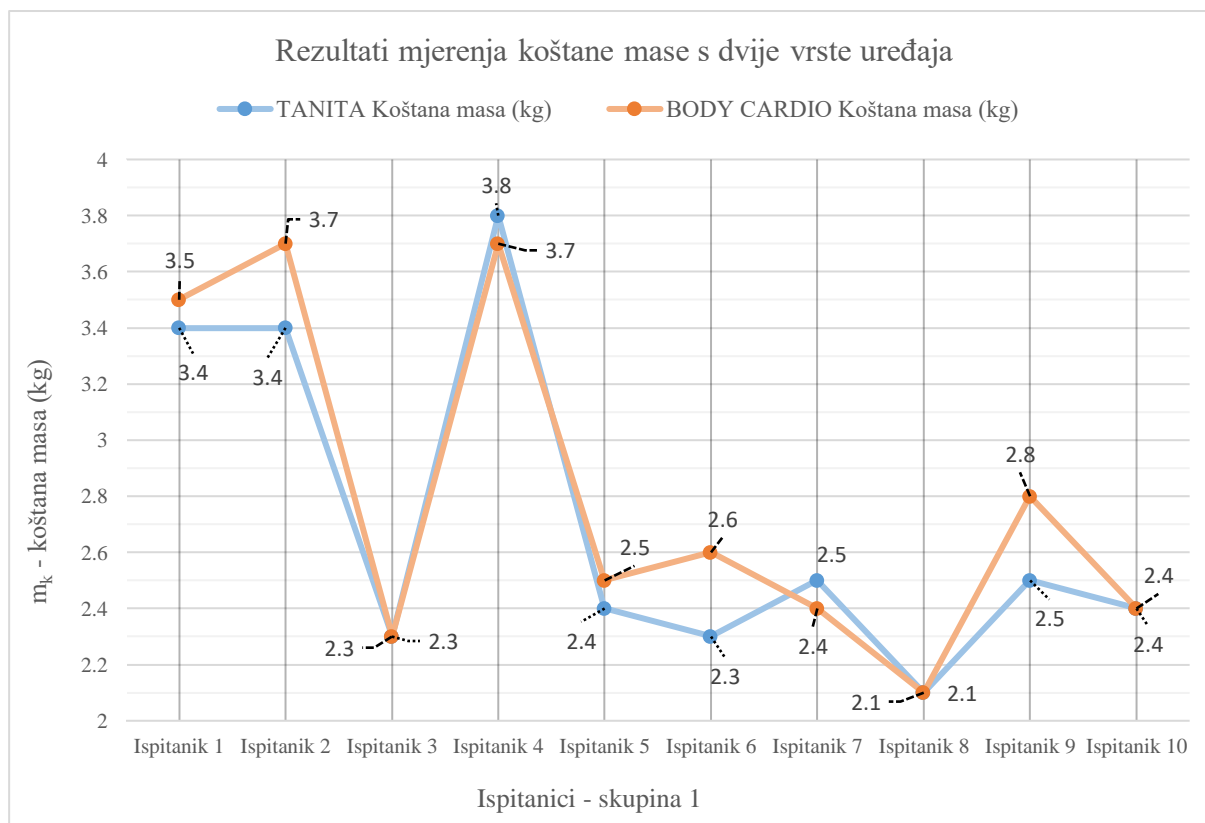


Slika 35. Grafički prikaz rezultata mjerenja mišićne mase s dvije vrste uređaja

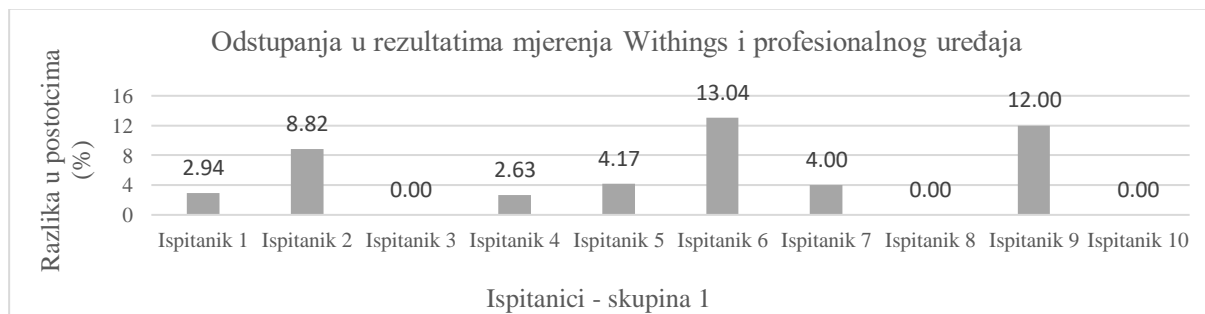


Slika 36. Odstupanja u rezultatima mjerenja mišićne mase izraženo u postotcima

Analiza: Kada je u pitanju mjerenje mišićne mase, iz grafičkog prikaza na Slika 36 može se vidjeti da su uglavnom odstupanja vrlo mala (< 5%). Međutim, kod tri ispitanika su razlike pri mjerenju s dva različita uređaja nešto veće s odstupanjem do skoro 10%. Prosječna razlika u rezultatima uređaja iznosi 4,17% što je vrlo prihvatljiv rezultat prema riječima stručnjaka. Može se zaključiti da Withings vaga pokazuje pouzdanost pri mjerenju mišićne mase.

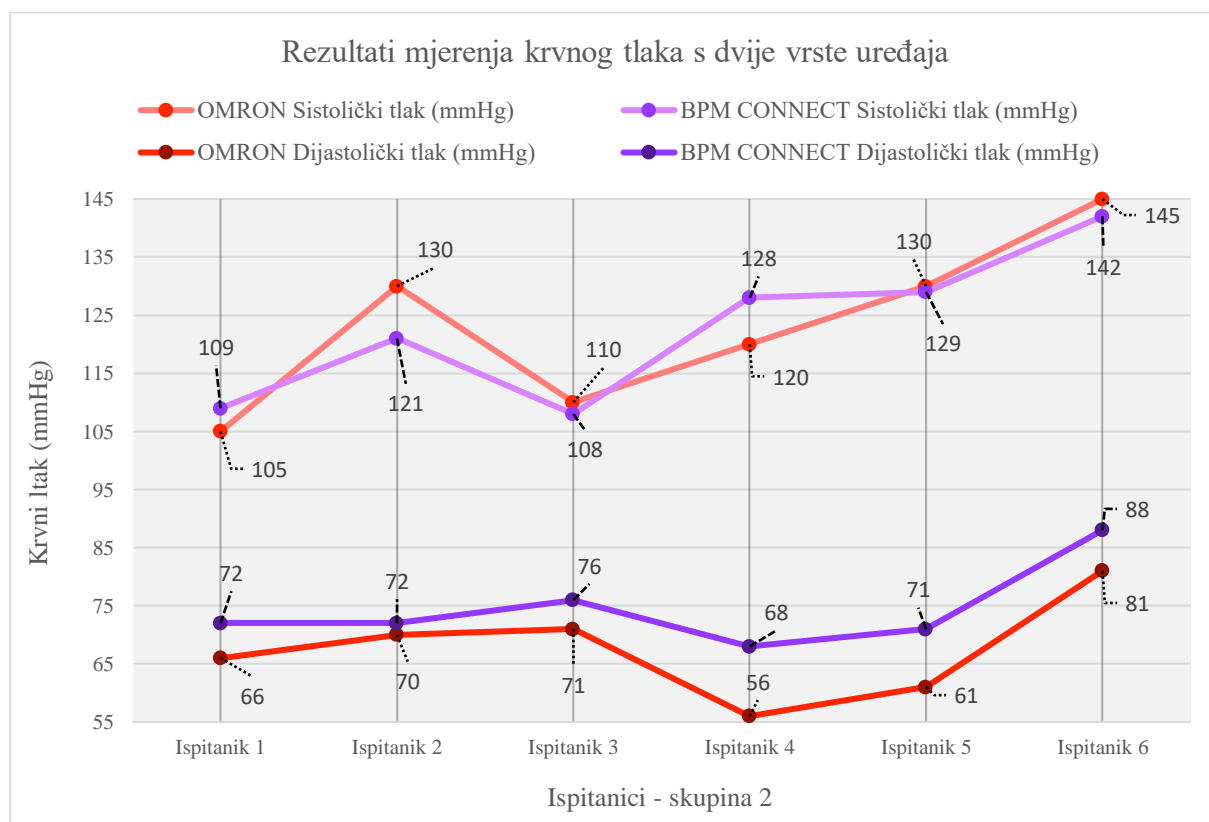


Slika 37. Grafički prikaz rezultata mjerenja koštane mase s dvije vrste uređaja

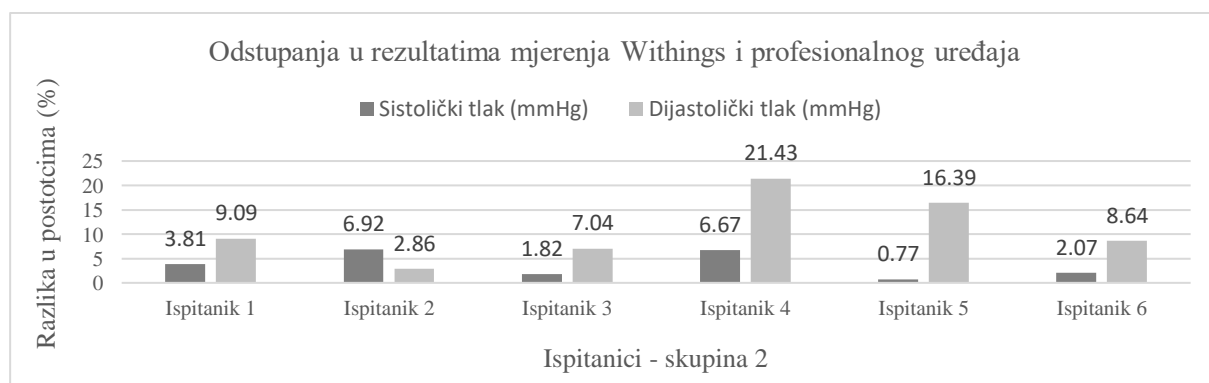


Slika 38. Odstupanja u rezultatima mjerenja koštane mase izraženo u postotcima

Analiza: Slično kao i kod rezultata mišićne mase, u slučaju mjerenja koštane mase s dva različita uređaja odstupanja su kod većine ispitanika manja od 5%. Iznimka su tri ispitanika čija su odstupanja redom 8,82%, 13,04% i 12%. Prosječna razlika između uređaja kada je u pitanju mjerenje koštane mase iznosi 4,76%. Zaključuje se stoga da je za ovaj parametar tjelesne kompozicije Withings vaga vrlo pouzdana i točna.

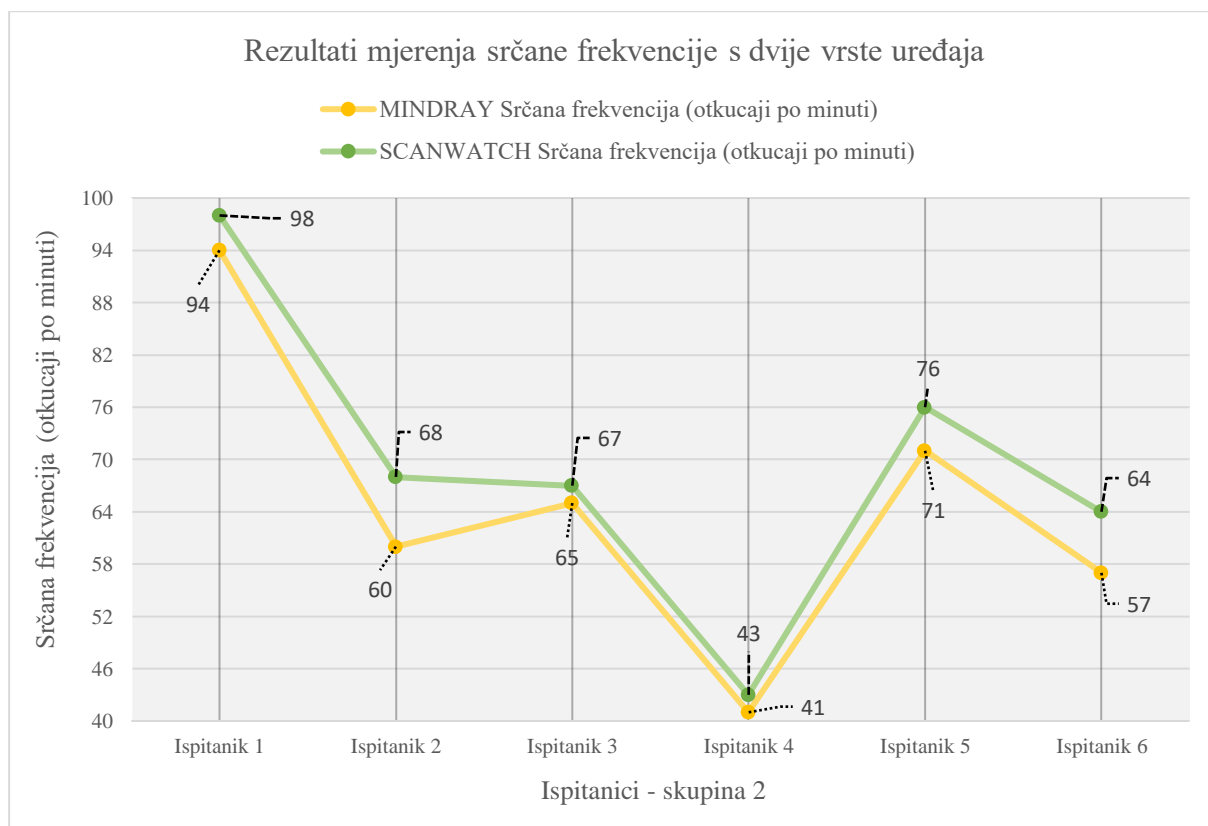
Krvni tlak

Slika 39. Grafički prikaz rezultata mjerenja krvnog tlaka s dvije vrste uređaja

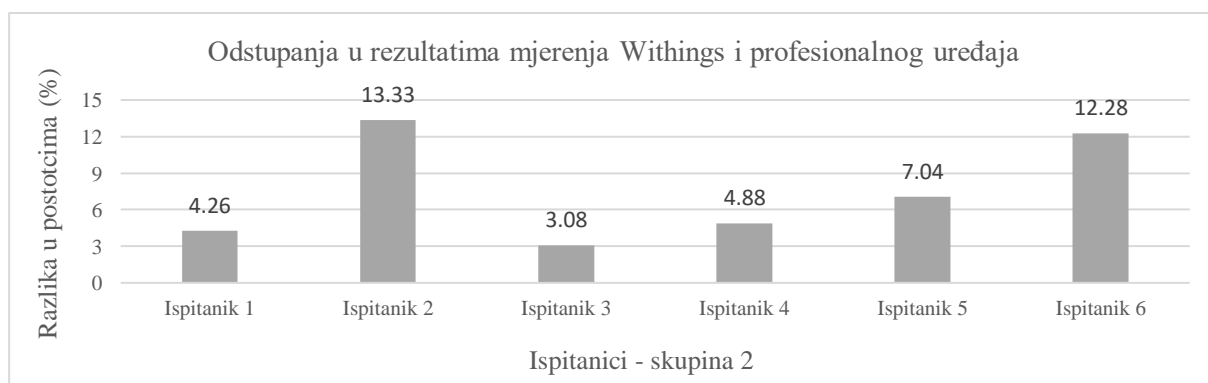


Slika 40. Odstupanja u rezultatima mjerenja krvnog tlaka izraženo u postotcima

Analiza: U ovom slučaju analiza je provedena uzimajući u obzir sistolički i dijastolički tlak kao osnovne parametre za određivanje krvnog tlaka osobe. Pošto je krvni tlak parametar koji je stalno promjenjiv ovisno o fizičkom i psihičkom stanju osobe, rezultati koje je Withings pametni tlakomjer postigao su prema liječnicima vrlo točni i pouzdani. Prosječno odstupanje sistoličkog tlaka između dva uređaja iznosi 3,68% dok dijastoličkog iznosi 10,91%. Uz sve mogućnosti koje posjeduje, BPM Connect je vrhunski izbor pametnog tlakomjera.

Srčani frekvencija

Slika 41. Grafički prikaz rezultata mjerenja srčane frekvencije s dvije vrste uređaja



Slika 42. Odstupanja u rezultatima mjerenja srčane frekvencije izraženo u postotcima

Analiza: Kao što je u analizi rezultata mjerenja krvnog tlaka naglašeno da su rezultati promjenjivi, kod srčane frekvencije je to još više izraženo. S obzirom na tu činjenicu, rezultati koje je postigao Withings ScanWatch su vrlo pouzdani i točni s prosječnim odstupanjem od 7,48%. Kvalitetu ovog pametnog sata, kada je u pitanju mjerenje srčane frekvencije, potvrdili su i medicinski stručnjaci uključeni u istraživanje.

Srčani ritam

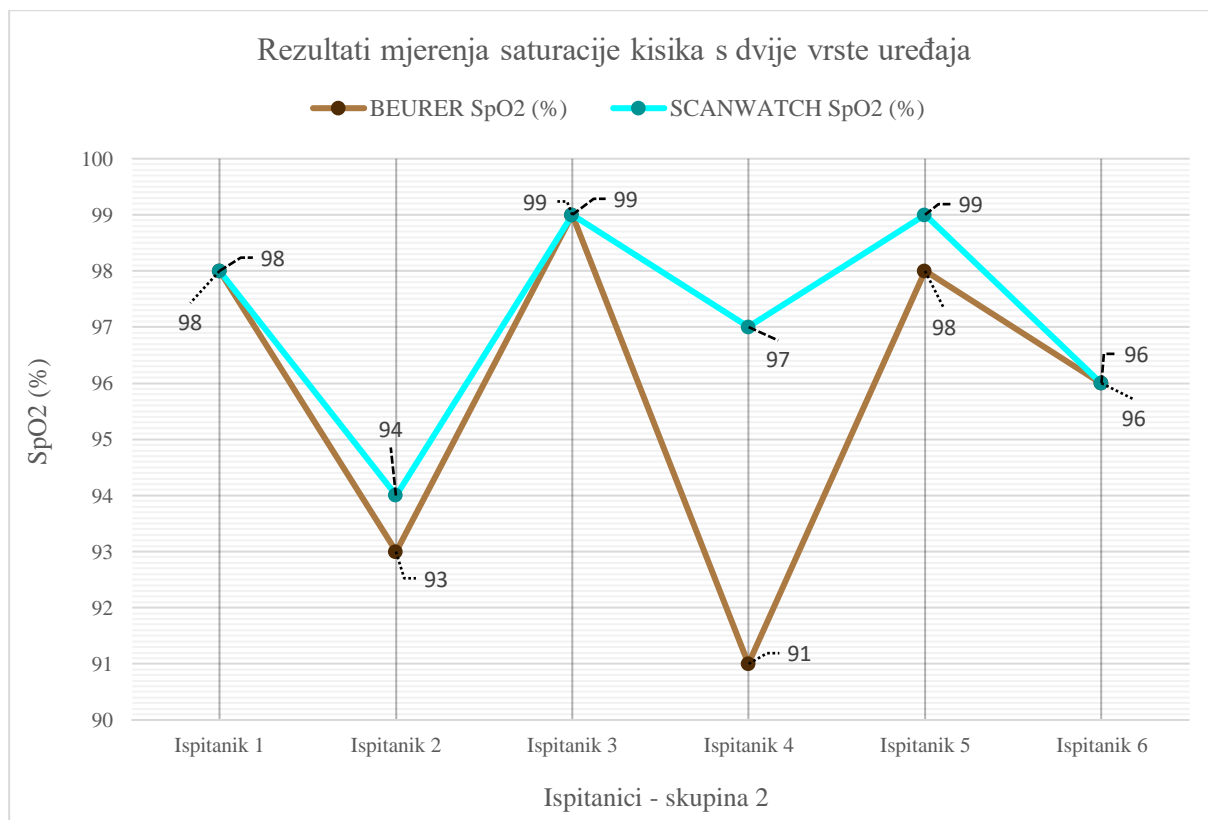
Za usporedbu rezultata mjerenja srčanog ritma pomoću profesionalnog 12-kanalnog elektrokardiografa Mindray BeneHeart R12 te pametnog sata Withings ScanWatch koji ima mogućnost 1-kanalnog snimanja EKG-a prikazana je u nastavku Tablica 14.

Tablica 14. Usporedba rezultata snimanja srčanog ritma s dva tipa uređaja

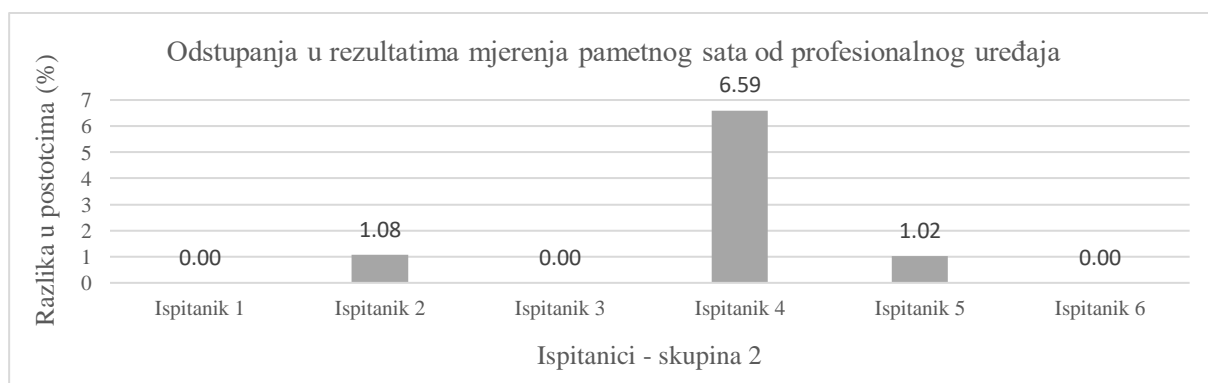
ISPITANICI (skupina 2)	MINDRAY BENEHEART R12	WITHINGS SCANWATCH
Ispitanik 1	Fibrilacija atrijska	Fibrilacija atrijska
Ispitanik 2	Sinus ritam	Sinus ritam
Ispitanik 3	Sinus ritam	Sinus ritam
Ispitanik 4	Sinus ritam	Neadekvatan rezultat (tremor)
Ispitanik 5	Sinus ritam	Sinus ritam
Ispitanik 6	Sinus ritam	Sinus ritam

Iz prikazanih rezultata može se zaključiti da je pametni sat uspješno prepoznao vrstu srčanog ritma usprkos tome što se radi o patološkoj skupini ispitanika koji su hospitalizirani na kardiološkom odjelu te je jedan od njih u vremenu mjerenja bio na posebnom promatranju zbog nedavnog infarkta miokarda. Uspješno je prepoznata fibrilacija atrijska kod Ispitanika 1 te normalni sinus ritam kod ostalih ispitanika.

Iznimka u rezultatima je kod mjerenja srčanog ritma Ispitanika 4 s pametnim satom gdje je, zbog izrazitog tremora tj. drhtanja ruku ispitanika, EKG bio nepotpun te ga liječnik nije mogao interpretirati na ispravan način. To je pokazatelj da se ovaj pametni uređaj ipak ne može u potpunosti usporediti s profesionalnim medicinskim uređajem kada je u pitanju dijagnostika, ali je s druge strane adekvatan za općenito praćenje svakodnevnog zdravlja srca što potvrđuje i medicinsko osoblje uključeno u ovo istraživanje.

Zasićenost kisika u krvi (SpO2)

Slika 43. Grafički prikaz rezultata mjerenja SpO2 s dvije vrste uređaja



Slika 44. Odstupanja u rezultatima mjerenja SpO2 izraženo u postotcima

Analiza: Posljednji zdravstveni parametar koji je analiziran bila je saturacija ili zasićenje kisika u krvi (SpO2). Usporedno gledajući rezultate oba uređaja može se zaključiti da se Withingsov pametni sat pokazao vrlo pouzdan i točan kod mjerenja SpO2. Tri ispitanika imaju u potpunosti jednake rezultate, dvoje ima sitna odstupanja dok je iznimka Ispitanik 4 kod kojeg je, kao i u slučaju mjerenja srčanog ritma, utjecao tremor na rezultat. Prosječno odstupanje u ovom slučaju iznosi 1,45% što je iznimno dobar rezultat.

4.3.5. Statistička analiza istraživanja

U svrhu donošenja smislenih zaključaka i pouzdanih odluka o rezultatima istraživanja, napravljena je statistička analiza na primjeru zdravstvenog parametra koji bilježi najveće odstupanje pri mjerenju s profesionalnim medicinskim uređajem i pametnim Withings uređajem. Riječ je o mjerenju parametra tjelesne kompozicije (postotak tjelesne masti) kod kojeg Withings uređaj ima prosječno odstupanje od 7,77% u odnosu na mjerenje koje se napravilo s profesionalnog medicinskom tjelesnom vagom TANITA. Provedena je statistička analiza usporedbe dvaju uzoraka kroz t-test usporedbe aritmetičkih sredina dvaju uzoraka te za iste kroz ANOVA – analiza varijance za dva uzorka s jednim utjecajnim faktorom.

t-test koristi se za usporedbu srednjih vrijednosti između dva povezana uzorka, kao što je u ovom slučaju usporedba mjerenja zdravstvenih parametara pomoću dva tipa uređaja. Ovom metodom se utvrđuje postoje li statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti dviju povezanih grupa.

ANOVA je postupak usporedbe više uzoraka pri čemu svaki uzorak predstavlja dio osnovnog skupa (populaciju). Analizom varijance provjeravaju se promjene aritmetičkih sredina uzoraka. U ovom istraživanju uspoređuju se mjerenja zdravstvenog parametra pomoću dva tipa uređaja kao što je već navedeno.

Hipoteza H_0 – nulta hipoteza:

$$\bar{x}_1 \text{ (srednja vrijednost mjerenja BODY CARDIO vagom)} = \bar{x}_2 \text{ (srednja vrijednost mjerenja TANITA vagom)}$$

Hipoteza H_1 – alternativna hipoteza:

$$\bar{x}_1 \text{ (srednja vrijednost mjerenja BODY CARDIO vagom)} \neq \bar{x}_2 \text{ (srednja vrijednost mjerenja TANITA vagom)}$$

Tablica 15. t-test za usporedbu srednjih vrijednosti između dva povezana uzorka

	BODY CARDIO	TANITA
Mean	24,76	25,93
Variance	35,44266667	22,7578889
Observations	10	10
Pearson Correlation	0,92463263	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	9	
t Stat	-1,552413626	
P(T<=t) one-tail	0,077489934	
t Critical one-tail	1,833112933	

P(T<=t) two-tail	0,154979868
t Critical two-tail	2,262157163

Tablica 16. ANOVA s jednim utjecajnim faktorom

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
BODY CARDIO	10	247,6	24,76	35,4426667		
TANITA	10	259,3	25,93	22,7578889		

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	6,8445	1	6,8445	0,23520394	0,63354136	4,41387342
Within Groups	523,805	18	29,1002778			
Total	530,6495	19				

Kako je izračunata vrijednost parametra t značajno manja od tablične vrijednosti parametra t , prihvaća se hipoteza H_0 tj. potvrđuje se da između mjerenja dva tipa uređaja ne postoje značajne razlike. Za isti slučaj, napravljena je i analiza varijance koja je pokazala da je izračunata vrijednost F faktora značajno manja od kritične vrijednosti faktora F što znači da ne postoji razlika između varijanci dvaju uzoraka.

Također, iz ANOVE je vidljivo da P -value iznosi 0,63 zaokruženo na dvije decimale. Pošto alfa iznosi 0,05 te je P -value veći od alfe, hipoteza H_0 je prihvaćena.

Istraživanje stoga potvrđuje da pametni uređaji za praćenje ljudskog zdravlja, u ovom slučaju od tvrtke Withings, mogu biti pouzdani za potrebe mjerenja i analize zdravstvenih parametara kako za korisnike tako i za liječnike i ostalo medicinsko osoblje. Prema analizi liječnika uključenih u ovo istraživanje, Withings pametni uređaji pokazali su svoju inovativnost i kompleksnost koristeći brojne digitalne tehnologije zajedno sa softverskom podrškom, a rezultati istraživanja su bili znatno bolji od njihovih očekivanja. Benefiti koje su liječnici uočili vezani su uz preliminarnu dijagnostiku i mogućnost kontinuiranog praćenja pacijenta *online* putem. Zaključili su da pametni uređaji predstavljaju veliku dodatnu vrijednost kada je u pitanju svakodnevno praćenje zdravlja čovjeka te su se složili da je ovo ispravan pristup koji je potrebno slijediti radi prevencije bolesti i dugotrajnog očuvanja zdravlja pojedinca.

5. ZAKLJUČAK

Diplomski rad na temu *Primjena tehnologija Industrije 4.0 u praćenju ljudskog zdravlja* temelji se na istraživanju utjecaja digitalizacije i digitalnih tehnologija proizašlih iz Industrije 4.0 na praćenje ljudskog zdravlja. Kroz rad je ispitana važnost i učinkovitost tih tehnologija u prevenciji bolesti i promicanju zdravlja, kao i njihova uloga u pravovremenom otkrivanju uzroka bolesti i praćenju zdravstvenog stanja pacijenata. Istraživanje je pokazalo da pametni medicinski uređaji temeljeni na digitalnim tehnologijama mogu biti pouzdani alati za praćenje zdravstvenih parametara.

Uz korištenje digitalnih tehnologija poput Interneta stvari, računalstva u oblaku, senzoričke i strojnog učenja, pametni uređaji omogućuju praćenje ključnih zdravstvenih parametara kao što su krvni tlak, srčana frekvencija i ritam, zasićenost krvi kisikom i tjelesna analiza. Ti uređaji pružaju mogućnost praćenja zdravlja u stvarnom vremenu, olakšavaju rad zdravstvenim stručnjacima i pacijentima omogućuju aktivno sudjelovanje u praćenju vlastitog zdravlja.

Integrativni pristup praćenja ljudskog zdravlja, koji uključuje različite stručnjake poput liječnika, medicinskih sestara, nutricionista, kineziologa i drugih, postaje ključan u ovom procesu. Suradnja između stručnjaka i pacijenata omogućuje bolje rezultate za obje strane, kao što su prevencija bolesti, lakše izlječenje, smanjenje težih oboljenja i smrtnosti te poboljšanje kvalitete života pacijenata.

Navedeno istraživanje potvrđuje hipotezu da pametni uređaji za praćenje zdravlja mogu biti pouzdani alati za mjerenje i analizu zdravstvenih parametara. Rezultati istraživanja pokazali su bliskost rezultata s profesionalnim medicinskim uređajima, uz prihvatljivo odstupanje. Liječnici su prepoznali inovativnost i kompleksnost pametnih uređaja te su istaknuli njihovu dodatnu vrijednost u preliminarnoj dijagnostici i kontinuiranom praćenju pacijenata.

Zaključno, kombinacija pametnih medicinskih uređaja, integrativnog pristupa zdravstvenoj skrbi i aktivnog sudjelovanja pacijenata u procesu omogućuje bolje rezultate liječenja, veću učinkovitost zdravstvenog sustava i poboljšanje kvalitete života pacijenata. Sve veća upotreba digitalnih tehnologija u zdravstvu pokazuje da će one imati ogroman utjecaj na budućnost medicine i brigu o zdravlju čovjeka.

LITERATURA

- [1] https://hr.wikipedia.org/wiki/Uslu%C5%BEne_djelatnosti Pristupljeno: 25.05.2023.
- [2] <https://hr.puntomariner.com/what-is-the-service-industry/> Pristupljeno: 25.05.2023.
- [3] https://www.eizg.hr/userdocsimages/publikacije/knjige/o_zdravstvu_iz_ekonomske_per_spektive.pdf Pristupljeno: 25.05.2023.
- [4] <https://nzjz-split.hr/promicanje-zdravlja-i-prevenicija-bolesti/> Pristupljeno: 25.05.2023.
- [5] https://croatia.representation.ec.europa.eu/news/globalna-strategija-eu-za-zdravlje-i-izvjesce-o-stanju-pripravnosti-za-podrucje-zdravstva-2022-11-30_hr Pristupljeno: 27.05.2023.
- [6] Henna K., Xie B.; *Health Literacy in the eHealth Era: A Systematic Review of the Literature*, Patient Educ Couns.; 100(6):1073-1082.; 2017.
- [7] <https://dunnwithpain.com/what-are-the-different-types-of-healthcare/> Pristupljeno: 28.05.2023.
- [8] <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/conventional-medicine> Pristupljeno: 28.05.2023.
- [9] <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/22835-western-medicine> Pristupljeno: 28.05.2023.
- [10] <https://www.istockphoto.com/photo/male-doctor-holding-different-pill-tablets-in-his-hand-gm1401777579-454907465?phrase=doctor+holding+pills> Pristupljeno: 28.05.2023.
- [11] Che C.-T. et al.; *Chapter 2 - Traditional Medicine*, Pharmacognosy, Academic Press, ISBN 9780128021040, Pages 15-30; 2017.
- [12] <https://www.britannica.com/science/traditional-Chinese-medicine/Herbal-therapy> Pristupljeno: 28.05.2023.
- [13] <https://www.sgu.edu/blog/medical/what-is-preventive-medicine/> Pristupljeno: 29.05.2023.
- [14] Zollman C., Vickers A.; *What is complementary medicine?* BMJ 319(7211):693-6.; 1999.
- [15] Rees L., Weil A.; *Integrated medicine*; BMJ.; 322(7279): 119-20. doi: 10.1136/bmj.322.7279.119. PMID: 11159553; PMCID: PMC1119398.; 2001.

-
- [16] Mukhopadhyay, S. et al.; *Integrative Medicine as "Medicine": A Perspective*; Integrative Medicine Research. 1. 2022. 10.1089/imr.2022.0054; 2022.
- [17] <https://www.floridamedicalclinic.com/blog/5-integrative-medicine-benefits/>
Pristupljeno: 29.05.2023.
- [18] <https://amelioreaesthetics.co.za/integrated-medicine> Pristupljeno: 29.05.2023.
- [19] <https://www.hzjz.hr/sluzba-epidemiologija-prevencija-nezaraznih-bolesti/zdravlje-srca-i-tjelesna-aktivnost/> Pristupljeno: 30.05.2023.
- [20] <https://www.nhs.uk/common-health-questions/lifestyle/what-is-blood-pressure/>
Pristupljeno: 31.05.2023.
- [21] <https://www.plivazdravlje.hr/aktualno/clanak/16063/Krvni-tlak.html> Pristupljeno:
31.05.2023.
- [22] Yiu-Hei, T. et al.; *Dietary modification for prevention and control of high blood pressure*; Postgraduate Medical Journal, DOI: [10.1093/postmj/qgad021](https://doi.org/10.1093/postmj/qgad021); 2023.
- [23] <https://www.shutterstock.com/search/low-blood-pressure> Pristupljeno: 01.06.2023.
- [24] <https://my.clevelandclinic.org/health/diagnostics/17402-pulse--heart-rate> Pristupljeno:
01.06.2023.
- [25] https://www.diffen.com/difference/Heart_Rate_vs_Pulse Pristupljeno: 01.06.2023.
- [26] <https://www.heart.org/en/healthy-living/fitness/fitness-basics/target-heart-rates>
Pristupljeno: 01.06.2023.
- [27] <https://magdalena.hr/pricamo-o-zdravlju/sto-trebate-znati-o-bolestima/aritmije/>
Pristupljeno: 01.06.2023.
- [28] <https://www.webmd.com/heart-disease/atrial-fibrillation/heart-disease-abnormal-heart-rhythm> Pristupljeno: 01.06.2023.
- [29] Istratoaie, S. et al.; *Cardiac rehabilitation after catheter ablation of atrial fibrillation*; BALNEO RESEARCH JOURNAL, Volume: 9, Issue; 3, Page: 335-339; 2018.
- [30] <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/electrocardiogram> Pristupljeno: 01.06.2023.
- [31] <https://www.pexels.com/photo/wavelength-1093161/> Pristupljeno: 01.06.2023.
- [32] Jubran, A.; *Pulse oximetry*; Critical Care 19, 272; 2015.
- [33] Hafen, B.B., Sharma, S.; *Oxygen Saturation*; StatPearls Publishing; 2023.

- [34] Nitzan M., Romem A., Koppel R.; *Pulse oximetry: fundamentals and technology update*; Med Devices (Auckl.); 7:231-9. doi: 10.2147/MDER.S47319. PMID: 25031547; PMCID: PMC4099100.; 2014.
- [35] <https://startup.info/what-is-a-pulse-oximeter/> Pristupljeno: 02.06.2023.
- [36] Treviño-Garza, C.; *On body composition*; Vol. 16. Issue 64., 105-106, 2014.
- [37] <https://health.ucdavis.edu/sports-medicine/resources/body-fat> Pristupljeno: 02.06.2023.
- [38] <https://www.webmd.com/fitness-exercise/what-is-body-composition> Pristupljeno: 02.06.2023.
- [39] Nuttall FQ.; *Body Mass Index: Obesity, BMI, and Health: A Critical Review*; Nutr Today; 50(3):117-128. doi: 10.1097/NT.0000000000000092. Epub 2015 Apr 7. PMID: 27340299; PMCID: PMC4890841.; 2015.
- [40] <https://patient.info/doctor/bmi-calculator-calculator> Pristupljeno: 03.06.2023.
- [41] <https://drkumo.com/parameters-in-drkumo-digital-scale/> Pristupljeno: 03.06.2023.
- [42] <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/bone-mass> Pristupljeno: 03.06.2023.
- [43] Crane-Kramer, G., Buckberry, J.; *Changes in health with the rise of industry*, International Journal of Paleopathology, Volume 40, Pages 99-102, ISSN 1879-9817, <https://doi.org/10.1016/j.ijpp.2022.12.005>.; 2023.
- [44] https://ebrary.net/250311/business_finance/industrial_revolution_growth_hospital Pristupljeno: 04.06.2023.
- [45] Mwanyika, H.; *Digital Health Revolution: Health in the context of the 4th industrial revolution*; 7th East African Health & Scientific Conference; 2019.
- [46] <https://www.britannica.com/topic/The-Fourth-Industrial-Revolution-2119734> Pristupljeno: 04.06.2023.
- [47] Gupta, A., Singh A.; *Healthcare 4.0: recent advancements and futuristic research directions*; Wireless Personal Communications 129:933–952 <https://doi.org/10.1007/s11277-022-10164-8>; 2023.
- [48] Melo, J. A. G. D. C. E.; Araújo N. M. F.; *Impact of the Fourth Industrial Revolution on the Health Sector: A Qualitative Study*; Healthc Inform Res., 26(4):328-334. <https://doi.org/10.4258/hir.2020.26.4.328>, pISSN 2093-3681 • eISSN 2093-369X; 2020.

-
- [49] Silveira, d. F., et al.; *Analysis of Industry 4.0 Technologies Applied to the Health Sector: Systematic Literature Review: Personalentwicklung am Beispiel eines Tutorenprogramms*; Wandel durch Partizipation, DOI: 10.1007/978-3-030-14730-3_73; 2019.
- [50] Kaur, J., et al.; *Importance of Fog Computing in Healthcare 4.0*; Fog Computing for Healthcare 4.0 Environments Technical, Societal, and Future Implications; Springer International Publishing; DOI: [10.1007/978-3-030-46197-3_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-46197-3_4); 2020.
- [51] Habibzadeh, H., et al.; *A Survey of Healthcare Internet of Things (HIoT): A Clinical Perspective*; *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 53-71, doi: 10.1109/JIOT.2019.2946359; 2020.
- [52] Dang, M. L., et al.; *A Survey on Internet of Things and Cloud Computing for Healthcare*; Department of Computer Science and Engineering, Sejong University, Seoul 143-747(05006), Korea; 2019.
- [53] Nair, A., Tanwar, S.; *Fog Computing Architectures and Frameworks for Healthcare 4.0*; Fog Computing for Healthcare 4.0 Environments; DOI: [10.1007/978-3-030-46197-3_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-46197-3_3); 2021.
- [54] <https://www.ridge.co/blog/cloud-computing-in-healthcare/> Pristupljeno 10.06.2023.
- [55] Mohammadzadeh, N., et al.; *The application of wearable smart sensors for monitoring the vital signs of patients in epidemics: a systematic literature review*; Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020; 2020.
- [56] <https://www.cashify.in/explained-sensors-in-smartwatch> Pristupljeno: 10.06.2023.
- [57] <https://www.linkedin.com/pulse/types-sensors-medical-devices-akshaya-singaravel/> Pristupljeno: 10.06.2023.
- [58] Kaur, S., Arora, M., Kaur, A.; *Machine Learning Algorithms for Healthcare Sector: A Survey*; DOI: [10.59256/ijire.2023040224](https://doi.org/10.59256/ijire.2023040224); 2023.
- [59] Yang, S., et al.; *Intelligent Health Care: Applications of Deep Learning in Computational Medicine*; *Front. Genet., Sec. Systems Biology Archive*, Volume 12, <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.607471>, 2021.
- [60] <https://nix-united.com/blog/machine-learning-in-healthcare-12-real-world-use-cases-to-know/> Pristupljeno: 12.06.2023.

-
- [61] Sabry, F., et. Al.; *Machine Learning for Healthcare Wearable Devices: The Big Picture*; J Healthc Eng., 2022:4653923., doi: 10.1155/2022/4653923. PMID: 35480146; PMCID: PMC9038375.; 2022.
- [62] <https://www.cmihealth.com/pages/benefits-of-smart-personal-medical-devices>
Pristupljeno: 13.06.2023.
- [63] <https://www.softwaretestinghelp.com/best-smartwatch/> Pristupljeno: 13.06.2023.
- [64] <https://www.apple.com/watch/why-apple-watch/> Pristupljeno: 13.06.2023.
- [65] <https://www.withings.com/hr/en/> Pristupljeno: 13.06.2023.
- [66] <https://startups.eithealth.eu/companies/withings/patents> Pristupljeno: 14.06.2023.
- [67] <https://pattern.health/withings-integration-to-expand-real-rwd-data/> Pristupljeno: 14.06.2023.
- [68] <https://tanita.eu/mc-780ma-p> Pristupljeno: 20.06.2023.
- [69] <https://www.omron-healthcare.com/eu> Pristupljeno: 20.06.2023.
- [70] <https://www.medisave.co.uk/products/omron-m6-ac-led-blood-pressure-monitor>
Pristupljeno: 20.06.2023.
- [71] <https://www.beurer.com/web/gb/company/> Pristupljeno: 20.06.2023.
- [72] <https://beurer.com.hr/pulsni-oksimetri/205-beurer-po-35-pulsni-oksimetar.html>
Pristupljeno: 20.06.2023.
- [73] <https://www.mindray.com/en/about-us#> Pristupljeno: 21.06.2023.
- [74] <https://www.mindray.com/en/products/electrocardiograph/beneheart-r12> Pristupljeno: 21.06.2023.
- [75] <https://www.withings.com/hr/en/body-cardio> Pristupljeno: 22.06.2023.
- [76] <https://www.withings.com/es/en/compliance> Pristupljeno: 22.06.2023.
- [77] <https://www.withings.com/hr/en/scanwatch> Pristupljeno: 22.06.2023.
- [78] <https://www.withings.com/hr/en/bpm-connect> Pristupljeno: 23.06.2023.