

# Antropodinamička analiza pristupa za automatizirani ultrazvučni pregled

---

Sušić, Aleksandar

Doctoral thesis / Disertacija

2006

*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:235:993820>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**

*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**

**ANTROPODINAMIČKA ANALIZA PRISTUPA  
ZA AUTOMATIZIRANI ULTRAZVUČNI PREGLED**

**DOKTORSKI RAD**

**Mentor:**

**Prof.dr.sc. Osman Muftić**

**mr.sc. Aleksandar Sušić**

**ZAGREB, 2006.**

**PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU:**

**UDK:** 331.4: 612.7:572.087

**Ključne riječi:** Ultrazvuk, automatizirani probir, ergonomija, ergonometričnost, antropometrijska osjetljivost, metoda procjene ergonometričnosti

**Znanstveno područje:** TEHNIČKE ZNANOSTI

**Znanstveno polje:** Strojarsstvo

**Institucija u kojoj je rad izrađen:** Fakultet strojarstva i brodogradnje

**Mentor rada:** Dr. sc. Osman Muftić, profesor emeritus

**Broj stranica:** 160

**Broj slika:** 82

**Broj tablica:** 8

**Broj korištenih bibliografskih jedinica:** 57

**Datum obrane:** 30. svibnja 2006.

**Povjerenstvo:**

Dr. sc. Ivo Alfirević, redoviti profesor - predsjednik povjerenstva  
Dr. sc. Osman Muftić, profesor emeritus - mentor rada  
Dr. sc. Diana Milčić, izvanredni profesor - član povjerenstva

Grafičkog fakulteta, Zagreb

**Institucija u kojoj je rad pohranjen:** Fakultet strojarstva i brodogradnje

## **ZAHVALA**

Iskreno zahvaljujem svom mentoru i učitelju prof.dr.sc. Osmanu Muftiću koji me svojim velikim znanjem, iskustvom i savjetima vodio i usmjeravao na putu dosadašnjeg znanstvenog usavršavanja.

Posebnu zahvalu želim uputiti svojoj supruzi Ani na potpori, pomoći i razumijevanju za trajanja izrade rada, kao i svojoj obitelji.

Također, zahvaljujem se svim svojim prijateljima, kolegama i suradnicima koji su doprinijeli ostvarenju ovog djela.

mr.sc. Aleksandar Sušić

# SADRŽAJ

Popis oznaka	i
Popis tablica	iii
Popis slika	iv
Ključne riječi	vii
Predgovor	viii
Sažetak	ix
Abstract	x
<b>1 Uvod</b>	<b>1</b>
1.1 Polazna zamisao	2
1.2 Obrazloženje zamisli	2
1.3 Problemi u istraživanju	4
1.3.1 Definiranje problema	8
1.4 Hipoteza	12
1.5 Pregled dostupne literature	13
1.5.1 O primjeni ultrazvuka u medicinskoj dijagnostici	14
1.5.2 O primjeni međusloja	26
1.5.3 Ispitanice i rak dojke	27
1.5.4 Osobine i sposobnosti ispitanica	30
1.6 Organizacija istraživanja	33
<b>2 Analiza pristupa mjernom ultrazvučnom sustavu</b>	<b>34</b>
2.1 Izbor modela kretnji pristupa	35
2.2 Ergonomija- pojam ergonomičnosti kao kriterij	45
2.2.1 Ergonomski zahtjevi- kriteriji za ocjenu ergonomičnosti	50
2.3 Izbor utjecajnih značajki pristupa	53
2.4 Metoda analize značajki pristupa	60
2.4.1 <b>Metoda procjene ergonomičnosti</b>	<b>65</b>
2.4.1.1 Smjernice procjene ergonomičnosti	67
2.4.1.2 Postupci računanja procjena parcijalnih kvaliteta	69
2.5 Mjerni postupak	77
2.5.1 Snimanje modela kretnji pristupa	78
2.5.2 Elektromiografija mišića	81
2.5.3 Mjerenje sila reakcije podloge	84
2.6 Rezultati mjernog postupka	85
2.6.1 Rezultati snimke modela kretnji pristupa	85
2.6.2 Rezultati mjerenja EMG aktivnosti mišića	86
2.6.3 Rezultati utvrđivanja vertikalne reakcije podloge	98

2.7	Obrada rezultata mjerenja	100
2.7.1	Utvrđivanje indeksa mišićne aktivacije	100
2.7.2	Utvrđivanje slabinskog momenta	102
2.8	Utvrđivanje značajki pristupa s ocjenjivanjem	106
2.8.1	Antropometrijska osjetljivost- mjera primjerenosti populaciji	106
2.8.2	Utvrđivanje ergonometričnosti korištenja stola	113
2.8.3	Procjena trajanja vršenja kretnji pristupa	115
2.8.4	Procjena zahtjeva postavljenih pred ispitanice	116
2.8.4.1	Zajednička ocjena postavljenih zahtjeva	119
2.8.5	Utvrđivanje ocjene stava za pretragu	120
2.9	Rezultati analize ergonometričnosti kretnji pristupa	121
2.9.1	Diskusija utvrđenih rezultata	122
<b>3</b>	<b>Antropometrijska analiza gornjeg trupa ispitanica</b>	<b>125</b>
3.1	Metoda antropometrijske analize gornjeg trupa	127
3.2	Rezultati statističke obrade podataka	134
<b>4</b>	<b>Primjena silikonskog međusloja</b>	<b>148</b>
4.1	Postupak utvrđivanja mogućnosti primjene silikonskog međusloja	149
4.2	Rezultati pretrage	151
<b>5</b>	<b>Zaključak</b>	<b>153</b>
5.1	Rasprava	153
5.2	Zaključci	158
5.3	Znanstveni doprinos	159
5.4	Buduća istraživanja	160

## **Literatura**

Kratki životopis

Short biography

## Popis oznaka

Oznaka	Opis	Jedinica
$BMI$	indeks tjelesne mase (body mass index)	$\text{kg/m}^2$
$d$	dob	godina
$H$	visina ispitanica u uspravnom stavu	m
$H_{\text{kolj}}$	visina koljena	m
$H_{\text{kuk}}$	visina kukova	m
$H_{\text{max}}$	najveća visina ispitanica u uspravnom stavu	m
$H_{\text{max-st}}$	najveća visina stola	m
$H_{\text{min}}$	najmanja visina ispitanica u uspravnom stavu	m
$H_{\text{opt}}$	optimalna visina	m
$H_T$	visina težišta	m
$I_A$	indeks aktivacije mišićja	mVs
$k_v$	faktor važnosti- utjecajnosti	
$k_{vi}$	i-ti faktor važnosti	
$L_{\text{nat}}$	duljina natkoljenice	cm
$m$	masa	kg
$M_L$	slabinski moment	Nm
$n$	ukupni broj značajki	
$o$	opseg prsnog koša	cm
$O$	opseg gornjeg trupa	cm
$r$	Pearsonov koeficijent korelacije	
$R_{\text{kolj}}$	radijus koljena	cm
$r_o$	omjer opsega	
$s$	standardna devijacija	
$x$	varijabla razmatrane značajke, radna vrijednost	
$x_{\text{ID}}$	idealna vrijednost razmatrane značajke	
$x_{\text{max}}$	najveća vrijednost razmatrane značajke	
$x_{\text{min}}$	najmanja vrijednost razmatrane značajke	
$x_{\text{min/max}}$	najmanja ili najveća vrijednost razmatrane značajke	
$x_{\text{optim}}$	optimalna vrijednost razmatrane značajke	
$x_{\text{REF}}$	referentna vrijednost razmatrane značajke	
$\bar{x}$	aritmetička sredina značajke $x$	
$\Delta t$	vremenski period	s
$\Delta t_{p-i}$	trajanje pristupa pripadno i-tom modelu	s
$\Delta o$	razlika opsega	cm

$\beta$	najveći ostvarivi zakret u zglobu kuka	°
$\varepsilon$	standardna greška	
$\lambda$	omjer dvaju vrijednosti razmatrane značajke	
$\eta$	opća parcijalna mjera ergonomičnosti	
$\eta_i$	i-ta parcijalna mjera ergonomičnosti	
$\eta_j$	j-ta parcijalna mjera ergonomičnosti	
$\eta_e$	ukupna ocjena ergonomičnosti	
$\eta_{e-i}$	ocjena ergonomičnosti i-tog modela	
$\eta_{e-st}$	ocjena ergonomičnosti korištenja stola	
$\eta_{e-st-i}$	ocjena ergonomičnosti korištenja stola i-tog modela	
$\eta_i$	ocjena vezana uz ispitanicu	
$\eta_m$	ocjena mišićne aktivacije	
$\eta_{m,i}$	ocjena indeksa aktivacije i-tog mišića	
$\eta_{m-i}$	ocjena ukupne mišićne aktivacije i-tog modela	
$\eta_o$	ocjena vezana uz operatera	
$\eta_p$	ocjena mjere primjerenosti populaciji	
$\eta_{p-i}$	ocjena mjere primjerenosti populaciji i-tog modela	
$\eta_{t-k}$	ocjena trajanja kretnji pristupa	
$\eta_{t-k-i}$	ocjena trajanja kretnji pristupa i-tog modela	
$\eta_v$	ocjena potrebnih vještina	
$\eta_{v-i}$	ocjena potrebnih vještina i-tog modela	
$\eta_z$	ocjena postavljenih zahtjeva	
$\eta_{z-i}$	ocjena postavljenih zahtjeva i-tog modela	



## Popis tablica

<b>Opis tablice</b>	<b>Strana</b>
Tablica 1. Prikaz parcijalnih značajki- kvaliteta s pripadnim koeficijentima važnosti	55
Tablica 2. Prikaz rezultata – podataka video zapisa modela kretnji pristupa.	85
Tablica 3. Utvrđene vrijednosti indeksa mišićne aktivacije.	102
Tablica 4. Prikaz izmjera ispitanica spram njihove visine.	109
Tablica 5. Prikaz optimalne i najveće visine stola spram visine ispitanice.	110
Tablica 6. Prikaz svih parcijalnih ocjena kao i njima pripadnih koeficijenata važnosti za oba modela kretnji pristupa.	121
Tablica 7. Prikaz statistički obrađenih podataka provedene ankete uz najznačajnije veličine.	134
Tablica 8. Koeficijenti korelacije među parovima značajki uzetih u razmatranje.	135

## Popis slika

Opis slike	Strana
Slika 1. Algoritam tijeka istraživanja i njegovih interesnih polja.	11
Slika 2. Princip primjene stereoskopskog predočenja trodimenzionalnog objekta.	20
Slika 3. Usporedni prikaz otkrivene lezije, koja je detektirana mamografski, a prikazana: a) uobičajenim ultrazvukom, b) primjenom THI.	21
Slika 4. Dijagram osjetljivosti mamografije i ultrazvuka u ovisnosti o dobi ispitanica.	25
Slika 5. Dijagramom prikazana ovisnost prosječnog mehaničkog kapaciteta slabinske kralješnice o dobi ispitanica i to za dvije starosne skupine žena (18-35 i 60-78 godina) s pripadajućim vrijednostima za nagib trupa.	32
Slika 6. Prikaz zamišljenog rješenja stola pripadnog Modelu 1	37
Slika 7. Kinetogram Modela 1	38
Slika 8. Prikaz zamišljenog rješenja stola pripadnog Modelu 2	40
Slika 9. Kinetogram Modela 2	41
Slika 10. Prikaz zamišljenog rješenja stola pripadnog Modelu 3	42
Slika 11. Kinetogram Modela 3	43
Slika 12. Prikaz zamišljenog modela pridruživanja utvrđenih vrijednosti značajke s pripadnom ocjenom u rasponu vrijednosti 0 do 1	74
Slika 13. Prikaz opreme za snimanje kretnji prema postupku VatoSaba.	78
Slika 14. Prikaz sistema VatoSaba, odnosno postavljanja video kamera.	79
Slika 15. Prikaz utvrđivanja koordinata točaka u radnom prostoru sistema.	80
Slika 16. Prikaz TELEMG sustava s računalom za obradu podataka.	81
Slika 17. Prikaz EMG elektroda i prijenosne jedinice.	82
Slika 18. Izbor mišića desne strane tijela čiju EMG pratimo.	83
Slika 19. Platforma KISTLER 9821 za mjerenje sila reakcije podloge.	84
Slika 20. Zajednički prikaz svih 8 EMG signala uz ovisnost o kretnjama Modela 1	86
Slika 21. Prikaz EMG m. biceps Modela 1	87
Slika 22. Prikaz EMG m. triceps Modela 1	87
Slika 23. Prikaz EMG m. latissimus dorsi Modela 1.	87
Slika 24. Prikaz EMG m. erector spinae Modela 1.	88
Slika 25. Prikaz EMG m. gluteus maximus Modela 1.	88
Slika 26. Prikaz EMG m. rectus femoris Modela 1.	88
Slika 27. Prikaz EMG m. biceps femoris Modela 1.	89
Slika 28. Prikaz EMG m. gastrocnemius Modela 1.	89
Slika 29. Zajednički prikaz svih 8 EMG signala uz ovisnost o kretnjama Modela 2.	90
Slika 30. Prikaz EMG m. biceps Modela 2.	91

Slika 31.	Prikaz EMG m. triceps Modela 2.	91
Slika 32.	Prikaz EMG m. latissimus dorsi Modela 2.	91
Slika 33.	Prikaz EMG m. erector spinae Modela 2.	92
Slika 34.	Prikaz EMG m. gluteus maximus Modela 2.	92
Slika 35.	Prikaz EMG m. rectus femoris Modela 2.	92
Slika 36.	Prikaz EMG m. biceps femoris Modela 2.	93
Slika 37.	Prikaz EMG m. gastrocnemius Modela 2.	93
Slika 38.	Zajednički prikaz svih 8 EMG signala uz ovisnost o kretnjama Modela 3.	94
Slika 39.	Prikaz EMG m. biceps Modela 3.	95
Slika 40.	Prikaz EMG m. triceps Modela 3.	95
Slika 41.	Prikaz EMG m. latissimus dorsi Modela 3.	95
Slika 42.	Prikaz EMG m. erector spinae Modela 3.	96
Slika 43.	Prikaz EMG m. gluteus maximus Modela 3.	96
Slika 44.	Prikaz EMG m. rectus femoris Modela 3.	96
Slika 45.	Prikaz EMG m. biceps femoris Modela 3.	97
Slika 46.	Prikaz EMG m. gastrocnemius Modela 3.	97
Slika 47.	Prikaz relativne vertikalne reakcije podloge Modela 1.	98
Slika 48.	Prikaz relativne vertikalne reakcije podloge Modela 2.	99
Slika 49.	Prikaz relativne vertikalne reakcije podloge Modela 3.	99
Slika 50.	Prikaz koraka obrade EMG signala.	101
Slika 51.	Prikaz postavljanja koordinatnog sustava i računanja slabinskog momenta.	103
Slika 52.	Prikaz promjene slabinskog momenta za Model 1.	104
Slika 53.	Prikaz promjene slabinskog momenta za Model 2.	104
Slika 54.	Prikaz promjene slabinskog momenta za Model 3.	105
Slika 55.	Prikaz nekih karakterističnih točaka tijela ispitanice.	108
Slika 56.	Fiziološke antropomjere za utvrđivanje optimuma za Model 3.	112
Slika 57.	Prikaz histograma.	130
Slika 58.	Primjer poligona frekvencija.	131
Slika 59.	Dijagram rasprostiranja BMI spram razlike opsega.	136
Slika 60.	Dijagram rasprostiranja visine spram razlike opsega.	137
Slika 61.	Dijagram rasprostiranja razlike opsega spram dobi.	137
Slika 62.	Dijagram rasprostiranja veličine košarice spram razlike opsega.	138
Slika 63.	Dijagram rasprostiranja BMI spram omjera opsega.	138
Slika 64.	Dijagram rasprostiranja BMI u ovisnosti o dobi.	139
Slika 65.	Dijagram rasprostiranja BMI spram veličine košarice.	139
Slika 66.	Dijagram rasprostiranja visine spram omjera opsega.	140

Slika 67.	Dijagram rasprostiranja visine spram mase tijela.	140
Slika 68.	Dijagram rasprostiranja visine spram opsega prsnog koša.	141
Slika 69.	Dijagram rasprostiranja visine tijela spram veličine košarice.	141
Slika 70.	Dijagram rasprostiranja dobi ispitanica spram omjera opsega.	142
Slika 71.	Dijagram rasprostiranja veličine košarice spram omjera opsega.	142
Slika 72.	Dijagram rasprostiranja mase tijela spram veličine košarice.	143
Slika 73.	Dijagram rasprostiranja opsega prsnog koša spram veličine košarice.	143
Slika 74.	Dijagram rasprostiranja dobi ispitanice spram veličine košarice.	144
Slika 75.	Učestalost klasa razlika opsega $r_0$ za sve ispitanice.	145
Slika 76.	Učestalost klasa razlika opsega za ispitanice u dobi od 15 do 35 godina.	146
Slika 77.	Učestalost klasa razlika opsega za ispitanice u dobi od 36 do 56 godina.	146
Slika 78.	Učestalost klasa razlika opsega za ispitanice u dobi preko 56 godina.	147
Slika 79.	Prikaz ultrazvučnog uređaja LOGIQ 400 CL u prostoriji za pretragu.	149
Slika 80.	Prikaz korištene mjerne sonde C364.	150
Slika 81.	Prikaz primijenjenog silikonskog elementa.	151
Slika 82.	Prikaz ultrazvučne slike desnog bubrega, i to uz primjenu međusloja i bez njega.	152

## **Ključne riječi**

Ultrazvuk, automatizirani probir, ergonomija, ergonomičnost, antropometrijska osjetljivost, metoda procjene ergonomičnosti

Ultrasound, automated screening, ergonomics, ergonomic ideal, anthropometric sensitivity, ergonomic estimation method

## Predgovor

Razmjeri obolijevanja i smrtnosti žena od raka dojke izazivaju veliku pozornost znanstvenika u smjeru ublažavanja ovih nepovoljnih činjenica. Polazna ideja da se probirom putem automatizirane primjene ultrazvuka pravovremeno uoče sumnjive patološke promjene znači da bi najmanje jednom godišnje cijela odrasla populacija žena u Hrvatskoj trebala pristupiti ovakvoj pretrazi. Za skupinu se takvih uređaja predviđa da se s njima vrše mjerenja na oko 1,5 milijuna ispitanica, pa ako uzmemo da je u godini oko 250 radnih dana, to bi značilo da svakoga dana treba biti pregledano njih oko 6000. Očito je da pored trajanja pretrage na uspjeh misije svakako utječe i raspoloživ broj mjernih uređaja, uz uvjet ostvarivanja pouzdanosti pretrage radi probira primjenom ultrazvučne dijagnostike.

Kao jedan od preduvjeta uspjeha iskazuje se zahtjev da ispitanice u najkraćem ostvarivom vremenskom intervalu pristupe mjernom sustavu, vršeci pritom potrebne kretnje za zauzimanje prikladnog stava, pored ostalih utjecajnih značajki.

U tom se smislu postavlja cilj da analizom njihovih kretnji, utjecaja prisutnih razlika njihovih sposobnosti i antropoloških značajki te njihova međudjelovanja s ostalim utjecajnim veličinama vezanim uz polaznu zamisao, proizađu smjernice k izlučivanju preporuke o značajkama rješenja.

Pod pretpostavkom da postoji optimalna sveza čitavog niza utjecajnih veličina koje proizlaze iz prikazanog opisa, u prvom redu vezanih uz ispitanice i uvjete u kojima one postavljenim zahtjevima trebaju udovoljiti, provođenjem analize ih je moguće izlučiti. Na taj način bi se utvrdili uvjeti koji u najvećoj mjeri odgovaraju ispitanicama, uvažavajući utjecajne razlike među njima kao i ostvarivanje podjednakih uvjeta vršenja zamišljenih kretnji pristupa koji osim zahtjevu njihove kratkotrajnosti udovoljavaju ostvarivanju najviše mjere ostvarive ergonmičnosti.

Ukoliko bi se u ovom smislu primijenila metoda kojom bi bilo moguće iskazati i obuhvatiti sve utjecajne veličine i ograničenja putem procjene postavljenog zahtjeva ergonmičnosti, tada bi se omogućila objektivna usporedba među različitim modelima zamišljenih kretnji, te time i izlučivanje njihovih prednosti i nedostataka. Uz to, zasada nedostupne antropometrijske informacije gornjeg trupa ispitanica nalažu proširivanje saznanja za potrebe ovog istraživanja.

## SAŽETAK

U okviru disertacije je provedena analiza pristupa ispitanica mjernom stolu za potrebe medicinske pretrage ultrazvukom odnosno probira radi raka dojke, ponajprije s namjerom utvrđivanja utjecaja razlika osobina i sposobnosti ispitanica te uvjeta izvođenja kretnji pristupa, kako na trajanje pretrage, tako i na utvrđivanje značajki najpovoljnijeg konstruktivnog rješenja takvog sustava. Uzimajući u obzir polaznu zamisao i uočene probleme, provedena analiza obuhvaća utvrđivanje značajki mišićnog opterećenja, utjecaj antropomjera, uvjete korištenja mjernog stola, trajanje razmatranih kretnji i na kraju procjenu zauzetog željenog stava za pretragu. Analiza se provodi na tri modela, odnosno na tri rješenja mjernog stola i pripadnih kretnji pristupa. Obzirom da je riječ o različitim utjecajnim veličinama, za objektivniju prosudbu uvedena je izvorna metoda procjene ergonomičnosti, koja za svaki od razmatranih modela omogućava tvorbu jedinstvene ocjene na temelju postavljenog kriterija ergonomičnosti. Uvedena metoda omogućava obuhvaćanje ocjena svih značajki uzetih u razmatranje, neovisno o njima pripadnoj mjernoj jedinici, odnosno bezdimenzijski. Time se u primjeni ergonomije po prvi puta otvara mogućnost da se ostvarene kvalitete iskažu brojčano, što nedvojbeno tvori objektivnu sliku o razmatranim rješenjima, pored mogućnosti izravne usporedbe načelno različitih primjera. Iz ovakve analize proizlazi idejno rješenje pristupa koji podrazumijeva naslanjanje na stol modificiran za pretragu, što znači da nije potrebno provoditi složeno konstruiranje novog stola već izvršiti potrebne preinake postojećih. Osim toga, utvrđeno je da je moguća primjena silikonskog međusloja, iako ultrazvuk još nije stasao u samostalnu dijagnostičku tehnologiju za probir. Kao utjecajna veličina pri konstruiranju mjernog stola i utvrđivanja mogućnosti automatizacije pretrage, antropometrija gornjeg trupa ispitanica (grudi i s njima povezane izmjere) se smatra nezavisnom značajkom spram drugih dimenzija tijela, te nije utvrđen način da se predvidi raspodjela ovih dimenzija u ovisnosti o visini ili drugim vezanim dimenzijama.

Na temelju izrečenog, iako je utvrđen najpovoljniji odnos ispitanica i mjernog sustava po pitanju pristupa, te se posredni pregled ultrazvukom može ostvariti, glavnu zapreku u ostvarenju zamisli kratkotrajnog automatiziranog probira ultrazvukom predstavlja upravo primjena ultrazvuka, koji ne omogućava pouzdanu samostalnu primjenu za probir radi raka dojke.

## **Anthropodynamical analysis of approach movements for automated ultrasound scans**

### **ABSTRACT**

In order to provide quick and automated medical ultrasound screening procedure for early detection of breast cancer, the main goal of dissertation is to extract the best biomechanical and ergonomic relations between women and diagnostic system. Since women should approach to the diagnostic system (special worktable), in order to provide access to breast tissue ultrasound scan, they should perform related movements with concluding posture, demonstrated by three different models. Identification of various differences of women abilities, anthropometrical data and others that are related with required approach movements, as well as desired shortest period for their completion, it affects that analysis includes following factors: caused muscular effort, anthropometrical data influence, worktable exploitation terms, related movements duration and ergonomic posture estimation. Objectivity of different factors estimation implies introduction of original ergonomic estimation method with the idea of forming unique non-dimensional numerical mark for each model, based on ideal ergonomic criteria. This method offers not only comparison capability for models, but also noticing their advantages through estimated factors. Analysis implies bending posture over modified worktable, which offers the best ergonomic estimation mark and excludes new worktable construction. Besides that, the use of silicon differentiate layer was confirmed for indirect ultrasound scan, although ultrasound cancer screening is not yet verified. Further on, women upper trunk anthropometric data are independent, without known correlation with other body measures or their prediction approach.

Based on analysis results, which reveal the most recommended biomechanical and ergonomic relations between women and diagnostic system as well as confirmation for use of silicon differentiate layer, ultrasound diagnostic technology is still the main obstructive for realization of quick and automated medical ultrasound screening procedure for early, reliable and self-sufficient detection of breast cancer.



# I

## Uvod

Rak dojke je kao često prisutna, nepredvidiva i nerijetko smrtonosna bolest, vrlo ozbiljan suparnik današnjim medicinskim stručnjacima i specijalistima. Obzirom na ozbiljnost problema vezanih uz ovu bolest, rana detekcija patoloških promjena značajno doprinosi suzbijanju teških posljedica kao i smrtnosti, ponajprije pravodobnom primjenom terapije, odnosno potrebnih zahvata. Ukoliko se omogući dovoljno čest pregled rizičnih dijelova tijela ispitanica (najmanje jednom godišnje, koliko se predviđa da bi bilo optimalno), povećavaju se izgledi za pouzdanu i pravodobnu detekciju. U svakodnevnoj se praksi provode pretrage primjenom više dijagnostičkih tehnologija, gdje se kao najvažnija ističe mamografija. Navedene uobičajene, istodobno i opsežne pretrage značajnog su trajanja, odnosno samo ograničeni broj ispitanica ima priliku u tijeku godine pristupiti takvim pretragama, što nadalje znači da između dvaju pretraga iste ispitanice treba proći značajno više vremena od godine dana. Ovaj podatak zapreka je pravodobnoj detekciji, a tome doprinosi i ograničeni broj dijagnostičkih sustava koji je na raspolaganju.

Namjera pravodobne pretrage podrazumijeva pristupanje pretrazi cijele odrasle populacije žena u Hrvatskoj (žene od 18-te godine starosti nadalje) tj. oko 1,5 milijuna ispitanica, najmanje jednom godišnje. Uzmemo li da je u godini oko 250 radnih dana, to bi značilo da svakoga dana treba biti pregledano oko 6000 žena, što dosadašnja praksa uz primjenu poznatih metoda i dostupne opreme pokazuje neostvarivim za čitavu razmatranu populaciju. Upravo navedeno navodi na potrebu da se problemu pravodobne detekcije pristupi drugačije, odnosno na primjereniji način.

## 1.1 Polazna zamisao

Navedene činjenice i ukratko izloženi opis problema navode na polaznu zamisao koja sadrži namjeru provođenja kratkotrajne ciljane pretrage radi probira (eng. "screening"), odnosno izlučivanja rizične skupine žena najmanje jednom godišnje, primjenom automatiziranog dijagnostičkog pregleda ultrazvukom. Idejni začetnik ove zamisli je mr.sc. Đula Rušinović- Sunara, dr.med. Provedba probira kao rutinskog pregleda asimptomatske populacije žena radi izlučivanja rizične skupine sadrži ideju kako samo dio populacije žena treba pristupiti opsežnim i detaljnim, a time i dugotrajnim pretragama kakve se običavaju provoditi. Pored ispitanica izlučenih probirom, na uobičajene, opsežne pretrage, mogu se uputiti i one ispitanice koje iz nekog opravdanog razloga nisu u mogućnosti pristupiti ovako zamišljenom probiru, ponajprije jer se predviđa njihova malobrojnost. Obzirom da se očekuje kako će zamišljene pretrage radi probira biti kratkotrajne, stvaraju se pretpostavke da se takva pretraga može izvršiti najmanje jednom godišnje za čitavu razmatranu populaciju. Na taj se način za rizičnu skupinu namjerava osigurati mogućnost pristupanja detaljnim pretragama pravodobno, odnosno u najranijoj fazi nastajanja patološke strukture, dok još nije palpabilna. Time se predviđa ušteda novca ali i vremena, a ostvaruje doprinos ranoj detekciji i smanjenju smrtnosti zbog ove bolesti (na pravodobnost otkrivanja utječe brzina rasta invazivnog patološkog tkiva). Uz to, programi i mjere u provođenju ovih akcija trebaju biti jednostavni i dostupni čitavoj razmatranoj populaciji.

Ovu zamisao treba nešto bolje opisati kako bi se uočile one značajke o kojima treba voditi računa, ali i da bi se opravdalo samu zamisao.

## 1.2 Obrazloženje zamisli

Mjerni sustav pomoću kojeg se zamišlja izvršiti ovakva pretraga trebao bi sadržavati osim ultrazvučnog uređaja s potrebnom opremom i posebno konstruiran mjerni stol kojemu ispitanica treba pristupiti te zauzeti odgovarajući položaj, odnosno na koji ispitanica treba leći potrbuške. Na dio podloge mjernog stola

predviđenog da preko njega struji mlaka voda trebalo bi postaviti gornji dio trupa, dok bi s donje strane preko silikonskog međusloja prelazila mjerna ultrazvučna sonda, vođena mehanizmom. U tu je svrhu dio stola posebno konstruiran i prilagođen, odnosno onaj njegov dio koji je predviđen za dodir s gornjim trupom ispitanica i vođenje ultrazvučne sonde. Spomenuti međusloj, koji bi razdvajao tkivo gornjeg trupa žene od ultrazvučne sonde, pored svrhe smanjivanja primjene posebnog gela, mogao bi potpomoći formiranju dodirne površine, što kod ovako zamišljene primjene ultrazvuka može biti od iznimne važnosti obzirom na oblik i svojstva grudiju, prije svega deformabilnost, a s namjerom ostvarivanja adekvatnog dodira sonde i volumena pretrage. U opremu ovog sustava spadaju svi dijelovi neophodni za rad ultrazvučnog dijagnostičkog sustava i provedbu dijagnostike koji treba propisati proizvođač ultrazvučnog uređaja, dok se dodatno potreban dio iste tek treba konstruirati za potrebe pretrage ove vrste.

Ultrazvučnu dijagnostiku za provedbu ciljanog probira radi raka dojke možemo opravdati kao potencijalnu metodu za brzu, neinvazivnu te ekonomski lakše dostupnu dijagnostičku tehniku (pored mnoštva drugih metoda pretraga) na neagresivan način sa ciljem otkrivanja patoloških promjena tkiva promatranog volumena. Nadalje, tome u prilog govori i nalaz da svaka od uočenih patoloških promjena u tkivu uzrokuje drugačiju sonografsku sliku, iz čega je moguće izlučiti o kojoj vrsti tkiva se radi. Uz to, posebna bi pogodnost bila kada bi se takva pretraga mogla provoditi u što više zdravstvenih jedinica, pa je poželjno da rješenje ultrazvučnog uređaja i prateće opreme bude mobilnog karaktera. Ovom zahtjevu u prilog govori postojanje mobilnih ultrazvučnih uređaja, ali ostaje pitanje sve ostale potrebne prateće opreme, odnosno rješenja stola i dijela za automatizaciju pretrage, koji se i već na prvi pogled doima sačinjen od mnoštva dijelova od kojih neki nisu osobito pogodni za brzo premještanje. Naravno, premještanje bi mjernog sustava svakako zahtijevalo i popratne radnje kalibracije neizbježne za pouzdanost pretrage. O tome svakako treba voditi računa pri izradi rješenja mjernog sustava.

Iz liječničke je prakse provedbe pregleda pa tako i probira moguće izlučiti zaključak kako pregled ultrazvukom treba izvršiti temeljito, na točno utvrđen način, ostvarujući odgovarajući tlak na tkivo, te da interpretacija nalaza treba biti prema općeprihvaćenim dijagnostičkim kriterijima. Naime, postupak dijagnosticiranja uključuje niz značajki koje uvjetuju da se takav postupak provodi upravo na

odgovarajući način, kako bi takva pretraga bila prihvatljive pouzdanosti i omogućila ostvarivanje postavljenog cilja.

Upravo iz navedenog proizlazi ideja automatizacije postupka provedbe pretraga kako bi se pretrage provodile uvijek na isti način i brzo, čime bi bila moguća usporedba nalaza uzastopnih pretraga provedenih učestalošću od najmanje jednom godišnje, pored kratkotrajnosti koja je tim pristupom predviđena. Automatizacija provedbe pretrage podrazumijeva da se ultrazvučna sonda vodi mehanizmom za trajanja pretrage bez potrebe da operater aktivno sudjeluje, osim iznimno kao dopuna automatiziranom dijelu pretrage.

Nalazi bi se ovako provedenih pretraga pohranjivali na neki od prijenosnih medija, te bi na taj način predstavljali arhivu kronoloških prikaza promjena ne samo nalaza dijagnostike nego i morfologije tkiva svake ispitanice. Time se pored izlučivanja skupine žena koje se kao rizične skupine upućuju na daljnje detaljnije pretrage, svim ženama omogućava praćenje i uočavanje mogućih promjena.

Provedba antropodinamičke analize ima za namjeru proširivanje potrebnih saznanja odnosno značajki potrebnih za ostvarivanje tako zamišljene pretrage, posebice u dijelu koji se odnosi na rješenje stola i njegove značajke, odnosno utjecaj kretnji i sposobnosti odnosno osobina ispitanica na sveukupno trajanje pretrage.

### **1.3 Problemi u istraživanju**

Kako bi pretragu bilo moguće provesti, smatrajući mjerni uređaj stacionarnim, ispitanice mu trebaju prići i zauzeti prikladan položaj tijela te tako omogućiti provedbu pregleda. Zamišljeno je da se ispitanice trebaju popeti na stol te leći potrbuške, odnosno nasloniti prednjim gornjim dijelom trupa, u pretklonu. U tako zauzetom položaju ultrazvučnom bi se pretragom ustanovilo da li ispitanica pripada skupini koja se smatra rizičnom (u smislu raka dojke). Nakon izvršenog postupka pretrage treba odstupiti od mjernog uređaja odnosno sustava, kojemu prilazi slijedeća ispitanica te se postupak ponavlja.

Obzirom da je grubo provedenom procjenom ustanovljeno kako u jednom radnom danu postupku pretrage treba pristupiti oko 6000 žena, lako je zaključiti da je trajanje sudjelovanja ispitanice u radnjama pristupa poželjno u što većoj mjeri

skratiti kao i po mogućnosti smanjiti njihov opseg. Isto tako, veći broj ovakvih uređaja u svakom slučaju olakšava ostvarivanje zamisli o provedbi pretrage najmanje jednom godišnje. Pitanje na koje je ovdje zasada teško odgovoriti odnosi se na trajanje pretrage, čak i uz automatizaciju postupka. Tome je tako ponajprije zato što nije poznato koliko vremena je potrebno da se pretraga izvrši primjenom ultrazvuka, na opisan način i bez primjene drugih uređaja i postupaka. Kada bi se poznavala grupa ultrazvučnih uređaja za provedbu ovakve pretrage, onda bi se moglo procijeniti ukupno vrijeme pretrage potrebno za jednu ispitanicu, a onda i ukupan broj potrebnih uređaja. Bez obzira na broj uređaja ili samo trajanje pretrage, trajanje kretnji- pokreta ispitanica koje prethode pretrazi ili slijede neposredno nakon nje poželjno je smanjiti. Iz dosada navedenog slijedi da su optimiranost i pouzdanost provedbe pretraga u tehničkom i medicinskom smislu značajni zahtjevi postavljeni pred ovako zamišljen postupak probira.

Načelno, cjelokupni se proces pretrage može podijeliti u tri osnovne faze, i to:

- a) pristup ispitanica mjernom sustavu te zauzimanje potrebnog stava,
- b) provedba pretrage radi probira i
- c) odstup ispitanice i udaljavanje od sustava,

iz čega se nadalje može izvršiti raspodjela procesa pretrage na:

- 1.) **kretnje ispitanica - pristup**
- 2.) **automatiziranu pretragu.**

**Pristup** ispitanica ispitnom mjernom sustavu podrazumijeva za cilj zauzimanje stava kako bi željeno ispitivanje bilo provedeno na način kako je to zahtijevano od strane specijalističkog medicinskog kadra odnosno u ovisnosti o načinu vršenja pretraga, a završava udaljavanjem ispitanice od sustava nakon izvršene pretrage. Vršenjem ovih kretnji ispitanice aktivno utječu na trajanje cjelokupne pretrage.

**Automatizirana pretraga** podrazumijeva da se na zamišljen način izvrše pretrage, za čijeg trajanja ispitanice miruju u položaju za pretragu. Trajanje provedbe iako zamišljena kao kratkotrajna, izravno ovisi o samom ultrazvučnom uređaju ali istodobno i o načinu vršenja pretrage, gdje volumen i oblik pretraživanog tkiva mogu imati značaj.

Svaka od spomenutih faza cjelokupnog procesa pretrage može značajno utjecati na ukupno vrijeme trajanja, što uvjetuje da se objema skupinama posveti primjerena pažnja.

Napomenimo još, kretnje provedbe pretrage nisu izravno u vezi s kretnjama pristupa mjernom sustavu, ali od zauzetog položaja ovisi kako je mjerenje moguće izvršiti.

Nadalje, ako vrlo općenito razmatramo moguće vršenje kretnji pristupa, neovisno o daljnjoj provedbi pretrage, možemo ih razvrstati na dvije osnovne idejne zamisli a koje opisuju način pristupa sustavu za zamišljeno ispitivanje- pretragu, i to:

- a) Samostalno,
- b) Nesamostalno.

Pod navedenim se podrazumijeva:

**ad a)** ispitanica vrši kretnje pristupa potpuno samostalno odnosno bez ikakvog sudjelovanja operatera- asistenta, koji tek nakon toga ispitanicu priprema za daljnji tijek pretrage. Ovaj način podrazumijeva da ispitanica uz kratka uputstva izvrši zauzimanje zamišljenog stava, a operater asistent osigura da je sve spremno za početak i provedbu pretrage. Rješenje mjernog stola treba osigurati sve potrebne tehničke kvalitete za provedbu pretrage. Podrazumijeva se da je mjerni stol nepomičan dok ispitanica pristupa i zauzima traženi položaj.

**ad b)** ispitanica vrši kretnje pristupa na takav način da joj operater- asistent pomaže i ujedno priprema za daljnji tijek pretrage. Ovdje je slučaj u kojemu ispitanici operater pomaže pri kretnjama pristupa, što nadalje ovisi o rješenju mjernog sustava i zamišljenom stavu. Uzima se u obzir rješenje mjernog stola koji pored svih potrebnih tehničkih kvaliteta može biti konstruiran da olakša pristup i omogućí višu mjeru prilagodbi ispitanicama. Takvo rješenje stola obuhvaća ideju kako neki od dijelova stola ne moraju nužno biti nepomični.

Pretraga je zamišljena kao automatiziran postupak kako bi se provodila uvijek istim algoritmom čime je zamišljeno da se omogućava usporedba dobivenih rezultata tijekom vremena, kako bi se u što ranijoj fazi zamijetile patološke promjene. Sloboda vršenja pretrage koju je dosada imao operater pretrage

automatizacijom se uskraćuje, pa se može postaviti pitanje pouzdanosti. Ipak, pretpostavimo da su prednosti automatizacije dostatne te da se time može uštedjeti na vremenu, uz pouzdano ostvarivanje svrhe probira. Istodobno, način automatizacije također može biti riješen tako da ne uskraćuje ponovljeni prolaz preko osobito sumnjive površine odnosno volumena pretrage. Problemi automatizacije nisu primarni predmet ove analize, pa ćemo uzeti da je postupak automatiziran i adekvatan.

Obzirom da je volumen ciljane pretrage takvih nepravilnih oblika, značajno deformabilan i individualno karakterističan, ovim razlikama treba posvetiti primjerenu pozornost. Iz tog je razloga uveden međusloj koji bi deformirao volumen pretrage u nešto primjereniji oblik, odnosno omogućio u što većoj mjeri ravnu dodirnu plohu za ultrazvučnu sondu. Poznato je da zračni mjehurići na ultrazvučnoj slici predstavljaju tamne sjene te stoga treba izbjeći njihovu pojavu, a lom i refleksiju ultrazvučnih valova treba nastojati umanjiti kada ih je nemoguće izbjeći. Naime, uz zahtjev da se pretraga treba provesti ostvarujući zadovoljavajuću razinu dodira ultrazvučne mjerne jedinice i tijela ispitanice, treba osigurati nastajanje takvog dodira tijekom čitavog trajanja pretrage uz istodobnu prilagodbu obliku tkiva. Uz ovo, antropometrijske značajke vezane uz oblik i veličinu volumena dojke u ovisnosti o visini, dobi ili građi ispitanica također mogu imati značajan utjecaj na rješenje provedbe pretrage, a također i na rješenje mjernog stola.

Pored navedenih poteškoća za automatizaciju ovakve pretrage, navedimo još i utjecaj oblika i veličine mjerne jedinice, te samih tehničkih osobina. Ove značajke nisu unaprijed utvrđene, odnosno tek proizvođač uređaja može dati takve informacije. Načelno, teško je reći koji način primjene ultrazvuka će se naći u primjeni za ovu svrhu, pa je i sam oblik tim teže predvidjeti. Ipak, intuitivno se naslućuje kako će biti primijenjena sonda trodimenzionalnog ultrazvučnog uređaja, a oblik dodirne plohe sonde i međusloja bi trebao biti duguljastog izgleda. To određuje kako je moguće ostvariti prihvatljivu dodirnu plohu s tijelom ispitanice, ponajprije zbog promjenjive zakrivljenosti odabranog dijela tijela ispitanica. Sve ovo određuje u nekoj mjeri kakav je položaj tijela ispitanice primjeren za provedbu pretrage, što opravdava primjenu međusloja i nalijeganje ispitanica na njega.

Uz sve ove polazne postavke, želimo postići da trajanje čitave pretrage sa svim pojedinostima bude najkraće prihvatljivo, uz što više drugih pogodnosti (troškovi, prenosivost,...).

### 1.3.1 Definiranje problema

Razmatranjem opisane zamisli i pripadnih značajki lako je izlučiti čitav niz problema koje možemo razvrstati na odgovarajući način a potom im posvetiti primjerenu pozornost.

Utjecaj sposobnosti ispitanica i njihovih kretnji na cjelokupno trajanje pretrage u izravnoj su vezi s zahtjevima postavljenim pred njih, te se u tom smislu postavlja pitanje najpovoljnijeg odnosa ispitanica - mjerni sustav, gdje je opravdano prednost dati ispitanicima. Mjerni sustav, odnosno njegova izvedba uvjetuje mnoštvo zahtjeva postavljenih pred ispitanice, izravno uvjetujući opseg i intenzitet izvođenja zamišljenih kretnji i konačno, mogućnost ostvarivanja ravnopravne šanse pristupanju pretrazi. Ovdje ne samo da je riječ o nepoznavanju ove međuovisnosti, nego i utjecaju neutvrđenih razlika među ispitanicima u smislu njihovih sposobnosti i vještina potrebnih za vršenje kretnji pristupa.

Poznate statičke antropometrijske razdiobe sadrže mnoštvo podataka za našu populaciju žena, međutim, nema dostupnih podataka o dimenzijskim razlikama prednjeg dijela gornjeg trupa. Za konstruiranje dijela mjernog stola predviđenog za postavljanje sustava automatiziranog vođenja ultrazvučne sonde potrebni su upravo ovakvi podaci, ali isto tako i za utvrđivanje oblika i dimenzija međusloja.

Unatoč svim prednostima i raširenoj primjeni, za navedenu svrhu probira ultrazvučna tehnologija traži potvrdu pouzdanosti, jer se čini da se neke patološke promjene ne mogu pouzdano detektirati. Iz tog je razloga potrebno izlučiti da li je moguće i kojom se grupom ultrazvučnih uređaja takva vrsta pretraga može izvršiti. O tome ovise mnogi tehnički detalji, počevši od samog oblika i dimenzija sonde pa nadalje, sve do sustava za automatizirano vođenje sonde i konstrukcije stola za pretragu. U tom smislu, u slučaju utvrđene primjerene pouzdanosti, za odgovarajuću skupinu ultrazvučnih uređaja potrebno je utvrditi značajke potrebne za daljnju



razradu, koje nadalje vode k zadaći automatizacije posrednog pregleda koji se u početnoj idejnoj zamisli navodi.

Nadalje, uobičajen način pretrage ultrazvučnom sondom preko kože ispitanika podrazumijeva primjenu posebnog gela, koji osigurava ostvarivanje primjerenih kvaliteta za pretragu. Nije poznato da li se slične odnosno zadovoljavajuće kvalitete prikaza ultrazvučnog nalaza mogu ostvariti uz primjenu odstojnog međusloja od silikona, obzirom da zamišljena pretraga predviđa njegovu primjenu, što treba istražiti.

Ovako opisana razmatranja uočenih problema moguće je razvrstati, i to na:

- a) Utjecaj antropomjera populacije žena i ergonomičnost pristupa:
  - Pristup mjernom sustavu u sprezi s zahtjevom kratkotrajnosti pristupa
  - Biomehaničko opterećenje ispitanica za trajanja pristupa mjernom sustavu
  - Utvrđivanje karakterističnih antropomjera ispitanica
- b) Medicinsku stranu:
  - Ocjena opravdanosti primjene ultrazvuka putem primjene postojećih uređaja
  - Izlučivanje odgovarajuće grupe ultrazvučnih uređaja za provedbu pretraga
  - Trajanje probira primjenom odgovarajućeg postupka i izlučene grupe uređaja
  - Mogućnost i način primjene silikonskog međusloja
- c) Tehničku- konstruktivnu stranu:
  - Automatizacija pretrage primjenom odabrane grupe ultrazvučnih uređaja
  - Izvedba mjernog stola
  - Posredni medij (silikonska podloga) kao međusloj.

Razmatrajući navedeno, može se uočiti da se radi o više grupa problema koji mogu dovesti u pitanje mogućnost ostvarivanja automatiziranog, kratkotrajnog ultrazvučnog pregleda prema opisanoj početnoj ideji. Ipak, i u slučaju da nije moguće ostvariti kliničku i dijagnostičku primjenu zamisli, rezultati istraživanja

mogu biti od velike vrijednosti za neki sličan ili srodan slučaj, ali i kao proširenje poznatih saznanja.

Predloženi postupak pretrage i njegove značajke, uz uočene probleme, uvjetuje zalazak u dijelom neistraženo područje bez poznatog algoritma pristupa u njegovom rješavanju odnosno istraživanju. U tom smislu, isprepletenost spomenutih problema nas navodi na osmišljavanje algoritma provedbe istraživanja na temelju postojećih, dostupnih saznanja ali i uzimajući u obzir samu polaznu zamisao.

Obzirom da nije jednoznačno uočljiva veza između navedenih problema, nužno je uz postojeća saznanja uspostaviti bazične odnose među njima, a kasnije ih prilagoditi ukoliko se pokaže potrebnim.

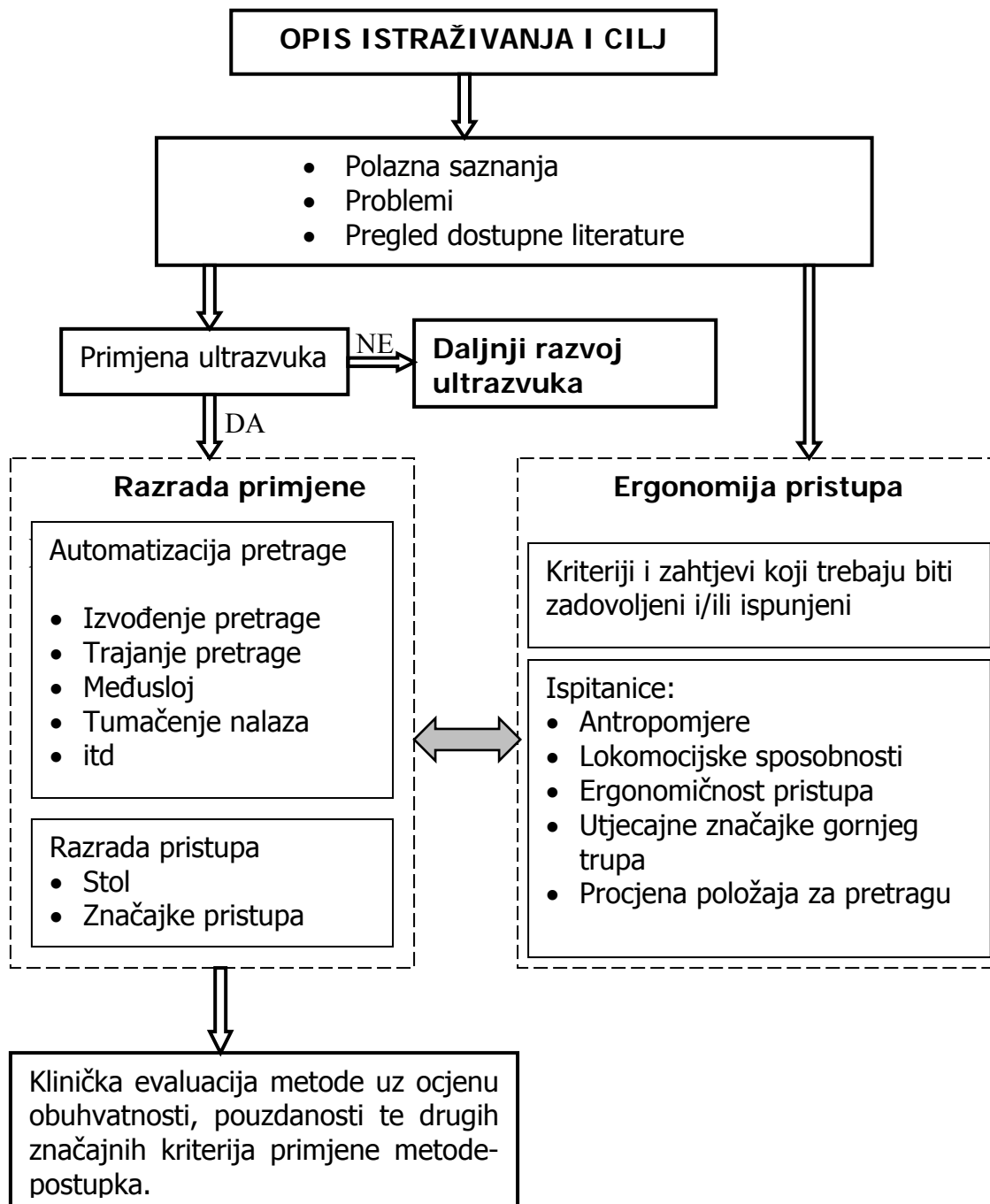
Slikom 1. shematski je prikazan algoritam istraživanja, putem kojega nastojimo vizualno prikazati njegov tijek, ali istodobno i odnose među spomenutim problemima.

Iz polaznih saznanja odnosno zamisli koja je poticajem istraživanju, proistječe da, kako je već opisano, nailazimo na čitav niz problema. Pregledom dostupne literature možemo dopuniti polazna saznanja, a istodobno uočiti i odgovore na neka od pitanja. Ipak, tek istraživanjem će biti moguće odgovoriti na pitanje svrsishodnosti zamisli, pored izlučivanja svih ergonomijskih zaključaka. Iz toga proistječe grananje istraživanja na dio koji izravno ovisi o mogućnosti primjene ultrazvuka u ovu svrhu, ta na dio koji se bavi ergonomijom sudjelovanja ispitanica. Za cjelokupni proces pretrage od važnosti je sprega obje, iako u nekim primjerima uopće nisu povezane.

Ako se utvrdi da je primjena ultrazvuka opravdana i nudi prihvatljivu pouzdanost za provedbu probira, istraživanje treba poći u smjeru razrade primjene, koja treba rezultirati automatizacijom pretrage, rješanjem svih tehničkih kao i dijagnostičkih detalja za provedbu pretrage. Osim toga, poznavanje grupe ultrazvučnih uređaja za ovakvu pretragu omogućava utvrđivanje konačnog rješenja mjernog stola, iz čega je tada moguće točno utvrditi na koji način ispitanice trebaju izvršiti pristup istome, što je moguće izložiti procesu optimizacije uz utvrđene ergonomijske preporuke, što označava veza prikazana horizontalnom strelicom.

S druge strane, ukoliko se pokaže da primjenu ultrazvuka u ovu svrhu tek možemo iščekivati, što je iskazano potrebom daljnjeg razvoja ultrazvučne dijagnostike, ostaje nam da se pozabavimo ergonomijom sudjelovanja ispitanica, ali

i njihovim značajkama od važnosti za zamišljeni postupak. Naravno, u ovom slučaju postoje ograničenja zbog kojih nije moguće u cijelosti definirati ergonomijske



Slika 1. Algoritam tijeka istraživanja i njegovih interesnih polja.

preporuke, kao niti provesti optimalizaciju istih. U ovom slučaju radi se o analizi zamišljenih modela pristupa mjernom stolu, koji se također uzima kao model,

odnosno njih više. Unatoč ovim ograničenjima, značaj ovih preporuka odnosno rezultata može biti od velike važnosti, jer prikazuju pristup i rezultate u rješavanju problema gdje prisutne razlike osobina ispitanica igraju značajnu ulogu.

Iz ovoga se na kraju može reći da bez obzira na mogućnost primjene ultrazvuka, provedba ergonomijske analize ima svoj smisao. Izlučivanje preporuka o umanjivanju utjecaja prisutnih razlika među ispitanicama naše populacije pri vršenju kretnji, mogu biti korištene u mnoštvu srodnih zadaća. To je opravdanje što će naglasak u ovoj analizi biti upravo na tome.

## **1.4 Hipoteza**

Razmatrajući navedenu namjeru ostvarivanja pouzdanog, ali i kratkotrajnog automatiziranog postupka probira za odabranu populaciju žena primjenom ultrazvučne dijagnostike, moguće je analizom utjecajnih parametara izlučiti najpovoljnije značajke pristupa mjernom sustavu, kao i rješenja mjernog stola, što se u prvom redu odnosi na ergonomijske, a potom i konstruktivne kriterije.

Na temelju toga se mogu izreći preporuke koje podrazumijevaju najpovoljniji odnos ispitanica s mjernim sustavom, što se odnosi na ostvarivanje ravnopravnih uvjeta pristupa za sve ispitanice, uzimajući u obzir sve utjecajne razlike među njima, te umanjivanjem njihova nepovoljnog utjecaja. Na temelju takvih saznanja kao ključnih, proistekao bi oblik mjernog stola i rješenje njegove radne plohe.

Uzimajući u obzir razlike antropometrijskih značajki, lokomocijskih ali i motoričkih sposobnosti ispitanica treba provesti ergonomijsku analizu pristupa ispitanica odgovarajućem stolu uvažavajući zdravstveno stanje i raspon dobi ispitanica.

Nadalje, potrebno je istražiti mogućnost ostvarivanja zadovoljavajuće slike u sklopu ultrazvučnog uređaja, silikonske plohe i ispitanice s postojećim ultrazvučnim uređajima u svrhu probira te ukoliko je takva primjena opravdana, istražiti mogućnost izrade automatiziranog dijela mjernog sustava s kojim bi se snimale ispitanice.

Naposljetku, potrebno je utvrditi značajke karakterističnih antropometrijskih obilježja ispitanica od važnosti za izradu mjernog stola, a posebice dijela koji bi se izveo od silikonske plohe, na koji bi ispitanice nalijegale. Iz ovoga se nazire potreba da se istraži veza statističke razdiobe općih i karakterističnih antropomjera žena naše populacije putem pokušaja utvrđivanja njihove moguće međuovisnosti, s krajnjim ciljem mogućnosti definiranja dinamičkih trodimenzijskih antropomodela.

Na kraju, predviđa se da će pristup ispitanica dijagnostičkom sustavu biti riješen upravo tako da u najvećoj mjeri budu umanjeni utjecaji ograničenja zbog postojećih razlika među ženama svih dobi uzetih u razmatranje, ne umanjujući djelotvornost i svrsishodnost zamišljene pretrage, uz zadržavanje kratkotrajnosti. Pojam ergonometričnosti, kao kvaliteta koja se uvodi, obuhvaća sve utjecajne značajke te se iskazuje kao brojana bezdimenzijska veličina, ponajprije radi objektivnije usporedbe među modelima pristupa.

## **1.5 Pregled dostupne literature**

Obzirom na značaj ali i ulogu u samoj zamisli kao i algoritmu istraživanja, nešto opsežnijim pregledom literature potražiti ćemo odgovore na pitanja vezana uz primjenu ultrazvuka. Zanima nas odgovor na pitanje pouzdanosti i uvjeta primjene ultrazvuka za potrebe zamišljene primjene. Ove informacije, kako je ranije opisano, mogu u velikoj mjeri utjecati na tijek istraživanja, ponajprije utjecajem na način provedbe pretrage, a time i na samo vršenje pristupa.

Nakon toga, zanima nas da ustanovimo postoje li neke značajke ili pokazatelji za razvrstavanje ispitanica prema rizičnosti od raka dojke, ne samo po pitanju dobi nego i drugim kriterijima, čime bi se mogla umanjiti predviđena brojnost pristupnica probiru, ali i uočiti da li se to saznanje odražava na smisao ovakve pretrage.

Zatim, tražimo informacije o primjeni silikona u medicini u kontekstu primjene kao međusloja te ako takva praksa postoji, koje silikonske smjese su primijenjene.

I na kraju, prikupit ćemo informacije o razlikama među ispitanicama, ponajprije antropometrijskih podataka za gornji trup ukoliko su dostupne, a zatim i one vezane uz osobine i sposobnosti za vršenje predviđenih kretnji, u kontekstu uočavanja razlika među ispitanicama, kako u ovisnosti o dobi tako i građi i drugim utjecajnim razdiobama. Istodobno, ove informacije u velikoj mjeri služe kao osnova za uspostavljanje kriterija ocjene povoljnosti predloženih rješenja ali i provedbu analize, pored stjecanja uvida u trenutno dostupna saznanja.

### **1.5.1 O primjeni ultrazvuka u medicinskoj dijagnostici**

U prvom redu, obzirom da je ultrazvuk poznata tehnologija pretrage, fiziku i osnove njegove primjene smatramo načelno poznatima, no unatoč tome, treba pronaći niz drugih informacija. Ponajprije, na koji način, odnosno primjenom kojih uređaja je moguće izvršiti pouzdani probir, ukoliko je ultrazvuk stasao u samostalno primjenjivu dijagnostičku tehnologiju. Osim toga, da li već postoje slični pokušaji da se automatizira pretraga odnosno probir, te uz koje polazne postavke. Potom, u kojoj mjeri i na koji način se ostvaruje prikaz utvrđenog nalaza, te postoje li saznanja koja mogu biti od koristi za predloženu primjenu, ponajprije po pitanju automatizacije utvrđivanja nalaza. I na kraju, postoje li u primjeni ultrazvuka saznanja o ovisnosti dobi ispitanica i nalaza dobivenih ultrazvukom, iz čega se može obrazložiti primjena za sve dobne skupine ispitanica.

Patološke tvorbe u dojčkama mogu se otkriti nizom dijagnostičkih postupaka. Ultrazvučnu dijagnostiku karakterizira zavidna točnost i apsolutna neškodljivost, neinvazivnost, nema osjeta boli za vrijeme trajanja pretrage, istodobno je moguće praćenje na monitoru, niski su troškovi nabavke i korištenja, te naposljetku predstavlja sigurnu pretragu za pacijenta.

Prvi pokušaji primjene ultrazvuka u otkrivanju bolesti dojke datiraju još od Wilda 1951. godine, koji je pokušao eksperimentalno zamijetiti neke promjene u dojci. Godine 1970. Kobayashi objavljuje prve rezultate ultrazvučnog pregleda dojki, da bi se ova pretraga u cijelosti afirmirala tek osamdesetih godina prošlog stoljeća. Od tada do danas ultrazvuk upravo zbog svojih karakteristika predstavlja vrlo važnu pomoć u dijagnostičke svrhe, a s porastom interesa da se rezultati

dobiveni ovom tehnologijom primijene na što veći broj slučajeva, njegov se razvoj kreće u mnogo različitih smjerova. Ipak, zajedničko svim navedenim nastojanjima upravo je u korist razvoja ultrazvuka kao dijagnostičkog alata, po mogućnosti samostalnog i neovisnog o drugima.

Istraživanja i s tim u vezi i razvoj ultrazvuka u medicinskoj se primjeni općenito kreću u nekoliko osnovnih smjerova, neovisno o primjeru primjene. U ovom radu bit će riječi primarno o primjeni na rak i lezije dojke u dijagnostičke svrhe.

Pored osnovnog istraživanja u smislu da se iz ultrazvukom dobivene slike mogu izlučiti i razlikovati unutarnji dijelovi tijela čovjeka radi dijagnostike i uvida u stanje, poboljšavanje kvalitete i razlučivosti tako dobivene slike također je područje od velikog interesa. Upravo navedeno nadalje navodi na pokušaje da se slika dobivena ultrazvukom što uspješnije protumači, te se primjenom računala taj zadatak nastoji automatizirati, omogućavajući specijalisti operateru da lakše stvori prostornu predodbu o pretraživanom dijelu tijela, da se umanju subjektivna greška te naposljetku smanji trajanje pretrage i dijagnosticiranja. Povećanje pouzdanosti u primjeni ultrazvuka kao dijagnostičkog alata također je značajno pitanje jer bi time ultrazvuk od komplementarnog mogao postati samostalan alat.

Zadaci koji se ultrazvuku u medicinskoj primjeni zasada primarno postavljaju uglavnom su kao nadopuna mamografiji u svrhu pomoći pri razlikovanju vrste uočenog sumnjivog tkiva, utvrđivanju veličine lezija, predodžbenju krvožilnog sustava u pretrazi tkiva te kao alat za navođenje pri operativnim zahvatima. Navedimo značajnije zaključke i saznanja o spomenutim smjerovima razvoja ultrazvuka kao i njegove primjene.

Razvojem ultrazvučne aparature vrlo visoke rezolucije danas je moguće otkriti malignom dojke do 5 mm, a cistične promjene već od 4 mm. Takve se pretrage vrše primjenom visokofrekventnih sondi od 7 do 15 MHz.

Obzirom na tehnološka unaprjeđenja ultrazvuka u primjeni pored svakodnevne prakse primjene ove metode susrećemo se sa sve većim zanimanjem liječnika za primjenom ultrazvuka kao metode za provedbu probira asimptomatskih žena radi raka dojke, te ćemo potražiti odgovor na pitanje primjenjivosti u tu dijagnostičku svrhu.

Obzirom na zanimanje za proširenje primjene ultrazvuka, o stanju u medicinskoj primjeni ultrazvuka detaljno je izvijestio Svensson 1997. godine [6]. Ultrazvuk dojke se više ne koristi samo u svrhu razlikovanja cističnih od čvrstih lezija, već se rutinski primjenjuje za dijagnozu i obradu čvrstih dobroćudnih lezija te u dijagnozi i utvrđivanju stadija raka dojke. Najvažnije područje primjene je u obradi palpabilnog čvrstog tkiva koje je predmet interesa ispitanice odnosno operatera specijaliste. Ultrazvuk može točno klasificirati mnoge čvrste lezije kao dobroćudne čime se može izbjeći nepotrebna biopsija, zloćudne se lezije mogu prepoznati s visokim stupnjem sigurnosti a dopuna putem citološke punkcije uvelike osigurava sigurnost dijagnoze. Ultrazvuk otkriva neopipljive, male i čvrste lezije nevidljive mamografski, no istodobno ne otkriva mikrokalcifikacije povezane s duktalnim karcinomom in situ, te se zbog toga primjena ultrazvuka u probiru svodi na poboljšavanje dijagnostičke preciznosti mamografije. Uzimajući u obzir da je tkivo dojke izrazito nehomogene strukture, da ona nije neovisna o dobi ispitanice, pri pregledu putem ultrazvuka svakako treba voditi računa da se pojedinim dijelovima tkiva posveti više pažnje. Uz to, nije pogodno ni jednolično pretraživanje tkiva, već je na nekim mjestima potrebno iz više promatranih kutova promotriti isti sektor. Zaključno, naveo je da je ultrazvuk iznimno važan u smislu poboljšanja dijagnostičke pouzdanosti simptomatskih žena kao nadopuna mamografiji. Pored toga, daljnjim unaprjeđenjem prostornog ultrazvučnog pregleda tkiva i obrade dobivenih rezultata pomoću računala, moguće je očekivati da ultrazvuk postane metoda probira.

Neovisno o istraživanju koje je proveo Svensson, a s namjerom da se dođe do opće prihvatljivog stava po pitanju primjene ultrazvuka u probiru raka dojke, evropska grupa znanstvenika za probir radi raka dojke izrazila je stav o tako zamišljenoj primjeni ultrazvuka te nakon opsežne analize i pregleda postojećih saznanja o primjeni i rezultatima primjene ultrazvuka, ukazano je na slijedeće:

- ultrazvuk posjeduje značajnu ulogu u nadopuni mamografskih rezultata u detekciji patoloških tvorbi za sve dobi ispitanica te se uzima kao primarni dijagnostički alat u simptomatskih žena mlađih od 35 godina;
- metoda probira primjenom ultrazvuka mora zadovoljiti sve postavljene zahtjeve na takvu vrstu pretraga;



- primjena ultrazvuka u probiru asimptomatske populacije (bez utvrđenih simptoma postojanja patološke promjene) žena povezana je s neprihvatljivom razinom netočnih rezultata, te se iz tog razloga do daljnjega odgađa primjena ultrazvuka u ovom smislu [3].

Iz navedenoga je moguće uočiti sličnost s navodima Svenssona, čime se samo potvrđuje kako ultrazvuk do 1998. godine nije stasao u samostalnu dijagnostičku metodu.

Također, izrečeno mišljenje da ova pretraga nije prikladna za ciljani masovni pregled (probir) u literaturi «screening» asimptomatskih žena Fajdić [1] obrazlaže u činjenici da je trajanje pregleda neprikladno svrsi probira, nisu moguća uspoređivanja nalaza te nije moguće uočavanje mikrokalcifikata, koji kako je navedeno mogu biti znak intraduktalnog karcinoma in situ.

Uspoređujući ultrazvuk s mamografijom, za mlade žene ultrazvuk pokazuje bolje rezultate gdje gusti parenhim otežava mamografsku interpretaciju, iako svoju najveću vrijednost pokazuje pri prepoznavanju cista te razlikovanju cističnih i fibrocističnih promjena od solidnih tumora, što ima za posljedicu smanjenje broja nepotrebnih mamografija mladih žena. Unatoč navedenim prednostima, lako je moguće ne prepoznati mikrokalcifikate te difuzne infiltrativne procese, dok se malignomi mogu zamijeniti s fibroadenomima [1]. Primjena ultrazvuka je ograničena zbog niske razlučivosti prikazanog uvida obzirom na građu tkiva, što ima za posljedicu da se teško mogu razaznati normalne u odnosu na tražene opasne strukture tkiva. To je posebno slučaj kada je riječ o ranoj fazi nastajanja invazivnog patološkog tkiva. Razlučivost se može povećati povećavanjem radne frekvencije, no tada se umanjuje prodornost čime se opet ne rješava namjera potpune pretrage u dubinu tkiva.

Novije istraživanje [4] implicira da je pomoću ultrazvuka moguće rano otkrivanje lezija, no nema govora o trajanju takve pretrage i ocjeni kliničke primjene. Indicirano je da je moguće pouzdano razlikovati normalno tkivo od oboljelog. Također, moguće je razlikovati i vrstu oboljelog tkiva, prije svega zloćudno u odnosu na dobroćudno, i to čak i za male površine. Da bi navedeno otkrivanje tkiva bilo moguće, autori su uveli klasifikaciju tkiva na koherentno i difuzno, s namjerom da se primjeni dekompozicija tkiva jetre i grudiju. Različitosti navedenih tkiva se u svakom pogledu poštuju, te se samo mogu uspoređivati jer im

se pristupa s istom idejom. Uz to, ovakav pristup za sada sveden je na samo ova dva tkiva, iako je namjera da se primjeni i na druga. Skupina žena na kojoj je vršeno istraživanje bila je simptomatska, što unaprijed dovodi u pitanje primjene na probir, pored već navedene upitne kliničke primjene. U tom smislu, potrebna je potvrda pouzdanosti ove metode na asimptomatskoj skupini žena svih dobi.

Isto tako, karakterizacija tkiva dojke na osnovi modeliranja ultrazvučnog odziva s idejom poboljšanja razlučivosti nalaza ultrazvuka također ne nalazi odgovora koji bi u potpunosti utjecali na afirmaciju ultrazvuka kao samostalnog dijagnostičkog alata [5].

Uloga primjene "Dopplera" u potrazi za sumnjivim lezijama dojke još uvijek se ocjenjuje kontroverznom, o čemu govore radovi u posljednje vrijeme (1994. do 2001.) [6]. Ova se vrsta pretraga u usporedbi s klasičnim b-tipom ultrazvuka pokazuje manjkava u prikazu karakterističnog krvožilnog sustava. Naime, različiti oblici i raspodjele krvožilnog sustava primjenom prostornog prikaza trebali bi u najmanju ruku nadmašiti rezultate ostvarene uobičajenom ravninskom ultrazvučnom slikom, osobito tada ako se primijeni povećanje intenziteta "Color-doppler" signala. Iako se može naći uporište u tvrdnji da je rasprostranjenost krvožilnog sustava u malignih lezija izraženija no u benignih, u tom smislu opisani postupak nije ocijenjen značajnijim unaprjeđenjem postojeće dijagnostike [6].

Trenutno je mamografija jedina djelotvorna metoda za probir asimptomatske skupine žena, dok se ultrazvuk primjenjuje za razlikovanje dobroćudnih od zloćudnih lezija. Na nesreću, najmanje 50% lezija uočenih ultrazvukom se razaznaju kao čvrste a samo 17 do 50% od toga zloćudnih (Grisvold, 1990, Stavros i sur., 1995, Thibault i sur., 1997), što vodi nepotrebno velikom broju operativnih zahvata. Ultrazvuk kao dopuna mamografiji u smislu razlikovanja vrste tkiva umanjuje broj nepotrebnih biopsija, što se prikazuje rezultatima provedenog istraživanja [7]. Na taj se način značajno umanjuju troškovi oko provedbe biopsije, jer se klasifikacija tkiva ovako dopunjenom pretragom unaprijedila. Postoje nalazi patoloških promjena uočenih isključivo ultrazvukom, što nadalje ističe važnost primjene ultrazvuka kao dopunske metode [8].

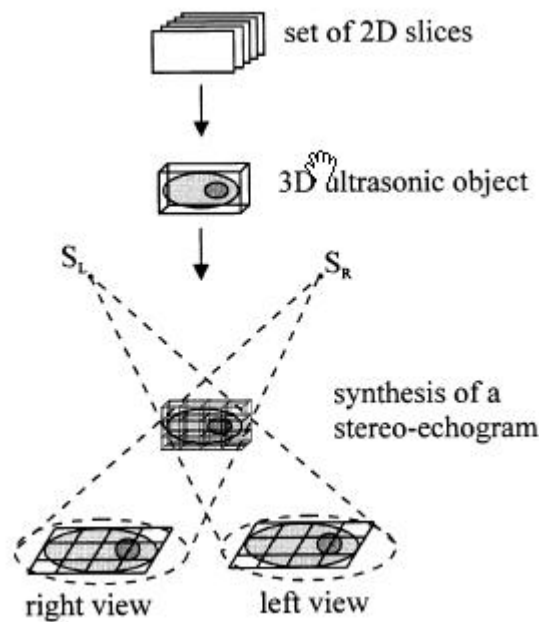
Poboljšanje prikaza i tumačenja nalaza pomoću 3D ultrazvuka još uvijek ne znači potpuno otpisivanje klasično prisutnih 2D uređaja unatoč svim prednostima novijih uređaja. Unatoč prednostima, kod 3D pregleda često nije prikladno

promijeniti kut gledanja te se zbog toga sloboda pregleda u 2D prikazu još može prikazati kao prednost tog prvotno razvijenog postupka.

Povećanje razlučivosti slike, jasnije prikazivanje kontura patoloških tvorbi te njihova klasifikacija još su zahtjevi koji nisu u potpunosti ispunjeni iako se u tom smislu javljaju značajna poboljšanja primjenom 3D ultrazvučnog prikaza [9, 10, 11, 12].

Značaj "b" vrste ultrazvučnih pretraga u dijagnozi patoloških promjena neporeciva je, no postavlja se pitanje da li je prostorno predočenje ultrazvučnog pregleda pogodno za unaprjeđenje dijagnostike raka dojke. Na to se pitanje odgovor traži još od 1979. godine kada su Itoh i Yokoi opisali računalno potpomognut prostorni prikaz ultrazvučne slike pretraga. Nešto kasniji radovi ukazuju na značajna poboljšanja u primjeni ovakvog prikaza, gdje se značajno bolje mogu razlučiti tkiva prikazana slikom pretrage, no o uspjehu u tom smislu značajan je utjecaj imalo iskustvo specijaliste.

U medicinskoj primjeni ultrazvuka trodimenzionalna predočenost nije razvijena koliko je u primjeni CT ili MRI. Općenito, ultrazvuk daje lošiju rezoluciju u odnosu na navedene pretrage, te je njegova slika uz prisutne smetnje lošije razlučivosti. Nadalje, trajanje 3D pregledavanja pojedine lokacije uz CT i MR je nekoliko minuta u usporedbi s nekoliko sekundi za ultrazvuk čija je oprema značajno niže cijene i dakako bez ionizirajućeg zračenja. Na taj se način mogu svojstva ultrazvuka prikazati kao pozitivne u primjeni. Unatoč tome, nije moguće istodobno tumačiti nalaze ovako dobivenog prikaza već je za to potrebna kasnija rekonstrukcija, čime se značajno mijenja brzina ovakve pretrage. Pokušaj da se ovom problemu pristupi i uvedu poboljšanja opisuje automatizirana metoda stereoskopske vizualizacije trodimenzijskog ultrazvučnog pregleda u potrazi za tumorima dojke koja uz posredni pristup tkivu preko plexiglas površine kojom se pritišće tijelo dojke vrši stvaranje slike u paralelnim ravninama iz čega se potom interpolira trodimenzionalna slika pretrage ultrazvukom. Osnovna karakteristika ove metode je u stvaranju slike tkiva pomoću dva različita pogleda iz čega se može formirati trodimenzionalni uvid u oblik i položaj tkiva osumnjičenog da je lezija odnosno tumor. Slikom 2 prikazan je princip prema kojemu je zamišljena primjena ovakve provedbe pretrage tkiva, gdje se trodimenzionalna slika prikazuje iz dvaju različita položaja, bazirana na ideji koja se koristi u radiologiji.

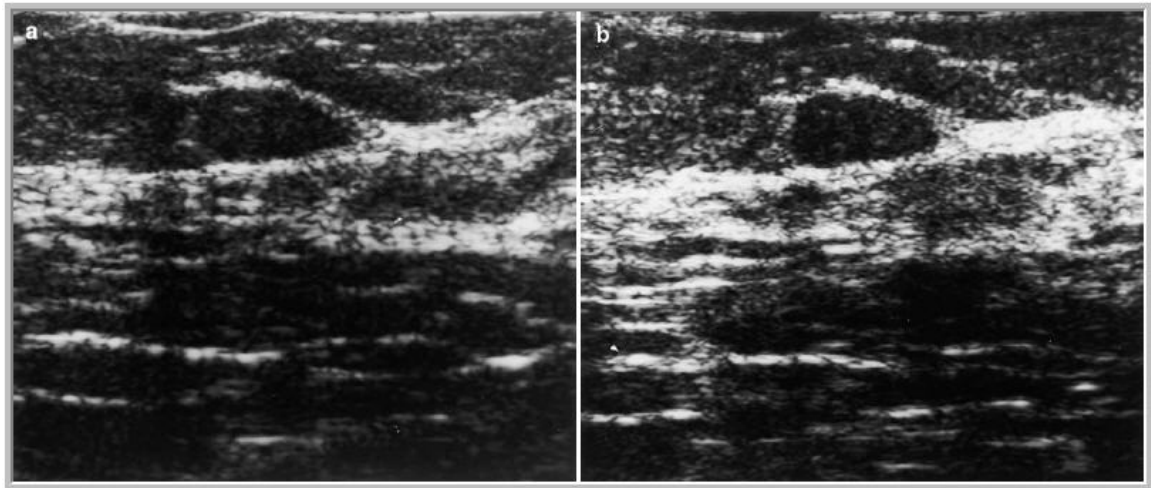


**Slika 2.** Princip primjene stereoskopskog predočenja trodimenzionalnog objekta [13].

Ovako provedena pretraga pokazuje značajno poboljšanje u primjeni ultrazvučne metode pretrage, te se iz ovog načina primjene mogu očekivati još bolji rezultati. Zaključno, u primjeni stereo ehografija pokazuje značajno unaprjeđenje u kvaliteti predočenja rezultata pretraga u usporedbi s drugim ultrazvučnim postupcima, te se tkivo lakše razlikuje a time je i pouzdanija metoda. Ipak, nije pokazana pouzdanost ovako prikazanih rezultata da bi se klinički opravdala samostalnost ove pretrage, te je i trajanje pretrage neprimjereno ciljanom kratkotrajnom probiru [13].

Tissue harmonic imaging, THI (harmonijsko predočenje tkiva ultrazvukom) kao novija tehnologija primjene ultrazvuka u odnosu na klasično prisutnu ultrazvučnu tehnologiju pokazuje značajno unaprjeđenje nalaza i poboljšanu sliku samog tkiva koje se promatra. Pri tome se ovaj način prikaza pokazao boljim načinom prikaza u odnosu na prijašnje primjenjivane ultrazvučne pretrage, i time pokazao da budućnost primjene ultrazvuka u obliku THI tehnologije obećava poboljšanje kvalitete kliničke slike dobivene primjenom ultrazvuka. Kao primjer, Slikom 3. prikazana je patološka tvorba, detektirana mamografski u vanjskom gornjem dijelu desne dojke ispitanice dobi od 43 godine, te je prikazana primjenom

klasičnog ultrazvučnog uređaja (lijevo), gdje se uočena ovalna masa ne može jasno razlučiti od okružujućeg parenhima, dok je kod primjene THI (desno) vrlo lako uočiti oblik i granice tvorbe. Ostaje da se ova tehnologija dalje razvije i dokaže kao metoda pretraga, možda čak i samostalna [8]. Unatoč prednostima i uočenom poboljšanju u prikazu tvorbi, nema uporišta da se u svrhu probira može svrstati u



**Slika 3.** Usporedni prikaz otkrivene lezije, koja je detektirana mamografski, a prikazana:  
a) uobičajenim ultrazvukom  
b) primjenom THI. [8]

samostalnu i dostatno pouzdanu, ponajprije jer se na temelju uočavanja patoloških tvorbi simptomatske skupine ne može provjeriti primjena na asimptomatsku skupinu žena.

U smislu tumačenja dobivene slike i iz nje izlučivanje nalaza iskustvo specijaliste operatera i poznavanje tkiva pretraživanog dijela tijela također je od iznimne važnosti. Obzirom na navedeno, greške koje se mogu pojaviti ponekad mogu značiti i potpuno neprikladan tijek terapije odnosno pristup bolesti, ako isključimo nepotrebne zahvate zbog netočno klasificiranog tkiva. Pokušaji da se u smislu povećanja pouzdanosti tumačenja prikaza ali i samog razlučivanja ostvari značajno poboljšanje, svakako su vrijedan doprinos zdravstvenoj zaštiti.

Točnost kombinirane pretrage grudiju u mladih žena također je jedan od aspekata o kojima se raspravlja, tim više što se traži povećanje osjetljivosti i točnosti pretraga u dijagnostičke svrhe. Usporedbe istraživanja kojima je zajedničko da se nastoji ustanoviti pouzdanost odnosno točnost primjene kombiniranih pretraga

primjenom ultrazvuka i mamografije, prikazane su sistematizirano [14, 15]. Zaključak je da se ovakvom kombinacijom povećava osjetljivost (uočavanje sumnjiva tkiva) dok je specifičnost neznatno smanjen (točnost dijagnosticiranja tkiva), što se podudara i s prijašnjim istraživanjima. Obzirom da su ovako izrečeni zaključci zanimljivi a kako ukazuju da se u primjeni različitih procjena razlikuju i dobiveni rezultati, neophodna su dodatna istraživanja kako bi se mogla iskazati konačna, zaključna ocjena ovakve kombinacije pretraga.

Usporedbom rezultata mamografije s rezultatima uz ultrazvučnu nadopunu vidljivo je poboljšanje kvalitete rezultata, koji se još mogu u manjoj mjeri poboljšati ako se primjeni i color doppler kao druga dopunska metoda. Iz ovoga se pored ostalog može zaključiti da bilo koja samostalna pretraga nije dosegla razinu da se primjena takovih rezultata primjenjuju izolirano, već ih se dopunjuje drugima. To je značajno radi pristupa koji bi vodio k najboljim rezultatima i u što većoj mjeri povećao pouzdanost i efikasnost pretraga ali i liječenje ove teške bolesti [7]. Uz ovo, upravo zbog potrebe da se primjeni kombinacija pretraga, dolazi u pitanje namjera kratkotrajnosti.

Razlikovanje mamografski uočenih sumnjivih dijelova tkiva moguće je provesti ultrazvučno, magnetskom rezonancijom te uz pomoć električnog otpora s namjerom da se unaprijedi prepoznavanje tkiva [16, 17, 18, 19].

Usporedbe u načinu primjene navedenih tehnologija izražavaju prednosti i nedostatke svake od navedenih metoda pregleda, ali bez obzira na njihovu djelotvornost, samo se uzimaju kao dopuna mamografiji, odnosno kao nešto pouzdanije metode za prepoznavanje karakteristika tkiva što često mamografija nije u mogućnosti ponuditi s parirajućom točnošću.

Pored nastojanja da se pouzdanije uoče i razlikuju patološke tvorbe, mnogo se truda ulaže i na njihovo prikazivanje, na što se značajno utječe kvalitetom prikaza ultrazvučne slike [20, 21].

Pregled unutarnjeg histograma ultrazvučnog odziva ima značajnu ulogu u razlikovanju zloćudnih i dobroćudnih patoloških tkiva, što vodi do pouzdanije detekcije patološke tvorbe neovisno o iskustvu i vještini specijaliste operatera pri ručnom pretraživanju korištenjem ultrazvučne sonde [22].

Kako bi se greške tumačenja i analize ultrazvučne slike svele na najmanju moguću mjeru, primjena računala pokazuje sve značajniji doprinos kao i niz

prednosti [23, 24]. Postupak poluautomatskog prepoznavanja tkiva iz ultrazvučne pretrage volumena dojke može unaprijediti računalno ubrzana metoda uočavanja promjena u tkivu trajanja do 35 minuta. Pretraživanja tkiva se na istoj pacijentici time mogu uspoređivati što omogućava utvrđivanje nastalih promjena u čitavom volumenu tkiva koje se pregledava te se takav postupak ocjenjuje klinički korisnim [25, 26].

Digitalizacijom ultrazvučne slike moguće je dodatno povećati razlučivost što je također od velike koristi pri karakterizaciji tkiva simptomatske skupine. Ustanovljeno je da je obraćanje pozornosti na brid slikom prikazane lezije korisna informacija za razlikovanje ćudi tkiva. Pored toga, značajan je i prikaz okruženja promatrane lezije, koja prikazuje moguće promjene uslijed djelovanja zloćudnog tkiva. Uspoređujući istovjetni nalaz dobiven uz navedenu računalnu podršku s onim iz vizualnog tumačenja, nalazi govore u prilog računalnoj obradi, koja još nije dostatno pouzdana za kliničku praksu. Nelinearan pristup obrade mogao bi izlučiti bolje rezultate, što je predmet daljnjih istraživanja ovoga pristupa analizi tkiva ultrazvučnom metodom pregleda [25].

Postavlja se pitanje da li ovako automatiziran i računalno potpomognut proces analize snimaka zadovoljava kriterij kratkotrajnosti probira te da li postavljeni algoritam prepoznavanja tkiva posjeduje pouzdane kriterije procjene, ponajprije po pitanju samostalnosti.

Utvrđeno je da zloćudni tumori dojke imaju nižu električnu impedanciju od okružujućeg tkiva, te bi razlikovanje tkiva na ovaj način moglo ponuditi poboljšanja dijagnostičke procedure. Pregledavanje putem utvrđivanja električnog otpora pokazuje visoki stupanj osjetljivosti, te unatoč potencijalu koji je do sada kao tehnologija pokazao, klinički je ocijenjena kao nepouzdana jer se javljaju i netočne detekcije. Iako razlikovanje zloćudnih i dobroćudnih tkiva na osnovi električnog otpora iziskuje niz budućih istraživanja prije nego što postane klinički primjenjiva metoda na ovu vrstu problema, električni otpor mogao bi se koristiti za nadopunu ultrazvučnih nalaza. Iz toga slijedi da se ne ocjenjuje pogodnom tehnologijom za primjenu u svrhu probira [16, 17, 18], a kombinaciju s ultrazvukom tek treba afirmirati.

Primjena ultrazvuka s namjerom da se prednosti ultrazvuka očitovane u prikazu slike u stvarnom trenutku, kao pomoć u kliničke svrhe pripreme operativnih zahvata za lociranje i utvrđivanje patološkog tkiva ocijenjena je opravdanom [27, 28, 29, 30]. Također, razvoj 3D prikaza dodatno je olakšao navedeni zadatak.

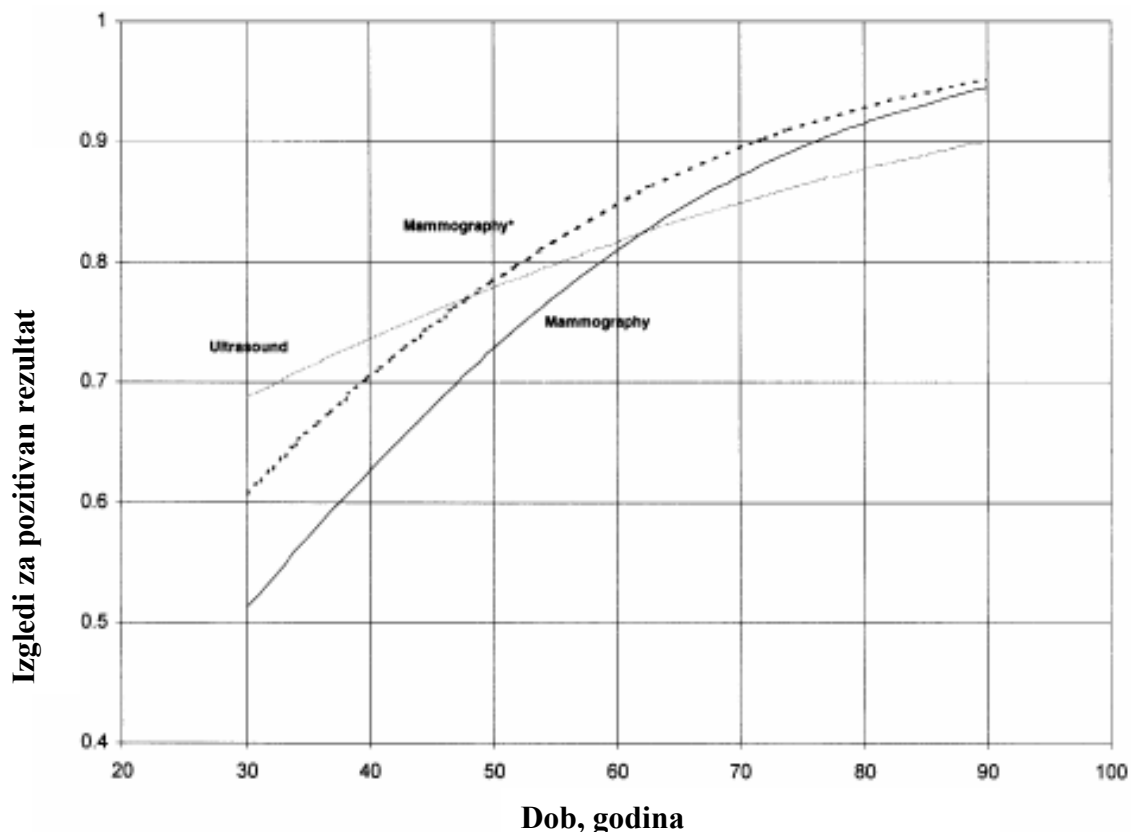
U procjeni veličine tumora uspoređujući fizički pregled (palpaciju) s ultrazvukom i mamografijom s namjerom da se izluči najpouzdanija predoperativna tehnologija utvrđivanja veličine tumora, ultrazvuk se pokazao kao najbolja tehnologija. Ipak, ostaje teško predvidjeti pouzdano veličinu tumora za svaki pojedini slučaj, iako se prema statistici pokazuju male greške, što za kliničku primjenu nije prihvatljivo kao pouzdano. Ipak, primjena je ultrazvuka u tom smislu kao pomagala nezamjenjiva u ovom trenutku [31, 32, 33]. Ultrazvučnom slikom podržano navođenje biopsije iziskuje primjenu prostornog, 3D ultrazvuka za razliku od ravninskog koji unatoč svim svojim dobrim svojstvima ipak nije u tom smislu pogodan za primjenu [34].

Pored dosada navedenih istraživanja kojima je bio cilj primjenu dijagnostičkih postupaka unaprijediti u pouzdanosti uočavanja te klasificiranja patoloških tkiva, dob ispitanica također je jedan od zanimljivih aspekata njihove primjene. Obzirom da se u ovom radu interes pretraživanja dostupne literature bazira na primjenu ultrazvuka, tako još samo navedimo komentar vezano uz dob ispitanica te rezultate primjene mamografije i ultrazvuka kao pomoćnog postupka.

Usporedbom osjetljivosti mamografije i ultrazvuka za simptomatsku skupinu žena u ovisnosti o njihovoj dobi izlučeni rezultati prikazani su Slikom 4, te tablično [35]. U Slici 4 pune linije za mamografiju i ultrazvuk prikazuju osjetljivost dobivenu primjenom navedene tehnologije za žene koje su bile podvrgnute objema, dok isprekidana linija prikazuje mamografsku osjetljivost za one podvrgnute samo mamografiji.

Zaključak koji je izlučen je da je osjetljivost ultrazvuka za opipljivo sumnjivo tkivo značajno bolja, uvjetovana ciljanim ultrazvučnim pregledom, za razliku od onih kod kojih nije postojalo prije navedeno sumnjivo opipljivo tkivo, kada je osjetljivost ultrazvuka neprihvatljivo niska. Osjetljivost je mamografije neovisna o opipljivosti sumnjivog tkiva, odnosno nije pokazala razlike u prikazanim rezultatima pretraga.





**Slika 4.** Dijagram osjetljivosti mamografije i ultrazvuka u ovisnosti o dobi ispitanica [35]

Nažalost, ovo istraživanje nije bilo provedeno tako da su pretrage bile provođene bez uvida u rezultate pretraga druge metode, što je očito imalo utjecaj subjektivne prirode, pa su i dobiveni rezultati u tom smislu relativno točni za usporedbu metoda.

Kao još jedna zanimljivost, unatoč svemu navedenom, iako je uočeno da je ultrazvuk prihvatljiva metoda do približno 62 godine starosti, ipak nije klinički pouzdana da bi bila potpuno neovisna metoda pretrage u svrhu utvrđivanja raka dojke. Isto tako, ipak su potrebna znatno objektivnija istraživanja koja bi izlučila pouzdanu granicu u dobi do koje se ultrazvuk može preporučiti umjesto mamografije [35].

Na temelju dostupnih saznanja iz literature kao i zaključaka koji su doneseni, možemo ustvrditi kako je unatoč značajnom razvoju ultrazvuka još uvijek vrlo upitna njegova samostalna primjena, što za svrhu primjene ovoga istraživanja predstavlja utjecajnu prepreku. Dakle, nismo u mogućnosti izlučiti skupinu ultrazvučnih uređaja koji bi potpuno samostalnom primjenom omogućili provedbu

probira, ali isto tako ni u kombinaciji s nekom drugom komplementarnom dijagnostičkom tehnologijom. Unatoč tome, postoji interes da se dalje istražuje mogućnost primjene takvog postupka ili metode te se iščekuje povoljnije rješenje izvedbe uređaja i njegove primjene. Ukoliko se u budućnosti pojavi klinički pouzdana dijagnostička ultrazvučna tehnologija za probir, samostalna ili u komplementarnoj kombinaciji, prihvatljivog trajanja, preostaje pitanje izrade automatizacije čitavog procesa pretrage. U tom smislu, nisu uočeni koraci u smjeru automatizacije probira, pa je predložena zamisao novost, koju nismo u prilici usporediti. Pored toga, automatizacija i primjena računala u tumačenju i razlučivanju nalaza pokazuje niz prednosti, ponajprije povećavanjem stupnja objektivnosti, a obzirom na svrhu, predstavlja pogodnost u procesu automatizacije pretrage.

Automatizaciju kao niti značajke takve tehnologije probira upravo iz navedenih razloga nije moguće dalje istraživati, jer kako je rečeno ranije, to ovisi o grupi ultrazvučnih uređaja za pretragu kao i njihovim karakteristikama.

Namjera da se rastereti probir asimptomatske skupine žena primjenom ultrazvuka, odnosno da se postavi dobna granica primjene ultrazvuka nije našla uporište, osim da je njegova primjena pogodnija za mlađu skupinu ispitanica, ali nedostatne pouzdanosti.

### **1.5.2 O primjeni međusloja**

Potruga za mogućnošću odnosno istraživanjima za primjenu silikona kao međusloja nisu dostupna. Ipak, silikon je dosta raširen u medicinskoj praksi, osobito u plastičnoj kirurgiji, ali se ne spominje kao međusloj u primjeni, a osobito ne u svezi s ultrazvukom. Unatoč tome, nisu uočeni razlozi koji bi silikon isključivali iz uloge odstojnog međusloja te ne pokazuje značajne nedostatke zbog kojih se ne bi mogao uvesti u rješenje automatiziranog postupka radi probira primjenom ultrazvuka. Postojanje izrazito velikog broja silikonskih masa kao i raznovrsnost njihove primjene svakako ukazuje i na različite osobine i svojstva, što ukazuje da izbor silikona za međusloj ovisi o ultrazvučnim uređajima za pretragu. Istraživanje primjene silikonskog međusloja za dostupne ultrazvučne uređaje može izlučiti povoljnost primjene, što bi mogla biti preuranjena ocjena, koja se kasnije može

pokazati netočnom. Tek poznavanjem pouzdanih i odgovarajućih ultrazvučnih uređaja za pretragu možemo utvrditi koju silikonsku masu možemo primijeniti, odnosno koja bi zadovoljavala zahtjeve ultrazvučne dijagnostike te zahtijevane tehničke osobine.

U smislu ocjene polazne zamisli, istražiti ćemo mogućnost da se silikon koristi kao međusloj, gdje nas zanima da li ga je uopće moguće koristiti kao međusloj, a tek potom i na kakav način primjenom odgovarajućih ultrazvučnih uređaja, što zasada nismo u prilici pouzdano istražiti.

### **1.5.3 Ispitanice i rak dojke**

U dostupnoj se literaturi, za potrebe ovog rada, vrlo malo informacija može naći vezano uz ispitanice, počevši od podložnosti za rak dojke, pripadnosti rizičnoj skupini i kriteriju utvrđivanja iste, pa sve do morfometrijskih i antropometrijskih podataka specifičnog dijela tijela gornjeg trupa. Ipak, navedimo neka od malobrojnih postojećih saznanja.

Na genetskoj je osnovi moguće identificirati podložnost riziku od raka dojke [36]. Probir u tako izlučenoj skupini žena može povećati izgleda za pouzdanije nalaze, iako nema potvrde sigurnosti izostanka patoloških tvorbi genetski neizlučenih. Ostaje da se ovakva studija razradi, čime se korist iz kombiniranih pretraga može povećati.

S namjerom da se žene u što manjoj mjeri podvrgavaju mamografiji odnosno radiološkom zračenju, u probir se nastoje uvesti druge metode. Gustoća tkiva (parenhim) u mlađih žena je upravo problem za probir, tim više što se za populaciju žena do 40 godina starosti rijetko i nedovoljno kvalificiraju rezultati. Uglavnom, da bi probir bio učinkovitiji, učestalost ponavljanja pretraga trebala bi biti najduže do 18 mjeseci, provedena primjenom kombiniranih pretraga. Uvođenje manje štetnih pretraga je ocijenjena pozitivno, posebno za genetski manje rizične, iako se u tom smislu moraju provesti opsežnija istraživanja koja bi dala podršku takvog stava. Također, izlučivanje rizične skupine smatra se dobrom smjernicom u prevenciji mortaliteta zbog ove bolesti [36].

Čini se da postoji veza između građe žena i rizika za obolijevanje od raka dojke.

Razmatrane su antropometrijske značajke, BMI (body mass index- indeks tjelesne mase), dob i građa s namjerom da se uspostavi veza s mogućom pojavom simptoma [37]. Indeks tjelesne mase (BMI) je izračunata vrijednost iz podataka visine i pripadne mase tijela, koja se računa prema izrazu:

$$BMI = \frac{m}{H^2}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

gdje je  $m$ , kg masa tijela a  $H$ , m njegova ukupna stojeća visina.

Građa je uvjetovana kako nasljeđem tako i raznim životnim aktivnostima i navikama. Obzirom da se osobine životnog stila mogu mijenjati, a ukoliko imaju utjecaj na pojavu bolesti, moguće je na određen način umanjiti rizik.

Građa nije dostatno utvrđena karakteristika, koja osim što uzima u obzir neke vanjske izmjere tijela, posebice visine i tjelesne mase, također uključuje izračun relativne tjelesne mase te utvrđivanje mase i rasporeda masnog tkiva, kao dopunskih značajki. Obzirom na razvrstane izmjere, najviše se asocijacija s pojavom raka pojavljuje u žena pretile građe u postmenopori.

Neovisno o istraživanjima i njihovom opsegu u ovom smislu, sva uspoređena navode na gotovo identične značajke koje povećavaju izgleda za pojavu raka dojke, i to kako slijedi:

- da je umjereno prevelika tjelesna masa žena u periodu prije menopauze u nekoj mjeri korisna, dok je u kasnijoj dobi upravo rizična, što u nekoj mjeri može biti uzrokovano neskladom hormonalnog sustava;
- da su neovisno o periodu zrelosti žene više građe podložnije obolijevanju od raka dok za žene u predmenopauzalnom periodu nema dokaza kako njihova građa utječe na rizik od raka;
- žene u kasnijoj dobi žene izraženije muškaste građe podložnije su obolijevanju [37].

Utvrđivanje oblika grudiju i njihovih dimenzija u kliničke i druge svrhe također su dodatno zanimljiva saznanja. Iako su takova istraživanja malobrojna, navedimo značajnije iz dostupnih.

Prikupljeni podaci morfometrije [38] se obrađuju statistički kako bi se karakteristične točke tijela grudiju kao i njihove koordinate mogle utvrditi što jednoznačnije a sve s namjerom da se utvrde značajke normalnih grudiju kao osnove za plastičnu kirurgiju kojom se žele postići estetski učinci promjena koje žene zahtijevaju. Istodobno, ovakvi rezultati omogućavaju uspostavljanje vanjske građe, što proširuje dotada dostupne informacije [38]. Nadalje, moguće je i pomoću 3D skenera uočiti oblik te raspodjelu prema antropometrijskim grupama kako bi se povećala točnost uspostavljenih izmjera koje donekle koreliraju [39]. Ovim se istraživanjima može pridati značaj referentnih jer omogućavaju uspostavljanje približnog modela karakterističnog dijela tijela žena. Navedimo neke od značajnijih podataka iz navedenih istraživanja.

Volumen grudiju povećava se za 20 ml za svaki kilogram prekomjerne tjelesne mase (u odnosu na idealnu, iako ona nije utvrđena jednoznačno). Pored toga, nije moguće povezati tjelesnu visinu i oblik ili veličinu volumena. Volumen grudiju je predmet istraživanja pomoću utvrđivanja istisnine odnosno neizravno izračunavanjem lineariziranih izmjera. Sve su ovako ustanovljene izmjere samo pokušaj da se priđe bliže stvarnom obliku i volumenu, no obzirom na tjelesnu masu, dob, udio masnog tkiva odnosno gustoće ispitivanog volumena, još nepouzdana. Tako se za bilo kakvu daljnju obradu ili modeliranje oblika ili volumena treba provesti značajno opsežnije utvrđivanje izmjera, ali isto tako i utvrditi što se smatra referentnim volumenom i oblikom, te koje bi trebale biti njegove izmjere.

Uz to, treba imati na umu da se radi o tkivu deformabilne prirode, izravno ovisnih svojstava o dobi, tjelesnoj masi, volumenu i drugim utjecajnim značajkama, te je za naše istraživanje sve ove informacije potrebno uzeti s prikladnim oprezom. Dodatno se može uočiti da je prosječni BMI žena koje su izrazile zahtjev za povećanjem veličine grudiju značajno manji od prosječnog, isto kao i značajno veći BMI žena koje su tražile smanjivanje volumena.

Rezultati istraživanja izraženi su tablično [38], gdje je prikazana ovisnost visine i mase u odnosu na izražene izmjere, gdje se jasno vidi da je korelacija s visinom ocijenjena kao nisko korelirana. Prosječni BMI bio je 24,1 dok su druge dvije vrijednosti 28,4 i 20,5 kg/m<sup>2</sup>. Jedina značajnija korelacija uspostavljena je s masom ispitanica te su u tom smislu izraženije veze s izmjerama prikazanim u radu [38].

Recimo još nešto i o anatomiji dojke i značajkama o kojima bi trebalo voditi računa. Dojke imaju kompleksnu raspodjelu tkiva koja je specifično za svaku ženu. Tako adekvatna interpretacija sonografskih promjena iziskuje poznavanje anatomije normalne dojke, u ovisnosti o fazama menstrualnog ciklusa kao i dobi žene. Dojka nije čvrsto tijelo tako da treba uzeti u obzir njenu kompresibilnost te mogućnost promjene oblika obzirom na uvjete (stav, utjecaj dodirne plohe itd.). Zrele ženske dojke u pravilu tvore: koža, potkožno masno tkivo, žljezdano tkivo te Cooperovi ligamenti. Uz navedeno, tu su i elementi koji ne pripadaju strogo dojci, odnosno mišićnina s fascijom, rebra i pleura.

Etape u promjeni fizikalnih svojstava dojke kao endokrinog organa javljaju se kao rezultat zajedničkog djelovanja hormonskog sustava tijekom života žene, te se mogu razvrstati na:

- a) rani reproduktivni period (15 do 25 godina);
- b) zreli reproduktivni period (25 do 40 godina);
- c) involutivni period (35 do 55 godina);
- d) postinvolutivni period (55+ godina);
- e) trudnoća;
- f) dojenje.

Normalan ultrazvučni nalaz ovisan je o hormonskim čimbenicima, osobito za vrijeme menstruacije, trudnoće i dojenja, o čemu također treba voditi računa. To je značajno zbog tumačenja nalaza, gdje u ovisnosti o etapi u kojoj se žena nalazi, sonografski rezultati mogu značajno odstupati od normalne slike. Tako je sonogram dojke mlade žene ehogen s izraženim obilnim žljezdanim tkivom dočim se u postmenopauzi vidi hipoehogena dojka, gotovo bez žljezdanog tkiva [1].

### **1.5.4 Osobine i sposobnosti ispitanica**

Ispitanice koje se uzimaju već od 18-te godine u proces praćenja obuhvaćaju čitav antropometrijski percentilski raspon, različitih su tipova građe tijela, pa tako i svih ostalih osobina. U dostupnoj literaturi nalazi se malo informacija o ispitanicama potrebnih za ovo istraživanje, a najčešće se radi o samo nekim skupinama podataka, ponajprije statičkim antropometrijskim podacima, načinom računanja segmentalnih

masa prema Donskom i Zacjorskom, dinamičkim momentima tromosti i slično. Ako posegnemo za podacima iz literature [40, 41, 42], tada će poznate brojčane vrijednosti biti iskazane kao statistička središnja vrijednost za populaciju, uz doduše poznate podatke iz statističke obrade, no neosjetljive na građu ispitanica. Takve rezultate možemo primjenjivati s rezervom, obzirom da mjerenja možemo provesti na malobrojnim dostupnim ispitanicama.

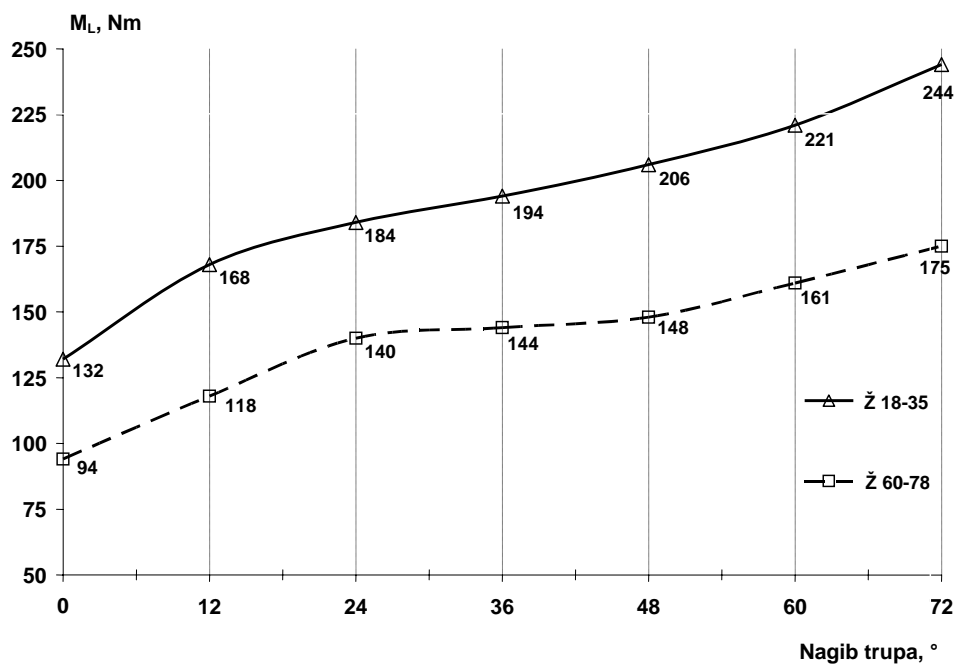
Informacije koje se odnose na mogućnost ostvarivanja sile povlačenja, guranja ili dizanja su nešto dostupnije, no u pravilu se radi o podacima vezanim uz pojedine ravnine izvođenja simetričnih pokreta. Isto vrijedi i za momente koji mogu biti očekivani od pojedine grupe ispitanika. Takve informacije bit će od koristi pri usporedbi težine izvođenja razmatranih kretnji. Imajući u vidu postojeće informacije, čini se da ovi gotovo oskudni podaci jedva da omogućavaju stjecanje svih potrebnih za potpunu procjenu i analizu promatranog slučaja.

Informacije koje se odnose na primjerenost zauzetog stava ili položaja tijela također nema u razmjerima potrebe za ovu analizu, pa se iz tog razloga teško može sa sigurnošću dati prijedlog najpovoljnijeg rješenja stava. Naime, o ispravnost stava može se govoriti samo načelno, prihvaćajući opće poznate informacije o tome što se smatra nepovoljnim, ili čak opasnim, ali vrlo malo točno određenih.

Potrebne informacije o ispitanicama vezane uz lokomocijske sposobnosti se ne mogu naći u dostupnoj literaturi ako uopće postoje na način koji bi u ovom zadatku bile primjenjive, posebno vezano uz različite razine invaliditeta te druge lokomocijski utjecajne parametre. Nešto informacija moguće je pronaći, no obično je riječ o samo nekim podacima, često jednostavnih pokreta ili gibanja, dok kod njihove sinteze ne mora biti riječ o istoj razini sposobnosti. Osim lokomocijskih sposobnosti u obzir se uzimaju i motoričke osobine koje također mogu imati stanovit utjecaj na povoljnost pristupa. Poznato je da se lokomocijske sposobnosti mijenjaju opadajući s povećanjem dobi ispitanica, također i uslijed zdravstvenih poremećaja gibanja, a raspon pokreta se pored navedenih značajki može dovesti u vezu s antropometrijskim veličinama. Uz to, mišićna opterećenja ispitanica pri kretanjama zauzimanja zahtijevanog stava odnosno položaja tijela također utječu na izbor načina pristupa i njegovog opisa, no isto tako mogu predstavljati ograničenje ako nisu primjerena populaciji žena.

Razlike među ispitanicama vezane uz mehanički kapacitet njihovog mišićja ovise izravno o njihovoj dobi, što se može prikazati s vrijednostima mehaničkog kapaciteta slabinske kralješnice [43], kao analogijskim prikazom.

Slikom 5 prikazane vrijednosti mehaničkog kapaciteta slabinske kralješnice iskazuju upravo takvu ovisnost, koja se uvodi ponajprije zbog nedostatka specifičnih podataka mehaničkih sposobnosti ispitanica za izvođenje kretnji pristupa, tim više što su zasada nedostatno određene. Takvu analogiju moguće je potkrijepiti podacima postojećih ergonomskih podataka [40, 41, 42], u ovisnosti o dobi.



**Slika 5.** Dijagramom prikazana ovisnost prosječnog mehaničkog kapaciteta slabinske kralješnice o dobi ispitanica i to za dvije starosne skupine žena (18-35 i 60-78 godina) s pripadajućim vrijednostima za nagib trupa [43].

Pored toga, dijagram prikazan Slikom 5 može se primijeniti u svrhu utvrđivanja prisutnih naprežanja slabinske kralješnice spram referentnih, te na temelju toga izlučiti ocjenu razmatranog slučaja.



## 1.6 Organizacija istraživanja

Na temelju dosada rečenoga, a obzirom na dostupna i poznata saznanja o uočenim problemima te postavljenoj hipotezi, istraživanje možemo razdijeliti na nekoliko zasebnih cjelina, iz kojih ćemo potom izlučiti najvažnije zaključke.

U prvom redu, obzirom na značaj i smisao za ovaj rad, provest ćemo analizu ergonometričnosti kretnji i uvjeta pristupa mjernom stolu odnosno sustavu, iz koje trebaju proizaći najznačajnije informacije za prijedlog rješenja mjernog stola. U tom smislu, obzirom da zamisao pristupa samo u nekoj mjeri određuje kretnje pristupa, ponajprije putem predviđenog krajnjeg položaja trupa ispitanica, uvest ćemo modele kretnji pristupa, kako bi mogli vršiti analizu.

Nakon toga, pozabavit ćemo se specifičnim dijelom antropometrijskih izmjera, odnosno gornjim trupom žena kao posebnim i nepotpuno istraženim. Riječ je o tome da se uobičajene statičke antropomjere navode prema pripadnosti percentilskim skupinama, no u takvim se informacijama ne nalaze iste o dimenzijama gornjega trupa, kako za našu tako i druge populacije žena. Kako je pregledom literature dio odgovora na ovo pitanje ipak u nekoj mjeri moguće izlučiti, ostaje još da se pozabavimo s pitanjem odnosa dimenzija gornjeg trupa s drugim antropometrijskim dimenzijama, kako bi bilo moguće uočiti da li poznate razdiobe i informacije nude dostatne informacije za procjenu potrebnih prilagodbi pri oblikovanju posebnog dijela mjernog stola.

Nadalje, istražiti ćemo mogućnost ostvarivanja prihvatljive slike preko silikonskog međusloja primjenom postojećih raspoloživih ultrazvučnih uređaja. Ovdje je važno zaključiti da li je moguće koristiti međusloj od silikona za primjenu ultrazvučne dijagnostike, a tek pojavom pouzdanog ultrazvučnog sustava za probir utvrditi i sve druge značajke, kako samog međusloja, tako i primjene ultrazvuka na taj način. Ovdje je riječ i o automatizaciji vršenja pretrage, koja zbog ocjene da ultrazvuk još nije primjenjiv za zamišljenu pretragu, nije objektom ovog istraživanja.

I na kraju, izlučit ćemo zaključke i na temelju njih, iznijeti preporuke za osnivanje najpovoljnijeg rješenja kretnji pristupa, odnosno mjernog stola, te ukazati na najznačajnije rezultate i doprinos istraživanja.

# II

## Analiza pristupa mjernom ultrazvučnom sustavu

Razmatrajući navedene probleme koji se mogu uočiti iz postavljene zamisli o provedbi dijagnostičke pretrage radi raka dojke od strane medicinskih stručnjaka, uočljiv je velik broj utjecajnih veličina ergonomske prirode. Ukratko, radi se o namjeri da se što većem broju ispitanica omogući pristup pretrazi, uz zadovoljenje uvjeta kratkotrajnosti. To znači da sposobnosti i osobine ispitanica i uvjeti pristupanja igraju značajnu ulogu, gdje razlike među ispitanicama koje nedvojbeno postoje, mogu značajno otežati, ako ne i onemogućiti izvođenje pristupa mjernom stolu za pretragu. U ovom poglavlju pozabavit ćemo se utvrđivanjem spektra informacija vezanim uz spregu ispitanica- mjerni sustav, gdje ćemo provedbom analize utjecajnih značajki pokušati doći do najpovoljnijih uvjeta vršenja pristupa. Na temelju ovoga mogu se izreći preporuke za konstruktivno rješenje mjernog stola, koji igra važnu ulogu.

Obzirom da je iz polazne zamisli lako uočiti da se od ispitanice očekuje da gornjim trupom naslonjena na predviđenu podlogu omogući provođenje dijagnostičke pretrage- probira, analizom ćemo obuhvatiti nekoliko modela u kojima je ispitanica u načelno različitom odnosu s mjernim sustavom. Iz ovih razlika bit će moguće izlučiti uvjete koji su najpovoljniji za ispitanice, ali istodobno uzimajući u obzir i vrijeme potrebno da se ispitanica uvede i izvede iz sustava. S tom namjerom, modele kretnji pristupa ocijenit ćemo prema postavljenim kriterijima, gdje ćemo svakome od njih pridružiti konačnu ocjenu, kao razinu ostvarene ergonometričnosti.

### 2.1 Izbor modela kretnji pristupa

Analizu značajki pristupa provest ćemo na tri modela, kojima je osnovna sličnost opisana konačnim položajem gornjeg trupa ispitanica naslonjenog na podlogu (posebno konstruiran dio mjernog stola, predviđen za postavljanje međusloja i dijagnostičkog mehanizma) pod blagim nagibom u odnosu na horizontalu, odnosno potpuno horizontalno. Time se ostvaruje potrebni dodir između grudiju i silikonskog međusloja, preko kojega se ultrazvučnom sondom s donje strane tog međusloja zamišlja vršiti pretraga na predviđen način. Način na koji će ispitanice zauzeti takav položaj gornjeg trupa predstavljaju modeli kretnji i zamišljena rješenja stola za pretragu. Uvođenjem ovih modela stvara se podloga da se analiza pristupa provede uzimajući u obzir što više utjecajnih veličina, ali istodobno i da se time utvrde prednosti i nedostaci modela, te izluče konačne smjernice za rješenje pristupa. Također, utvrđivanjem ovih smjernica omogućava se optimizacija, a pored toga, rezultati analize različitih modela mogu ukazati i na moguća poboljšanja polazne zamisli. Ovdje je još potrebno reći i da smo broj modela koje ćemo uzeti u razmatranje sveli na tri osnovna, iako je njihov broj mogao biti i veći. Ipak, u prilog ovom reduciranju ide obrazloženje kako se s ovim modelima obuhvaćaju razne načelne inačice pristupa. Riječ je o obuhvaćanju načela samostalnog i nesamostalnog pristupa, odnosno različitih razmjera sudjelovanja operatera i ispitanice, različitih značajki modela pristupa u smislu opisa potrebnih kretnji što navodi na uočavanje njima pripadnih prednosti i nedostataka, kao i utjecaj razlika među ispitanicama u sprezi s rješenjem stola. Izlučene smjernice mogu utjecati na pojavu novih, odnosno varijacija razmatranih modela i rješenja stola.

Napomenimo još i da podrazumijevamo da svi modeli omogućavaju jednake uvjete vršenja pretrage i pristupa interesnom dijelu gornjeg trupa. To znači da će pristup pretraživanom volumenu biti omogućen ultrazvučnoj sondi preko međusloja, neovisno o rješenju stola. U tom smislu, rješenje posebnog dijela stola to i omogućava. Pristup u svim razmatranim modelima započinje i završava na korak udaljenosti od stola, što znači da počinje na korak udaljenosti prije nego ispitanica počne vršiti kretnje potrebne za zauzimanje krajnjeg položaja, a završava na korak udaljenosti od stola. Isto tako, u svim modelima je prisutno mirovanje ispitanica u zauzetom položaju kao simbol za provedbu pretrage, jer se od njih to i očekuje. Iz

prije navedenih razloga nije bilo moguće pretragu i provesti, pa se ovdje radi o simulaciji čitavog procesa. I na kraju, navedimo zamišljene modele kretnji pristupa koji će dalje biti razmatrani u postupku odnosno provedbi analize ergonometričnosti. Kinogramima kojima se nastoji prikazati o kakvim je kretnjama riječ prikazuju samo najznačajnije trenutke, važne za principijelan prikaz, te iz tog razloga vremenski razmaci među njima nisu uvijek linearni, odnosno jednoliki.

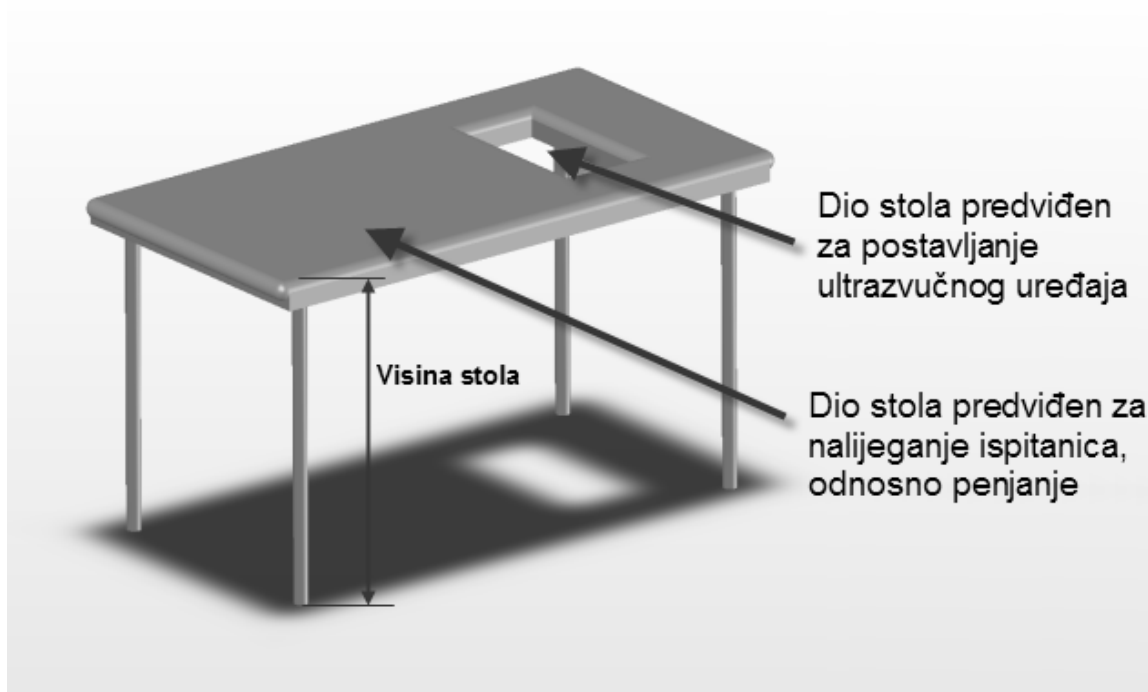
### **Model 1- Pristup stolu s penjanjem i nalijeganjem na njega**

Kao prvi predstaviti ćemo izvorno zamišljeni u kojemu se žene trebaju popeti na postojeći stol modificiran za potrebe pretrage, te leći potrbuške. Radi se o stolu koji se rabi u medicinskim ustanovama, a koji bi se prilagodio potrebi pretrage, odnosno njegov dio za omogućavanje pretrage probira. Ovdje je riječ o stolu odnosno stolovima iz medicinske prakse konačnih dimenzija, gdje se vanjske dimenzije stolova smatraju identičnima, osim po pitanju visina, odnosno 65 i 75 cm. Stol visine 65 cm predviđen je za uobičajene preglede kod liječnika opće prakse, a dimenzijom bi trebao biti povoljniji za penjanje ili sjedanje na njega. Druga dimenzija stola odnosno visina od 75 cm predviđena je za stolove kod kojih liječnik, s pacijentom u ležećem stavu, provodi terapiju ili tome srodne aktivnosti, a važno je da pacijent bude blizak dohvatu liječnika odnosno specijaliste. Stolovi su čvrsti, metalne konstrukcije s radnom plohom za nalijeganje pacijenata, a Slika 6 prikazuje njihov oblik, uz ucrtana zamišljena prilagođenja za potrebe ove zamisli.

U praksi je moguće pronaći i mnoštvo složenih i skupih stolova koji obično posjeduju ciljanu namjenu za koju su konstruirani i oblikovani. Obzirom na njihovu raznovrsnost u manjoj ili većoj mjeri odstupaju od ovog opisa, pa se neće dalje razmatrati. Na isti način bit će konstruiran i stol za provedbu pretrage o kojoj je riječ, kao posebno rješenje, što će biti moguće izvršiti tek po provedbi čitave analize. U daljnjem tekstu bit će riječ o zamišljenim modelima stola na osnovi postojećih, od kojih je na Slici 6 prikazan prvi od razmatranih idejnih rješenja, pripadan ovom modelu pristupa.

Lako je uočiti posebni dio stola koji je predviđen za postavljanje ultrazvučnog uređaja odnosno sustava međusloj-ultrazvučni uređaj, prikazan

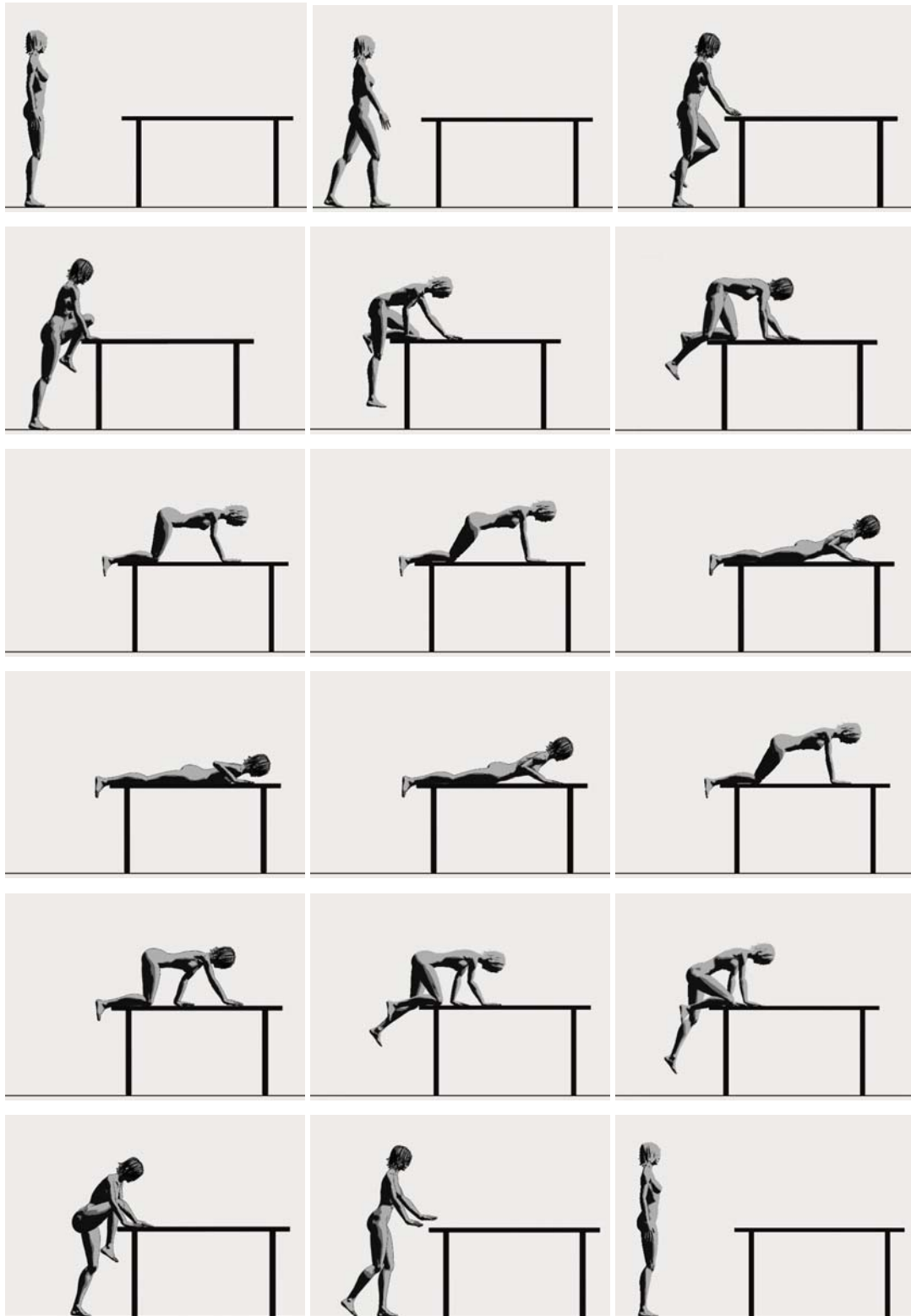
otvorom na stolu. Njegove dimenzije predviđaju prilagodbe antropomjerama ispitanica kako bi se omogućio ravnopravni pristup svima.



**Slika 6.** Prikaz zamišljenog rješenja stola pripadnog Modelu 1

Ispitanica pristup započinje prilaskom stolu, zatim se počinje penjati na njega te se pomicanjem po stolu potrbuške naliže tako da gornji trup, odnosno grudi budu postavljene upravo na posebni dio stola predviđen za to. Za trajanja vršenja pretrage miruje te se nakon toga podiže iz zauzetog ležećeg stava te silazi sa stola putem kojim se i penjala, vršeći slične kretnje unatrag. Shematski je ovaj model pristupa prikazan kinetogramom, što prikazuje Slika 7 u nastavku.

Iako je ovako zamišljen pristup u nekoj mjeri utvrđen, mogu se očekivati različite izvedbe od strane ispitanica te time izazvana veća ili manja odstupanja. Analizirat ćemo zamišljeni opis kretnji s oprezom odnosno vodeći računa na upravo spomenute različitosti.



**Slika 7.** Kinetogram Modela 1

Ovakav način pristupanja i odstupanja podrazumijeva se kao samostalan, gdje ispitanica bez ičije pomoći vrši ove kretnje. Ne uzima se u obzir da li se penjanje i silazak vrši lijevom ili desnom nogom, jer je to slobodni izbor ispitanice.

Posebni se dio stola predviđen za dodir s grudima smatra nepomičnim, te iz tog razloga, potpuno samostalan.

Vidljivo je da se kretnje u načelu sastoje od nekoliko faza koje mogu biti opisane kao:

1. prilaz stolu s pripremom za penjanje,
2. kretnje penjanja na stol,
3. nalijeganje s namještanjem gornjeg trupa na posebni dio stola, (provedba pretrage – mirovanje ispitanice),
4. podizanje iz ležećeg položaja,
5. povratak do ruba stola s pripremom za silazak i
6. silazak sa stola s udaljavanjem od njega.

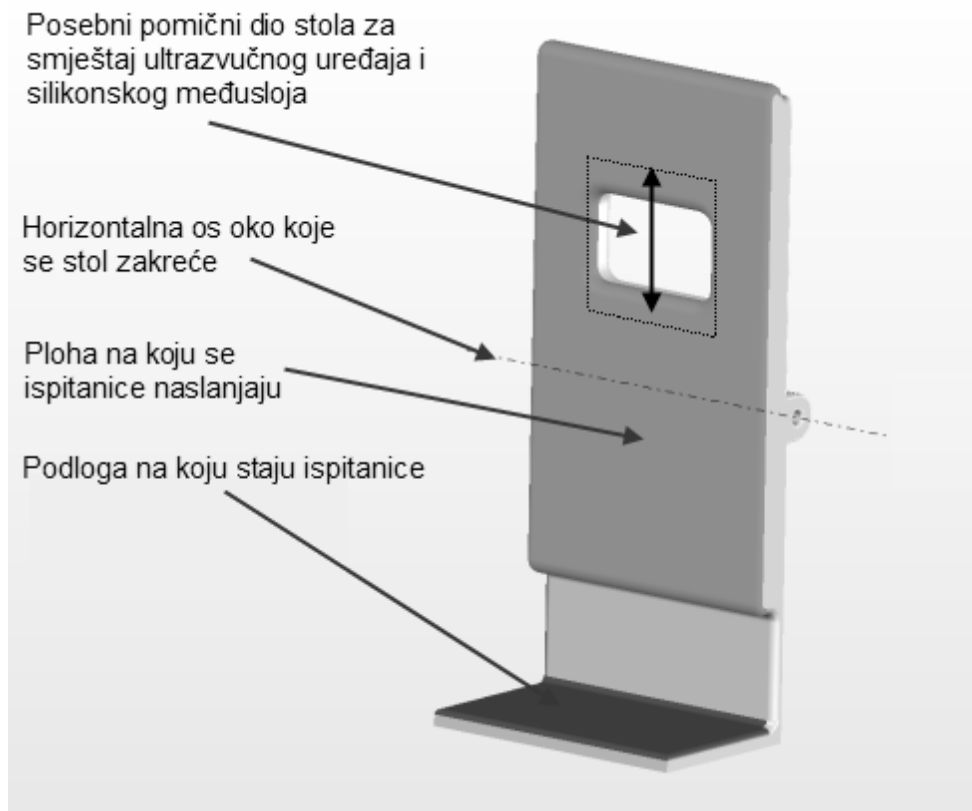
Ovim opisom nisu iskazane pojedinosti vezane uz izgled stola kao niti njegove izmjere, već samo dio vezan uz kretnje koje ispitanica treba izvršiti. Naravno, o dimenzijama stola ovisi i kako će se ispitanica trebati popeti ali i sići, što svakako treba uzeti u obzir.

### **Model 2 -Pristup stolu koji se potom zakreće s ispitanicom uz pomoć operatera**

Kao drugi model pristupa koji ćemo uzeti u razmatranje pripada grupaciji u kojima ispitanica kretnje pristupa vrši uz pomoć asistenta - operatera, nesamostalno. Ovdje je riječ o zamišljenom rješenju stola koji omogućava zakretanje oko jedne njegove osi umjerenom brzinom, ponajprije kako bi mu bilo što jednostavnije prići, a potom i ostvariti zamišljen položaj tijela. Slikom 8 prikazana je idejna zamisao stola bez isticanja njegovih dimenzija i drugih tehničkih detalja, što spada u fazu tehničke razrade koja ovdje nije svrha.

Kako je moguće uočiti sa slike, stol posjeduje otvor predviđen za postavljanje mjernog sustava preko silikonskog međusloja, Podrazumijeva se prisutnost potrebnih tehničkih rješenja, ostvarivanje svih sigurnosnih uvjeta kao i primjereno oblikovanje potrebama ispitanica i uvjeta pretrage. Kako je vidljivo sa slike, stol sadrži dvije osnovne plohe, odnosno osnovnu kao radnu te pomoćnu za postavljanje stopala u pristupu i osiguravanje zadržavanja položaja pri zakretanju. Radna ploha, kao i u prijašnjem slučaju, sadrži poseban dio za postavljanje mjernog

uređaja i međusloja, samo što je ovoga puta on pomičan kako bi se ostvarila prilagodljivost ispitanicama, prema razlikama njihove visine.

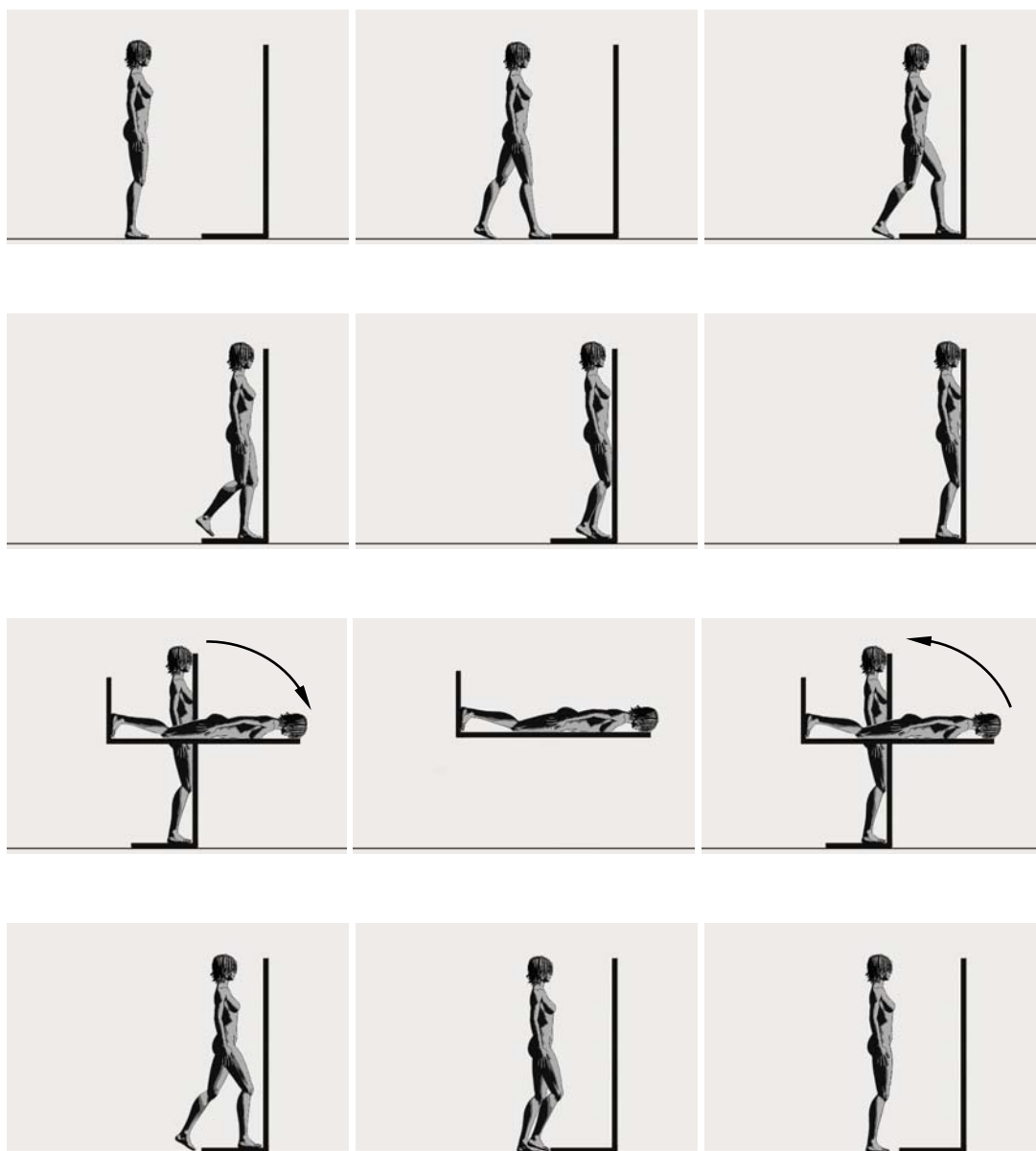


**Slika 8.** Prikaz zamišljenog rješenja stola pripadnog Modelu 2

Stol je osovinom za zakretanje povezan s konstrukcijom postolja, koje sadrži i potrebne odstoynike i regulaciju brzine zakretanja, što slika ne prikazuje, jer konstruktivna izvedba nije predmet ovog istraživanja. Ipak, navode se kako bi se uočila ideja rješenja stola.

Ispitanica treba pristupiti stolu, stati na pomoćnu plohu te se blago nasloniti na radnu plohu postavljenu vertikalno. Od toga trenutka ispitanica miruje. Nakon toga, operater namješta posebni dio predviđen za dodir s gornjim trupom ispitanice, te zakretanjem stola zajedno s ispitanicom osigurava postavljanje u traženi položaj. Provodi se pretraga, nakon koje operater vraća stol s ispitanicom u početni položaj, koja tek nakon toga započinje s udaljavanjem od stola. Načelno je ovaj model pristupa prikazan kinetogramom što prikazuje Slika 9, u nastavku.



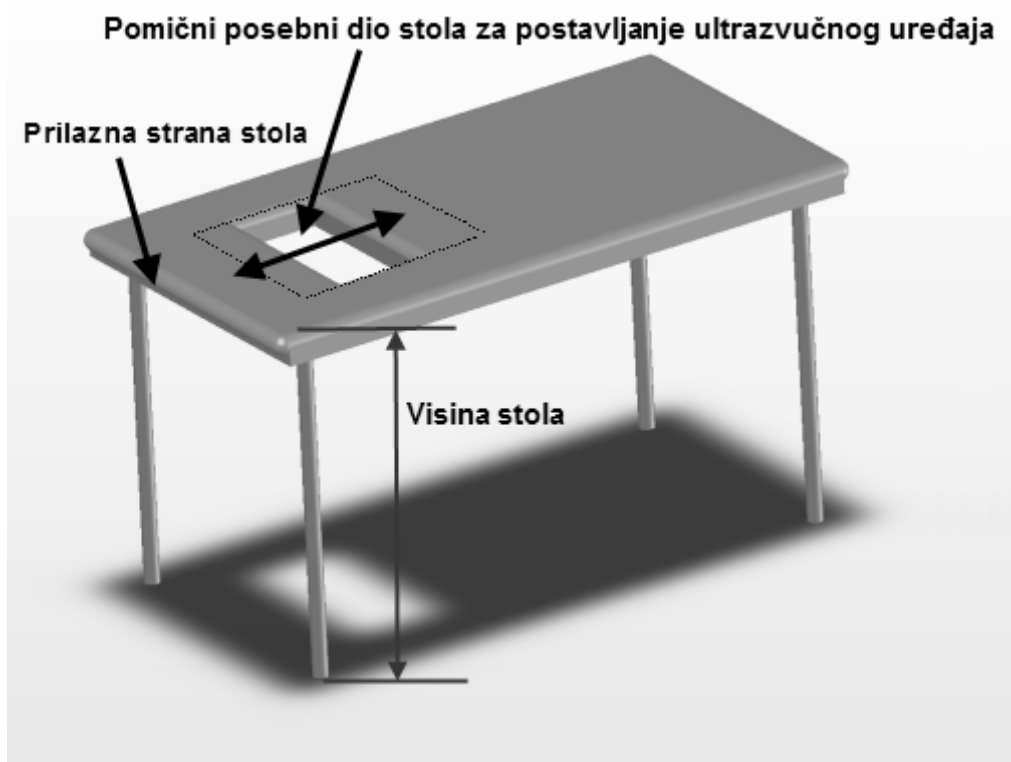


**Slika 9.** Kinetogram Modela 2

Ovdje se radi o tome da ispitanica treba samo prići stolu, a daljnje prilagodbe i zakret ispitanice i stola - podloge zajedno vrši operater, pa se zahtjev postavljen pred ispitanicu opisuje kao prilaz odnosno odstup od mjernog sustava. Ovdje je slučaj da nisu zahtjevi prilagođenja postavljeni pred ispitanicu već na rješenje stola za pretragu, ali i na operatera koji preuzima dio zadatka. Uz ovo, uvježban operater znatno će brže izvršiti sve prilagodbe samostalno, bez potrebe objašnjavanja što ispitanica treba činiti, što je i bila namjera ovog zamišljenog pristupa.

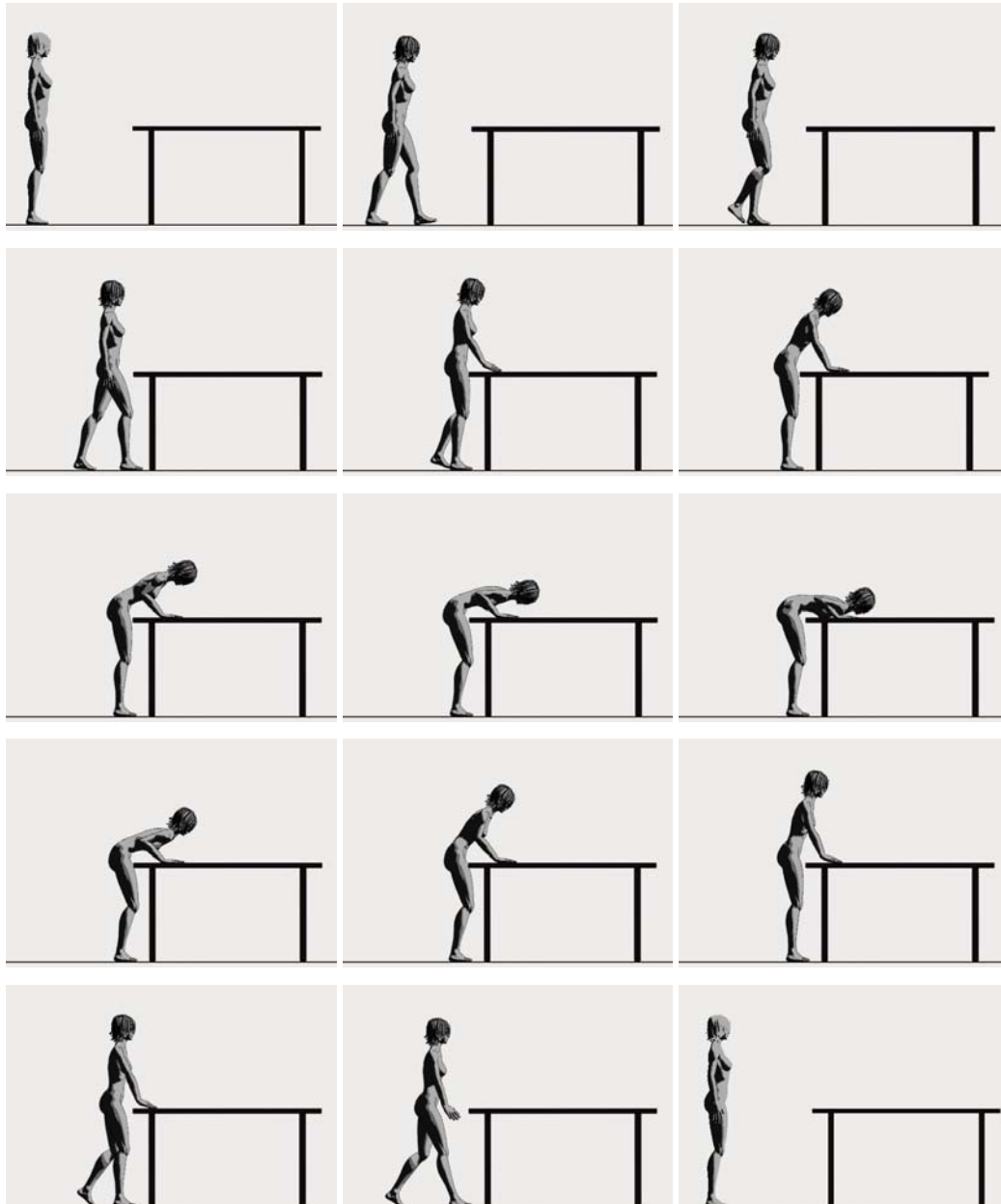
### Model 3 -Pristup stolu s naslanjanjem gornjeg trupa

Posljednji od modela uzetih u analizu predstavlja pristup modificiranom stolu iz postojeće prakse, gdje ispitanica stolu prilazi te se saginje trupom nad stol, odnosno njegov za to predviđen dio, bez penjanja na stol. Dimenzije stola istovjetne su stolu iz modela 1 sa Slike 6, ali je on modificiran tako da se na jednom njegovom kraju izvrši konstruktivna preinaka te postavi pomični dio, već ranije opisan kao posebni dio za omogućavanje pretrage, gdje je njegova pomičnost sa svrhom prilagodbe ispitanicama. Slikom 10 prikazana je upravo takva inačica.



**Slika 10.** Prikaz zamišljenog rješenja stola pripadnog Modelu 3

Ispitanica ovdje stolu prilazi samostalno, odnosno bez sudjelovanja operatera, gdje nakon prilaska treba naginjanjem nad stol ostvariti konačni stav u pretklonu, što joj je olakšano korištenjem ruku. Slika 11 u nastavku prikazuje kinetogram ovako zamišljenog pristupa.



**Slika 11.** Kinetogram Modela 3

Također, ruke ostaju na stolu kao oslonac i za trajanja pretrage. Operater postavlja posebni dio stola prilagođavajući ga antropomjerama ispitanice, odnosno tako da se omogući pretraga. Za trajanja pretrage ispitanica miruje, a zatim ponovo pomoću ruku započinje podizanje iz pretklona te se udaljava od stola.

Vidljivo je da se kretnje u načelu sastoje od nekoliko faza koje mogu biti opisane kao:

1. prilaz stolu s pripremom za naslanjanje u pretklonu,
2. zauzimanje pretklona,

3. namještanje posebnog dijela stola spram gornjeg trupa (vrši operater)  
(provedba pretrage – mirovanje ispitanice),
4. podizanje iz položaja pretklona s udaljavanjem od stola.

Ovdje je sudjelovanje ispitanice i operatera u nekoj mjeri razdijeljeno, iako je pristup svrstan u samostalne. Temeljna ideja ovoga modela pristupa sadržava namjeru da se izbjegne penjanje ispitanice na stol, čime se značajno smanjuje opseg potrebnih kretnji, ali i njegovo trajanje. Time se čitav proces nastoji olakšati i ubrzati za sve sudionike, a istodobno ostvariti povoljne uvjete pretrage.

Konačno, modeli kretnji pristupa za daljnju analizu i procjenu ergonometričnosti su:

- I) Pristup stolu s penjanjem i nalijeganjem na njega
- II) Pristup stolu koji se potom zakreće s ispitanicom uz pomoć operatera
- III) Pristup stolu s naslanjanjem gornjeg trupa u pretklonu

### 2.2 Ergonomija – pojam ergonomičnosti kao kriterij

Prije svega, kao temeljno je odakle se polazi jest motiv ili namjera zbog koje se i prilazi konstruiranju. Konstruktivnom razradom, koja u prvoj fazi poprima oblik modela u kojemu se primjenjuju ergonomski i antropometrijski utjecajne veličine, nastoji se utvrditi upravo ono idejno rješenje koje u najvećoj mjeri zadovoljava postavljene zahtjeve i uz to u najvećoj mjeri udovoljava ergonomskim načelima. Isprepletenost ergonomskih i konstruktivnih zahtjeva traži najprihvatljiviji oblik, iako zasebno teže što višoj mjeri udovoljavanja.

Obzirom da se načela ergonomije primjenjuju u raznim primjerima, koji nemali broj puta ne obuhvaćaju istovjetno postavljene zahtjeve, primjenu tih načela možda je umjesno razvrstati prema grupama slučajeva o kojima može biti riječ. Smatrajući da je svrha primjene ergonomije pomoć u ostvarivanju što više razine usklađenosti subjekta s okolinom, njegove veće djelotvornosti u datom okruženju, omogućavajući povoljne radne ili boravišne uvjete kao i pritom ostvarenu sigurnost, mogli bismo istraživanja u ergonomiji razvrstati prema užem interesu, odnosno reći da možemo istraživati:

- ergonomiju subjekta,
- ergonomiju objekta ili objekata,
- ergonomiju ambijenta te
- ergonomiju sinteze svih zajedno.

Nadalje, ergonomiju u primjeni možemo razvrstati i drugačije, odnosno na:

- funkcionalnu ergonomiju,
- fiziološku ergonomiju,
- estetsku i ambijentalnu ergonomiju te
- sigurnosnu ergonomiju.

U svakom slučaju, odnosno neovisno kako razvrstavali zahtjeve koji proizlaze iz ergonomskih istraživanja, ili svrhu primjene takovih načela, vezu između utjecajnih značajki svakako treba zadržati u vidu. Uz ovo, isprepletenost raznih grana znanosti u cilju ostvarivanja zadaća ergonomije, opisane kao znanosti o radu, traži obuhvaćanje i primjenu svega dostupnoga. U tom je kontekstu primjena biomehanike toliko nužna, da je gotovo nezamisliva bilo kakva ergonomska

prosudba bez učešća biomehanike. Naravno, sada se ne bavimo raščlambom u kojem su međusobnom odnosu, već je dovoljno istaknuti važnost njihove simbioze.

Sintezom područja bavljenja ergonomijom stvaramo cjelovito okruženje u kojemu subjekt treba boraviti i izvršiti predviđeno. Naravno, ne radi se uvijek o radnom zadatku kojega subjekt treba izvršiti, a također niti s tim u vezi djelotvornošću istoga. Uz ovo, nekad se mjera djelotvornost uvodi posredno, čime se na pasivan način potpomaže da se statičan zadatak može provoditi dulje vremena (npr. sjedenje u vlaku ili avionu za trajanja putovanja), bez pojave nelagode ili izrazite potrebe za promjenom.

Načelno, smatramo da se ostvarivanje uvjeta ergonomičnosti konstruktivnog rješenja u najgrubljim crtama može razvrstati prema zadovoljavanju:

1. pozitivne subjektivne ocjene uzorka populacije,
2. prilagođenja/prilagodljivosti populaciji (antropomjere i dr.)
3. ergonomskih normi ugodnosti- primjerenosti,
4. postupka optimizacije gdje i kada je potrebna,
5. svrhe konstruktivnog rješenja,
6. zahtjeva sigurnosti,
7. pratećih nametnutih uvjeta promatranog primjera.

Kada razmatramo primjenu ergonomije u smislu potrebe za ovo istraživanje, vodeći računa o postavljenim zahtjevima izvođenja kretnji pristupa mjernom sustavu, svakako nam stoje na putu uvijek prisutna ograničenja ostvarenja najpovoljnijeg rješenja. Ovdje je riječ o dvije domene primjene ergonomskih principa, razvrstane na kretnje pristupanja mjernom sustavu te na rješenje dijelova mjernog sustava. Primjena na rješenja dijelova mjernog sustava odnosit će se prije svega na utvrđivanje dijela dosada nepoznatih a potrebnih informacija (pored već poznatih) o antropometrijskim značajkama populacije žena. Iz ovih se podataka kasnije prema potrebi mogu utvrditi potrebna prilagođenja gornjem dijelu ženskog trupa kako bi se pretragu moglo automatizirati izbjegavanjem izravnog dodira, odnosno predeformiranjem deformabilne mase grudiju putem međusloja. S druge strane, razmatranje značajki kretnji radi pristupa primjenom ergonomskih načela vodi k nužnom pitanju kako zadovoljiti kriterij ergonomičnosti gibanja dijelova ljudskog tijela pri izvođenju potrebnih kretnji. Kako je opisano ranije, u prvoj fazi

konstruktivne razrade potrebno je doći do najpovoljnijeg ergonomskeg rješenja, što u našem slučaju znači utvrđivanje takve ocjene. Nadalje, postavlja se pitanje kako procijeniti da se rješenje kretnji pristupa podudara sa zadovoljenjem uvjeta ergonomičnosti? Pored toga, sam pristup kao rješenje još nije poznat, kao niti ultrazvučni uređaji kojima bi se automatizirana pretraga vršila. Navedene uvjete koje je poželjno ispuniti u što većoj mjeri uvelike određuju značajke populacije za koju se rješenje izvodi, ali i svrha te pripadajući zahtjevi.

Zadovoljavajuće rješenje problema pristupa mjernom uređaju podrazumijeva da je pretragu moguće vršiti ispunjavajući uvjet kratkotrajnosti pristupa i pretrage, ne umanjujući pouzdanost ili svrsishodnost pretrage. Udovoljavanje ergonomskeg zahtjevima podrazumijeva uvažavanje svih značajki vezanih uz ispitanice, čime se ostvaruju pretpostavke da će se što većem broju ispitanica osigurati približno istovjetne uvjete pristupa i pretrage, ostvarujući primjerene sigurnosne uvjete odnosno bez izazivanja nepovjerenja prema sustavu ili nelagode za trajanja pretrage. Time se mjerni sustav na određen način podređuje antropometrijskim i drugim značajkama žena, premda mjerni uređaj u tom smislu ipak postavlja ograničenja.

Prilagođavanje što većeg broja značajki pristupa i mjernog sustava potrebama i značajkama ispitanica iskazuje mjeru ergonomičnosti, čime se kvantificira udovoljavanje ergonomskeg zahtjevima. Time se ujedno ostvaruje kompromis između zahtjeva i ograničenja. Na taj način se obuhvaćaju prilagodbe razlikama lokomocijskih sposobnosti, antropometrijskim značajkama te obliku ili značajkama segmenata tijela ispitanica od važnosti za pretragu, u ovom slučaju prije svega dijela gornjeg trupa- grudima. Prostor u kojemu se trebaju naći odnosno kretati ispitanice također ima svoj značaj, što također treba biti uzeto u obzir.

Uvjeti provedbe pretrage također mogu postati dijelom postavljenih zahtjeva, ali obzirom da za sada nisu poznati, neće na taj način biti uzeti u obzir. Uz navedeno, i subjektivan dojam ispitanica (rješenja pristupa i dijela mjernog sustava u doticaju s ispitanicama) može biti pridodan, iako za ovo istraživanje i analizu sporedan.

Kada se dakle, u svrhu zadovoljenja ergonomskeg zahtjeva, kao jedan od potrebnih kriterija uvede mjera ergonomičnosti, tada nije razlučivo na koji način ustanoviti razinu zadovoljenja tog kriterija. Pojam ergonomičnosti, iako intuitivno asocijativan, nije temeljito razjašnjen u ovako zamišljenom načinu primjene, pa

osim prilagođavanja ljudskoj potrebi da uz što veću mjeru sigurnosti, udobnosti i djelotvornosti može izvršiti neki od zadataka, nema primjerenu metodu takve procjene. Tako se zapravo nerijetko javlja pridjev "ergonomsko-i" čak i tamo gdje je takav pridjev moguće neumjesan, a ponajprije jer nije jednoznačno utvrđen kao standard, tim više što populacija kojoj je namijenjen promatrani objekt nije uvijek identična, pa do svih ostalih značajki i slobodno tumačenih mjerila. Iz tog se razloga nemali broj puta radi o zadovoljenju ponekog od ergonomskih zahtjeva, ne svih ili većine, čime kao da je pridjev ergonomsko/i opravdano nadjenuti. Iz rečenoga se može izlučiti potreba uspostave upravo takvog kriterija ili algoritma procjene koji bi i ubuduće mogao poslužiti za procjenu ergonomičnosti pokreta, gibanja ili izvršenja zadatka.

Napokon, postavimo tezu kriterija ergonomičnosti pristupa kao standarda procjene:

**Ako, što je neupitno, čitava pretraga pa tako i razmatrani pristup, u prvom redu treba služiti populaciji žena, tada bi neumjesno bilo žene prilagođavati bilo kojem postavljenom cilju ili zahtjevu. U zamjenu, najpovoljnije rješenje pristupa bit će upravo ono koje će od populacije žena zahtijevati najmanje prilagodbi, izvršenih kretnji i mišićnog opterećenja. Uz navedeno, poželjno je umanjivanje utjecaja prisutnih razlika među odabranom populacijom žena.**

Ovom tezom nastoji se izbjeći što više nepovoljnih značajki pristupa, pa bi se kao njeno proširenje moglo reći da najmanji opseg kretnji pristupa znači u velikoj mjeri upravo zadovoljenje ove teze, posebice tada ako su potrebne prilagodbe antropomjerama ispitanica kratkotrajne. Ovako postavljena, iako u velikoj mjeri predstavlja mogućnost slobodnog tumačenja, ipak sadrži ključnu namjeru da se bez odricanja postavljenih zahtjeva i uvjeta provedbe pretrage, ženama u najvećoj mogućoj mjeri olakša sudjelovanje.

Pored toga, na ovaj se način uvodi pretpostavka o ostvarivanju uštede vremena za vršenje kretnji pristupa. Obzirom da se za svaki pokret treba utrošiti vrijeme da bi se on izveo, te kako je za njegovu izvedbu potrebno aktivirati ekstremitete i odgovarajuću muskulaturu, tada antropomjere i lokomocijske sposobnosti ispitanice u svakom slučaju imaju značajan utjecaj. Najkraći prevaljeni putevi značajnih



zglobova- točaka tijela ispitanica mogu značiti zauzimanje prikladnog stava u vrlo kratkom vremenskom intervalu, posebice ako se pomaci nekih od točaka tijela vrše istodobno.

Na samom kraju, obzirom da je ovdje riječ o izoliranom slučaju, a ne o svim srodnim ovome, upotrijebimo li ovu tezu i u širem smislu i ako izlučimo najznačajnije iz rečenoga, a primjenjivo za sve srodne slučajeve, tada općenito slijedi:

**Zadovoljenje ergonomskih načela pretpostavlja rješenje koje uvažava razlike razmatrane populacije te istodobno za istu ne uvodi značajnije zahtjeve prilagođavanja, amplitude i opsega vršenja kretnji kao niti mišićnog naprezanja, izbjegavajući rizične okolnosti te sprječavajući nepovoljan subjektivan doživljaj populacije. Ako je pak riječ o kretnjama čije optimalno izvršavanje predstavlja postavljeni cilj, tada uz ostvarivanje primjerene djelotvornosti treba udovoljiti prvo izrečenom zahtjevu.**

Općenita teza kriterija ergonometričnosti ovako opisno izrečena pretpostavlja mogućnost primjene kako na srodne slučajeve u kojima nije jasna primjena poznatih metoda primjenjivanih u biomehanici i proučavanju značajki gibanja i pokreta, tako i svuda gdje se smatra poželjnim zadovoljenje ergonomskih principa, kao postavljenog zahtjeva.

Ovako prikazana, ergonometričnost još jedino ne poznaje primjenu pouzdanog alata za njeno utvrđivanje, što u svakom slučaju nije zadovoljavajuće. U tom ćemo se smislu pozabaviti i potragom za takvim alatom, odnosno postupkom.

### 2.2.1 Ergonomski zahtjevi – kriteriji za ocjenu ergonometričnosti

U procesu prilagođavanja rješenja potrebama populacije, primjenom poznatih odnosno dostupnih podataka populacije, općenito se postavljeni zahtjevi mogu iskazati preko nekoliko osnovnih kvaliteta kojima treba udovoljiti:

1. Primjerenost populaciji
2. Doseg odnosno dohvat
3. Pristupačnost
4. Stav odnosno položaj tijela ili njegovih dijelova
5. Primjerena mehanička, motorička i lokomocijska sposobnost ispitanica
6. Izbjegavanje nenamjernog uskraćivanja slobode pokreta
7. Isključivanje odnosno uskraćivanje dijelu populacije

#### **Primjerenost populaciji**

Ona znači osiguravanje najboljeg odnosa korisnik- objekt za najširu populaciju, koja najčešće obuhvaća utjecaje značajki odnosno podataka čitave populacije. Uvest ćemo pojam **antropometrijska osjetljivost**, koji opisuje razinu prilagodljivosti objekta odnosno rješenja antropomjerama populacije. U praksi to znači da visoko antropometrijski osjetljiv objekt omogućava gotovo sve potrebne prilagodbe potrebama populacije, za razliku od onog antropometrijski neosjetljivijeg. Ovakav zahtjev obuhvaća ne samo ocjenu primjerenosti rješenja potrebama populacije u smislu fizioloških antropomjera već i sve one koje imaju utjecaj na prije navedeni odnos.

#### **Dohvat- zahvat**

Ovoj je kvaliteti svojstveno da omogućava dostupnost svim dijelovima objekta ili njegovo korištenje, a najčešće podrazumijeva da je dijelu populacije najmanjih fizioloških antropomjera osiguran dohvat ili zahvat. Naravno, i ovdje je dijelom riječ o primjerenosti rješenja populaciji, no za razliku od prijašnjeg zahtjeva, ovaj se odnosi na one dijelove prostora, objekta ili nekog njegovog dijela čija se pozicija ne mijenja a nismo u prilici sve podrediti ispitanicima. Kao primjer možemo navesti visinu police, kutiju s osiguračima u stanu, i tome slično.

### **Pristupačnost**

Ova se kvaliteta u prvom redu odnosi na smještaj objekta u prostoru ili prostoriji na takav način da je pristup omogućen čitavoj populaciji, što se u praksi odnosi na dio populacije najvećih fizioloških izmjera, na invalide u kolicima i druge. Ovu kvalitetu može u nepovoljnom smislu predstavljati previše skučen prostor, nedostatnog prostora za kretanje ili tako postavljene objekte da je dijelu populacije onemogućen prolaz. Osim toga, ova kvaliteta obuhvaća i slobodu rukovanja objektom, što znači da hladnjak neprikladnih dimenzija nije moguće unijeti u prostoriju sa standardnim vratima, i slično. Naravno, cilj je ova ograničenja u što većoj mjeri umanjiti.

### **Stav odnosno položaj tijela ili njegovih dijelova**

Kako bi se osigurao udoban i siguran stav za izvođenje postavljenog zadatka, ovom kvalitetom potrebno je obuhvatiti potrebe čitave populacije, uz poznavanje odgovarajućih kriterija o udobnosti ili sigurnosti, već prema slučaju. Pored ovoga, stav odnosno položaj tijela može sadržavati i značajku djelotvornosti i funkcionalnosti, osobito ako se radi o izvršenju nekog zadatka. Kao primjer bio bi stav korisnika pri radu s računalom, gdje on sjedi na stolici, prilagođenoj njegovim izmjerama, ruku postavljenih na stol također prikladne visine, i tako dalje. Uz ovaj, moguće je uzeti i slučaj stava za podizanje nekog teškog predmeta, gdje je pored pitanja djelotvornosti stava u pitanju i sigurnost za izvođenje tog zadatka, jer može doći do ozljede. Osim toga, sam stav može uzrokovati pojavu zamora, što nadalje navodi na pitanje mišićnog izometričkog opterećenja.

### **Primjerena mehanička, motorička i lokomocijska sposobnost ispitanica**

Pored dosada opisanih, ova kvaliteta obuhvaća vrlo širok raspon sposobnosti a time i mogućih slučajeva u kojima se može dovesti u pitanje ergonometričnost. Naravno, ako govorimo o najširoj populaciji, onda će u ovom kontekstu biti najviše ugrožena populacija najmanjih navedenih sposobnosti, najčešće više starosne dobi i one uz neki razmjer zdravstvenog hendikepa. Obzirom da se u načelu radi o odraslim ispitanicima ne navode se djeca, no i za njih mogu vrijediti neka od ograničenja. Obzirom na to, često se radi o tome da njima čak i ciljano nisu omogućene neke kretnje, baš kao što o tome govori zahtjev isključivanja odnosno onemogućavanja dijela populacije.

Ove sposobnosti najčešće predstavljaju sposobnost populacije ostvarivanja potrebnih sila ili/i momenata izazvanih aktivacijom mišićja, značajki gibanja kao njihove moguće posljedice, te vještinu i sposobnost izvođenja zamišljenih pokreta i kretnji. Njima se mogu dodati i značajke reakcija na vanjske podražaje kao i rasponi mogućeg izvođenja pokreta i kretnji. Ukoliko se ovim značajkama ne posveti primjeren obzir može se lako dogoditi da neki dio populacije nije u mogućnosti izvršiti postavljeni zadatak, a još nepovoljniji slučaj je ako bi pokušaj izvršenja postavljenog zadatka značio ozljeđivanje, odnosno ozbiljno narušavanje sigurnosti ispitanika.

### **Izbjegavanje nenamjernog uskraćivanja slobode pokreta**

Ovom kvalitetom ponajprije se obuhvaćaju zahtjevi sigurnosti kojima je osnovna namjera sprječavanje dovođenja korisnika u takav nezgodan položaj tijela ili nekog njegovog dijela da ostaje bespomoćan, odnosno uskraćene slobode pokreta i pomicanja. To znači da ispitanik nije u mogućnosti samostalno vratiti punu slobodu vlastitih pokreta ili napustiti mjesto. U tom smislu kritičnom grupom se smatraju korisnici- ispitanici najvećih fizioloških antropomjera, iako to ne isključuje ostatak populacije. Kao primjer može se prikazati slučaj kod kojega su prstohvati malih škarica toliko uski da korisnik velike šake nakon stavljanja prstiju u njih i uporabe škarica, više ne može osloboditi prste.

### **Isključivanje odnosno uskraćivanje dijelu populacije**

Ovdje je riječ o namjeri da se osigura nemogućnost pristupa, korištenja ili pak kretanja, već prema slučaju. Podrazumijeva se da vrijedi za čitavu populaciju ili neku njenu grupu, a predstavlja zaštitnu mjeru od neželjenih posljedica. Obzirom na svrhu ove značajke, ponajprije se može govoriti o ostvarivanju sigurnosnih uvjeta i okolnosti. Iako se u načelu radi o sigurnosti ispitanika, nije uvijek samo o tome riječ, već može obuhvaćati namjeru da se dijelu populacije namjerno uskrati sloboda pokreta ili pristupa. Za primjer, neka je riječ o preprekama za prijelaz pruge ili dostupnosti zahvatu pužnog vijka i sličnim uvjetima. Prije spomenuta djeca osobito su zainteresirana za otvore utičnice, čije bi im dodirivanje svakako valjalo uskratiti, i tako redom.

### 2.3 Izbor utjecajnih značajki pristupa

Pored nabrojanih kvaliteta kojima načelno nastojimo udovoljiti kada je to potrebno radi ostvarivanja ergonometričnosti rješenja koje se razmatra, tako i u ovoj analizi treba izvršiti izbor mjerila koja mogu doprinijeti potpunijoj procjeni ergonometričnosti modela kretnji pristupa, a time i njihovoj usporedbi. Navedene kvalitete poslužiti će kao osnova za izbor i postavljanje onih prikladnih za ovu analizu.

Kvalitetama odnosno zahtjevima kojima namjeravamo udovoljiti neće obuhvaćati one koje nisu usko vezane uz modele kretnji pristupa. To se odnosi na ambijentalne uvjete, uređenje i smještaj prostorije za pretragu i tako redom, a koji ipak pripadaju procesu procjene ergonometričnosti. Nadalje, podrazumijeva se da se ispitanice rješenjem stola pa tako i modelom pristupa ne dovode u rizični položaj odnosno da se ne ugrožava njihova sigurnost, da je za provedbu pretrage osiguran potreban prostor s motrišta manevarskog obujma, kako za ispitanicu tako i za samo rješenje stola, te da su ostali uvjeti pretrage istovjetni te time ne uvode razlike koje u ovoj analizi mogu biti uzete u obzir. Istodobno, imajući u vidu svrhu ove analize u prvom redu od interesa bit će upravo najznačajnije kvalitete modela kretnji pristupa i stola, putem kojih se može prići korak bliže preporuci za konstruiranje konačnog rješenja stola, a time uvjetovano i pristupa.

Za potpunu analizu izbor potrebnih kvaliteta mogao bi se još proširiti, ali obzirom da se mogu podrazumijevati isti ili slični uvjeti za sve modele, pretpostavit ćemo ih optimalnima. Naime, potpunu procjenu ergonometričnosti smisleno je provesti tek po utvrđenom postupku pretrage iz kojega mogu proizaći svi ovom prilikom nepoznati utjecajni čimbenici, te tako stvoriti podlogu za optimizaciju ovako zamišljenog konačnog rješenja. I na kraju, obzirom da se podrazumijeva da će pretragu provoditi uvijek obučeno osoblje i da će u tom smislu biti ostvarena istovjetnost uvjeta pretrage, ovom dijelu neće biti pridana važnost obzirom na analizu kretnji pristupa. Iz ovih razloga izbor će biti sveden na kvalitete odnosno ostvarenje značajki koje bi trebale izlučiti najvažnije razlike među modelima pristupa koje razmatramo, odnosno analiziramo.

U nastavku ćemo izvršiti izbor značajki odnosno kriterija za procjenu ergonometričnosti modela te ćemo svakoj od njih dodijeliti pripadni koeficijent

važnosti- utjecajnosti. Namjera je ovih koeficijenata da se za procjenu ergonometričnosti pojedinim značajkama osigura primjeren utjecaj, odnosno da istodobno s ocjenom pojedine značajke ona igra i odgovarajuću ulogu u ukupnoj ocjeni. U tom smislu ovaj koeficijent u prvom redu služi za klasificiranje utjecaja odabranih značajki.

Prijedlog je da koeficijenti poprimaju vrijednosti, odnosno najčešće cijele brojeve:

$$k_v \geq 0.$$

Obzirom da zasada ne znamo mnogo o stvarnom doprinosu u procjeni ergonometričnosti, koeficijentima ćemo dodijeliti značenje iskazane cijelim brojevima, i to prema ključu:

$k_v =$	<b>Značenje koeficijenata utjecajnosti u primjeni:</b>
1	→ za kvalitete koje je preporučljivo ostvariti
2	→ za kvalitete koje podrazumijevamo ostvariti
3	→ za izrazito važne i utjecajne kvalitete, bez kojih nismo u potpunosti riješili postavljeni zadatak ostvarivanja ergonometričnosti

Za modele kretnji pristupa na koje ćemo primijeniti postupak procjene ergonometričnosti odnosno analize radi procjene i utvrđivanja njihovih osobina, potrebno je kao što je već rečeno odlučiti koje kriterije odnosno kvalitete uzeti kao mjerodavne odnosno utjecajne, te dakako, utvrditi način na koji će takve ocjene biti izlučivane. Kako je rečeno, da one kvalitete koje su pretpostavljene identične svim modelima neće biti uzete u obzir, ostaju one za koje se predviđa da neće biti tako. Time dolazimo i do izbora onih kriterija odnosno značajki koje namjeravamo uzeti u obzir.

One su izlučene razmatrajući sve dosada rečeno o svrsi ove analize i zamišljenim svojstvima postupka pretrage, odnosno u prvom redu kretnji pristupa te im je dodijeljen pripadajući koeficijent važnosti. Odabrane parcijalne kvalitete modela kretnji pristupa uz koeficijente važnosti  $k_v$  prikazat ćemo radi preglednosti Tablicom 1 a obrazloženje takvog izbora u nastavku.

Parcijalna značajka za procjenu	Koeficijent važnosti $k_v$
Antropometrijska osjetljivost - mjera primjerenosti populaciji	3
Zahtjevi postavljeni pred ispitanice obzirom na njihove sposobnosti	3
Ergonomičnost korištenja modela stola	2
Trajanje izvođenja kretnji pristupa i odstupa	1
Primjerenost zauzetog stava za pretragu	2

**Tablica 1.** Prikaz parcijalnih značajki- kvaliteta s pripadnim koeficijentima važnosti

### **Antropometrijska osjetljivost - mjera primjerenosti populaciji**

Uvažavanje prisutnih razlika u antropomjerama ispitanica postavlja zahtjev ostvarivanja antropometrijske osjetljivosti rješenja stola, što se može tumačiti razmjerom ostvarivih odnosno potrebnih prilagodbi stola populaciji. U konačnici to znači da o mjeri njegovog zadovoljenja ovisi koliki dio populacije ispitanica može bez teškoća izazvanih dimenzijama odnosno rješenjem stola izvršiti pristup mjernom sustavu. Dakako, rješenja stola u svakom slučaju ostvaruju utjecaj na kretnje pristupa, jer ukoliko je rješenje stola konstruirano tako da omogućava potrebne prilagodbe, kretnje mogu biti znatno povoljnijeg opisa. Razmjer ostvarene antropometrijske osjetljivosti predstavlja kvalitetu modela stola.

Ova kvaliteta, osim što u prvom redu postavlja standarde za konstrukciju rješenja koje bi bilo primjereno populaciji za koju se predviđa, također predstavlja kriterij prema kojemu je moguće procijeniti primjerenost postojećih rješenja odnosno predloženih modela. Iz tog se razloga u prvom planu ove procjene nalazi konstrukcija- objekt, odnosno model rješenja stola kojemu ispitanica treba prići te naleći gornjim trupom na zamišljen način, te se osim same procjene ergonomičnosti polaznih zamisli rješenja stola, ovim dijelom analize nastoje utvrditi smjernice za povoljnije konstruktivno rješenje. Zadovoljenjem ove kvalitete podrazumijevamo da rješenje objekta odnosno stola omogućava povoljan utjecaj na potrebne kretnje pristupa.

Obzirom da je antropometrijska osjetljivost izrazito važna svuda gdje je zamjetan utjecaj objekta na populaciju kojoj je namijenjen, pa tako i u promatranom slučaju kad govorimo o rješenju objekta, u ovom slučaju stola za pretragu, koeficijent važnosti poprima najveću vrijednost. Opravdanost ovog izbora nalazi se u činjenici da ukoliko bi rješenje stola bilo antropometrijski neosjetljivo tada bi dijelu populacije pristup bio značajno otežan, ako ne i gotovo onemogućen, osobito s porastom dobi ispitanica. Time se na stanovit način visok značaj pridaje utjecaju prisutnih razlika populacije žena, osobito stoga što ova kvaliteta osigurava i primjeren utjecaj na rješenja stola pri njihovom konstruiranju.

Procjenom ove značajke nastojimo zaključiti koji je od predloženih modela rješenja stola najpovoljniji obzirom na utjecaj razlika u antropomjerama žena. Utvrđivanje referentnih izmjera stola za svaki od predloženih modela kretnji pristupa prvi je korak u tom smjeru. Ocjenom predloženih modela po pitanju ostvarivanja kvalitete antropometrijske osjetljivosti ne samo da se uvode razlike među modelima već se tako mogu uvidjeti i potrebne smjernice za njihovo konstruiranje. Ove smjernice na određen način utječu i na zahtjeve postavljene pred ispitanice. Kretnje pristupa iz ovog razloga mogu doživjeti neku mjeru promjene u odnosu na izvornu zamisao, no i cilj je ukupne analize doći do preporuke za rješenje stola za pretragu.

### **Zahtjevi postavljeni pred ispitanice obzirom na njihove sposobnosti**

Ispitanice trebaju samostalno ili nesamostalno izvršiti kretnje pristupa, već ovisno o modelu kretnji pristupa. Svaki od modela kretnji pristupa pred populaciju ispitanica postavlja zahtjeve u smislu sposobnosti ispitanica da ga izvrše. Obzirom da bi ograničenja koja mogu proizaći iz razlika sposobnosti ispitanica mogla nepovoljno utjecati na mogućnost izvršenja kretnji pristupa ali i na njihovo trajanje, procjeni ove značajke također je pridana najveća vrijednost koeficijenta važnosti. Povoljnost ocjene ove značajke predstavlja kvalitetu pripadnu modelu kretnji pristupa, a znači da se razlike među sposobnostima ispitanica uvažavaju u tolikoj mjeri da ne igraju ograničavajuću ulogu pri izvođenju kretnji pristupa.

Cilj je ove procjene a ujedno i svrha da se na neki način pri ocjeni ergonometričnosti modela kretnji pristupa stanovita prednost pruži onom odnosno onim modelima koji pred ispitanicu postavljaju manje zahtjeva, ili barem zahtjeve



nižeg intenziteta. Zahtjevi postavljeni pred ispitanice mogu se predočiti putem njihove sposobnosti da zadatak izvrše, a da pritom prisutne razlike sposobnosti ispitanica odnosno iz njih izvedena ograničenja ne dođu do izražaja.

Zanemarivanje utjecaja sposobnosti mišićja ispitanica da ostvare potrebne sile, odnosno momente sila predstavlja rizik od ozljeđivanja ili s druge strane nemogućnost izvršenja zamišljenih kretnji. Također, obzirom na razlike populacije žena vezane uz takve sposobnosti, smanjivanjem razine potrebnih mišićnih sudjelovanja u prije rečenom smislu može za posljedicu imati njihovo lakše a time neizravno i kratkotrajnije izvođenje. Osim toga, razmjer i učestalost aktiviranosti mišićja nužni za izvršenje kretnji pristupa u svakom slučaju predstavljaju dopunski zahtjev u izvršenju kretnji pristupa.

Uzmemo li u obzir da osim aktivnosti mišića koji omogućavaju vršenje kretnji značajke pokretljivosti u zglobovima tijela ispitanica također imaju važnu ulogu, tada kao zahtjev postavljen pred ispitanice možemo navesti i postizanje primjerene amplitude pokreta. Vodeći računa o tome, značajka primjerenosti populaciji na najbolji način skrbi o ostvarivanju najpovoljnijeg odnosa ispitanica-mjerni stol, gdje su razmjeri kretnji izravno ovisni o dimenzijama stola. Iz tog razloga ove zahtjeve ne procjenjujemo zasebno.

Naposljetku, ispitanice trebaju koordinirati svoje pokrete da bi izvršile postavljeni zadatak opisan zamišljenim kretnjama, što predstavlja zahtjev koji znači stanovitu vještinu odnosno spretnost u izvođenju tih kretnji. Ovaj zahtjev postavljen pred ispitanice najteže je definirati jer najviše ovisi o individualnim osobinama ispitanice a uz to postoji najmanje informacija o ovoj sposobnosti. Ipak, ostvaruje značajnu ulogu u opisu sposobnosti ispitanica jer viša razina spretnosti neizravno može umanjiti razinu drugih zahtjeva, a također povoljno utjecati na trajanje izvršenja pokreta.

Tako se, obzirom na sve rečeno, od ispitanice očekuje da primjerenim aktiviranjem mišićja brzo i djelotvorno izvrši pokrete zamišljene amplitude i intenziteta, te zauzme željeni stav tijela. Poznato je da spomenute lokomocijske ali i druge sposobnosti opadaju s porastom dobi za zdrave žene, odnosno za one bez ograničenih mogućnosti uslijed invaliditeta ili tomu sličnih okolnosti (imobilizacije, implantati, proteze, itd.). Naravno, žene s posebnim zahtjevima odnosno prisutnim ograničenjima osobito su kritična grupa u ovom smislu, neovisno o dobi.

Uzimajući u obzir da se razlike u sposobnostima žena uvelike razlikuju, već i unutar iste dobne skupine, te da ovom značajkom nastojimo osigurati prednost onom modelu kretanja pristupa i mjernog stola koji pred ispitanice postavlja nižu razinu navedenih zahtjeva, ostaje da utvrdimo način za procjenu ove važne značajke, odnosno onih koje ju tvore.

### **Ergonomičnost korištenja modela stola**

Dosada je bilo riječi o utjecaju razlika među ispitanicama i dimenzija stola na kretanje pristupa, odnosno o procjeni značajnih veličina iz kojih trebaju proizaći zaključne premise rješenja problema. Unatoč spomenutim, model stola utječe i na potrebne prilagodbe koje je u nekom razmjeru potrebno izvršiti, što svakako može značiti dodatni gubitak vremena. Uz to, ukoliko se takve prilagodbe trebaju vršiti za svaku ispitanicu a pored toga su brojne, ne možemo govoriti o ostvarenoj visokoj mjeri ergonomičnosti.

Pitanje vezano uz ovu kvalitetu odnosi se u prvom redu na model rješenja stola, gdje se traži odgovor o ergonomičnosti njegove uporabe, od strane operatera ali i ispitanica. Kvaliteta modela stola koja sadrži ocjenu povoljnosti u primjeni zapravo predstavlja zadatak postavljen pred konstruktora i samu izvedbu. Utjecaj potrebnih prilagodbi individualnim potrebama svake ispitanice u nekoj mjeri omogućava uvid u najslabije osobine razmatranog modela stola, odnosno predstavlja zahtjeve kojima je potrebno udovoljiti. Iz tog se razloga ovom značajkom, odnosno njenom procjenom nastoji utvrditi razmjer tih prilagodbi te uočiti sve potrebne prilagodbe, te bi mjera ergonomičnosti značila jednostavnost u korištenju putem manjeg razmjera prilagodbi.

Značaj ove kvalitete nije tako visoko ocijenjen kao prijašnje kvalitete a razlog leži u tome što ostvarivanjem povoljne ocjene ove kvalitete modela stola samo ističemo da je zamišljeni model najlakše koristiti. To u nekoj mjeri znači da nije potrebna osobita vještina ili obučenost za rukovanje takvim stolom. S druge strane, ukoliko se iz procjene značajke primjerenost populaciji može uočiti potreba za većim razmjerom prilagodbi od postojećih predloženog modela stola, tada bi procjeni ergonomičnosti svakako trebalo pridati nižu ocjenu. Time se na neki način prednost daje primjeni ergonomičnosti za potrebe ispitanica, premda ukupna ergonomičnost s druge strane obuhvaća i onu za operatera, gdje one ipak zajedno

tvore ovu ocjenu. Ipak, relativno visoku ocjenu poprima zbog toga što bi uočavanje manjkavosti modela uzetih u analizu bilo moguće unaprijediti iste, poboljšati njihovu ocjenu primjerenosti odnosno ergonomičnosti te na kraju pomoći pri rješavanju tehničkih problema konstrukcije. Ovu procjenu provest ćemo subjektivno ocjenjujući svaki model kretnji pristupa te potkrijepiti obrazloženjima.

### **Trajanje izvođenja kretnji pristupa i odstupa**

Ostvarivanje kratkotrajnosti izvođenja kretnji pristupa a potom i odstupa nije kvaliteta modela kretnji pristupa koja pripada uvjetima ostvarivanja ergonomičnosti kao kvaliteta tih modela već je zahtjev koji proistječe iz polazne zamisli o svrsi pretrage. Unatoč ovoj činjenici, procjenu ove značajke uvrstili smo u proces procjene kako bi pri usporedbi mjere ergonomičnosti modela kretnji pristupa uzetih u razmatranje i vrijeme potrebno za njihovo vršenje imalo utjecaja. Imajući u vidu da je iz opisa kretnji pristupa kao i rješenja stola moguće izlučiti vezu s trajanjem potrebnih kretnji, ova je kvaliteta u nekoj mjeri sporedna, ali ipak utjecajna veličina.

Trajanje izvođenja kretnji pristupa kao zahtjev odnosno kvaliteta predloženog rješenja kretnji pristupa u osnovi predstavlja težnju da ostvarimo najkraće trajanje izvođenja pristupa bez obzira na sposobnosti ispitanica, rješenje stola za pretragu ili modela pristupa. Ipak, upravo o svim detaljima bit će ovisno trajanje izvršenja kretnji pristupa, pa ovom procjenom nastojimo prednost pružiti cjelokupnom rješenju koje će pokazati najbolja svojstva prema ovom zahtjevu. Obzirom da se ovoj značajki ne pridaje visoka ocjena važnosti, ona proizlazi iz prvotno zamišljene namjere da se osigura najkraće trajanje pretrage, a s tim u vezi i kretnji pristupa, odnosno odstupa. Drugim riječima, podrazumijeva se ostvarenje ovog cilja, odnosno dugotrajno izvođenje kretnji pristupa neće biti uzeto u razmatranje ili ne bi bilo ocijenjeno prihvatljivom ocjenom. Utjecaj ove kvalitete kretnji pristupa nije tako izražen kao prijašnje jer nema značajniji utjecaj na rješenje stola ili kretnje pristupa, već je samo popratna veličina čije je ostvarenje ipak poželjno.

### **Primjerenost zauzetog stava za pretragu**

I na kraju, kao posljednju značajku navodimo primjerenost zauzetog stava za pretragu kao veličinu kojom namjeravamo ocijeniti položaj u kojemu ispitanica treba mirovati za trajanja pretrage. Njome nastojimo ustanoviti da li je mirovanje za trajanja pretrage istinito, što znači da sumnjamo u postojanje mišićnog izometričkog opterećenja. Isto tako, utvrđivanje izometričkog opterećenja mišićja u zauzetom položaju povezujemo s udobnosti, što je subjektivna značajka, odnosno individualno različita. Upravo zbog toga koeficijent važnosti ove značajke ne poprima najvišu vrijednost, ali zbog njenog značaja i mogućeg utjecaja, dostatno visoku. Razlike među modelima ovdje se mogu pokazati također značajne, jer ukoliko bi zamišljena pretraga probira potrajala, predviđeno mirovanje ispitanice moglo bi doći u pitanje. Poznato je da uslijed izometričkog naprezanja mišićja određenog intenziteta dolazi do sve izraženijeg treperenja mišićja tijekom vremena (red veličine u minutama), koje bi moglo značajno ugroziti pouzdanost pretrage. Ipak, obzirom da se očekuje ostvarivanje kratkotrajnosti pretrage, predviđa se da ova pojava neće u tolikoj mjeri doći do izražaja, a uvođenjem ove značajke dopunjavamo uvid u razlike među modelima, kao i ocjenu ergonometričnosti.

## **2.4 Metoda analize značajki pristupa**

Za provedbu analize potrebno je prikupiti sve potrebne podatke putem kojih možemo utvrditi i procijeniti značajke svakoga od razmatranih modela. Imajući u vidu izbor utjecajnih značajki:

- 1. Antropometrijska osjetljivost - mjera primjerenosti populaciji**
- 2. Zahtjevi postavljeni pred ispitanice obzirom na njihove sposobnosti**
- 3. Ergonometričnost korištenja modela stola**
- 4. Trajanje izvođenja kretnji pristupa i odstupanja te**
- 5. Primjerenost zauzetog stava za pretragu,**

potrebno je odrediti pristup putem kojeg ćemo prikupiti potrebne podatke. Iz tog razloga ćemo opisati što očekujemo utvrditi za svaku od značajki, te na kakav način, uz prikladno obrazloženje.

### **Ad 1) Antropometrijska osjetljivost - mjera primjerenosti populaciji**

Kao kvaliteta razmatranog modela pristupa, antropometrijska osjetljivost nema jedinstvenu, odnosno poznatu i utvrđenu metodu procjene njene ostvarenosti odnosno ostvarivosti. Procjena se obzirom na svrhu ove kvalitete zamišlja kao utvrđivanje mjere sposobnosti da se objekt dimenzijski prilagodi ispitanici odnosno izmjerama koje su optimalne za dotičnu, odnosno za procjenu se traže odstupanja stvarnih dimenzija objekta u odnosu na optimalne. Čim veća odstupanja - tim manja mjera ostvarene primjerenosti i niža ocjena. Antropometrijska osjetljivost predstavlja ideal ove veličine, a znači da se rješenjem stola omogućava potpuno prilagođavanje stola ispitanicama, odnosno da je rješenjem stola zadovoljena ova potreba. U slučaju nesposobnosti objekta za ovakvom prilagodbom provodimo postupak procjene odstupanja od referentnih odnosno optimalnih dimenzija.

Zadatak utvrđivanja optimalnih dimenzija objekta za ispitanicu izvršiti ćemo uzimajući u obzir međusobni utjecaj modela stola odnosno modela kretnji pristupa i antropomjera ispitanica. Time je omogućeno stvaranje referentnog modela stola kojega smatramo antropometrijski optimalnim za svaki od modela kretnji pristupa koje ćemo analizirati. Ovdje je uglavnom riječ o relativnom odnosu dimenzija objekta i ispitanice, gdje se očekuje da ukoliko se utvrdi optimalan omjer antropomjera ispitanice sa značajnom dimenzijom objekta, u prvom redu visine, tada slijedi utvrđivanje stvarno ostvarenog odnosno ostvarivog omjera. Zapravo, traži se mjera odstupanja dimenzija stola u odnosu na optimalne za svaku ispitanicu, iskazano relativnim mjerama koje se potom uspoređuju. Time pojam primjerenosti populaciji nastupa umjesto antropometrijske osjetljivosti. Uz to, traže se i granice prihvatljivih dimenzija objekta unutar kojih se nalazi optimalna, odnosno referentna vrijednost, koje dakako nedostaju. Potrebne su ponajprije radi toga da se može izvršiti procjena, ali i utvrditi granice za dimenzioniranje stolova.

### **Ad 2) Zahtjevi postavljeni pred ispitanice obzirom na njihove sposobnosti**

Zahtjevi postavljeni pred ispitanice mogu se načelno razvrstati na razmjere mišićne aktivacije i kretnji te na vještinu njihovog izvođenja. Kako je ranije rečeno, u obzir ćemo uzeti razmjere mišićne aktivacije te vještinu vršenja potrebnih kretnji.

Kao dio zahtjeva postavljen pred ispitanice za vršenja kretnji pristupa javlja se potreba da one mišićnom aktivacijom izvrše potrebne kretnje i zauzmu zamišljeni

položaj tijela. Obzirom da je u svrhu analize ergonometričnosti poželjno ostvariti uvid u zbivanja za vrijeme vršenja kretnji, praćenje aktivnosti mišićja u svakom slučaju predstavlja jednu od važnih veličina. Predviđa se da je za ovu svrhu primjerena elektromiografija mišićja, odnosno EMG, kao prikaz električne aktivnosti praćenog mišićja u ovisnosti o vremenu.

EMG pokazuje da se zabilježena električna aktivnost može izravno povezati s veličinom razvijene sile skupine praćenog mišićja, te ustanoviti razne promjene u praćenju mišićne aktivnosti kao što su nastupanje umora, utrošenu energiju, itd. Iako je veličina sile ostvarene u analizirane skupine mišića mjerodavna ukoliko se želi utvrditi intenzitet neke kretnje, za svrhu i potrebe ovog rada čini se da je značajnija veličina indeks aktivnosti skupine mišićja. Naime, obzirom da se u dijelu procjene ergonometričnosti razmatranih modela pristupa navodi potreba da se procijene zahtjevi postavljeni pred ispitanice, informaciju o aktivnosti mišićja pouzdanije je procijeniti veličinom indeksa aktivnosti, ponajprije zbog toga što sadrži informaciju o aktivnosti mišića tijekom čitavog perioda pokreta, a ne samo u jednom trenutku, za koji ne mora biti prisutno podudaranje trenutnih ekstrema svih razmatranih modela. Taj indeks na neki način predstavlja energiju koja se za vršenja praćenih kretnji oslobađala u mišićima, te takva veličina sadrži informaciju o učestalosti podražaja mišića odnosno njegove aktivnosti. Prednost ove veličine u kontekstu primjene za ovaj rad iskazuje se time što se analiziraju tri različita modela pristupa, različitih trajanja i opisa kretnji. Naposljetku, iako nije jednostavna i izravna primjena ove tehnologije, EMG je izrazito pogodna za utvrđivanje sudjelovanja mišića i njihova pojedinačnog doprinosa za izvođenja praćenih kretnji ili zadržavanja položaja tijela. Osim toga, kao često primjenjivan kriterij utvrđivanja intenziteta opterećenja organizma ispitanika predstavlja utvrđivanje tlaka unutar trbušne šupljine koji proizlazi iz slabinskog momenta (Mariaux) oko osi okomite na medijalnu ravninu. Imajući u vidu ove dvije moguće prosudbe opsega i intenziteta zahtjeva postavljenih pred ispitanicu, njihovim utvrđivanjem prosudit ćemo koju primijeniti za mjerodavnu. Poznavajući praktičnu primjenu i primjenjivost uređaja za praćenje EMG, utvrđivanje slabinskog momenta u znatnoj mjeri može doprinijeti djelotvornijoj prosudbi zahtjeva.

Na kraju, nisu dostupni podaci o vještinama ili spretnosti u izvršavanju novih lokomocijskih zadataka, pa se obzirom na to, može reći da bi opis kretnji pristupa za

ispitanice bio tim složeniji što je više pomaka točaka tijela potrebno koordinirano istodobno izvršiti, neovisno o amplitudama. Uz to, obzirom da se pokreti vrše mijenjajući položaj tijela neizbježno će doći i do pomaka težišta tijela, te se smatra da zadržavanje stabilnog stava također ulazi u ovaj opis. Utvrđivanje ove značajke pretpostavlja kako je povećavanje broja dodirnih točaka s okolinom i broja aktivnih zglobova tijela za pojedini trenutak udaljavanje od zamišljenog ideala. Ovo osobito dolazi do izražaja ukoliko je pokret ispitanici nepoznat od ranije. Ipak, nije jasno da li smo na pravom putu za utvrđivanje ocjene ove značajke, pa ovu vezu treba više istražiti prije nego se na takav način upotrijebi. Ovo je dakle, još jedna od značajki koje nemaju poznatu metodu procjene, pa se iz tog razloga oslanjamo na subjektivnu procjenu ispitanica, kao individualno najpouzdaniju, zasada.

### **Ad 3) Ergonomičnost korištenja modela stola**

Procjenom ergonomičnosti korištenja stola ocjenjuju se zahtjevi postavljeni pred konstruktivno rješenje stola u smislu njegova korištenja, gdje se u nekoj mjeri ispitanica i operater nalaze u ulozi korisnika. Dakako, što je u tom smislu jednostavniji način korištenja, tim će bolju ocjenu zaslužiti. Pod pretpostavkom da se jednostavnijim korištenjem podrazumijeva da je manjim brojem postupaka moguće prilagoditi stol potrebi, te uz to nije potrebna osobita vještina, stol je tim lakše koristiti. U procjenu ove kvalitete u prvom redu ubraja se opseg postupaka potrebnih za korištenje stola, kako od strane ispitanice tako i operatera. Ovdje je riječ o dvije podprocjene, naravno za oba sudionika zasebno te potom u cjelovitoj ocjeni kao konačnoj za ovu kvalitetu. Ukoliko stol nema mogućnost podešavanja od strane operatera podprocjenu tih prilagođavanja nije smisljeno ubrajati, ali se istodobno javlja potreba za ocjenom korištenja nepodešenog stola od strane ispitanice. Upravo je kombinacijom ovih utjecaja potrebno doći do ocjene ove kvalitete te su stoga i uvedene dvije podprocjene, koje namjeravamo stopiti u zajedničku ocjenu.

Uzimajući u obzir da nisu izrađeni prototipovi modela stolova koje bi tada bilo moguće znatno pouzdanije podvrgnuti postupku procjene, kriterij procjene neizbježno ima subjektivan karakter, kao što je to slučaj i kod utvrđivanja udobnosti.

### **Ad 4) Trajanje izvođenja kretnji pristupa i odstupa**

Ovdje je riječ o tome da se kao najpovoljnije rješenje uzima ono najkraćeg trajanja, poštujući polaznu zamisao. Utvrđivanje trajanja izvođenja kretnji pristupa i odstupa moguće je izravno mjeriti, no imajući u vidu razlike među sposobnostima ispitanica, potreban je izrazito velik broj ispitanica. Mjerenja trebaju obuhvaćati trajanje svih faza kretnji ispitanica, za svaki model pristupa zasebno. S druge strane, obzirom na opseg takvog zadatka, ali i nedostatak prilike da se mjerenja vrše na stvarnim rješenjima stolova, potreban je drugačiji pristup. Ako kao polaznu ideju uzmemo pretpostavku da su sposobnosti ispitanica individualne, tada o njima izravno ovisi trajanje vršenja kretnji. Odaberemo li prema tome pristup kako uvijek ista ispitanica treba izvršiti sve modele kretnji pristupa, naravno po fazama, tada uspoređujući njezine rezultate dolazimo do odgovora na pitanje trajanja tih faza uz iste nepromijenjene sposobnosti te uvjete vršenja pristupa. Na ovaj se način uz iste uvjete mogu uočiti razlike u trajanju vršenja kretnji pristupa. Kada bi s druge strane pristup vršile ispitanice različitih sposobnosti, značajno teže bi se mogla uočiti veza sposobnosti ispitanice s trajanjem vršenja kretnji, te bi jedino statistička obrada mogla polučiti uočljivije rezultate. Naravno, polazna ideja procjene ergonometričnosti odnosno parcijalnih značajki i sadrži ideju uspoređivanja. Na ovaj način se opseg potrebnih mjerenja značajno umanjuje a usporedba je u svakom slučaju objektivnija i individualna, čime se točnije može govoriti o stvarnim razlikama u trajanju. Mjerenjem ćemo utvrditi trajanje svake faze pojedinog modela kretnji pristupa, te obzirom da su dio cjeline, zbrojiti ih. Iz ovako utvrđenog rezultata potrebno je izuzeti vrijeme koje bi ispitanica provela u položaju koji imitira provedbu pretrage. Tako utvrđene rezultate upotrijebit ćemo u daljnjem postupku procjene ove značajke, s kriterijem kako je najpovoljnije najkraće trajanje kretnji pristupa.

### **Ad 5) Primjerenost zauzetog stava za pretragu**

Imajući u vidu da se radi o utvrđivanju mišićnog naprezanja za trajanja pretrage, koje kako je spomenuto može imati nepovoljan utjecaj ne samo na udobnost zauzetog stava već i na nemogućnost zadržavanja u takvom stavu, uvodimo i ovu značajku. Iako se ne očekuje visoka razina mišićnog naprezanja neovisno o modelu, o ovoj veličini ipak vodimo računa. Uloga ove veličine sadrži namjeru da utvrdimo mjeru udobnosti odnosno stvarno ostvarenu mjeru



ergonomičnosti stava za pretragu. Na ovaj se način dopunjavaju kriteriji ocjene ali se isto tako uvodi još jedna veličina putem koje se modeli mogu uspoređivati. Obzirom da se radi o konačnom stavu koji ispitanica treba zauzeti, procjenu ove značajke zamišljamo kao utvrđivanje slabinskog momenta kao mjeru opterećenja leđne muskulature, odnosno čitavog tijela pripadnog trenutku mirovanja u stavu za pretragu. Kako je već spomenuto, to je vrlo često primjenjivani kriterij procjene opterećenja čovjeka u ergonomiji i biomehanici, gdje se veličina slabinskog momenta izražava proporcionalno tlaku u trbušnoj šupljini. Obzirom da je njeno utvrđivanje već na popisu, iz tih rezultata izlučit ćemo tražene vrijednosti. Za potrebu usporedbe dostatna je informacija vrijednost slabinskog momenta u zauzetom stavu za pretragu.

Na temelju opisa i danih obrazloženja, lako je uočiti da se radi o nizu podataka koje navedene značajke obuhvaćaju, no obzirom na smisao standarda ergonomičnosti, nije ih lako ocijeniti, ali niti usporediti modele pristupa. U tom smislu, a obzirom da ovdje nije moguće samo na osnovi jedne razmatrane značajke doći do traženog odgovora, problemu ćemo pristupiti uvođenjem izvorne metode procjene, odnosno usporedbe. Njenim uvođenjem nastojimo omogućiti obuhvaćanje svih utjecajnih značajki za svaki od modela, čime se ostvaruje zamisao usporedbe. Prije nego provedemo utvrđivanje navedenih značajki, opisat ćemo zamisao ove metode.

### 2.4.1 Metoda procjene ergonomičnosti

Iz postavljene teze ergonomičnosti lako je uočiti da bez obzira na to o kojem primjeru se radi, možemo uočiti smjernice kao orijentaciju pri namjeri ostvarivanja povoljnih značajki promatranog slučaja. Imajući u vidu da je primjena ergonomskih načela toliko široke primjene da se ne naziru obrisi granica primjene, istodobno možemo primijetiti i da u tom smislu treba obuhvatiti čitav niz značajki prije konačne procjene ostvarenja ergonomičnosti kao standarda. Ergonomičnost je kao pojam upravo tako i zamišljena, kao standard prema kojemu težimo, odnosno njeno ostvarivanje podrazumijeva ostvarivanje optimalnih ergonomskih uvjeta, često

iskazanih različitim podacima. Metodom procjene ergonometričnosti nastojimo utvrditi u kojoj mjeri smo u tome i uspjeli. Problemi kojima se pristupa često se svode na traženje optimalnog kompromisa među značajkama objekta koji se namjerava podvrgnuti primjeni ergonometričnih standarda. Ipak, koliko je poznato, ne postoji metoda procjene ergonometričnosti, a osobito ne u obliku veličine koju možemo izračunavati.

Zamisao metode procjene ergonometričnosti nudi model obuhvaćanja širokog spektra ergonometričnih problema, no ovdje ćemo se ograničiti na primjenu za potrebe ovog istraživanja. Obzirom da je potrebno izlučiti preporuke koje proizlaze iz analize različitih modela rješenja pristupanja mjernom sustavu, koje kako je moguće primijetiti, obuhvaćaju značajan broj različitih veličina, nije moguća izravna usporedba. Saznanje da se radi o mnoštvu značajki čije vrijednosti nisu istovrsne, te da su primjetne razlike među modelima, navodi na ideju uvođenja metode kojom bi se mogla izračunati ocjena ergonometričnosti za svaki od modela, a potom usporedbom izlučiti najpovoljniji model, odnosno rješenje pristupa. Uz to, pogodnost da se takva ocjena iskaže jedinstveno pripadnom brojčanom vrijednosti također može biti od velike koristi, ne samo u okvirima primjene metode za ovaj rad.

Kao inovativni način primjene dosada poznatih metoda praćenja promjena i analize gibanja i pokreta, javlja se ideja o metodi procjene ergonometričnosti, koja prema početnoj zamisli obuhvaća sve utjecajne veličine. Njihov broj i značaj je u ovisnosti o slučaju za koji se koristi, a u najvećem će broju slučajeva značiti sintezu svih rezultata analize.

Uvođenje takvog novog postupka odnosno metode zamišlja primjenu svih nužnih dosada korištenih postupaka putem njihovog integriranja u proučavanju sistema čovjek-stroj-okoliš na novi, sveobuhvatniji način.

U daljnjem dijelu poglavlja bit će nešto više riječi o načinu primjene takvog postupka procjene.

### 2.4.1.1 Smjernice procjene ergonometričnosti

Provedba procjene zasniva se na ideji kako bi se ergonometričnost razmatranih modela pristupa mogla uspoređivati putem njihova približavanja idealu ergonometričnosti gdje bi sve kvalitete promatranog slučaja bile u potpunosti ostvarene. Tako bi kao najveća vrijednost neke kvalitete ona brojčano iznosila 1, odnosno 100% toga ideala. Načelno, zapravo se radi o omjeru ispunjenosti ergonomskog zahtjeva prema onom iskazanom kao željenom, neovisno da li se radi o idealnoj ili optimalnoj veličini. Takav bezdimenzijski broj zasada ćemo nazvati mjerom primjerenosti- ergonometričnosti. Na taj se način bezdimenzijskom razmjeru omogućava da se kvalitete koje nisu iskazane istom SI mjernom jedinicom, ili ih zasada nije moguće iskazati brojčano, mogu uvrštavati u istom izrazu bez preračunavanja koje često nije moguće, ostvarujući time pogodnost u procjeni ispunjavanja postavljenih ergonomskih zahtjeva. U općem bi obliku izraz za njegovo računanje glasio:

$$\eta_e = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \dots + \eta_i}{i} = \frac{\sum_{j=1}^n \eta_j}{n},$$

gdje su veličine  $\eta_e$  ukupna odnosno  $\eta_i$  parcijalna mjera ergonometričnosti, a  $i$ , odnosno  $n$  je broj parcijalnih značajki odnosno ubrojanih kvaliteta.

Obzirom da za vrijednost svake od ubrojanih kvaliteta u relativnom iznosu, vrijedi:

$$0 \leq \eta_i \leq 1,$$

to će značiti da će zbroj u brojniku neizbježno biti manji od onoga u nazivniku, pa će i krajnja vrijednost razmjera biti manja od 1, odnosno

$$0 \leq \eta_e \leq 1.$$

Time se na određeni način značaj svake parcijalne značajke poistovjećuje onom ostvarenom u ergonomskom smislu, u odnosu na ideal kojemu težimo. U našem slučaju ovako prikazanu i zamišljenu veličinu nazvat ćemo razmjerom primjerenosti – ergonometričnosti. Naravno, raspon vrijednosti koje mogu poprimiti parcijalne veličine ovog razmjera, odnosno ukupna znači da postoje i ograničenja. Svaku parcijalnu ocjenu koju bismo izrazili nulom ili negativnom a dodijeljenu nekoj od kvaliteta možemo smatrati razlogom da rješenje koje procjenjujemo

isključimo iz daljnjeg razmatranja, jer očito sadrži izrazito nepovoljnu karakteristiku odnosno kvalitetu, pa čak možda i opasnu po ispitanika/e.

Pored namjere da se pojedinačnom procjenom odabranih značajki utvrde odstupanja od postavljenih mjerila, pridavanjem pripadnih koeficijenata važnosti ističe se njihov značaj, ali i omogućava razmjern utjecaj. Ovi koeficijenti važnosti odnosno utjecajnosti već ranije se navode kao mogućnost klasificiranja značajki za analizu, a ovdje ćemo njihovu ulogu iskoristiti za isticanje utjecaja u ukupnoj ocjeni. Na taj način koeficijenti poprimaju karakter težinskih, dok je njihovu vrijednost za svaku značajku iz analize moguće iskazati individualno. Iako se navode njihove tri osnovne, njih je ukoliko se ukaže potrebno ili smisleno, moguće definirati i na neki drugi način. Zasada ćemo ih primjenjivati kako su navedeni. Prijedlog u tom smislu sadrži ideju produkta spomenutih koeficijenata važnosti s iskazanom ocjenom svake kvalitete, kao parcijalnom veličinom.

Sada izraz za procjenu primjerenosti- ergonomičnosti poprima novi oblik:

$$\eta_e = \frac{\eta_1 \cdot k_{v1} + \eta_2 \cdot k_{v2} + \dots + \eta_i \cdot k_{vi}}{k_{v1} + k_{v2} + \dots + k_{vi}} = \frac{\sum_{j=1}^n \eta_j \cdot k_{vj}}{\sum_{j=1}^n k_{vj}}.$$

Ovaj oblik izraza za procjenu ergonomičnosti uvođenjem koeficijenata važnosti u nekoj mjeri mijenja izvorni izraz, ali s druge strane omogućava da značajnije veličine doprinesu ukupnoj ocjeni. Njime stječemo uvid u kojoj mjeri smo zadovoljili kriterije koje smo postavili kao mjerodavne za procjenu ergonomičnosti rješenja pristupa, ali istodobno i da unatoč utvrđenim ocjenama pojedinih značajki iskažemo i potencijal za unaprjeđenja i poboljšanja.

Pozabavimo se sada s raznim vrijednostima značajki koje mogu ući u obzir kao razmatrane parcijalne kvalitete, kao i načinima za računanje njima pripadne parcijalne mjere primjerenosti.

### 2.4.1.2 Postupci računanja procjena parcijalnih kvaliteta

Načini računanja odnosno iskazivanja raznih vrsta kvaliteta, uzimajući u obzir njihove značajke, razlikovat će se. Tako bi se načelno mogle razdijeliti četiri osnovne grupe takvih kvaliteta, i to:

- a) mjerljive kvalitete
- b) iskustvene kvalitete
- c) subjektivne kvalitete
- d) zahtijevane kvalitete.

Prije nego nastavimo, samo ukratko obrazložiti ćemo ovu podjelu. Za mjerljive veličine vrijedi da je pri analizi moguće mjerenjem doći do informacija o potrebnim veličinama, čime se onda može ustanoviti u kojoj mjeri se može govoriti o ergonometričnosti obzirom na te vrijednosti. Iskustvene kvalitete također mogu biti mjerljive veličine, međutim njihova procjena u ergonometričkom smislu više se temelji na iskustvu odnosno na subjektivno utvrđenom mjerilu. Subjektivne kvalitete koje zasada nije moguće pouzdano utvrditi mjerenjem temelje se na individualnom subjektivnom dojmu, a mogu utjecati na ukupnu ocjenu zadovoljenja ergonometričkih zahtjeva. Na kraju, zahtijevane kvalitete nisu izravno povezane s ispitanicima, već proizlaze iz inače postavljenih zahtjeva. Ovdje je riječ uglavnom o tome u kojoj mjeri su se poštivali prvotno postavljeni zahtjevi, nevezano primarno uz ergonometriju, nego uz analizirani slučaj. Ove kvalitete uvedene su ponajprije da iskažu i važne značajke postavljenih zahtjeva, u analizi različitih mogućih rješenja. Osim toga, za svaku od grupa kvaliteta potrebno je ustanoviti i način na koji dolazimo do pripadnih vrijednosti, o čemu će biti riječi u nastavku.

Neovisno o tome o kojoj od grupa se radi, procjene parcijalnih značajki kao kvaliteta rješenja treba utvrđivati uvijek istim algoritmom, ili barem prema istom ključu, pa ćemo u nastavku prikazati neke, iako se u slučaju potrebe, mogu potražiti i novi s istim ciljem. Obzirom da se procjene temelje na predloženim izrazima, izrazi su podložni izmjenama.

### A) Poznata najveća dopustiva vrijednost značajke - veličine

Ako postoji najveća dopuštena vrijednost, kao dopustiva razina naprezanja mišićja iskazana silom u mišiću/ima, dopustiva kiselost tekuće okoline i tome slične veličine, tada je poželjno te granične vrijednosti izbjegavati što više, pa je tim povoljnije što je u većoj mjeri u tome polučen uspjeh odabirom radnih značajki. Za ovu se veličinu podrazumijeva da neće poprimiti negativan predznak, osobito radna vrijednost promatrane značajke.

Ako je idealna i najveća mjera ergonomičnosti iskazana kao 1, očito je da se od najveće dopuštene vrijednosti promatrane veličine trebamo što više udaljiti s radnom vrijednošću iste kako bismo udovoljili tom idealu, pa se predlaže procjena prema izrazu:

$$\eta = 1 - \frac{\text{radna vrijednost}}{\text{najveća vrijednost}} = 1 - \frac{x}{x_{\max}},$$

gdje je:

$x$  - promatrana radna vrijednost veličine,

$x_{\max}$  - najveća vrijednost promatrane veličine,

uz napomenu da se radna vrijednost mijenja unutar raspona:  $0 \leq x \leq x_{\max}$ .

Ovaj izraz može se primijeniti za sve veličine veće od nule, iskazane SI jedinicom, te uz poznavanje krajnje odnosno najveće vrijednosti. Izraz vrijedi za sve primjere kada nije poznata mjera ergonomičnosti pripadna razmatranoj radnoj vrijednosti. S druge strane, ukoliko postoji dijagram koji proistječe iz ovisnosti radne vrijednosti i mjere ergonomičnosti, od najmanje pa sve do najveće (utvrđena kao rizična), tada se očitavanjem za radnu vrijednost može dobiti mjera ergonomičnosti (odnosno izračunavanjem ako je poznat izraz koji tu ovisnost iskazuje). Naravno, bez obzira na to kako utvrđivali mjeru ergonomičnosti na navedeni primjer, važno je ostvariti najvišu mjeru ergonomičnosti koju razmatrani primjer dopušta uz objektivan postupak procjene, uvijek na isti način. Kada smo govorili o rasponu u kojemu se kreće radna vrijednost koju ocjenjujemo, tada se za neke primjere može osim najveće kao rizične ili nepovoljne, može pojaviti i najmanja s istim karakterom. Obzirom da se radna vrijednost nalazi unutar ovih

granica, lako je naslutiti da nekoj od njih pripada najviša mjera ergonometričnosti. Tako zapravo dolazimo do pitanja optimalne vrijednosti, pa ćemo i o njoj nešto reći.

### **B) Poznata optimalna vrijednost značajke**

Za veličine kod kojih je poznat optimum (utvrđen mjerenjem ili iskustveno) u odnosu na najmanje odnosno najveće dopustive vrijednosti (sa stanovišta sigurnosti odnosno rizika), javljaju se dva slučaja:

- a) radi se o poznatoj krivulji promjene između najmanje odnosno najveće dopustive vrijednosti koja ima ekstrem upravo u optimalnoj vrijednosti veličine. Krivulja predstavlja mjeru ergonometričnosti, ugone ili komfora, koja se utvrđuje očitavanjem za promatranu vrijednost. Naravno, i ovdje je, prema prije postavljenom modelu, riječ o tome da se za optimalnu vrijednost ona iskazuje bezdimenzijskom vrijednošću 1. Najmanja i najveća vrijednost koje se još smiju dopustiti poprimit će tada vrijednosti nule, što znači da smo na granici rizika i ne možemo govoriti o ergonometričnosti. Na pitanje vrijednosti izvan ovog raspona za promatranu veličinu može se govoriti o rizicima, što nije predmetom ove prosudbe. Napomenimo uz ovo da se ne mora uvijek raditi o kritičnim vrijednostima koje po svaku cijenu treba izbjegavati, već dosezanje tih vrijednosti recimo, nije poželjno, a svakako da se takvi slučajevi mogu ocijeniti drugačijom ocjenom od predložene.
- b) nije poznata krivulja koja opisuje promjenu ove mjere za promatrani raspon, pa prosudbu treba izvršiti drugačije. Ukoliko se radi o ocjeni vrijednosti neke veličine koja ima poznati odnosno utvrđeni optimum, odstupanje od njega treba ocijeniti. Takva veličina može biti veće ali i manje vrijednosti od optimalne, te se kao zadatak javlja potreba utvrđivanja odstupanja od njega. U tom je slučaju potrebno na neki način ustanoviti raspon koje takva vrijednost poprima, u vidu njenih najmanjih odnosno najvećih vrijednosti. Ovaj raspon možemo prikazati izrazom:  $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$ , unutar kojega se nalazi optimalna vrijednost. Time dolazimo do potrebe utvrđivanja upravo ovih krajnjih vrijednosti, a prema udaljavanju stvarne odnosno radne vrijednosti od optimalne prema najmanjoj odnosno najvećoj vrijednosti, model procjene možemo razdijeliti na dva područja, koja ne moraju biti simetrična u odnosu na optimum.

Modeli ovakve procjene mogu biti različiti, no za potrebe procjena o kojima je riječ, uzmimo polazni model koji, nadalje, ima dva područja pripadnosti radne vrijednosti koju procjenjujemo:

- između najmanje i optimalne vrijednosti ( $x_{\text{optim}} \geq x$ )

$$\eta = 1 - \frac{x_{\text{optim}} - x}{x_{\text{optim}} - x_{\text{min}}},$$

- između optimalne i najveće vrijednosti ( $x_{\text{optim}} \leq x$ )

$$\eta = 1 - \frac{x - x_{\text{optim}}}{x_{\text{max}} - x_{\text{optim}}} = 1 - \left| \frac{x_{\text{optim}} - x}{x_{\text{optim}} - x_{\text{max}}} \right|.$$

Ovdje se uvode nove veličine koje treba opisati u njihovom smislu:

- $x_{\text{optim}}$  - optimalna vrijednost promatrane veličine
- $x$  - promatrana (radna) vrijednost veličine
- $x_{\text{min}}$  - najmanja vrijednost veličine
- $x_{\text{max}}$  - najveća vrijednost veličine.

Obzirom da se radi o vrlo jednostavnom modelu, nisu potrebne čak dvije jednadžbe, već toj svrsi može poslužiti jedna:

$$\eta = 1 - \left| \frac{x_{\text{optim}} - x}{x_{\text{optim}} - x_{\text{min/max}}} \right|,$$

gdje jedina nova veličina to zapravo nije, odnosno  $x_{\text{min/max}}$  predstavlja ili najmanju ili najveću vrijednost promatrane veličine, već prema području o kojemu se radi. Napomenimo također, da bi moglo biti riječi i o rasponu vrijednosti koji se smatra optimalnim, odnosno preporučljivim, jer u ergonomiji ne mali broj slučajeva govori kako nije uvijek samo jedna vrijednost optimalna, već to zna biti i raspon vrijednosti. Tada se kao referentne odnosno optimalne vrijednosti mogu uzeti vrijednosti iz toga raspona, već prema slučaju.

### C) Nepoznate brojčane vrijednosti- subjektivna procjena značajke

U slučaju kada nema poznatih brojčanih veličina koje bi se mogle na neki od načina brojčano prevesti u sistem vrijednosti gdje zadovoljenost ergonomičnosti



doseže najviše 100% odnosno 1 kao bezdimenzijski broj, preostaju opisne procjene, subjektivne prirode, i to idejno:

vrlo primjereno	-	$\eta = 0,9$
primjereno	-	$\eta = 0,75$
gotovo primjereno	-	$\eta = 0,5$
neprimjereno	-	$\eta = 0,25$
potpuno neprimjereno	-	$\eta = 0,1$

Naravno, ovo je samo prijedlog kako kvaliteti pridati parcijalnu ocjenu, koji može dobiti i drugačiju definiciju, ponajprije u obliku drugačije postavljenih kriterija za određivanje, a potom i finijoj podjeli ocjena. Ideja da se ovim opisnim ocjenama prida brojčana vrijednost zasniva se na namjeri da se iako nije moguće pouzdano iskazati razmatranu kvalitetu o kojoj se malo zna, ona svrsta u isti algoritam procjene kao i ostale. Potrebno je dodati, obzirom da je riječ o subjektivnim procjenama, kao izbor nije priložena idealna vrijednost koju bi neka značajka mogla zaslužiti, upravo zbog toga što se radi o pukoj subjektivnoj prosudbi, koja i sama nije niti blizu idealne kao metoda. Tako je kao najviša ocjena umjesto 100% (odnosno 1) ostvarene ergonometričnosti ponuđena 90% (odnosno 0.9), čime se na određeni način uvodi neka mjera sigurnosti, kao 10%-nog faktora sigurnosti, odnosno moguće opravdanje za nesvjesno uvedenu pogrešku pri procjeni.

### D) Usporedba dvaju i više vrijednosti neke značajke

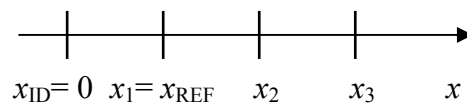
Kao jedan od zadataka može se pojaviti i potreba da se radi dodjeljivanja ocjena vrijednostima neke od značajki provede njihova usporedba, a samo na osnovu kriterija da njena najmanja odnosno najveća vrijednost predstavlja idealnu, kojoj pripada ocjena  $\eta = 1$ , koja naravno u stvarnosti nije ostvariva. Naravno, riječ je o realnim i pozitivnim vrijednostima te značajke. Mjerenjem ili na neki drugi način utvrđene vrijednosti takve značajke potrebno je ocijeniti prema postavljenom kriteriju, međutim nije poznat izraz prema kojemu se ove ocjene iskazuju, odnosno vrši usporedba radi ocjenjivanja.

Ovaj problem sastoji se od triju slučajeva, odnosno:

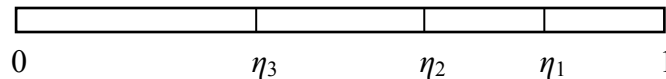
1. Ideal značajke je njena najmanja vrijednost, najčešće  $x_{ID} = 0$ ;

2. Ideal značajke je njena najveća vrijednost, uz najmanju jednaku  $x = 0$ ;
3. Ideal značajke je odabrana željena vrijednost.

Odstupanje najbolje ocjene od idealne odnosi se na slučaj kada je jedna od utvrđenih vrijednosti najbliže postavljenom idealu, ali ga nije dosegla, te joj se kao predložena pridaje ocjena  $\eta = 0.9$ , iako u ovu svrhu ona može biti i bilo kojeg drugog iznosa. Uz to, ovakva ocjena na određen način sadrži neku mjeru faktora sigurnosti koji obuhvaća razna tumačenja odstupanja od idealne ocjene. Takva vrijednost u daljnjem tekstu naziva se referentnom, a izraz za računanje ocjene treba zadovoljiti zahtjev da uvrštavanjem njenog iznosa ima za posljedicu upravo navedenu ocjenu. Svako udaljšavanje od ove referentne vrijednosti ujedno je i udaljšavanje od idealne, što je potrebno ocijeniti lošijom ocjenom. Ocjene se i u ovom slučaju smatraju



- a) Prikaz promjene vrijednosti značajke  $x$ , gdje se uzima da indeksi rastu s udaljšenosti od idealne najmanje vrijednosti



- b) Prikaz pripadnih vrijednosti ocjena u rasponu između idealne (1) i potpuno nepovoljne (0) vrijednosti parcijalne značajke

**Slika 12.** Prikaz zamišljenog modela pridruživanja utvrđenih vrijednosti značajke s pripadnom ocjenom u rasponu vrijednosti 0 do 1.

bezdimenzijskim, te o tome valja voditi računa. Slika 12 prikazuje opisani model, uz napomenu da on vrijedi za slučaj kada je idealna vrijednost značajke najmanjeg iznosa. Za računanje ocjena uspoređivanih veličina neke značajke potrebno je predložiti model izraza za izračunavanje, i to već prema slučaju, kojih je kako smo rekli, tri. Krenimo redom:

- Ideal značajke je njena najmanja vrijednost, najčešće  $x_{ID} = 0$ ;

Za ovaj slučaj vrijedi da je:

$$x \geq x_{\text{REF}} > x_{\text{min}} = x_{\text{ID}} = 0, \quad \text{te} \quad \lambda = \frac{x}{x_{\text{REF}}}$$

i na kraju, predloženi izraz glasi:

$$\eta = \frac{1}{1+k \cdot \lambda^2} = \frac{1}{1+k \cdot \left(\frac{x}{x_{\text{REF}}}\right)^2},$$

što uz namjeru da kada se razmatra referentna veličina odnosno  $x = x_{\text{REF}}$  i  $\lambda = 1$ , uvjetuje ocjenu  $\eta = 0.9$ , koja onda ima za posljedicu transformaciju izraza kako slijedi:

$$\eta = 0.9 = \frac{1}{1+k \cdot \lambda^2} = \frac{1}{1+k},$$

iz čega nadalje slijedi  $0.9(1+k) = 1$ , odnosno  $k = \frac{0.1}{0.9} = \frac{1}{9}$ . Na taj način predloženi

izraz prelazi u konačni:

$$\eta = \frac{1}{1+\frac{1}{9} \cdot \lambda^2} = \frac{1}{\frac{9}{9} \cdot \left(1+\frac{1}{9} \cdot \lambda^2\right)} = \frac{9}{9 \cdot \left(1+\frac{1}{9} \cdot \lambda^2\right)} = \frac{9}{9+\lambda^2} = \frac{9}{9+\left(\frac{x}{x_{\text{REF}}}\right)^2}.$$

- Ideal značajke je njena najveća vrijednost, uz najmanju jednaku  $x = 0$  kao najlošije ocijenjenu;

Za ovaj slučaj vrijedi da je:

$$x_{\text{max}} = x_{\text{ID}} > x_{\text{REF}} \geq x \geq 0 \quad \text{te} \quad \lambda = \frac{x_{\text{REF}}}{x},$$

što uz primjenu prije predloženog modela izraza poprima konačni oblik:

$$\eta = \frac{1}{1+k \cdot \lambda^2} = \frac{9}{9+\lambda^2} = \frac{9}{9+\left(\frac{x_{\text{REF}}}{x}\right)^2}.$$

- Ideal značajke je odabrana željena vrijednost, kao specijalni slučaj gornja dva, čiju primjenu se po potrebi može razraditi.

Referentna vrijednost neke veličine ocijenjena je ocjenom 0.9 ponajprije zbog toga što se predviđa da nije idealna. To u praktičnom smislu predstavlja faktor sigurnosti koji omogućava 10% odstupanja kao greške pri procjeni, odnosno utvrđivanju iste.

I na kraju, iako se neke ocjene, neovisno o grupi kojoj pripadaju mogu temeljiti na nepoznatom ili tek predloženom algoritmu procjene, one ipak predstavljaju prvi korak u smjeru koji upravo zbog uzimanja u obzir mogu s vremenom proširiti istraživanja te neposredno omogućiti doprinos u ovom kontekstu. Naveli smo nekoliko načina putem kojih se može doći do vrijednosti procjene parcijalnih značajki koje zajedno, putem navedenog i opisanog postupka računanja razmjera ergonometričnosti tvore sliku o promatranom problemu. Pored ovih, moguće je postaviti i drugačije modele procjene parcijalnih značajki, već prema potrebi odnosno slučaju, no za potrebe ove analize nije od primarnog interesa izlučivanje potpuno pouzdanih, već uzimanje u obzir svih značajnih veličina. Uvođenje modela procjene parcijalnih značajki služi kao polazni predloženi pristup, koji ćemo primijeniti za potrebe ovoga rada.

Na ovaj način utvrđene ocjene mnogih značajki mogu navesti na njihovu optimizaciju, čime možemo značajno unaprijediti ukupnu ocjenu, ali isto tako ove ocjene otvaraju mogućnost da se i na neki drugi način pristupi stvaranju rješenja problema o kojemu je riječ. Uz to, uvid u vrijednost procjene kroz parcijalne značajke i ukupno, otvara pitanje provedbi optimizacija i prostora za njih. Izvršenjem optimalizacija moguće je poboljšati ukupnu ocjenu, a ponovnom procjenom utvrditi u kolikoj mjeri je ostvareno približavanje željenoj mjeri ergonometričnosti. Pored toga, uviđanjem slabijih točaka moguće je izvršiti promjene u modelu koji je predmet procjene, pa i zamjenom neke parcijalne osobine povoljnijom.

Osim toga, značajke koje u ergonomsom smislu mogu imati utjecaja, a dosada se nije vodilo računa o tome jer nisu bile jednoznačno mjerljive ili je njihova procjena bila iskustvena, otvara pitanje istraživanja koja vode korak dalje u tom smjeru. Također, ostaje da se utvrdi koja mjera ergonometričnosti je dostatna uz spoznaju da ideal nije ostvariv jednostavno.

### 2.5 Mjerni postupak

Provođenje mjernog postupka zamišljamo kao prikupljanje podataka o veličinama čije promjene možemo utvrditi mjernim uređajima odnosno sustavima za trajanja vršenja kretnji pripadnih odabranim modelima. Ovi se podaci prikupljaju kako bi se naknadno mogle utvrditi vrijednosti pojedinih za svaki trenutak, iz čega se tvori dijagram vremenske promjene, a na temelju njih moguća je rekonstrukcija zbivanja i pratećih promjena za analizu razmatranih modela. Mjerenje ovih podataka izvršit ćemo na ispitanici koja spada u niže rastom, ponajprije jer se za nju time pretpostavljaju zahtjevi većeg intenziteta, uz ostale nepovoljnosti. Radi se o ispitanici dobi 25 godina, visine 152 cm i mase 45 kg. Mjerit ćemo samo nju obzirom na prilike, a uz to, na ovaj način možemo izravno uspoređivati rezultate. Mjerenje se provodi u Laboratoriju za biomehaniku Kineziološkog fakulteta u Zagrebu.

Ovdje je potrebno uvesti neka ograničenja i obrazložiti neka odstupanja.

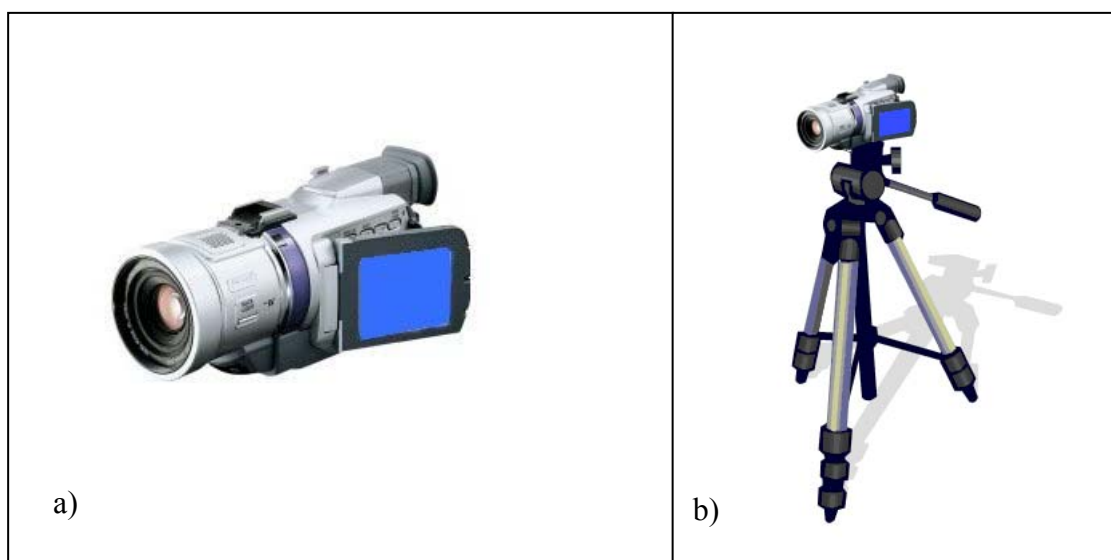
Izvođenje kretnji pristupa predviđa da se odvijaju gotovo izokinetički, odnosno da su dinamičke komponente kretnji zanemarivo malene. Ovo ograničenje se uvodi radi umanjivanja utjecaja dobi i motoričkih sposobnosti razmatranih ispitanica, i iz toga proizlazećih razlika, gdje se predviđa da će laganije pokrete sve ispitanice moći izvršiti.

Sva tri modela podrazumijevaju da će pri izvođenju kretnji fazu provedbe pretrage predstavljati mirovanje ispitanica. To će ujedno biti i znak da je zauzet konačni položaj za pretragu, koju iz opravdanih razloga ne provodimo. Trajanje tog mirovanja smatramo pretragom, iako se njegovo trajanje mjeri u sekundama, što naravno nije objektivno. Tako kratko trajanje mirovanja nalazi opravdanje u činjenici da dugotrajnije mirovanje ne doprinosi stjecanju pouzdanijih rezultata. Obzirom da Model 2 uvjetuje korištenje stola koji ne postoji u praksi već predstavlja zamišljeno rješenje, odstupanje se odnosi na dio pristupa gdje operater ispitanicu nakon njenog naslanjanja na uspravnu radnu plohu stola treba zakrenuti u zamišljeni vodoravni položaj, umjesto čega se ona zadržava u stojećem stavu nekoliko trenutaka, nakon čega se udaljava od stola. Modeli 1 i 2 također u manjoj mjeri odstupaju od zamišljenih, što predstavlja nepostojanje dijela stola za pretragu, što

istodobno znači da ne postoji mogućnost da se gornji dio trupa na njega stvarno i postavi, odnosno namjesti spram njega.

### 2.5.1 Snimanje modela kretnji pristupa

Snimanje modela kretnji pristupa izvršit ćemo prema postupku snimanja pokreta VatoSaba, koji podrazumijeva korištenje 4 međusobno sinkronizirane digitalne kamere. Za snimanje modela kretnji pristupa prema navedenom postupku bit će korištene 4 digitalne video CCD kamere JVC GR-DV700E, prikazane Slikom 13a, postavljene na predviđene stalke, prikazano Slikom 13 b).

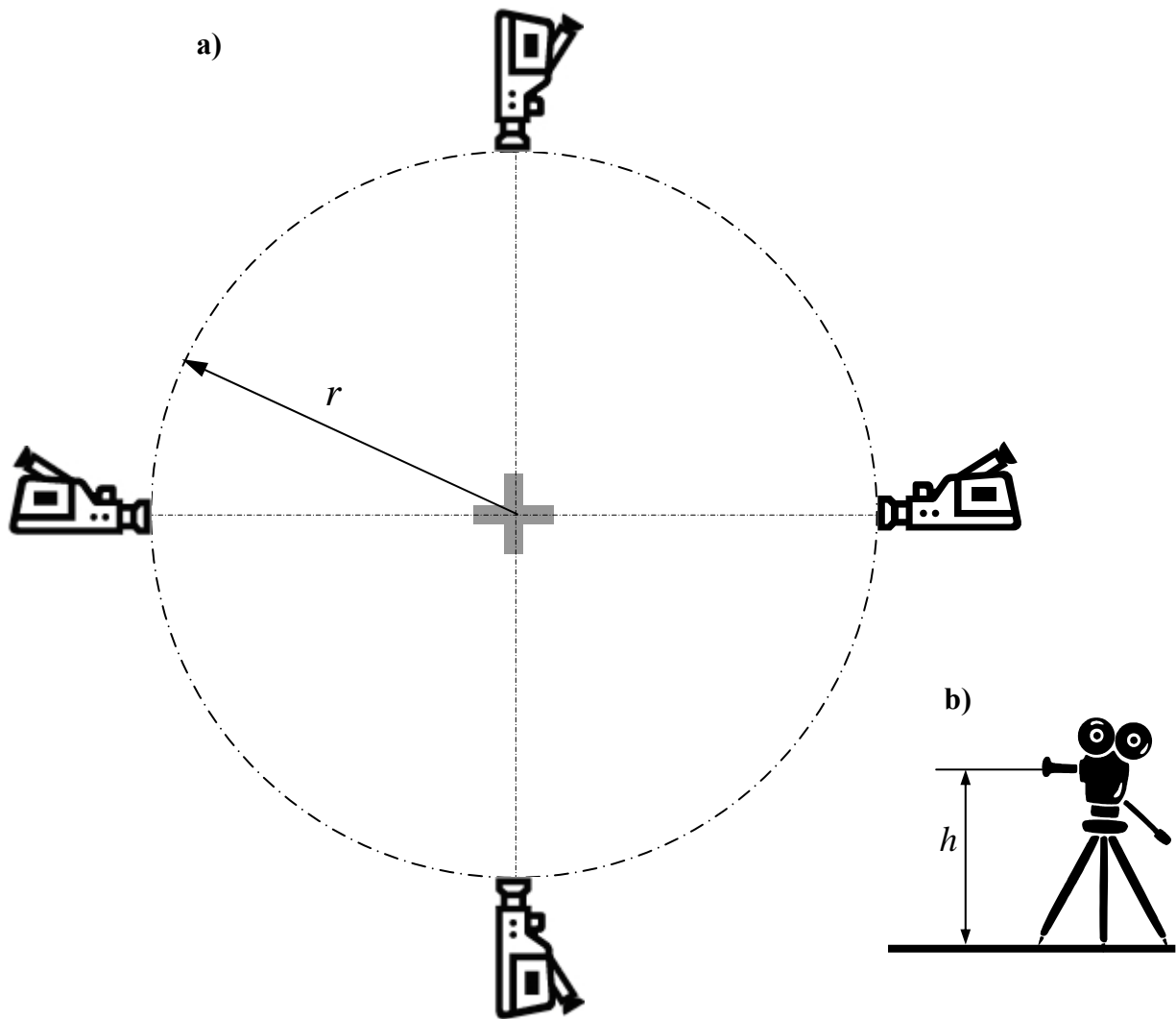


**Slika 13.** Prikaz opreme za snimanje kretnji prema postupku VatoSaba

a) kamera **JVC GR-DV 700E**

b) kamera sa stalkom

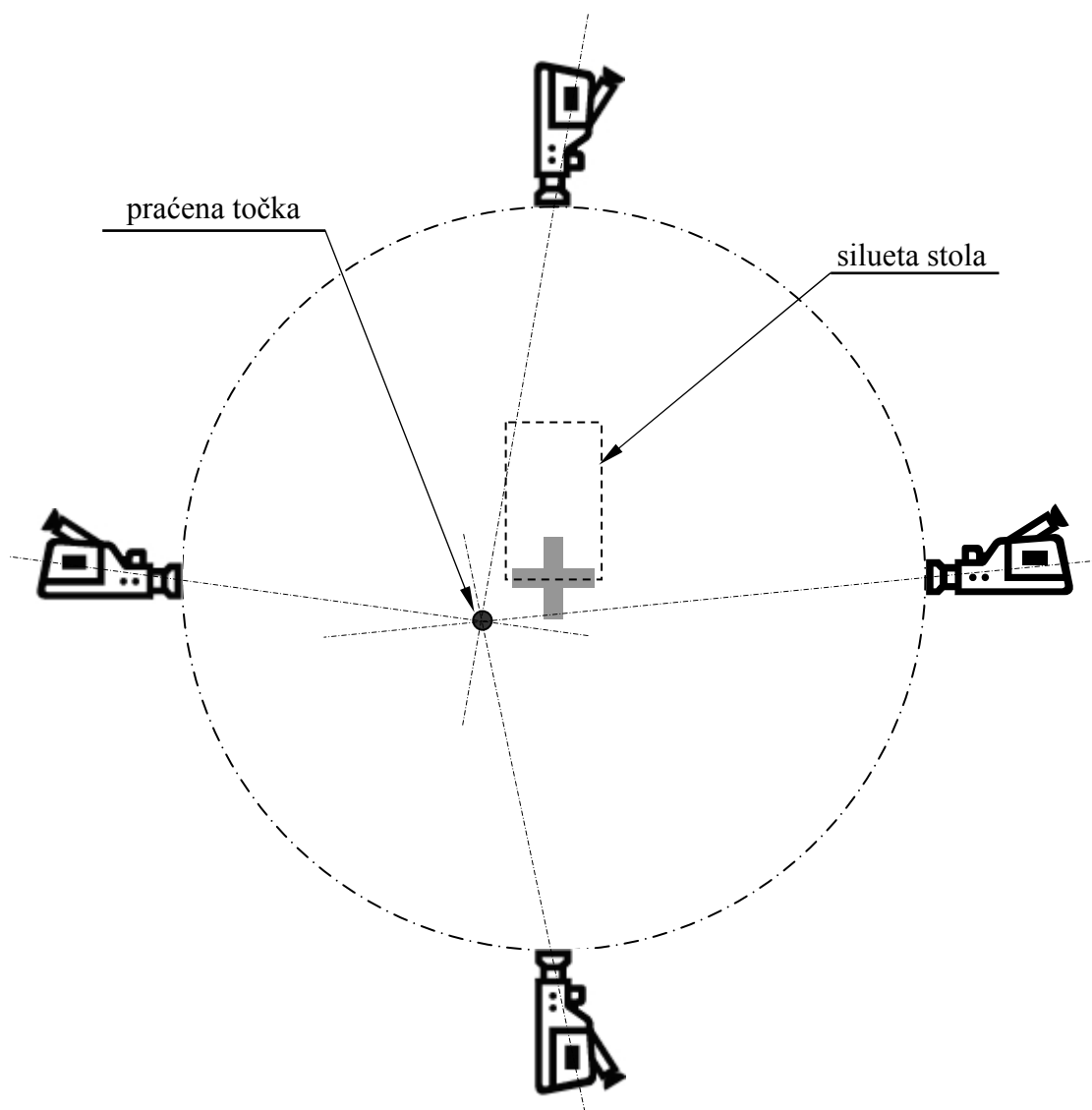
Snima se prema evropskom standardu PAL (25 fps - frames per second), odnosno 25 snimki u sekundi, koje se naknadno iz video zapisa izlučuju i prikazuju fotografijama dimenzija 720x576 pixel-a, odnosno 720 horizontalno i 576 vertikalno. Pixel je pojam za točkice koje tvore digitalnu sliku, gdje njihov veći broj predstavlja finiju raspodjelu, odnosno bistriju i oštriju sliku, odnosno fotografiju. Njihov broj ograničen je mogućnostima digitalne video kamere, odnosno digitalnog fotoaparata.



**Slika 14.** Prikaz sistema VatoSaba, odnosno postavljanja video kamera.

Slikom 14 a) prikazano je kako su kamere postavljene, gdje je centar snimanja postavljen na udaljenosti  $r = 4.5$  m od kamera, a kamere, odnosno osi snimanja na visini  $h = 1$  m, mjereno od poda, prikazano Slikom 14 b). Središte, odnosno centar je označen križićem postavljenim na podu prostorije, ispod okomite projekcije sjecišta osi kamera.

Snimanje kretnji pristupa provodi se tako da se modeli stola postavljaju u prostor kojega je moguće snimiti kamerama, odnosno jedan od krajeva stola pokriva središte snimanja, a ispitanica se od njega udaljava na korak udaljenosti. Zvučnim signalom i kretnjom provodi se sinkronizacija, važna za usklađivanje trenutka kada počinje praćenje kretnji, odnosno snimanje kretnji modela pristupa. Izlučene fotografije iz četiri različita pogleda, što omogućavaju kamere, tvore uvid u kretnje sa svih strana, odnosno sprijeda i straga, s lijeva i desna. Utvrđivanje mjerila za



**Slika 15.** Prikaz utvrđivanja koordinata točaka u radnom prostoru sistema.

rekonstrukciju koordinata točaka tijela ispitanica potrebno je provesti spram poznatih, nepromjenjivih a uočljivih dimenzija sa snimki, za što se koriste poznate i utvrđene dimenzije stolova, odnosno neke druge prikladne izmjere vidljive na snimci. Slika 15 prikazuje utvrđivanje položaja točke koja se prati, odnosno njenih koordinata, u svezi s postavljenim sustavom za snimanje. Također, vidljiva je i silueta stola koji je postavljen na središte prema slici, a ispitanica mu prilazi prema opisanim modelima kretnji pristupa, čije kretnje i položaji segmenata tijela se prate.

Na ovaj način snimljeni modeli pristupa omogućavaju da se utvrde sve kretnje koje se vrše za izvođenja pretrage, gdje se iz snimki može analizirati položaj svake točke tijela i pripadajuće veličine, prema potrebi analize. Obzirom da je broj izlučenih snimaka konačan (25 fps), na ovaj način je moguće doći i do informacije o trajanju izvođenja kretnji za svaki od modela.



### 2.5.2 Elektromiografija mišićja

Usporedo snimanju kretnji pristupa pratit ćemo elektromiografsku aktivnost mišićja (EMG) putem višekanalnog elektromiografskog sustava TELEMG (Slika 16) s namjerom utvrđivanja indeksa mišićne aktivacije. Standardno sustav TELEMG sadrži: prijenosnu jedinicu, prijemnik, jedinicu s pojačalima i filtrima. Prijenos



a)

b)

**Slika 16.** Prikaz TELEMG sustava s računalom za obradu podataka  
a) TELEMG višekanalni elektromiograf sustav  
b) Računalo za obradu podataka

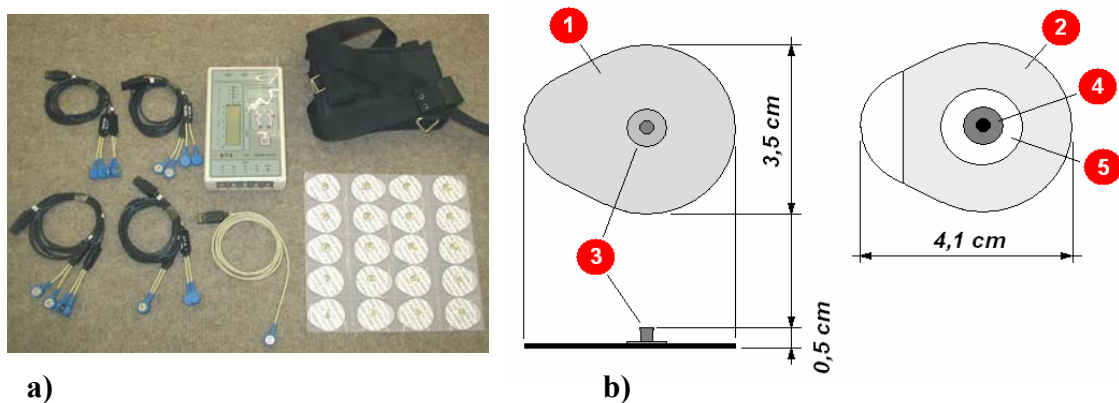
podataka između ove dvije jedinice odvija se putem optičkog kabla kojima se one spajaju. Dodatak standardnoj opremi je posebna prijemna jedinica koja omogućava lakšu komunikaciju između ove dvije jedinice putem radio valova te više slobode ispitaniku u pokretu.

Prijenosna jedinica je mikroracunalo smješteno u laganoj i maloj plastičnoj kutiji tako da ju ispitanik može jednostavno nositi o pojasu ili oko ramena. Prijenosna jedinica služi za prikupljanje signala koji dolaze putem elektroda koje su pozicionirane na koži ispitanika iznad promatrane muskulature. Funkcija ove jedinice, osim prikupljanja podataka, je analogno-digitalna pretvorba (A/D) te formatiranje podataka za prijenos do glavne jedinice. Ova jedinica je 8-kanalna, što znači da ima mogućnost prikupljanja signala osam mišića istodobno frekvencijom 1000Hz, a predviđena je za rad u laboratorijskim i terenskim uvjetima.

Glavna jedinica je računalo smješteno u aluminijskom kućištu i predviđeno za prikupljanje, dekodiranje, konvertiranje i filtriranje signala koji dolaze od

prijenosne jedinice. Jedinica se spaja s osobnim računalom. Površinske elektrode služe za detekciju mioelektrične aktivnosti (Slika 17). Na žicama koje spajaju elektrode i prijenosnu jedinicu nalaze se predpojačala koja imaju funkciju smanjenja artefakata koji nastaju prilikom pokreta. Površinske elektrode su samoljepive te imaju u sebi pripremljenu provodljivu pastu. Elektrode imaju određen vijek trajanja.

Pozicioniranje elektroda na tijelo ispitanika određuje se uz pomoć SENIAM protokola iz 1999. godine. SENIAM protokol (Surface EMG for Non-Invasive Assessment of Muscles) predstavlja preporuku Europske komisije.



**Slika 17.** Prikaz EMG elektroda i prijenosne jedinice:  
a) TELEMG višekanalni elektromiograf sustav, prijenosna jedinica  
b) Dimenzije elektroda

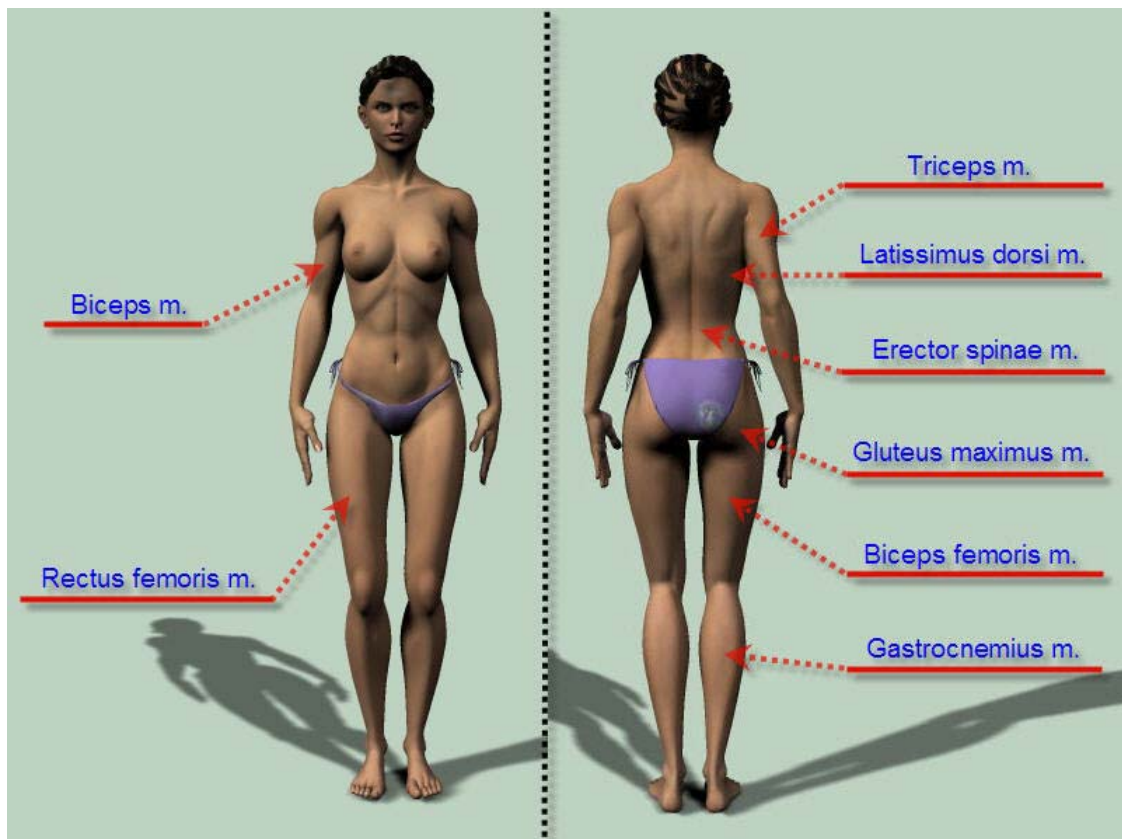
Obzirom na ovu preporuku ali i mogućnost da se prati samo 8 mišića istodobno, prisiljeni smo reducirati izbor mišića za praćenje. Ovdje govorimo o mišićima kao pojednostavljenju, iako se radi o skupinama mišića, u anatomiji dobro poznatima. Kao primjer može se uzeti mišić erector spinae, koji je sačinjen od mnoštva malih i teško razdvojivih snopova mišićnih vlakana, a nazivamo ga zajedničkim imenom, odnosno m. erector spinae. U svrhu praćenja putem površinske elektromiografije, a imajući u vidu ovu činjenicu, uveden je protokol SENIAM upravo radi toga da se utvrdi točno određen način postavljanja elektroda, i za praćene skupine mišića mjesto postavljanja istih. Na ovaj način se praćenje signala EMG skupina mišića provodi uvijek na isti način, te je jednoznačno određeno o kojim signalima je riječ.

## II Analiza pristupa mjernom ultrazvučnom sustavu

Promišljanjem o svim kretanjama koje će biti razmatrane dolazimo do izbora praćenog mišićja, i to desne strane ispitanice te za sve modele kretnji pristupa:

- m. Biceps
- m. Triceps
- m. Latissimus dorsi
- m. Erector spinae
- m. Gluteus maximus
- m. Rectus femoris
- m. Biceps femoris
- m. Gastrocnemius.

Slikom 18 prikazana su mjesta na tijelu ispitanice gdje se postavljaju elektrode, odnosno prikazane su skupine mišića čije EMG signale namjeravamo pratiti.

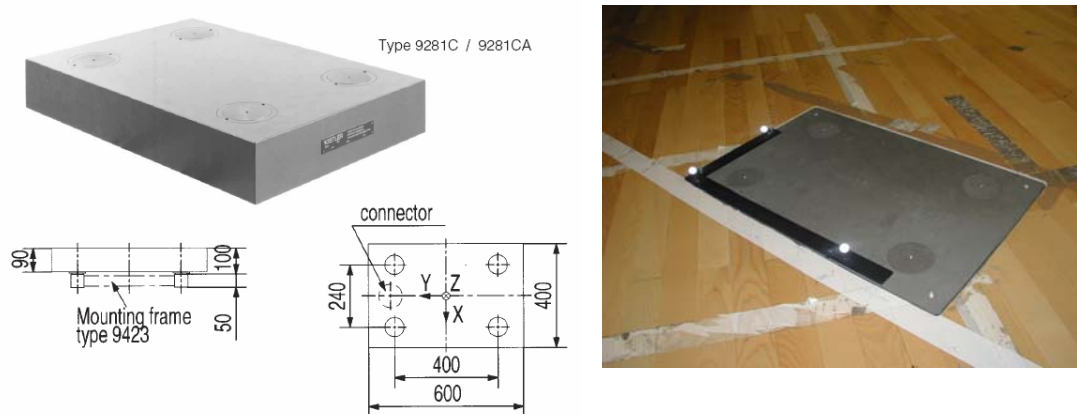


**Slika 18.** Izbor mišića desne strane tijela čiju EMG pratimo.

### 2.5.3 Mjerenje sila reakcije podloge

Platformu za mjerenje sila reakcije podloge (Slika 19) švicarskog proizvođača Kistler koristimo za registraciju kinetičkih veličina. Platforma Kistler 9281C/CA je veličine 400 x 600 mm, a predviđena je za primjenu u biomehanici. Frekvencija uzorkovanja je 1000 Hz. Prilikom kontakta stopalom ispitanika i platforme na platformi se registrira trodimenzionalna (3D) sila. Kao što ispitanik preko stopala primjenjuje određenu silu prema platformi tako i platforma djeluje silom reakcije podloge (GRF) prema stopalu. Ta sila je potpuno jednake amplitude ali suprotnog smjera. Ova sila može se rastaviti u tri vektora koji su orijentirani u vertikalnom, bočnom i uzdužnom smjeru, kao reakcije podloge, u tri smjera:

- vertikalna komponentu  $F_Z$ , mjerljiva u rasponu od -10 do 20 kN ( $\pm 1\%$ )
- bočnu komponentu  $F_X$ , mjerljiva u rasponu od -10 do 10 kN ( $\pm 1\%$ )
- uzdužnu komponentu  $F_Y$ , mjerljiva u rasponu od -10 do 10 kN ( $\pm 1\%$ ).



**Slika 19.** Platforma KISTLER 9821 za mjerenje sila reakcije podloge.

Mjerenjem sila reakcije podloge namjeravamo prikupiti podatke koji se odnose na trenutke u vršenju kretnji pristupa gdje se očekuju najznačajnija odstupanja od gotovo izokinetičkih kretnji, odnosno u trenucima kada se očekuju značajne oscilacije vertikalne komponente reakcije podloge, koja je i razlog primjene ovog postupka. Platforma je postavljena na mjestu gdje se očekuje da će ispitanica stati da bi se popela na stol, naslonila na njega odnosno nagela nad njega, a zanima nas vertikalna komponenta reakcije podloge u toj fazi, kao i istovjetnoj u odstupanju od stola.

## **2.6 Rezultati mjernog postupka**

### **2.6.1 Rezultati snimke modela kretnji pristupa**

Snimanje modela kretnji vršeno je po tri puta za svaki model, iz čega se odabire jedan od triju video zapisa koji predstavlja najbolje izvršenje kretnji, ponajprije prema kriteriju prirodnosti vršenja pristupa. Za odabrane video zapise iz kojih su potom primjenom računalnog programa Adobe Premiere izlučene snimke (kojih je 25 u sekundi, 25 sps) dobiveni su slijedeći rezultati, prikazani Tablicom 2:

<b>Model pristupa</b>	<b>Broj kamera</b>	<b>Broj snimki</b>	<b>Ukupno snimki</b>	<b>Trajanje zapisa</b>
1	4	295	4x295=1180	11,8 s
2	4	140	4x140=560	5,6 s
3	4	215	4x215=860	8,6 s

**Tablica 2.** Prikaz rezultata – podataka video zapisa modela kretnji pristupa.

Na temelju snimki iz video zapisa moguće je pratiti promjene stava i položaja tijela ispitanica s vremenskim intervalom promjene od 0,04 sekunde (1 sekunda : 25 sps= 0,04 s). Snimke ćemo u prvom redu upotrijebiti za utvrđivanje promjena slabinskog momenta, ali i za utvrđivanje trajanja faza pristupa razmatranih modela. Ovdje je jednostavnom računicom lako doći do ukupnog trajanja vršenja kretnji pristupa, što se može iščitati iz tablice rezultata mjerenja, ali ono predstavlja ukupno trajanje, a ne iskazuje trajanje faza u vršenju kretnji. Utvrđena trajanja kretnji koje ispitanica vrši kao kretnje pristupa, utvrđene su kao:

Model 1:        8,8 s

Model 2:        3,8 s

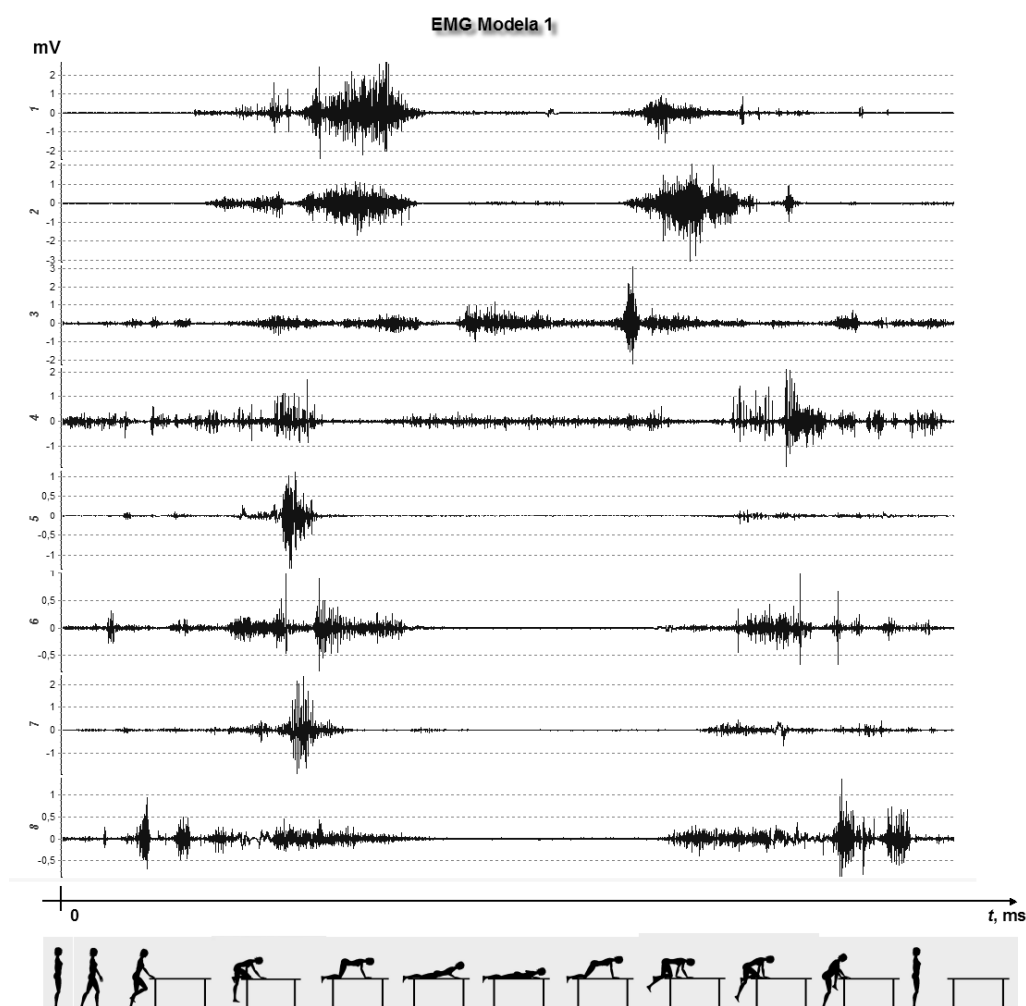
Model 3:        6,4 s

Osim toga, ove snimke odnosno video zapis može biti korišten i u neku drugu svrhu, ukoliko se pokaže potrebnim za ovo istraživanje. Obzirom na izrazito veliki broj snimki, one se ne prikazuju, a načelno ih prikazuju sljedovi slika odabranih modela (stranice 38, 41, 43).

## 2.6.2 Rezultati mjerenja EMG aktivnosti mišića

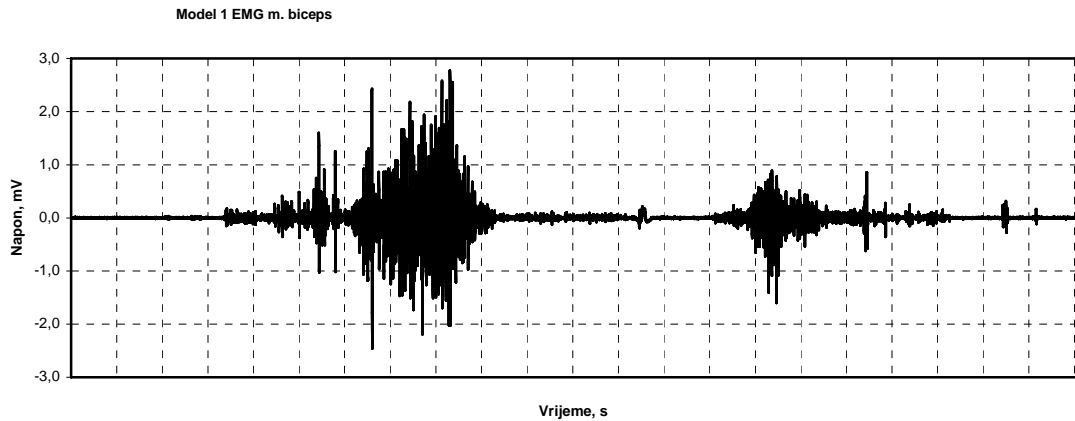
Opisanim postupkom utvrđivanja elektromiografske aktivnosti (EMG) odabranih mišića, u ovom slučaju njih 8 desne strane tijela ispitanice, najlakše se prikazuje neobrađenim signalima koji prikazuju električnu aktivnost mišića. Iz takvih rezultata nije moguće uočiti nama potrebne podatke o indeksu aktivacije mišića, već se oni trebaju obrađivati. O tome će biti riječi kasnije, a sada ćemo za svaki od modela prikazati dijagrame promjene EMG signala u ovisnosti o vremenu, i to prvo svih zajedno usporedno uz prikaz pripadnih fazi kretnji, a zatim radi nešto lakšeg uočavanja razlike intenziteta signala, pojedinačno redom.

### MODEL 1

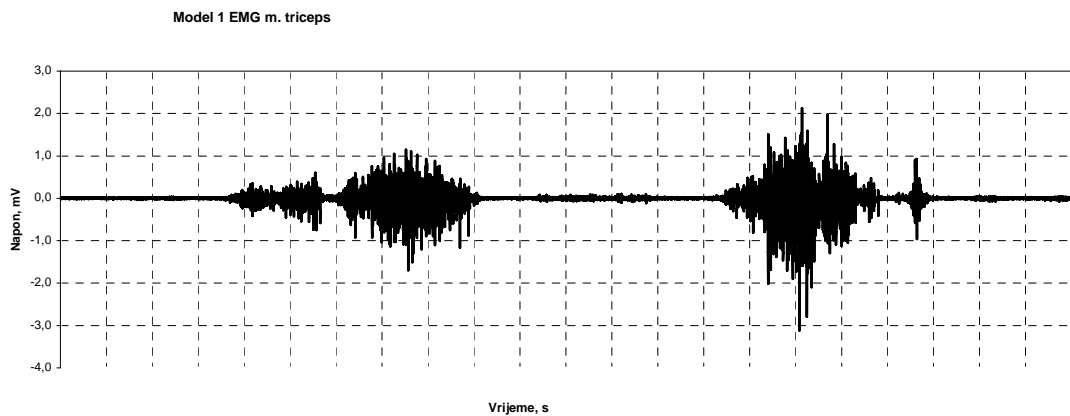


Slika 20. Zajednički prikaz svih 8 EMG signala uz ovisnost o kretnjama Modela 1.

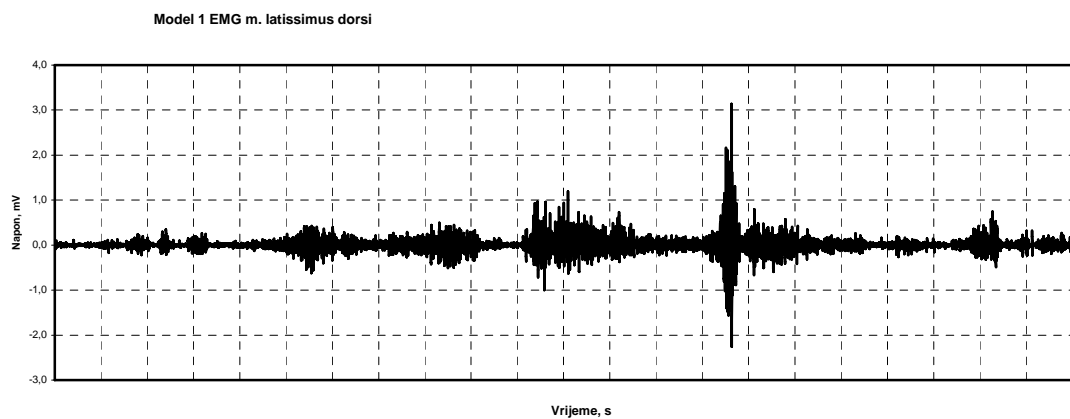
Sada slijede i pojedinačni dijagrami, svakoga kanala zasebno.



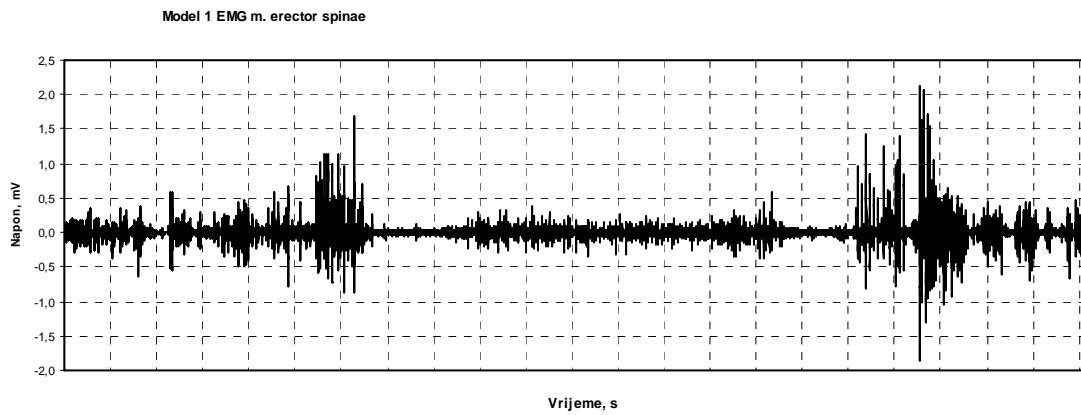
Slika 21. Prikaz EMG m. biceps Modela 1.



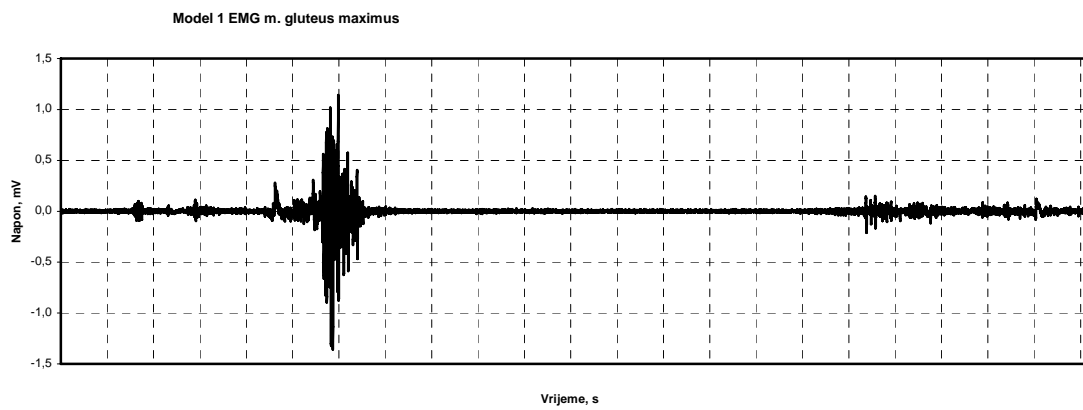
Slika 22. Prikaz EMG m. triceps Modela 1.



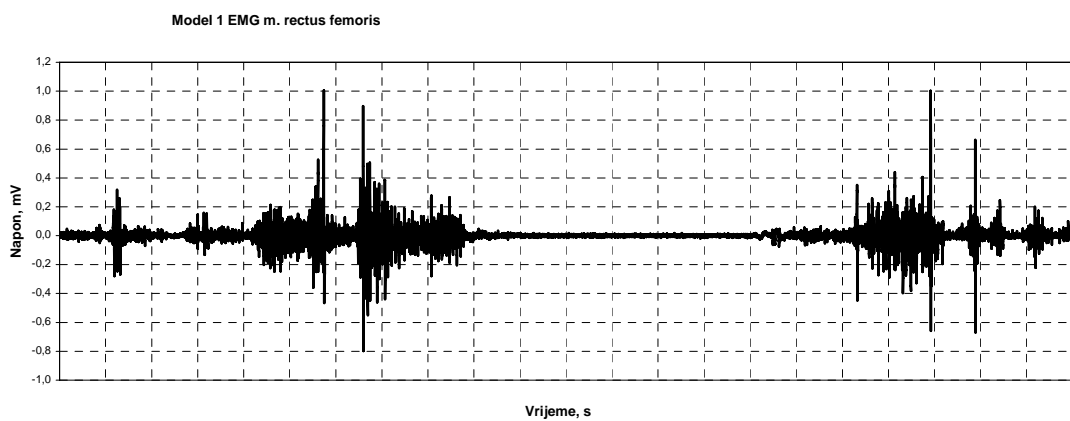
Slika 23. Prikaz EMG m. latissimus dorsi Modela 1.



Slika 24. Prikaz EMG m. erector spinae Modela 1.

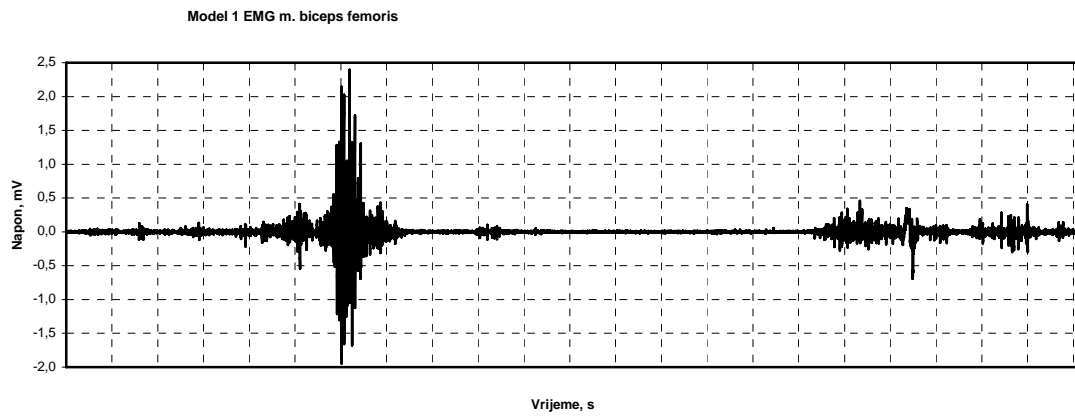


Slika 25. Prikaz EMG m. gluteus maximus Modela 1.

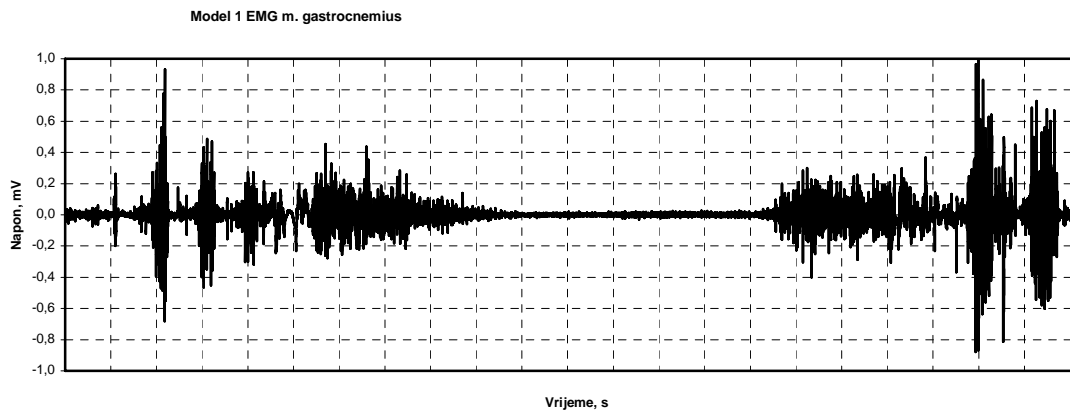


Slika 26. Prikaz EMG m. rectus femoris Modela 1.



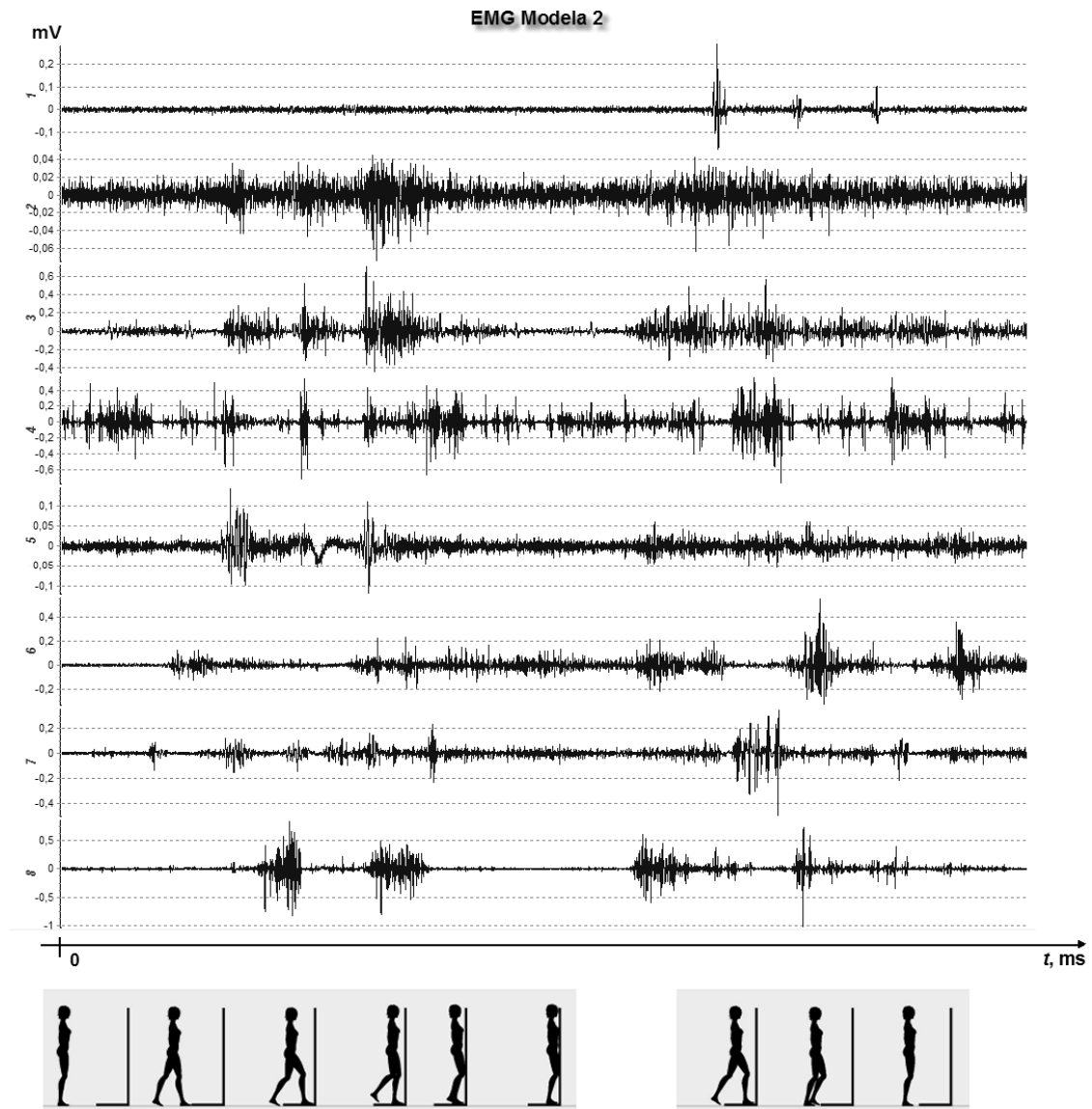


Slika 27. Prikaz EMG m. biceps femoris Modela 1.



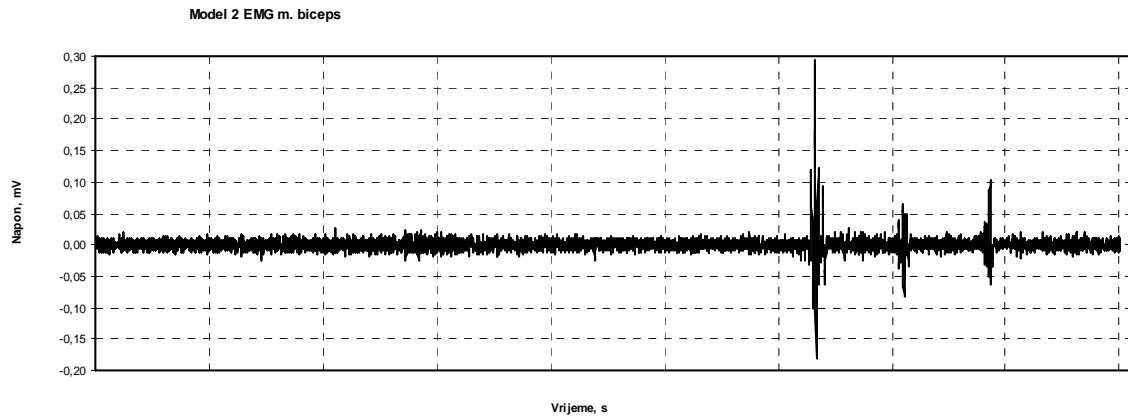
Slika 28. Prikaz EMG m. gastrocnemius Modela 1.

MODEL 2

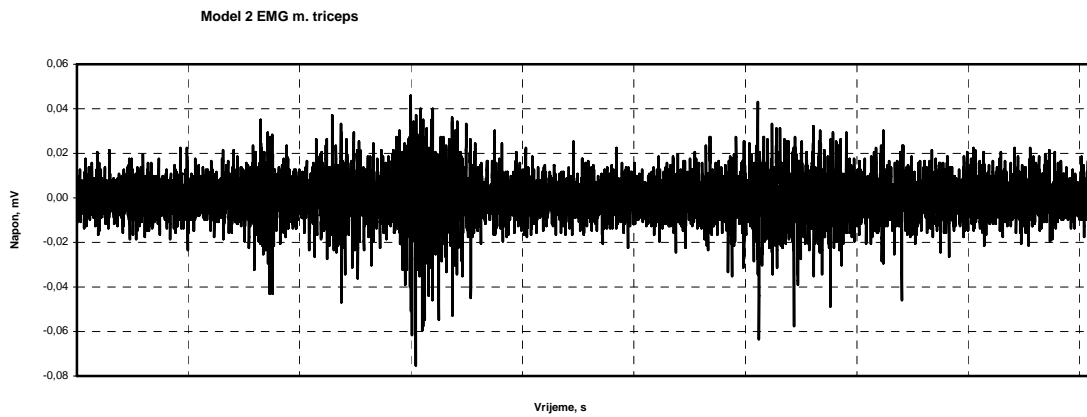


Slika 29. Zajednički prikaz svih 8 EMG signala uz ovisnost o kretnjama Modela 2.

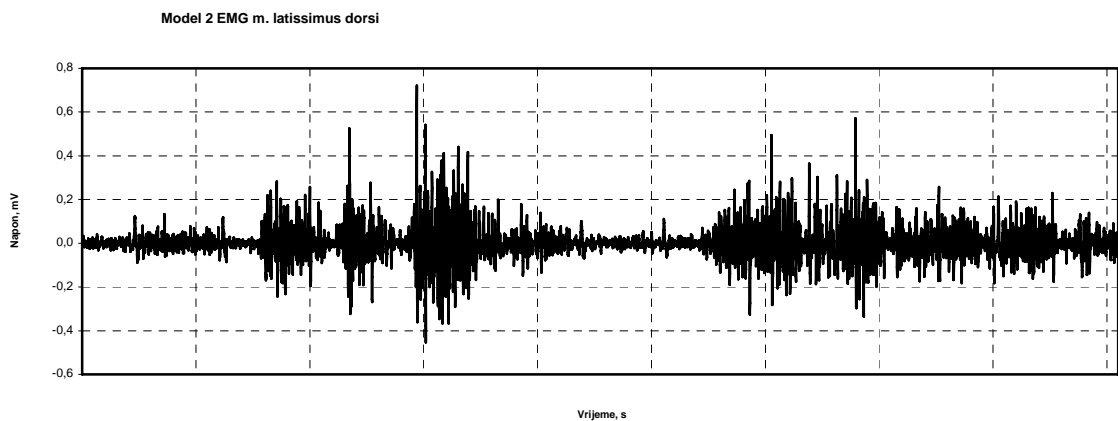
Sada slijede i pojedinačni dijagrami, svakoga kanala zasebno.



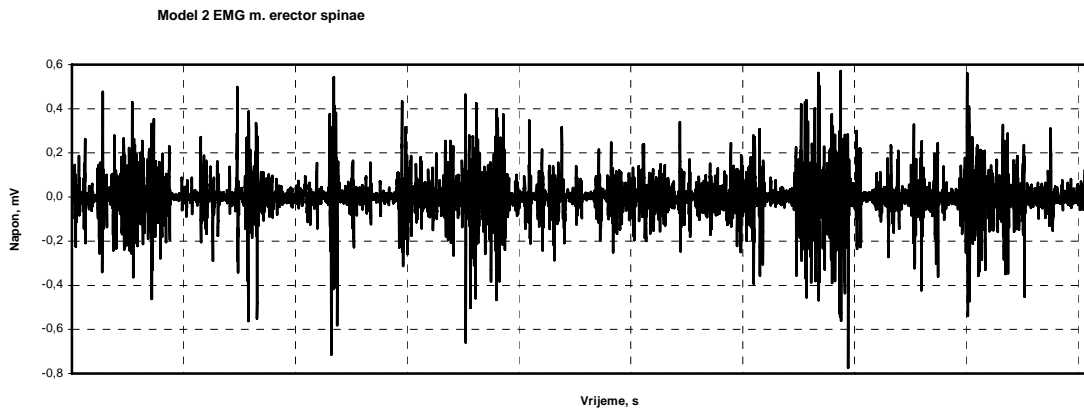
Slika 30. Prikaz EMG m. biceps Modela 2.



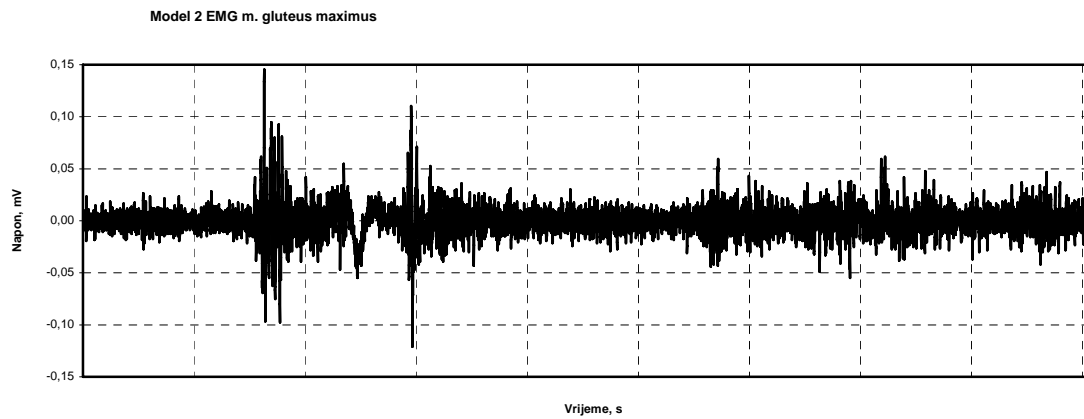
Slika 31. Prikaz EMG m. triceps Modela 2.



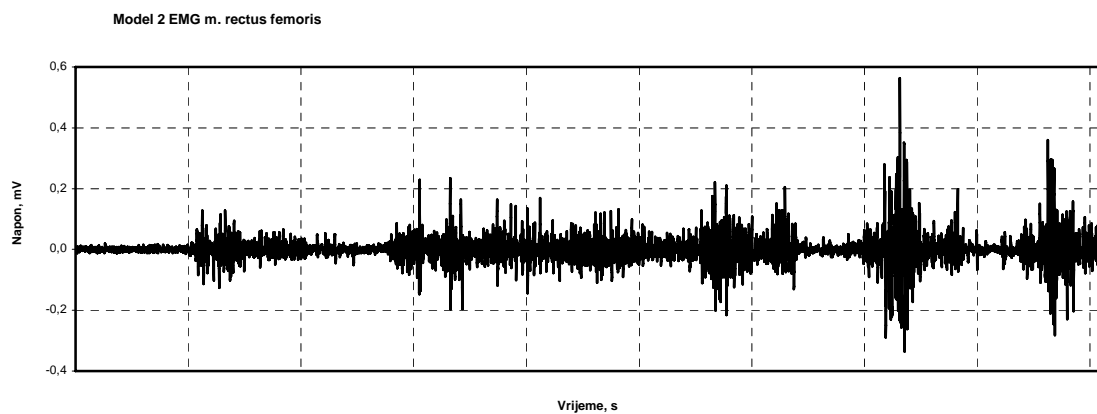
Slika 32. Prikaz EMG m. latissimus dorsi Modela 2.



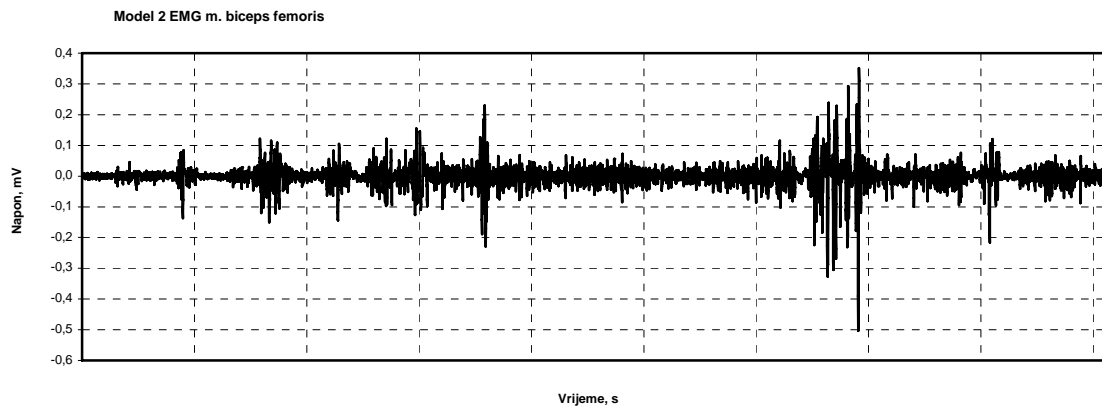
Slika 33. Prikaz EMG m. erector spinae Modela 2.



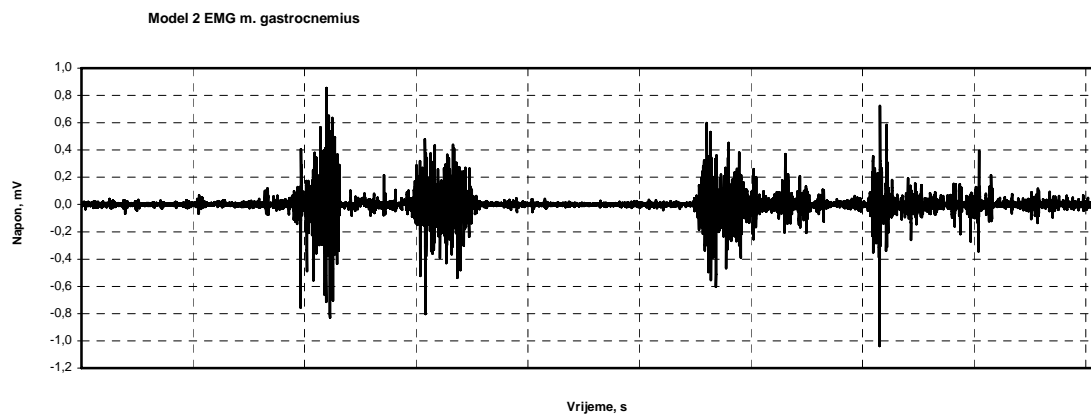
Slika 34. Prikaz EMG m. gluteus maximus Modela 2.



Slika 35. Prikaz EMG m. rectus femoris Modela 2.

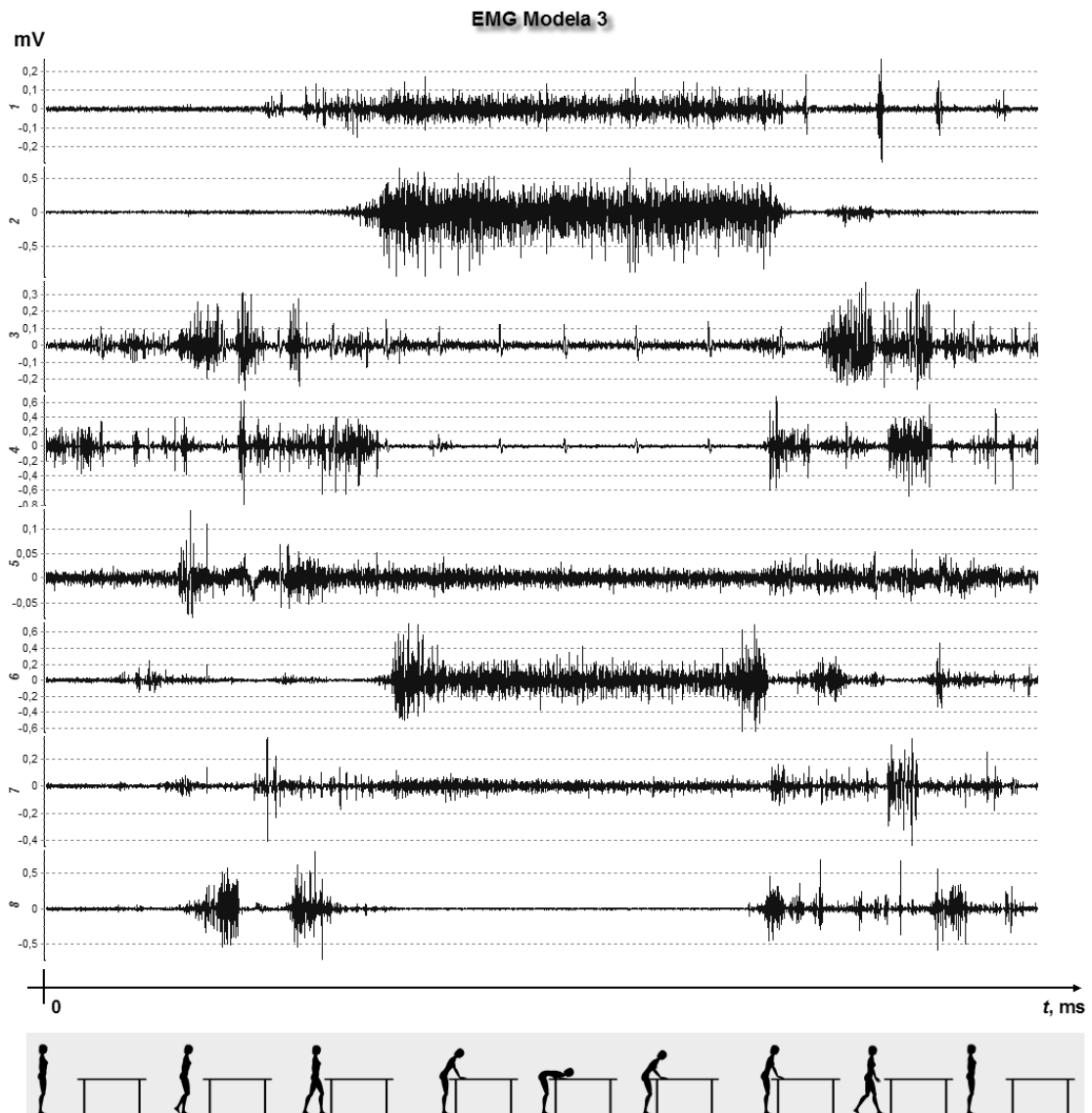


Slika 36. Prikaz EMG m. biceps femoris Modela 2.



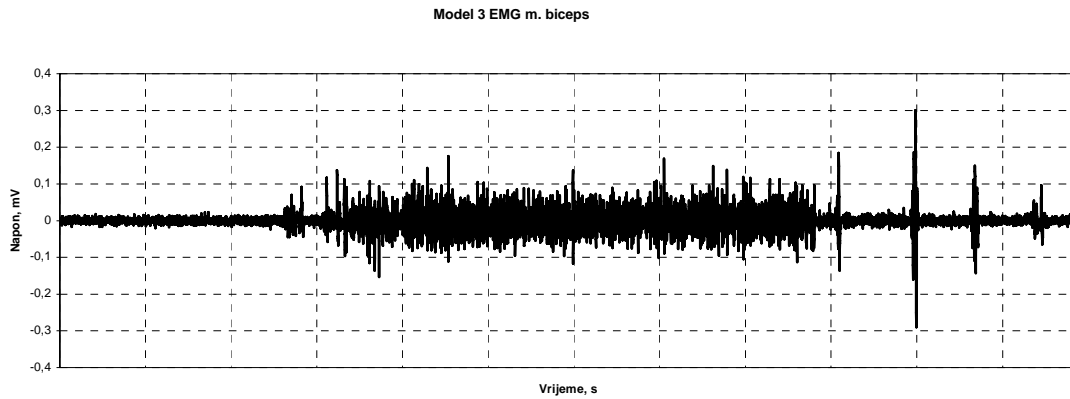
Slika 37. Prikaz EMG m. gastrocnemius Modela 2.

MODEL 3

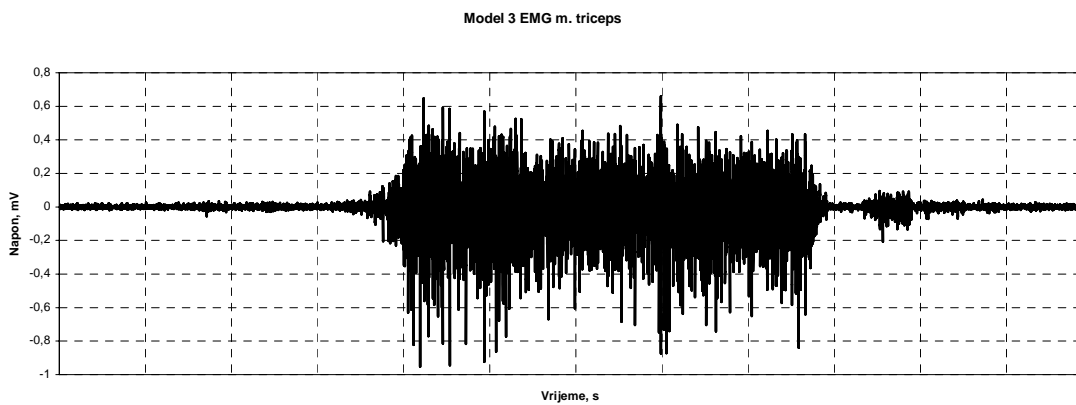


Slika 38. Zajednički prikaz svih 8 EMG signala uz ovisnost o kretanjama Modela 3.

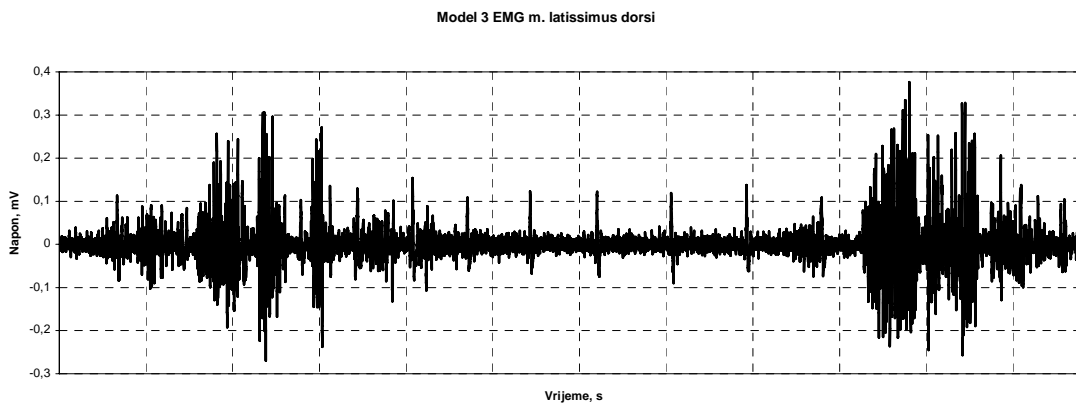
Sada slijede i pojedinačni dijagrami, svakoga kanala zasebno.



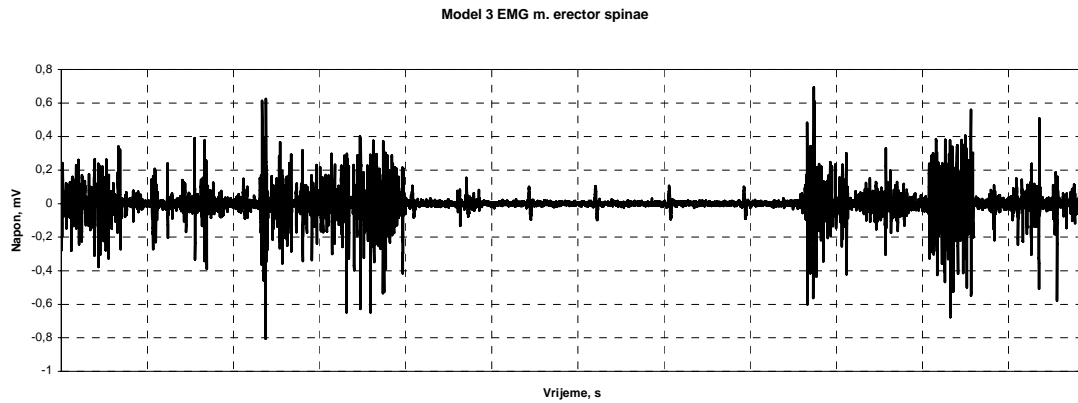
Slika 39. Prikaz EMG m. biceps Modela 3.



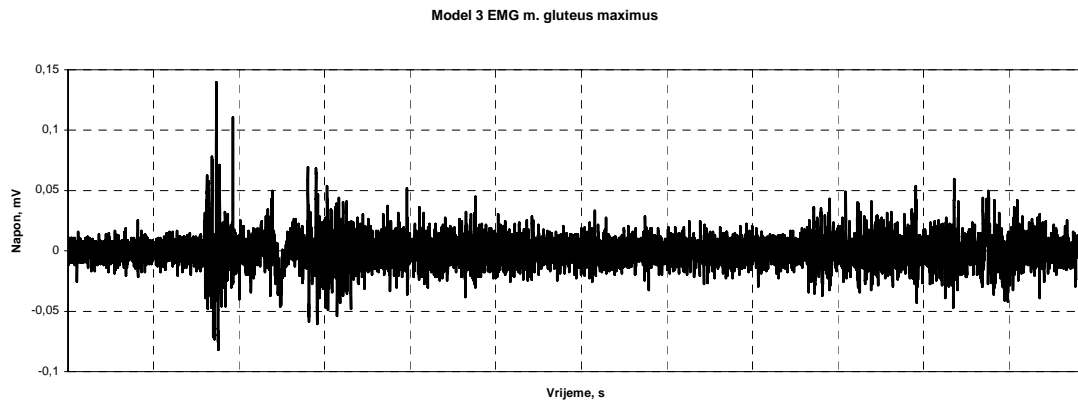
Slika 40. Prikaz EMG m. triceps Modela 3.



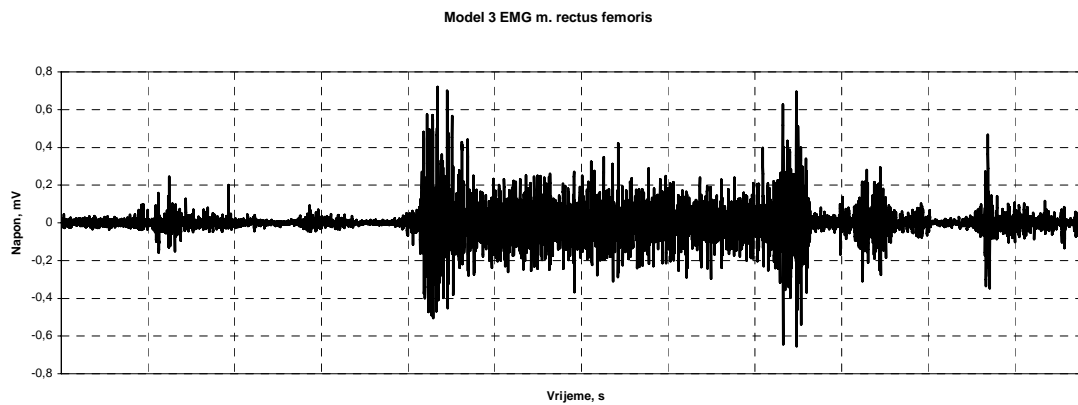
Slika 41. Prikaz EMG m. latissimus dorsi Modela 3.



Slika 42. Prikaz EMG m. erector spinae Modela 3.

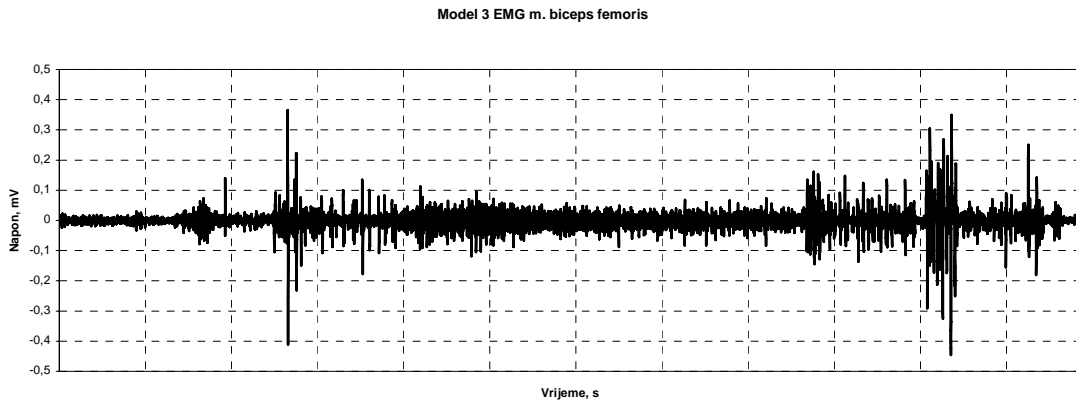


Slika 43. Prikaz EMG m. gluteus maximus Modela 3.

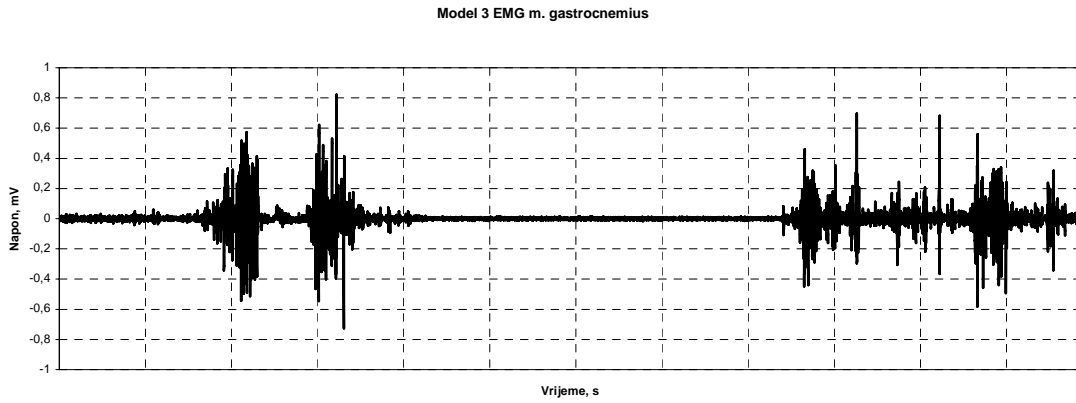


Slika 44. Prikaz EMG m. rectus femoris Modela 3.





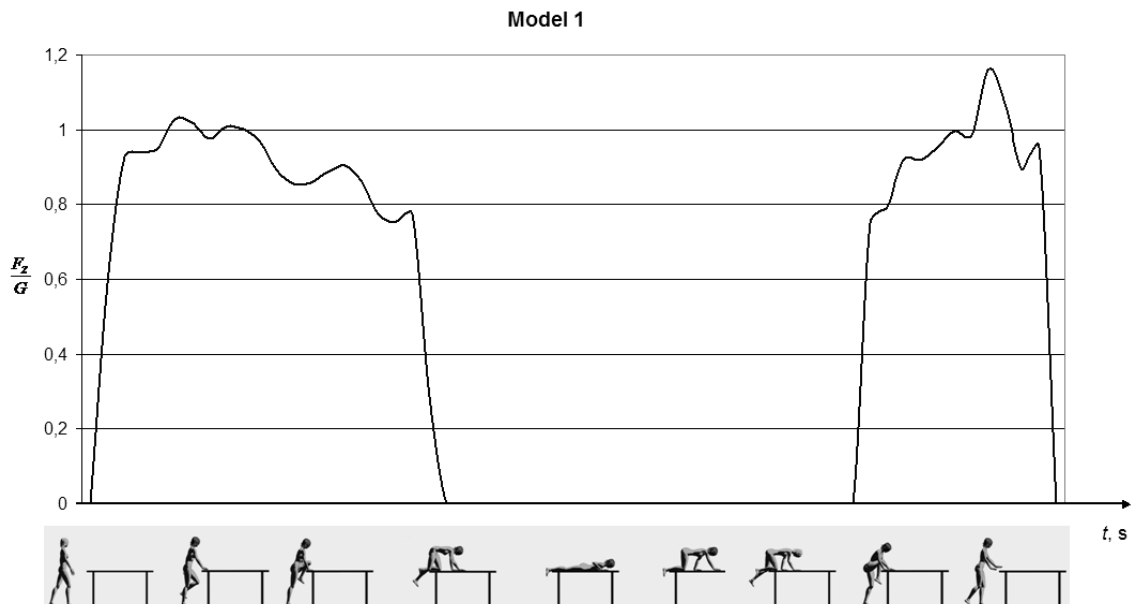
Slika 45. Prikaz EMG m. biceps femoris Modela 3.



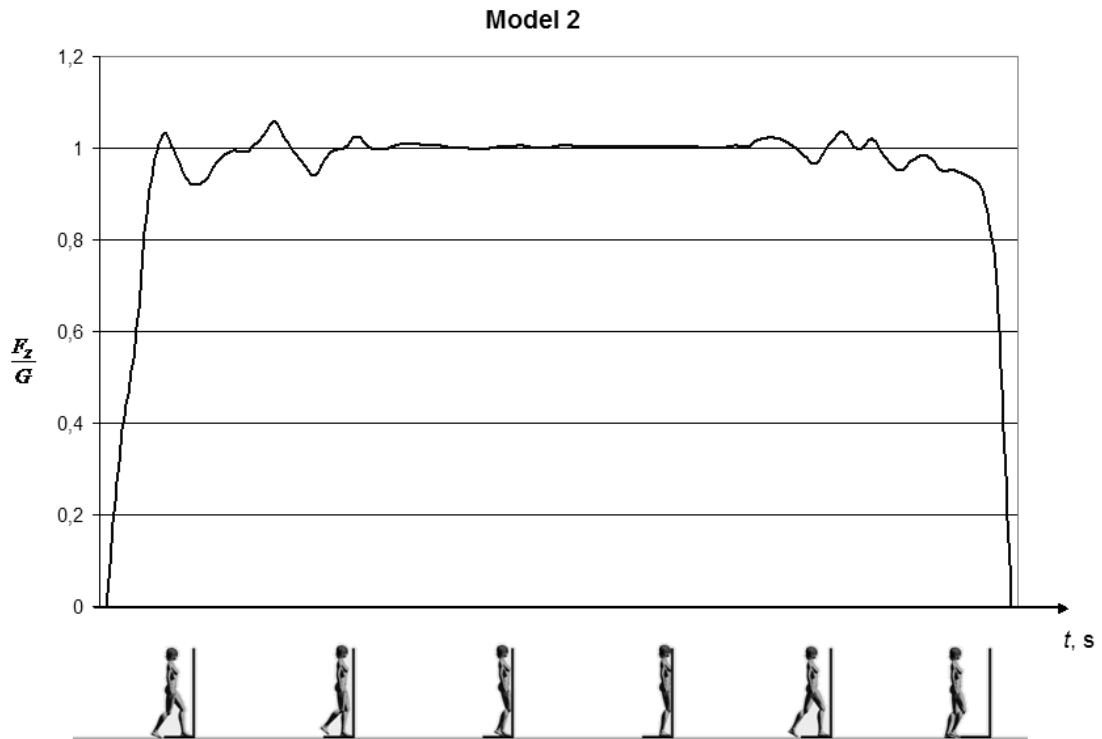
Slika 46. Prikaz EMG m. gastrocnemius Modela 3.

### 2.6.3 Rezultati utvrđivanja vertikalne reakcije podloge

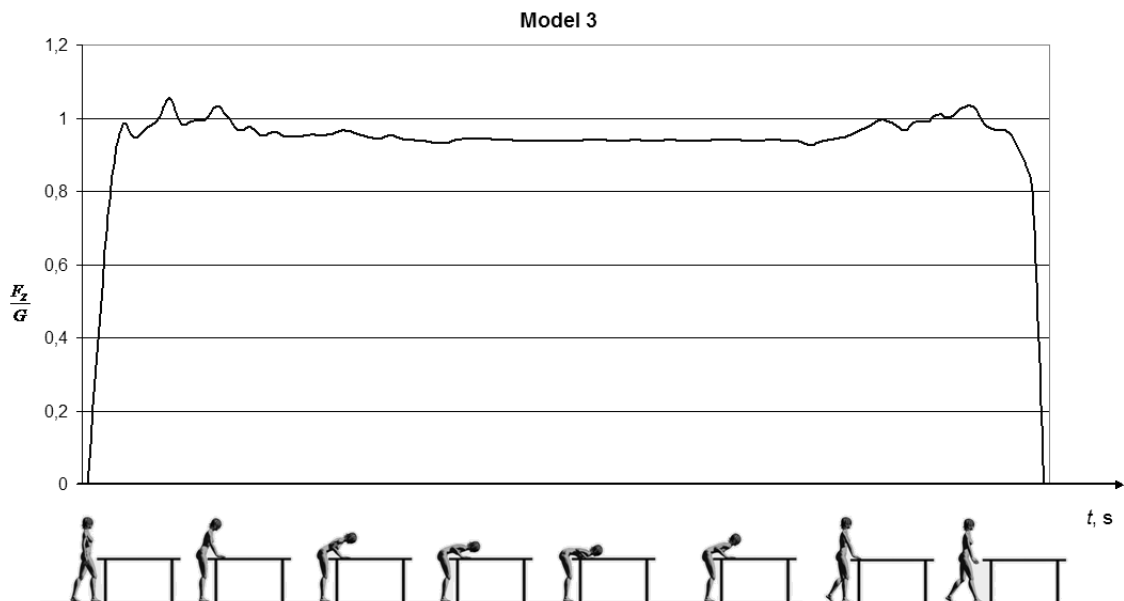
Platforma za utvrđivanje vertikalne reakcije sila izmjerene veličine pretvara u nama korisnom obliku primjenom BioWare računalnog programa, koji se prikazuju putem veličina komponenti vektora reaktivne sile. Obzirom da je za svaki od razmatranih modela riječ o drugačijem opisu kretnji, tako se i prikupljeni podaci razlikuju. Nepogodnost pri utvrđivanju ovih veličina opisana je konačnim dimenzijama platforme, što znači da podatke ne možemo prikupljati za trajanja čitavog pristupa, već samo na određenom mjestu. To mjesto je određeno kao mjesto gdje se očekuju najznačajnija odstupanja od vrijednosti težine ispitanice, a rezultati će biti prikazani putem relativnog omjera utvrđene vertikalne komponente reaktivne sile podloge spram težine ispitanice. Razlog leži u činjenici da bi se na ovaj način rezultati utvrđeni za jednu ispitanicu uz mala odstupanja mogla očekivati u kvantitativnom smislu za sve, naravno pod uvjetom istovjetnih kretnji. Ovim rezultatima namjeravamo olakšati proces utvrđivanja reaktivnih sila podloge za trajanja vršenja kretnji pristupa, a s namjerom utvrđivanja slabinskih momenata u ovisnosti o fazi pristupa. I prikazimo još utvrđene rezultate ovih mjerenja.



**Slika 47.** Prikaz relativne vertikalne reakcije podloge Modela 1.



Slika 48. Prikaz relativne vertikalne reakcije podloge Modela 2.



Slika 49. Prikaz relativne vertikalne reakcije podloge Modela 3.

### 2.7 Obrada rezultata mjerenja

Rezultati mjerenja u određenoj mjeri sadrže podatke do kojih nismo u prilici doći izravnim putem, već je potrebno izvršiti obradu istih. U tom smislu, krenimo redom, odnosno u nastavku ćemo za svaku od veličina koje nastojimo izlučiti iz izmjerenih vrijednosti prvo ukratko opisati postupak njihovog utvrđivanja, a potom i prikazati rezultate obrade. Riječ je o obradi mjerenjima utvrđenih podataka, što se odnosi na:

- Indeks mišićne aktivacije iz obrade EMG signala;
- Slabinski moment iz obrade snimki kretnji i izmjerenih reakcija podloge.

#### 2.7.1 Utvrđivanje indeksa mišićne aktivacije

Prikazane, utvrđene signale EMG mišića treba obraditi, ponajprije jer nas zanima vrijednost pripadnog indeksa aktivacije praćenih mišića za svaki od modela. Obradu ovih signala vršimo primjenom računalnog programa MyoLAB 1.0, koji pripada sustavu TELEMG o kojemu smo već ponešto rekli. Obzirom da je riječ o 8 paralelno praćenih skupina mišića za sve modele pristupa, indeksi će se utvrđivati za skupine redom, te se istovrsni uspoređivati. Za razmatrani model, skup indeksa aktivacije predstavlja ukupni indeks aktivacije za razmatrane mišiće. Obzirom na to da ovaj podatak obuhvaća čitavu ocjenu za razmatrani model, uzet ćemo je kao veličinu za usporedbu među modelima pristupa.

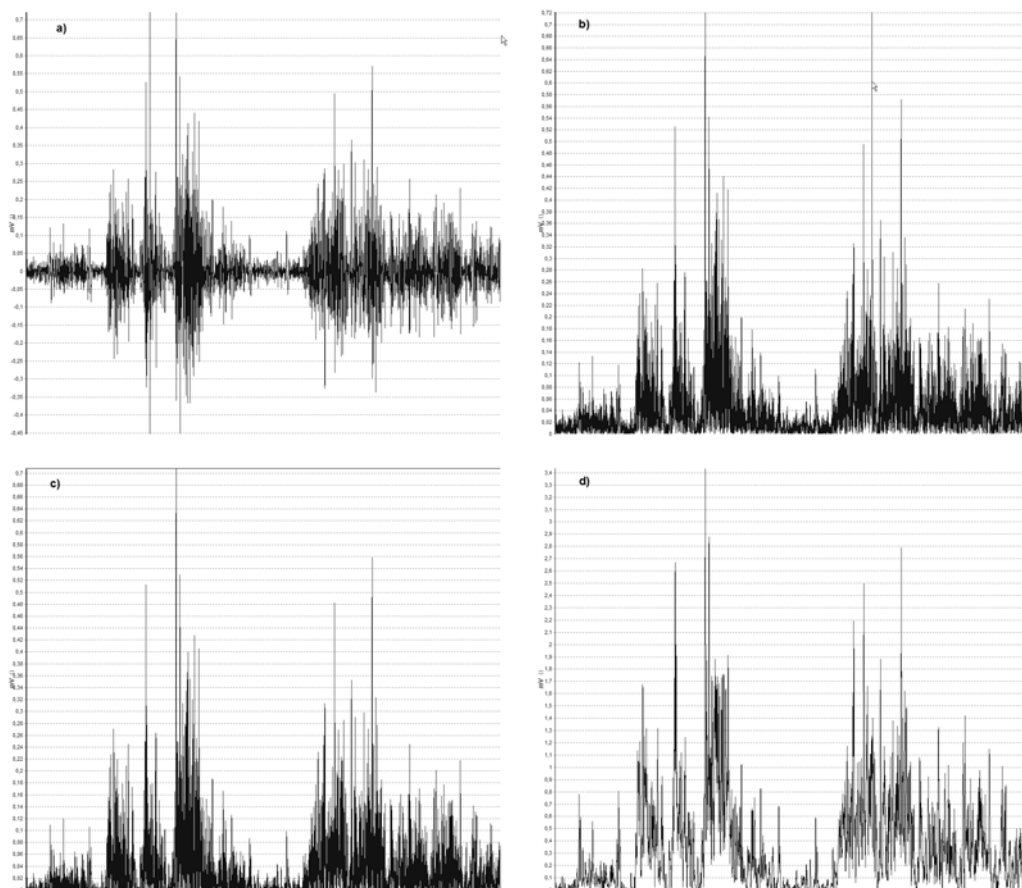
Postupak obrade podrazumijeva nekoliko koraka, koje u velikoj mjeri olakšava primjena navedenog programa, koje u nastavku opisujemo.

Kao prvi korak izvorni signal treba rektificirati, što podrazumijeva da se čitav prikaže kao pozitivan signal. Slikom 50a prikazuje se izvorni signal, koji se treba obraditi, a Slikom 50b prikazan je izgled rektificiranog signala.

Nakon toga se iz rektificiranog signala odstranjuje šum, koji se predočava nekom trajno prisutnom razinom mišićne aktivacije, što se vidi na Slici 50c. I kao posljednji korak prije utvrđivanja indeksa aktivacije mišićja provodi se integracija signala, koja se prikazuje Slikom 50d. Površina ispod ovako prikazanog signala

## II Analiza pristupa mjernom ultrazvučnom sustavu

predstavlja indeks mišićne aktivacije za EMG signal promatranog mišića, a izražava se kao  $I_A$ , mVms odnosno mVs. Obzirom da se promjena EMG prati u vremenu odnosno za trajanja kretnji, te da se električni signal mišićne aktivnosti izražava kao promjena električnog potencijala odnosno napona, mjerna jedinica proizlazi iz umnoška napona i vremena. Ovaj podatak izračunava računalni program, što značajno ubrzava postupak utvrđivanja ove značajke.



Slika 50. Prikaz koraka obrade EMG signala.

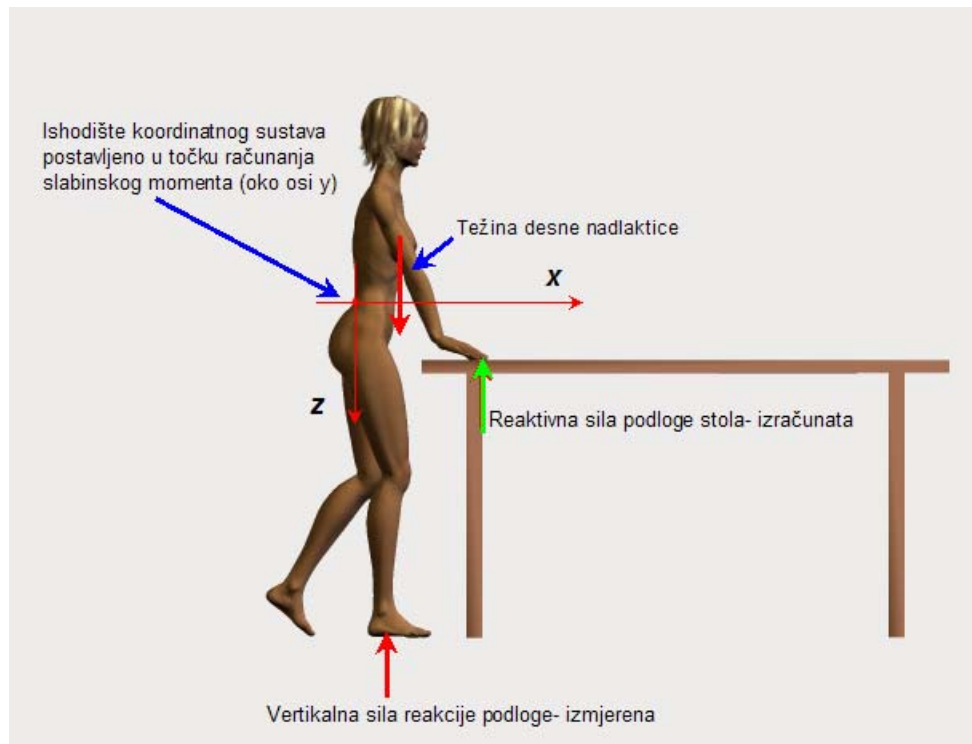
U nastavku ćemo prikazati rezultate obrađenih signala koji znače izračunavanje traženih indeksa za svaki od modela, što prikazujemo Tablicom 3. Veličina  $I_A$ , mVms predstavlja indeks aktivacije mišićja za kretanje pristupa koje se razmatraju.

	<b>Model 1</b>	<b>Model 2</b>	<b>Model 3</b>
<b>Mišić :</b>	<b>Indeks aktivacije mišićja <math>I_A</math>, mVms</b>		
Biceps	19,16825	0,55005	1,49813
Triceps	17,75357	0,64096	6,78183
Latissimus dorsi	18,18515	4,12792	2,58151
Erector spinae	14,99762	4,74992	3,92159
Gluteus maximus	4,72009	0,86095	0,87243
Rectus femoris	5,73488	2,19475	4,60176
Biceps femoris	7,07523	1,74672	1,73453
Gastrocnemius	7,95649	3,22139	2,65974
<b>Ukupno</b>	<b>95,59128</b>	<b>18,09266</b>	<b>24,65152</b>

**Tablica 3.** Utvrđene vrijednosti indeksa mišićne aktivacije.

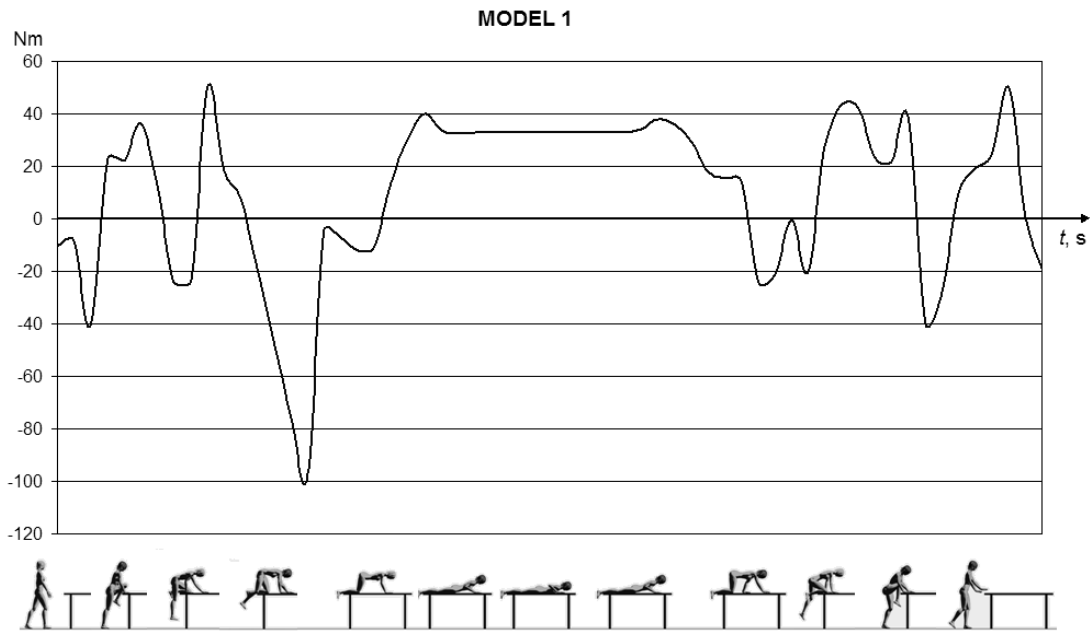
### 2.7.2 Utvrđivanje slabinskog momenta

Kao još jedna od značajki čiju promjenu želimo utvrditi, ovu značajku smo prisiljeni računati iz izmjerenih vrijednosti vertikalne reakcije podloge i snimke kretnji pristupa, za svaki trenutak o kojemu imamo podatke položaja dijelova tijela, obzirom da nisu dostupni drugačije utvrđeni podaci, u smislu primjene ELITE sustava za praćenje gibanja tijela čovjeka. Osim toga, podaci o sili reakcije podloge, odnosno njene vertikalne komponente dostupni su samo u dodiru s platformom sila, dok se za ostale trenutke ove podatke također treba izračunavati. Ukratko ćemo opisati postupak računanja ove veličine, a potom i priložiti rezultate u obliku dijagrama promjena slabinskog momenta.



**Slika 51.** Prikaz postavljanja koordinatnog sustava i računanja slabinskog momenta.

Iz Slike 51. je lako uočiti postavljeni koordinatni sustav prema kojemu računamo slabinski moment. Zamišljeno je da je on uvijek u razini L4-L5, te se spram te točke tijela računa slabinski moment. Kako je vidljivo, riječ je o utjecaju segmenata tijela ispitanica odnosno njihove težine, te utvrđenih veličina reaktivnih sila. Za računanje istih podrazumijeva se da će vrijediti isti uvjeti za ostvarivanje uvjeta ravnoteže kao i za kruta tijela, jer bi u protivnom bilo nemoguće utvrđivanje ovih veličina. Na žalost, intenzitet dodira tijela ispitanice s okolnim predmetima, odnosno ovdje stolom, moguće je utvrditi tek mjerenjem, zbog čega se i uvodi ova pretpostavka. I još riječ o uvjetima kada će se dogoditi statički neodređeni problem, dakle kada nismo u prilici postavljanjem statičkih uvjeta ravnoteže utvrditi reakcije podloge. Tada ćemo uz primjenu sila kojima ispitanica djeluje na okolinu zapravo tražiti reakcije podloge, uz uvjete prihvatljive za primjenu Castiglianovog teorema. Obzirom da se za podlogu pretpostavlja da je idealno kruta te nema pomaka ili nagiba, možemo težine segmenata tijela ispitanice projicirati na podlogu, te na taj način problem svesti na ravni odnosno iznimno okvorni nosač opterećen poprečnim silama. I na kraju, priložimo rezultate za izračunate slabinske momente svakoga od modela kretnji pristupa.

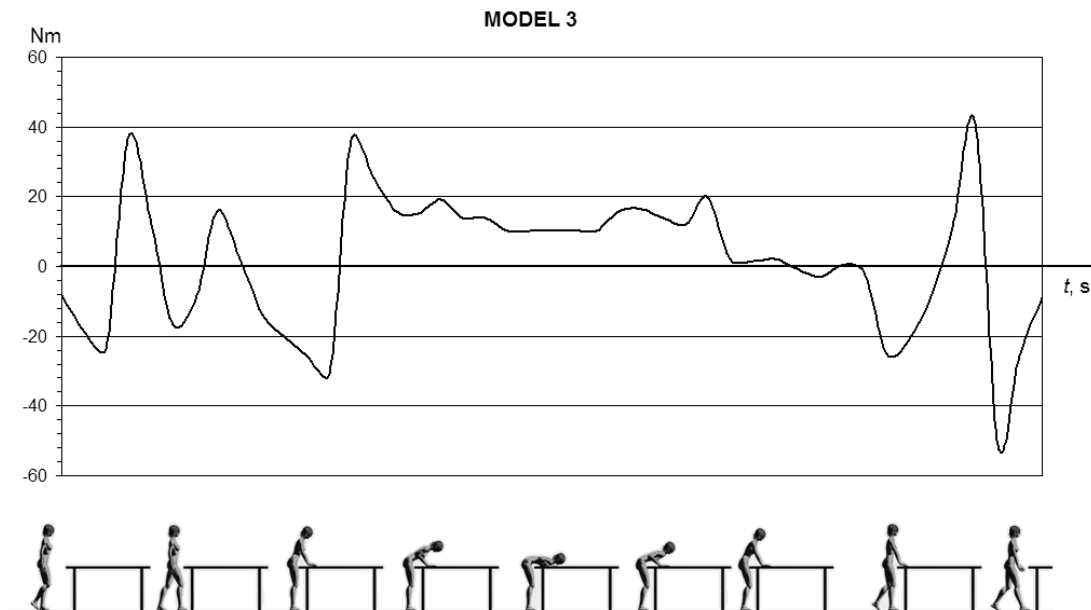


**Slika 52.** Prikaz promjene slabinskog momenta za Model 1.



**Slika 53.** Prikaz promjene slabinskog momenta za Model 2.





**Slika 54.** Prikaz promjene slabinskog momenta za Model 3.

Iz ovih dijagrama promjene slabinskog momenta za trajanja vršenja pristupa ali i zauzetog položaja odnosno stava tijela za pretragu, mogu utvrditi i vrijednosti momenta u njima, što nas zanima kao još jedna od informacija. Obzirom da se radi o tome da se ispitanica u Modelima 1 i 2 nalazi u istom konačnom položaju, odnosno ležeći potrbuške, vrijednost momenta će im biti jednaka. Vidljivo je da se za Model 2 pristup izvršio bez zakretanja što predstavlja ranije obrazloženo odstupanje od zamišljene izvedbe, no na ovaj način ne činimo značajnu grešku. I još, očitane vrijednosti slabinskog momenta za fazu stava za pretragu su kako slijedi:

Model 1:  $M_L=32,98$  Nm

Model 2:  $M_L=32,98$  Nm

Model 3:  $M_L=10,07$  Nm

## **2.8 Utvrđivanje značajki pristupa s ocjenjivanjem**

### **2.8.1 Antropometrijska osjetljivost- mjera primjerenosti populaciji**

Kao što je ranije bilo rečeno, za potrebe procjene ove parcijalne značajke nužno je utvrditi upravo onu dimenziju stola kao optimalnu, prema kojoj bi trebalo vršiti usporedbu sa stvarnim dimenzijama, a uzimajući u obzir antropomjere ispitanica te opis kretnji koje one vrše.

Uzimajući u obzir da je predmet interesa ove procjene upravo rješenje stola a u izravnoj vezi s antropomjerama ispitanica, kao i načinom vršenja zamišljenih kretnji pristupa, modele stola i njihove dimenzije procijenit ćemo prema zahtjevu da se udovolji antropometrijskoj osjetljivosti kao idealu primjerenosti populaciji.

U tom smislu, prvi korak je utvrditi, za svaki od modela stola i zamišljene modele pristupa, onu visinu stola koja bi za svaku grupu iz raspona antropometrijskih izmjera ispitanica ocijenili njima primjerenom, odnosno optimalnom. Nakon toga, procjenu je usporedbom sa stvarnim dimenzijama i graničnim antropometrijskim izmjerama ispitanica lako procijeniti, imajući u vidu model procjene gdje postoji optimalna vrijednost.

#### **Model 1- Pristup stolu s penjanjem i nalijeganjem na njega**

Polazeći od zamišljenog opisa kretnji pristupa, gdje se ispitanica nakon prilaska treba popeti na stol, zauzeti traženi položaj, i na kraju s njega sići i udaljiti se, možemo reći da dio kretnji izravno ovisi o dimenzijama stola, ponajprije njegovoj visini, a dio njih istovjetan je bez obzira na te iste dimenzije. Kretnjama koje ovise o stolu i njegovim osobinama odnosno dimenzijama smatraju se penjanje na i silazak sa stola te predstavljaju glavni interes ove analize, a sa ciljem utvrđivanja ocjene ostvarene primjerenosti populaciji.

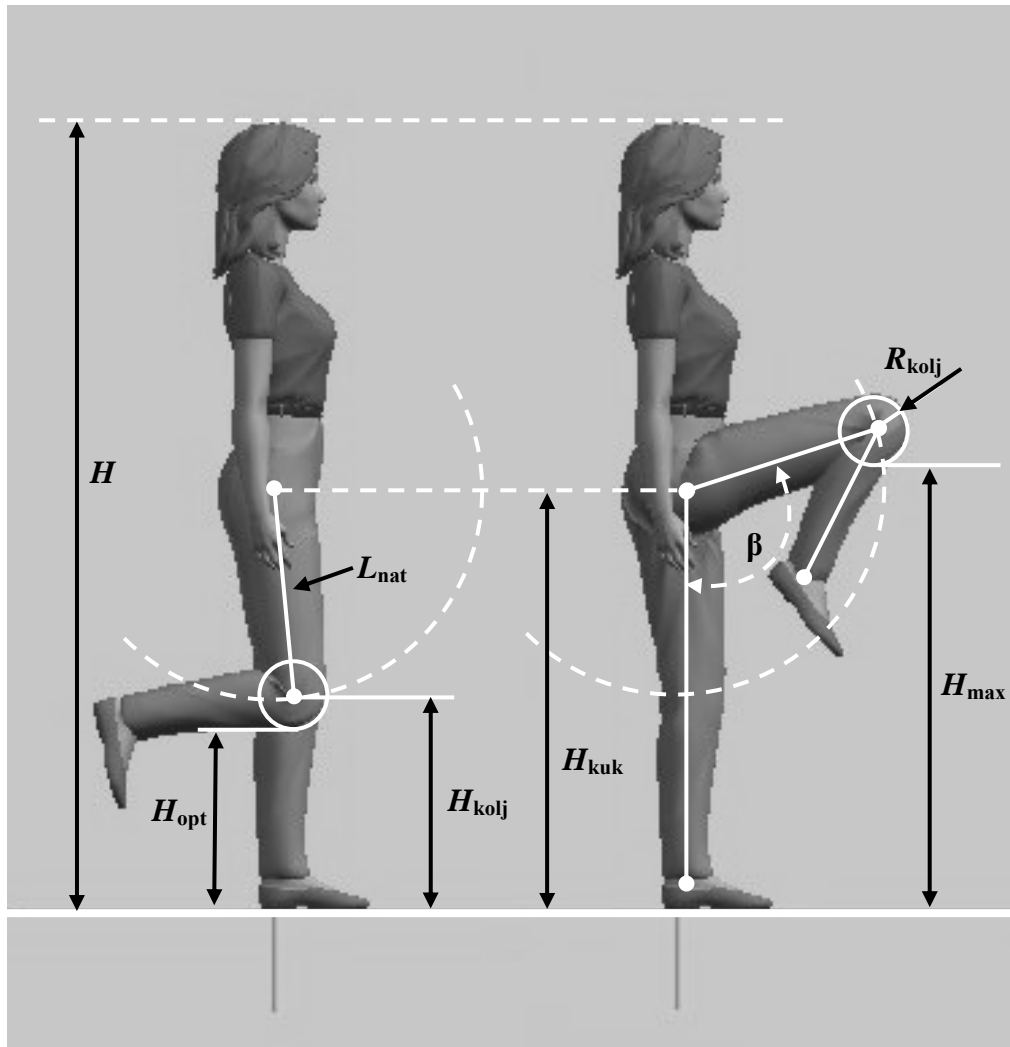
U tom smislu, razmotrimo zamišljeno penjanje na stol. U trenutku kada ispitanica pride stolu, treba započeti penjanje. Prilikom penjanja na stol, ona zglobovi kuka kao karakteristični dio tijela, treba podići ili spustiti, osobito u prvoj fazi penjanja na stol. Da bi ovaj dio pristupa izvršila, svakako treba uložiti neku mjeru mišićne aktivnosti, a istovremeno mogu kretnje biti i velikih amplituda obzirom da

koljenom započinje dodir sa stolom. Kao pretpostavku optimalne izvedbe pristupa ovog opisa uvest ćemo namjeru da pri započinjanju pristupa ispitanica vrši kretnje što manjih amplituda, te da ih bude što manji broj. Uz to, ako postavimo i zahtjev da i vertikalni pomak zgloba kuka bude minimalan, nameće se visina stola u odnosu na ispitanicu koja ovim zahtjevima može udovoljiti.

Umjesto težišta tijela kao geometrijske točke uzet je zglob kuka kao zamišljeno središte lokomocijskog mehanizma tijela ispitanica. Podizanje težišta tijela ispitanice kao geometrijske točke tijela traži energiju za taj pomak, kao i pri njegovom spuštanju. U svakom slučaju želimo umanjiti ove oscilacije a time i utrošak energije. Na sličan način razmatra se i zglob kuka kao dio tijela ispitanice, koji svojim koordinatama u svakom trenutku pristupa prikazuje promjene koordinata ne samo te točke tijela, nego i potrebnu aktivnost svih drugih. Ekstremiteti ispitanica, čija aktivnost je potrebna da se izvrše ovi pomaci, bit će tim aktivniji što su ove promjene veće. To u velikoj mjeri objašnjava namjeru ostvarivanja najmanjih amplituda, a zahtjev da vertikalni pomak zgloba kuka ispitanice bude minimalan u ovoj fazi pristupa sadrži ideju prema kojoj se žele umanjiti opterećenja mišićja potrebna da se ovakvi pomaci ostvare.

Konačno, pristupimo utvrđivanju optimalne visine stola spram visine ispitanica, odnosno one visine koja omogućava najmanju aktivaciju mišićja. Ukoliko se u prvom trenutku dodira ispitanice i stola ne želi izazvati značajnija promjena vertikalne koordinate zgloba kuka, a ipak pripremiti za penjanje na stol, potrebno je omogućiti ispitanici postavljanje koljena na isti. U tom smislu, ona visina stola koja omogućava postavljanje koljena na stol bez vidljivog vertikalnog pomaka zgloba kuka predstavlja upravo željenu visinu stola. Slika 55 upravo prikazuje tu visinu te ispitanicu u stavu početka pristupa odnosno penjanja na stol. Nakon ovog trenutka dodira tijela ispitanice i stola, sve daljnje kretnje kojima ona nastavlja penjanje i nalijeganje na stol, vrlo su slične neovisno o kojoj visini stola bila riječ. Za utvrđivanje dodirnih točaka tijela ispitanica i stola u velikoj su mjeri potrebni iz literature dostupni podaci o fiziološkim antropomjerama ispitanica [40,41,42].

Dimenzije su prikazane u relativnom omjeru spram visine ispitanica u Tablici 4, a Slika 55 prikazuje neke od zanimljivih točaka tijela ispitanica.



**Slika 55.** Prikaz nekih karakterističnih točaka tijela ispitanice.

Dakle, poznavajući statističke podatke antropomjera ispitanica, ova se visina može izračunati prema izrazu:

$$H_{\text{opt}} = H_{\text{kuk}} - L_{\text{nat}} - R_{\text{kolj}},$$

odnosno uzimajući relativne omjere spram visine ispitanice, ova se veličina može izračunati prema izrazu:

$$H_{\text{opt}} = 0,525H - 0,24H - 0,03H = 0,255H,$$

a predstavlja optimalnu visinu stola, iskazanu spram visine ispitanice, odnosno optimalnu visinu oslonca koljena za početak penjanja na stol.

% visine ispitanice	Opis	Oznaka
	Izmjere ispitanica:	
100	Visina uspravnog stava	$H$
3	Radijus koljena	$R_{kolj}$
24	Duljina natkoljenice	$L_{nat}$
27	Visina koljena	$H_{kolj}$
52,5	Visina kukova	$H_{kuk}$
55	Visina težišta	$H_T$

**Tablica 4.** Prikaz izmjera ispitanica spram njihove visine.

Ovim relativnim omjerom nastoji se svim ispitanicama omogućiti istovjetne uvjete pristupa, odnosno početka penjanja na stol. Da bi mogli provesti procjenu, potrebno je doznati i jednu od graničnih visina stola koje još omogućavaju penjanje, a naravno, predstavljaju najslabiju primjerenost populaciji.

U tu svrhu, usporedimo podatke antropomjera ispitanica s dimenzijama stolova da bismo doznali koju graničnu mjeru stola tražimo. Vidljivo je da je optimalna visina stola niža od visina stolova prisutnih u praksi, što navodi na zaključak da trebamo pronaći najvišu dodirnu točku koljena i stola. Uz to, ukoliko bismo tražili nižu točku od navedene optimalne, izazvali bismo potrebu da se kuk spušta, što prema postavljenoj namjeri nije poželjno. Potražimo odgovor na pitanje ove druge granične veličine neophodne za daljnju procjenu.

Pod pretpostavkom da mlađe ispitanice mogu ostvariti amplitude pokreta kao i one starije dobi, iz literature uzimamo dostupne podatke najvećih ostvarivih amplituda u značajnim zglobovima tijela za ispitanice dobi od 60 do 84 godine.

Primjenom podatka najvećeg ostvarivog zakreta u zglobu kuka koji se odnosi na raspon između ispružene i savijene noge podignute prema prsima od  $\beta=111^\circ$ , izračunat ćemo veličinu najveće prihvatljive visine stola za penjanje, prikazanu na Slici 55.

Ona se prema priloženim informacijama računa prema izrazu:

$$H_{\max\text{-st}} = H_{\text{kuk}} + L_{\text{nat}} \cdot \sin 21^\circ - R_{\text{kolj}},$$

a izračunato uzimajući u obzir relativni omjer spram visine ispitanice:

$$H_{\max\text{-st}} = 0,525H + 0,24H \sin 21 - 0,03H = 0,581H.$$

Konačno, dolazimo do raspona visina stolova koji mogu biti korišteni u navedenom opisu radnji pristupa, prikazanih u Tablici 5:

Oznaka	Opis	% visine ispitanice
$H$	Visina ispitanice	100
$H_{opt}$	Optimalna visina stola	25,5
$H_{max-st}$	Najveća prihvatljiva visina stola	58,1

**Tablica 5.** Prikaz optimalne i najveće visine stola spram visine ispitanice.

Sada se može pristupiti provedbi procjene mjere primjerenosti ispitanici stola koji bi se primjenjivao za pretragu prema Modelu 1 radnji pristupa, prema izrazu za računanje procjene uz postojanje optimalne vrijednosti:

$$\eta_p = 1 - \frac{x - x_{optim}}{x_{max} - x_{optim}},$$

gdje je  $x$  visina stola koji se uzima u postupak procjene. Kako je ranije rečeno, postoje dvije visine stola koje možemo procijeniti, a rezultat primijeniti za daljnju provedbu procjene, te kao osnovu za njegovo konstruiranje.

Ispitanica koja je odabrana za analizu ovdje će se popeti na stol, visine 75 cm kao nepovoljniji slučaj.

Napomenimo, ispitanica je visine 152 cm, dobi od 25 godina, te za nju mjera primjerenosti iznosi:

$$\eta_{p-1} = 1 - \frac{x - x_{optim}}{x_{max} - x_{optim}} = 1 - \frac{75 - 0,255 \cdot 152}{(0,581 - 0,255) \cdot 152} = 0,2686.$$

### **Model 2 - Pristup stolu koji se potom zakreće s ispitanicom uz pomoć operatera**

Za ovaj pristup, u kojemu ispitanica treba stolu samo prići, bez nekih drugih potrebnih radnji kojima bi do izražaja dolazile njezine fizičke antropomjere, može se reći da je po pitanju primjerenosti populaciji ona potpuno ostvarena. Ranije je rečeno da to znači da je ostvarena antropometrijska osjetljivost, no zapravo nije u potpunosti ispravno govoriti o antropometrijskoj osjetljivosti jer stol ni na kakav način nije prilagodljiv ispitanici ili njenim antropomjerama. Možemo reći da su prilagodbe potpuno nepotrebne jer dimenzije stola i ne utječu na radnje pristupa.

Položaj zgloba oko kojega se stol zakreće zajedno s ispitanicom zamišljen je kao nepomičan, odnosno, njegov položaj se ne mijenja u ovisnosti o antropomjerama ispitanice. Obzirom da je tako, ipak se može govoriti o potrebi da se ocijeni položaj tog zgloba spram položaja težišta ispitanice, premda ovu ocjenu nije svrsishodno uvrstiti u procjenu primjerenosti populaciji. Obzirom da je u postupku procjene cjelovitog modela pristupa od najveće važnosti procijeniti odnos ispitanice s modelom kretnji pristupa i s tim u vezi stola, ovu procjenu nećemo razmatrati.

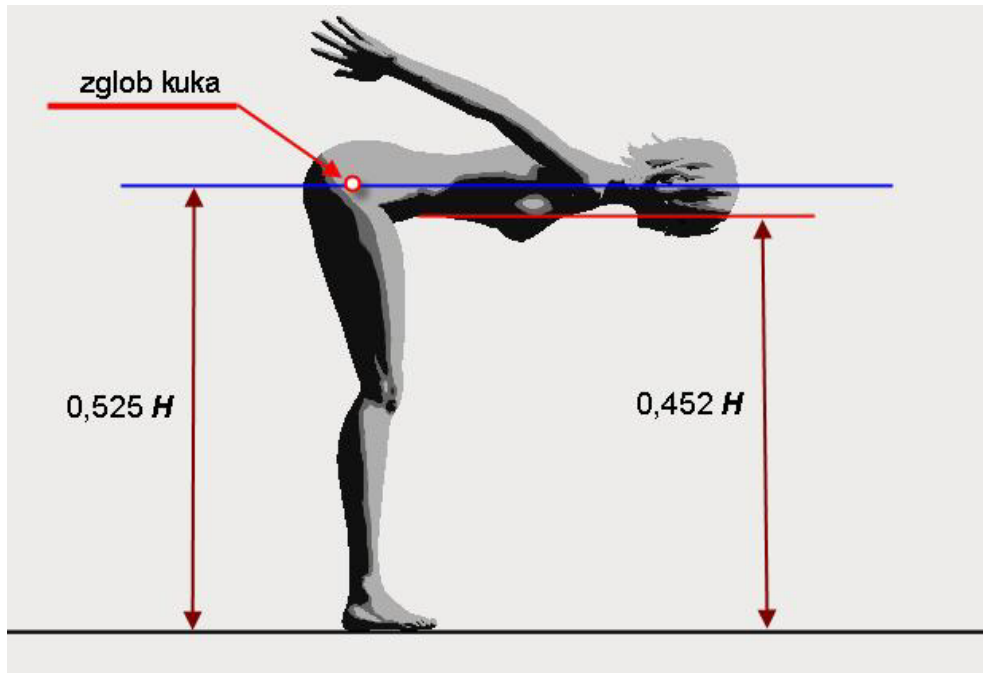
Iz ovih razloga, ocjena primjerenosti populaciji ovog modela ocjenjuje se kao idealna, odnosno  $\eta_{p-2} = 1$ .

### Model 3- Pristup stolu s naslanjanjem gornjeg trupa

Za ovaj model kretnji može se zaključiti da obzirom da se ispitanica na stol treba nasloniti u pretklon, svako pomicanje kuka znači nepovoljnost u kontekstu prije razmatrane primjerenosti populaciji. U tom smislu, postoji za svaku ispitanicu njen optimum, a svako odstupanje znači ne samo pomak kuka kao nepogodnost, nego može predstavljati i odstupanje od zamišljenog stava za pretragu. U tom smislu, Slikom 56 prikazujemo idealni pretklon te njemu pripadne vrijednosti fizioloških antropomjera.

Lako je uočiti da je optimalna vrijednost visine stola ona koja je prikazana kao razina trbušne stijenke, što znači da neće doći do pritiska iste, kao moguće neugode. Osim toga, s namjerom da se pretraga provede na gornjem trupu, predviđeno je da će grudi biti smještene u za to posebno konstruiranom dijelu stola, koji smo i ranije opisivali. I naravno, još uvedimo i model za procjenu ove značajke. Ovdje se javlja potreba modificiranja modela procjene obzirom da ne postoje granice, već samo optimum, što znači da je samo jedna visina stola prihvatljiva, a svako odstupanje nepovoljno, uz nepoznate granice odstupanja dimenzija. Zato ćemo uvesti izmijenjeni model za postojanje optimuma, odnosno:

$$\eta = 1 - \left| \frac{x_{\text{optim}} - x}{x_{\text{optim}}} \right|.$$



Slika 56. Fiziološke antropomjere za utvrđivanje optimuma za Model 3.

Nakon uvođenja modela za procjenu putem kojega svako udaljavanje od optimuma poprima lošiju ocjenu s porastom udaljenosti, izvršit ćemo procjenu primjerenosti:

$$\eta_{p-3} = 1 - \left| \frac{x_{\text{optim}} - x}{x_{\text{optim}}} \right| = 1 - \left| \frac{0,452 \cdot 152 - 75}{0,452 \cdot 152} \right| = 0,9084.$$

Konačno, svakome od modela pripada odgovarajuća ocjena primjerenosti populaciji, odnosno ispitanici za koju utvrđujemo prilagodljivost:

Model 1:  $\eta_{p-1} = 0,2686$ ,

Model 2:  $\eta_{p-2} = 1$

Model 3  $\eta_{p-3} = 0,9084$



## **2.8.2 Utvrđivanje ergonometričnosti korištenja stola**

Imajući u vidu smisao ove procjene, kao i razlog da se ovoj procjeni pristupi razdvajanjem ove procjene, za svaki od modela, na podprocjenu vezanu uz ispitanicu odnosno operatera, gdje podprocjene zajedno tvore vrijednost cjelovite procjene korištenja modela stola prema izrazu:

$$\eta_{e-st} = \frac{\eta_o + \eta_i}{2},$$

gdje se indeksi **o** odnosno **i** odnose na operatera odnosno ispitanicu, a indeks **e-st** na ocjenu ergonometričnosti korištenja stola pripadnu Modelu 1 odnosno 2. Obzirom da imamo tri modela, za svaki od njih utvrdit ćemo pripadne podprocjene te navesti obrazloženja toga izbora, u nastavku.

### **Model 1- Pristup nepomičnom stolu**

Za ovaj model je, obzirom da je zamišljeno da ispitanica samostalno vrši kretnje pristupa, u nekoj mjeri jasno da će u smislu korištenja stola većinu poteškoća imati ispitanica, tim više što nema nekih osobitih prilagodbi koje bi joj u tome olakšavale zadatak. Upravo na osnovi ovoga, te imajući u vidu da se iz tog razloga, sve do ostvarivanja kvalitete antropometrijske osjetljivosti stola, može izreći ocjena neprimjereno, odnosno  $\eta_i = 0,25$ . Neovisno o prije iskazanim ocjenama primjerenosti stola populaciji odnosno njihovim antropomjerama, ova ocjena proizlazi iz činjenice da ovako zamišljen stol ne samo da ne omogućava prilagodbu ispitanicama nego da s druge strane ima i nepovoljne posljedice na opis kretnji koje one moraju vršiti, čime se jedino ova ocjena podudara svojim smislom.

Nadalje, obzirom da se pred operatera u ovom smislu ne postavljaju gotovo nikakvi zahtjevi prilagodbi, proizlazi ocjena vrlo primjereno, odnosno  $\eta_o = 0,9$ . Slijedi izračun ukupne procjene ergonometričnosti korištenja Modela stola 1:

$$\begin{array}{l} \eta_o = 0,9 \\ \eta_i = 0,25 \end{array}, \text{ odnosno } \eta_{e-st-1} = \frac{0,9 + 0,25}{2} = 0,575.$$

### **Model 2 -Pristup stolu koji se zakreće**

Za razliku od prijašnjeg modela, u opisu zamišljenog modela pristupa kao nesamostalnog načina pristupanja, pred ispitanicu se postavljaju znatno manje

opsežni zahtjevi. To se prije svega odnosi na ostvarenu kvalitetu antropometrijske osjetljivosti, odnosno potpune antropometrijske primjerenosti populaciji, točnije neovisnosti o njima. U tom smislu, a s obzirom da ispitanica gotovo da uopće ne treba vršiti kretnje u smislu korištenja stola, toj se podprocjeni pridaje ocjena vrlo primjereno, odnosno  $\eta_i = 0,9$ .

S druge strane, operater se nalazi u prilici da značajno više sudjeluje u korištenju stola, gdje treba nakon prilaza ispitanicu zajedno sa stolom zakrenuti u zamišljeni položaj, namjestiti mjerni uređaj kao i u prijašnjem slučaju na dio tijela ispitanice za pretragu, te nakon nje, ponovo zakrenuti do polaznog položaja. Ovdje se mogu javiti opterećenja mišićja, potrebno je znati rukovati stolom, no ukoliko je operater obučan, na što se i računa, ne bi trebalo biti teškoća. Iz ovih razloga, ocjenu ergonometričnosti korištenja stola iskazujemo kao gotovo primjereno, odnosno  $\eta_o = 0,5$ . Ukoliko bi se konstruktivnim rješenjem stola ostvarile pogodnosti u smislu lakšeg rukovanja i time umanjile potrebne vještine, ovu ocjenu svakako treba podići. U razmatranju ove ocjene bilo je kolebanja između ocjene primjereno i gotovo primjereno, no u odluci je prevagnula potreba za vještinom korištenja, te prisutnim opterećenjima mišićja. Na kraju, slijedi izračun ukupne ocjene za ovaj model stola uz dosada izrečeno:

$$\begin{array}{l} \eta_o = 0,5 \\ \eta_i = 0,9 \end{array} \quad , \text{ odnosno} \quad \eta_{\text{e-st-2}} = \frac{0,5 + 0,9}{2} = 0,7 .$$

### Model 3- Pristup stolu s pretklonom

Imajući u vidu opis modela, lako je uočiti da ispitanice ne trebaju izvršiti osobito mnogo kretnji, a to se ponajviše odnosi na korištenje stola. Ipak, obzirom da je riječ o nekom manjem razmjeru namještanja na posebni dio stola za pretragu, ocijenit ćemo ja kao primjereno, odnosno  $\eta_i = 0,75$ .

Za operatera ovdje će biti nešto više predviđenih postupaka, ponajprije vezanih uz namještanje posebnog dijela stola na gornji dio trupa ispitanice. Ipak, ne čini se da se radi o značajnijem opsegu, pa će i ona primiti ocjenu primjereno, odnosno  $\eta_o = 0,75$ .

Sada možemo izračunati i ukupnu ocjenu ergonometričnosti korištenja stola za Model 3, a ona iznosi:

$$\begin{aligned} \eta_o &= 0,75 \\ \eta_i &= 0,75 \end{aligned} \quad , \text{ odnosno zajedno} \quad \eta_{\text{e-st-3}} = 0,75 .$$

Konačno, svakome od modela pripada ocjena ergonometričnosti korištenja stola:

$$\text{Model 1:} \quad \eta_{\text{e-st-1}} = 0,575$$

$$\text{Model 2:} \quad \eta_{\text{e-st-2}} = 0,7$$

$$\text{Model 3} \quad \eta_{\text{e-st-3}} = 0,75 .$$

### 2.8.3 Procjena trajanja vršenja kretnji pristupa

Mjerenjem utvrđene rezultate upotrijebit ćemo u daljnjem postupku procjene ove značajke, a ocjena trajanja računat će se prema prije prikazanom ključu:

$$\eta = \frac{9}{9 + \lambda^2} = \frac{9}{9 + \left( \frac{x}{x_{\text{REF}}} \right)^2} ,$$

odnosno tek po izvršenim mjerenjima možemo provesti računanje što proizlazi iz ranije predloženog načina računanja ove značajke. To se prije svega odnosi na usporedbu trajanja vršenja kretnji pripadnih modelima, iz čega se onda može iskazati veličina  $x_{\text{REF}}$ .

Utvrđena trajanja kretnji koje ispitanica vrši kao kretnje pristupa, utvrđene su kao:

$$\text{Model 1:} \quad 8,8 \text{ s}$$

$$\text{Model 2:} \quad 3,8 \text{ s}$$

$$\text{Model 3:} \quad 6,4 \text{ s}$$

iz čega slijedi da se za referentnu vrijednost može uzeti trajanje vršenja kretnji Modela 2. Iz toga je dalje lako izračunati pripadne ocjene:

$$\text{Model 1: } \eta_{t-k-1} = \frac{9}{9 + \left(\frac{x}{x_{\text{REF}}}\right)^2} = \frac{9}{9 + \left(\frac{8,8}{3,8}\right)^2} = 0,6266,$$

$$\text{Model 2: } \eta_{t-k-2} = \eta_{\text{REF}} = 0,9$$

$$\text{Model 3: } \eta_{t-k-3} = \frac{9}{9 + \left(\frac{x}{x_{\text{REF}}}\right)^2} = \frac{9}{9 + \left(\frac{6,4}{3,8}\right)^2} = 0,7603.$$

## 2.8.4 Procjena zahtjeva postavljenih pred ispitanice

### Procjena mišićne aktivacije

Procjenu mišićne aktivacije možemo provesti uzimajući u obzir da se praćenjem mišićja ispitanice mogu utvrditi razmjeri aktivacije tijekom vremena, a kako je ranije rečeno, od primarnog zanimanja je utvrđivanje indeksa aktivacije mišićja.

Sada napokon možemo izvršiti procjenu ovih zahtjeva, za svaki od mišića prema izrazu:

$$\eta_{m-i} = \frac{9}{9 + \lambda^2} = \frac{9}{9 + \left(\frac{x}{x_{\text{REF}}}\right)^2},$$

gdje je kao i do sada veličina  $x_{\text{REF}}$  najpovoljnija od utvrđenih vrijednosti indeksa aktivacije mišića, čijim smo ostvarenjem omogućili najbolje uvjete vršenja pretrage, ali ne i idealne. Na temelju utvrđenih rezultata, kao referentna vrijednost indeksa aktivacije  $I_A$ , mVs javlja se vrijednost pripadna Modelu 2, odnosno za:

$$\text{Model 1: } I_{A1} = 95,59128$$

$$\text{Model 2: } I_{A2} = 18,09266$$

$$\text{Model 3: } I_{A3} = 24,65152.$$

Konačno, ocjena mišićne aktivacije iznosi za:

$$\text{Model 1: } \eta_{m-1} = \frac{9}{9 + \lambda^2} = \frac{9}{9 + \left(\frac{x}{x_{\text{REF}}}\right)^2} = \frac{9}{9 + \left(\frac{95,6}{18,1}\right)^2} = 0,2439,$$

$$\text{Model 2: } \eta_{m-2} = 0,9$$

$$\text{Model 3 } \eta_{m-1} = \frac{9}{9 + \lambda^2} = \frac{9}{9 + \left(\frac{x}{x_{\text{REF}}}\right)^2} = \frac{9}{9 + \left(\frac{24,7}{18,1}\right)^2} = 0,8291.$$

Kao potvrdu ovih rezultata može se navesti da je već i vizualnim pregledom neobrađenih EMG signala bilo moguće zaključiti da postoji velika razlika u takvim signalima te njihovom intenzitetu, što je i ovim rezultatima pokazano. Ocjene koje smo utvrdili pokazuju da je kao što je i bilo za pretpostaviti, Model 2 po pitanju postavljenih zahtjeva povoljniji za ispitanice, za razliku od Modela 1 koji se može reći da višestruko nadmašuje zahtjeve Modela 2. Model pokazao se u smislu ove veličine vrlo blizak rezultatom, što znači da je iako se na prvi pogled Model 2 čini najbolji, ovdje je moguće uvidjeti da razlika i nije tako izražena.

### Procjena potrebnih vještina za vršenja kretnji

Procjenu vještina kojima se ispitanica treba koristiti da bi izvršila kretnje pristupa u nekoj mjeri je bolje proglasiti spretnošću u njihovom izvođenju. Obzirom da je ova veličina dosada nepoznata u svrhu primjene za ovakve prosudbe, a i njena definicija nije razjašnjena, za njeno utvrđivanje postaviti ćemo polazni kriterij. On sadrži ideju da treba uzeti u obzir dvije značajke kojima se može prići procjeni ove veličine, a opisuju ih pitanja:

- u kojoj mjeri je traženi opis kretnji nepoznat ispitanicama, te postoje li razlozi zbog kojih se može naslutiti da neće biti jednostavno izvršavanje

- u kojoj mjeri ispitanica može imati teškoća s održavanjem stabilnog kretanja za vršenja traženih kretnji, a odnosi se na procjenu rizika da ispitanica može doći u okolnosti nekontroliranih pokreta, s konačnim ishodom koji nije predviđen.

Obzirom na rečeno, s namjerom da se ispitanicama predoče kretnje koje se od njih očekuju, osobito ukoliko im je to prvi takav pregled, za vrijeme dok čekaju na pregled može im se prikazati snimljeni film s obrazloženjima i komentarima, te se na taj način ubrzati čitav proces. Konačno, pristupimo procjeni ovog dijela zahtjeva, u nekoj mjeri odgovarajući na postavljena pitanja kao pomoć pri razlikovanju dvaju modela kretnji pristupa koje analiziramo.

Ocijenimo li kao referentni Model 2 kretnji pristupa, onda bi odgovori na oba pitanja mogli izlučiti ocjenu vrlo primjerenom, odnosno  $\eta_{v-2} = 0,9$ . Promotrimo li kretnje pristupanja koje ispitanica vrši, lako je zaključiti da za njihovo vršenje nije potrebno osobito mnogo koordinirati pokrete, a s druge strane iznimno malo odstupaju od svakodnevnih, te je ova ocjena upravo posljedica rečenoga.

Za Model 1 kretnji pristupa nešto je drugačiji slučaj. Naime, penjanje na stol i silazak s njega i nisu baš svakodnevne aktivnosti, osobito starijim ispitanicama, a pored toga, često mijenjanje točaka oslonaca znače i promjene projekcije težišta koju mogu dovoditi do manjka stabilnosti kretnji. Iz ovih razloga, ocjenu ovog modela iskazujemo kao gotovo primjerenom, odnosno  $\eta_{v-1} = 0,5$ . Kao olakšavajuća okolnost pri ocjeni našla se činjenica da iako nisu svakodnevne, ove kretnje ne postavljaju zahtjev primjene ispitanicama nepoznatih, koje bi bilo potrebno unaprijed opisati i pokazati od strane operatera.

Za Model 3, kako je već i za procjenu mišićne aktivnosti bilo uočeno, nema nekih većih razlika spram Modela 2, ali se ovdje ipak mogu pojaviti nešto veća opterećenja. Ipak, kao i za Model 2, ovu značajku Modela 3 ocijenit ćemo vrlo primjerenom, odnosno  $\eta_{v-3} = 0,9$ .

Time se iako subjektivnom procjenom, svakome od modela iskazuje ocjena prema navedenom kriteriju, odnosno:

$$\text{Model 1: } \eta_{v-1} = 0,5$$

$$\text{Model 2: } \eta_{v-2} = 0,9$$

$$\text{Model 3: } \eta_{v-3} = 0,9.$$

### 2.8.4.1 Zajednička ocjena postavljenih zahtjeva

Konačno, ukupna ocjena postavljenih zahtjeva nakon pojedinačno utvrđenih parcijalnih zahtjeva, sada se mogu izračunati prema izrazu:

$$\eta_z = \frac{\eta_m + \eta_v}{2},$$

odnosno za svaki od modela:

$$\text{Model 1: } \eta_{z-1} = \frac{\eta_{m-1} + \eta_{v-1}}{2} = \frac{0,2439 + 0,5}{2} = 0,372$$

$$\text{Model 2: } \eta_{z-2} = \frac{\eta_{m-2} + \eta_{v-2}}{2} = \frac{0,9 + 0,9}{2} = 0,9$$

$$\text{Model 3: } \eta_{z-3} = \frac{\eta_{m-3} + \eta_{v-3}}{2} = \frac{0,8291 + 0,9}{2} = 0,865.$$

### 2.8.5 Utvrđivanje ocjene stava za pretragu

Na temelju očitanih vrijednosti iz dijagrama slabinskog momenta, procjenu ove značajke također je moguće izvršiti utvrđivanjem referentne, a ostale ćemo usporediti s njenom, te tako iskazati povoljnost zauzetog stava.

Očitane vrijednosti slabinskog momenta za fazu stava za pretragu su kako slijedi:

Model 1:  $M_L=32,98 \text{ Nm}$

Model 2:  $M_L=32,98 \text{ Nm}$

Model 3:  $M_L=10,07 \text{ Nm,}$

što nadalje znači kako je ovdje najpovoljniji stav koji se ostvaruje u Modelu 3, pa slijedi procjena ove značajke:

$$\text{Model 1: } \eta_{S-1} = \frac{9}{9 + \lambda^2} = \frac{9}{9 + \left(\frac{x}{x_{REF}}\right)^2} = \frac{9}{9 + \left(\frac{32,98}{10,07}\right)^2} = 0,456$$

$$\text{Model 2: } \eta_{S-2} = \frac{9}{9 + \lambda^2} = \frac{9}{9 + \left(\frac{x}{x_{REF}}\right)^2} = \frac{9}{9 + \left(\frac{32,98}{10,07}\right)^2} = 0,456$$

$$\text{Model 3: } \eta_{S-3} = \eta_{REF} = 0,9.$$



## 2.9 Rezultati analize ergonometričnosti kretnji pristupa

Kako je ranije opisano, postupak procjene ergonometričnosti svakog od modela sadrži ne samo ocjene pojedinih značajki, već i njima pripadne koeficijente važnosti. U nastavku sve dosada utvrđene veličine prikazat ćemo u Tablici 6 te iskazati svakome od modela kretnji pristupa njegovu ukupnu ocjenu ergonometričnosti.

Prije toga, navedimo značajke o kojima je riječ, uz pripadne oznake:

- $\eta_p = \eta_1$  - Antropometrijska osjetljivost - mjera **p**rimjerenosti populaciji
- $\eta_z = \eta_2$  - **Z**ahtjevi postavljeni pred ispitanice obzirom na njihove sposobnosti
- $\eta_{e-st} = \eta_3$  - **E**rgonometričnost korištenja modela **st**ola
- $\eta_s = \eta_4$  - Primjerenost zauzetog **s**tava za pretragu
- $\eta_{t-k} = \eta_5$  - **T**rajanje izvođenja **k**retnji pristupa i odstupa

Ocjena:	$k_v$	Model 1	Model 2	Model 3
$\eta_p$	3	0,2686	1	0,9084
$\eta_z$	3	0,372	0,9	0,865
$\eta_{e-st}$	2	0,575	0,7	0,75
$\eta_s$	2	0,456	0,456	0,9
$\eta_{t-k}$	1	0,6266	0,9	0,7603

**Tablica 6.** Prikaz svih parcijalnih ocjena kao i njima pripadnih koeficijenata važnosti za oba modela kretnji pristupa.

Za računanje konačne mjere ergonometričnosti odnosno ostvarene mjere kojom se uvažavaju sve značajke važne za omogućavanje ravnopravnih uvjeta vršenja kretnji pristupanja mjernom sustavu, služimo se ranije prikazanim izrazom:

$$\eta_e = \frac{\eta_1 \cdot k_{v1} + \eta_2 \cdot k_{v2} + \dots + \eta_i \cdot k_{vi}}{k_{v1} + k_{v2} + \dots + k_{vi}} = \frac{\sum_{j=1}^n \eta_j \cdot k_{vj}}{\sum_{j=1}^n k_{vj}}$$

odnosno, konačne ocjene ergonometričnosti modela iznose:

$$\text{Model 1: } \eta_{e-1} = \frac{0,2686 \cdot 3 + 0,372 \cdot 3 + 0,575 \cdot 2 + 0,456 \cdot 2 + 0,6266 \cdot 1}{3 + 3 + 2 + 2 + 1} = 0,419$$

$$\text{Model 2: } \eta_{e-2} = \frac{1 \cdot 3 + 0,9 \cdot 3 + 0,7 \cdot 2 + 0,456 \cdot 2 + 0,9 \cdot 1}{3 + 3 + 2 + 2 + 1} = 0,81$$

$$\text{Model 3: } \eta_{e-3} = \frac{0,9084 \cdot 3 + 0,865 \cdot 3 + 0,75 \cdot 2 + 0,9 \cdot 2 + 0,7603 \cdot 1}{3 + 3 + 2 + 2 + 1} = 0,853.$$

### 2.9.1 Diskusija utvrđenih rezultata

Na temelju upravo prikazanih rezultata, koji proizlaze iz provedene analize te primjene uvedenog postupka cjelovite procjene ergonometričnosti, proistječe da se kao najpovoljnije rješenje odnosa ispitanica- mjerni sustav smatra ono pripadno Modelu 3. Osim toga, iz parcijalnih procjena značajki uzetih u razmatranje, uzimajući u obzir njima dodijeljen značaj putem koeficijenata važnosti- utjecajnosti, lako je uočiti prednosti i nedostatke pripadne razmatranim modelima. Iz njihove procjene slijedi da:

1. Po pitanju antropometrijske osjetljivosti odnosno primjerenosti prednost ima Model 2, koji u primjeni svim ispitanicama omogućava ravnopravne uvjete pristupa, dok slijede Modeli 1 i 3. Model 1 ovdje se pokazao najlošiji, što znači da bi bez potrebnih konstruktivnih preinaka njegova primjena značajno otežavala ako ne i onemogućila pristup. Iako bi se za ispitanice više rastom ova ocjena nešto poboljšala, nedostaci nisu otklonjeni, a uz to, razina osjetljivosti za razlike u antropomjerama ispitanica neprihvatljivo niska. Model 3, iako zamišljen kao neprilagodljiv antropomjerama nije se pokazao značajnije neprimjeren, iako bi konstruktivnom preinakom za mogućnost podešavanja po visini, dosegao ocjenu Modela 2. Obzirom da je stol Modela 3 samo prilagođena verzija postojećih stolova, a stol Modela 2 potpuno novo rješenje, i čini se složene konstrukcije, treba voditi računa i o tome.

2. Ako se razmatraju utjecaji zahtjeva postavljenih pred ispitanice, tada se lako može uočiti da utjecaj rješenja stola i njegove antropometrijske primjerenosti ima ulogu i u ovoj ocjeni. Tako je i ovdje redoslijed isti kao i za prijašnju značajku, ali je razlika između Modela 2 i 3 sada još manja. Obzirom da je pri utvrđivanju ove značajke vršenje pristupa za Model 2 bilo simulirano, moguće je da je pri tome unesena greška, koja bi samo govorila u prilog Modela 3. Naime, dio kretnji pristupa nije bilo moguće izvršiti, pa se ne može sa sigurnošću uzeti rezultate kao potpuno odgovarajuće, a zbog predviđenih manjih odstupanja, još se smatraju prihvatljivima. Osim toga, ovdje se mora spomenuti da bi mogućnost (zasada neostvariva) utvrđivanja aktivnosti za veći broj mišićnih skupina za trajanja kretnji svih pristupa, obaju strana tijela ponudilo cjelovitiji uvid obzirom na nesimetričnost i razlike kretnji. Unatoč tome, utvrđeni rezultati podudaraju se s očekivanjima, što znači da nije unesena značajnija pogreška, odnosno da je moguća njihova usporedba.
3. Ergonomičnost korištenja stolova nudi nešto drugačiju sliku. Ovdje prednjači Model 3, prati ga Model 2 pa 1. Iako je utvrđena na temelju iskustvene subjektivne procjene, u obzir je uzet način korištenja stola, te sve potrebne kretnje i operacije da se omogući pretraga. Obzirom da je riječ o tome da se pri penjanju na stol (Model 1) ne može govoriti o ergonomičnosti korištenja stola jer dolazi do izražaja i sigurnost ispitanica, logična je najniža ocjena, ranije obrazložena. Potom slijedi stol koji se treba zakrenuti zajedno s ispitanicom (Model 2), gdje o rješenju stola ovise mnogi detalji, pa je i ocjena u skladu s time, odnosno ipak nešto umanjena. I kao najbolja, odnosno pripadna Modelu 3, proizlazi iz činjenice da se najlakše koristi i nije složene konstrukcije. Ipak, ako bi se u nekoj naknadnoj razradi konstrukcija ovog stola izmijenila, izmjena bi uvjetovala i novu procjenu.
4. Analiza stava u kojemu se treba izvršiti pretraga za rezultat ima činjenicu da je prema kriteriju opterećenja slabinske kralješnice najpovoljniji stav zauzet u Modelu 3, te ga izjednačeno slijede preostala dva, kao jednaki. Ova značajka igra ulogu u slučaju da provedba pretrage ima značajno trajanje (iako tada možda nema smisla obzirom na zamisao pretrage), no

ponajprije za osobe s nekom razinom oštećenja slabinske kralješnice i sličnim zdravstvenim ograničenjima. Ipak, razina udobnosti koja se može postići povoljnijim stavom ne samo da je ergonomski zahtjev, već može spriječiti potrebu ispitanica za nekim malim pomacima, što bi za pretragu bilo nepovoljno.

5. I na kraju, ako razmatramo trajanja vršenja kretnji pristupa, primijetit ćemo da se radi o vremenskim razlikama koje ne igraju značajnu ulogu, odnosno radi se o sekundama. Ipak, obzirom da se ovom procjenom prednost namjerava dati pristupu najkraćeg trajanja, koji je u ovom slučaju pripadan Modelu 2, za kojim slijedi Model 3 pa 1. Utjecaj dobi ispitanica ovdje može u nekoj mjeri promijeniti ocjene, ali vrlo teško i njihov redoslijed, pa bez obzira na to o kojoj dobi se radi, Model 2 na najbolji način osigurava kratkotrajnost. Ipak, obzirom da su kretnje pristupa Modela 2 simulirane, te da dio trajanja kada operater zakreće ispitanicu u i iz željenog položaja nije uzet u obzir, nudi priliku da Model 3, iako je ocijenjen nešto nižom ocjenom, ne bude značajno duljeg trajanja. Ipak se ovdje radi o procjeni trajanja kretnji pristupa, ponajprije onih koje vrše ispitanice, dok se o svemu drugome može samo polemizirati, te se utvrđene ocjene smatraju mjerodavne za daljnji tijek prosudbe. Značaj ove procjene nije izražen, jer ukoliko se ne ostvari kratkotrajnost, dolazi u pitanje smisao pretrage. Ipak, obzirom da se radi o razlikama u sekundama, utjecaj na ukupnu ocjenu čini se ispravno odmjeren.

Iako je razlika procijenjene ergonomičnosti za Modele 2 i 3 malena, ipak je bilo moguće objektivno odlučiti o izboru najpovoljnijeg. Osim toga, iako se na temelju ovih podataka može izvršiti izbor rješenja, lako je uvidjeti da je lako uočiti koje od značajki rješenja mogu doprinijeti još boljim rezultatom. Tako se primjerice za Model 3 može uz uvođenje mogućnosti prilagođavanja mjernog stola antropomjerama ispitanica, ocjena prilagodljivosti ispitanicama dodatno poboljšati, te na taj način dodatno pridonijeti njegovoj ergonomičnosti. Ovaj izbor može se dodatno opravdati i činjenicom da na ovaj način ne treba postaviti zahtjeve i na operatera, što bi uvjetovalo dodatne procjene.

# III

## Antropometrijska analiza gornjeg trupa ispitanica

Izmjere vezane uz gornji trup žena kao specifičnog dijela tijela u prvom bi redu trebale poslužiti da se pri utvrđenom načinu pristupanja mjernom stolu mogu uzeti u obzir i značajke važne za konstruiranje posebnog dijela mjernog stola, ponajprije u smislu rješenja njegove prilagodljivosti specifičnim antropomjerama ispitanica, odnosno uvažavanja postojećih razlika. Oblikovanje i svojstva dodirne plohe kao međusloja koji se predviđa izraditi od silikona u izravnoj su ovisnosti o obliku, dimenzijama i mehaničkim svojstvima grudiju, ali i uvjetima ostvarivanja primjerene ultrazvučne slike preko međusloja, odnosno posredno.

Poznate antropomjere žena naše populacije omogućavaju razvrstavanje u percentilske skupine, gdje pojedine izmjere ispitanica koreliraju unutar iste, s gotovo potpunom funkcijskom ovisnosti. Tako je moguće prema visini ispitanice utvrditi raspon njenih ruku, duljinu nadlaktice, i tome slično. Tvorba antropodinamičkog, odnosno antropometrijskog modela ispitanice koji bi se mogao koristiti pri konstruiranju mjernog stola i njegovog posebnog dijela te međusloja, upravo navodi da je potrebno znati u kakvom su međusobnom odnosu karakteristične izmjere gornjega trupa žena s ostalim, uglavnom poznatim statičkim antropomjerama. Ovdje je riječ o istraživanju zasada nedostatno izučenih izmjera karakterističnih za gornji dio trupa, odnosno grudi žena, te njihovom svrstavanju spram drugima. Obzirom da ovi podaci mogu imati utjecaj na utvrđivanje položaja tijela, ali i na konstruktivno rješenje stola za pretragu, potražiti ćemo odgovor na ovo pitanje. Ovdje je potrebno napomenuti da se radi o problemima sekundarne važnosti, odnosno tek pri konstruiranju mjernog stola treba poznavati podatke koji iz ovih odnosa proizlaze, koje nije predmet ovog rada, ali zbog prije navedenog utjecaja na željeni stav tijela, ipak uzimamo u obzir.

Iz dostupne se literature mogu pronaći malobrojna istraživanja koja omogućavaju stjecanje podataka vezanih uz specifične antropometrijske značajke odnosno izmjere gornjeg trupa žena (grudi). Na temelju nekih od njih [38, 39], moguće je koordinate karakterističnih točaka gornjeg trupa upotrijebiti za stvaranje prostornog prikaza promatranog specifičnog dijela gornjeg trupa žena (grudiju) u slobodnom stojećem stavu, ali se ne navodi veza s drugim antropomjerama, što je u našem slučaju ipak predmet interesa. Osim toga, prikaz ovih točaka predstavlja statističku srednju vrijednost, odnosno nije moguće na temelju ovih podataka rekonstruirati oblik i veličinu grudiju čitave populacije. Ipak, dostupne informacije statističke obrade u tom smislu ipak omogućavaju idealiziranu rekonstrukciju, koja pripada obrađenoj populaciji žena. Uz to, svi dostupni podaci odražavaju samo podatke proizašle iz statističke obrade dijela populacije jedne nacije, odnosno rase, pa je njihova primjena time odgovarajuća populaciji iz koje je i proizašla, što moguće nije mjerodavno za sve druge, osim načelno, putem sličnosti. Pored ovoga, deformacija oblika grudiju uslijed djelovanja sile odnosno pritiska, promjene stava ili položaja tijela nije poznata niti je, koliko se čini iz dostupne literature, izučavana. Ovdje se radi o još zamršenijem skupu informacija jer unutarnja građa odnosno parenhim grudiju i tkivo koje tvori volumen grudiju nije jednostavno formulirati, ali se načelno može povezati promjena strukture s dobi ispitanica. Obzirom na smisao ovog dijela istraživanja, ovom dijelu problema nećemo pristupiti.

U tom smislu, ovaj dio istraživanja obuhvaća statističku obradu nekih od vanjskih antropometrijskih izmjera ispitanica naše populacije, čime se namjeravaju utvrditi značajne veze među parovima antropometrijskih izmjera. U prvom se redu nastoji utvrditi funkcijska veza nekih od izmjera gornjeg trupa žena s drugim potencijalno značajnim antropometrijskim veličinama, s namjerom uspostavljanja funkcijske međuovisnosti. Osim toga, analiza statistike specifičnih izmjera gornjeg trupa te drugih pripadnih informacija omogućava tvorbu neovisne antropometrijske razdiobe, također kao vrijedan rezultat. Na taj način rezultati ovog dijela istraživanja mogu poslužiti kao dopuna antropometrije žena naše populacije, ali i svugdje gdje se za to ukaže potreba.

## 3.1 Metoda antropometrijske analize gornjeg trupa

Za analizu specifičnih antropomjera gornjeg trupa potrebno je prikupiti antropometrijske podatke za dostupan broj ispitanica naše populacije te ih potom statistički obraditi.

Obzirom da je dio antropometrijskih podataka dostupan od ranije, izvršit ćemo mjerenja onih izmjera koje se mogu pokazati kao korisne, a nisu dostupne iz postojećih. Obzirom da je primarna namjera ove analize utvrđivanje koeficijenata korelacije među izmjerama, i to nekih poznatih i onih koje tek namjeravamo prikupiti, navodimo popis:

- Dob ispitanice
- Stojeća visina tijela ispitanice
- Ukupna masa tijela ispitanice
- Opseg gornjeg trupa ispod prsiju- opseg prsnog koša
- Najveći opseg gornjeg trupa- opseg gornjeg trupa
- Veličina košarice grudnjaka- standardizirani volumen.

Iz ovoga je lako uočiti da nabrojane podatke možemo razvrstati na one koje mjerimo, te na one koje prikupljamo usmeno. Kako je vidljivo, stojeća visina ispitanica i njihova ukupna masa tijela podaci su iz kojih se primjenom poznatih odnosa lako mogu utvrditi antropometrijske izmjere ispitanica te njihove segmentalne mase, te istovremeno utvrditi pripadnost percentilskoj odnosno normalnoj Gausovoj razdiobi. Kao nove, mjerenjem ćemo utvrditi izmjere opsega prsnog koša kao i opsega gornjeg trupa, s namjerom utvrđivanja korelacijskih veza s ostalima. Osim toga, obzirom da nismo u mogućnosti istražiti i oblik i volumen grudiju, upotrijebit ćemo podatak o odjevnoj klasifikaciji, obzirom da se temelji na praktičnoj primjeni. I uz to, kao značajnu veličinu uzet ćemo i dob ispitanica, jer o tome također mogu ovisiti promjene odnosno odstupanja od očekivanih rezultata.

Svi podaci koje ćemo prikupiti mjerenjem, odnosno visinu ispitanica, njihovu masu, te navedene opsege, mjerit ćemo uvijek na isti način. Visinu ispitanica utvrdit ćemo vertikalnom centimetarskom skalom postavljenom na zidu, a visina će se utvrditi okomitom projekcijom najviše točke tijela na postavljenu mjernu skalu. Masu tijela ispitanica utvrdit ćemo običnom elektronskom vagom za

tu namjenu, gdje je masa zaokružena do najbliže vrijednosti. Preostale izmjere, odnosno opseg prsnog koša i gornjeg trupa prikupit ćemo korištenjem savitljivog metra, na približno istovjetnoj visini.

Iz nekih od podataka koje prikupimo, izračunat ćemo veličine za koje se očekuje da mogu igrati značajnu ulogu pri utvrđivanju korelacija antropometrijskih izmjera, odnosno podataka.

Kao individualnu značajku građe ispitanice izračunat ćemo indeks tjelesne mase (BMI- body mass index), koji se koristi pri utvrđivanju odstupanja od idealne građe za razmatranu visinu tijela, koja se računa prema izrazu:

$$BMI = \frac{m}{H^2}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

gdje je  $m$ , kg masa tijela ispitanika a  $H$ , m njegova ukupna stojeća visina. Očekuje se veza ove značajke s volumenom grudiju, obzirom da je poznato kako je dio građe grudiju upravo masno tkivo, koje je obično uzrokom većeg  $BMI$ . Nadalje, izračunat ćemo veličine koje proizlaze iz razlika izmjerenih opsega za gornji trup ispitanica, jer se očekuje da neka od njih može igrati značajnu ulogu u povezivanju s drugim antropometrijskim podacima. Kao prvu navodimo relativan omjer dvaju opsega  $r_o$ , koji prikazujemo u postotku, prema izrazu:

$$r_o = \frac{\text{opseg gornjeg trupa}}{\text{opseg prsnog koša}} \cdot 100 = \frac{O}{o} \cdot 100,$$

gdje je:

$r_o$  – relativni omjer opsega

$O$  – opseg gornjeg trupa, cm

$o$  – opseg prsnog koša, cm.

Vrijedi  $r_o > 100$ , jer je  $O > o$ . I na kraju, kao posljednju veličinu navodimo razliku opsega  $\Delta_o$ , koji računamo prema izrazu:

$$\Delta_o = O - o, \text{ cm}$$

gdje vrijedi  $\Delta_o > 0$ .

Postupak prikupljanja podataka je proveden kao anonimna anketa kojom su obuhvaćene 252 ispitanice, u rasponu dobi od 15 do 82 godine starosti, uz raspon visina od 147 do 184 cm. Anketa je provedena u ženskom učeničkom domu "Dora



Pejačević", Kennedyjev trg 3 te u Poliklinici za reumatske bolesti, fizikalnu medicinu i rehabilitaciju "dr. Drago Čop", Mihanovićeve 3, u Zagrebu.

Analiza se predviđa izvršiti za čitavu populaciju, bez podjela prema pripadnosti dobnoj skupini, raspodjeli antropomjera (percentili) odnosno neki drugačiji način. Pristup ispitanica mjernom stolu odnosno pretrazi predviđen je kao ravnopravan za sve, uz kratkotrajne i jednostavne prilagodbe, ukoliko su potrebne. Oblikovanje i dimenzije posebnog dijela mjernog stola pretpostavlja poznavanje razlika dimenzija gornjeg trupa žena kao i njihovu učestalost, što predstavlja polazno saznanje neophodno radi uvida u moguće probleme koje treba riješiti.

Obzirom da podatke dobivene putem ankete namjeravamo statistički obraditi u svrhu daljnjeg korištenja za potrebe ovog istraživanja, ukratko ćemo ponoviti osnovne pojmove statističke teorije i primjene [45, 46].

Matematička se statistika bavi metodama proučavanja i vrednovanja podataka koje utvrđujemo pokusima kako bismo ustanovili vjerojatne zakonitosti opaženih pojava i veličina koje ih predočavaju.

Započnimo s statističkom vjerojatnosti. Kažemo da je **relativna učestalost**  $p$  događaja A određena omjerom:

$$p = \frac{m}{n}$$

gdje su

$n$  - ukupni broj pokusa ili mjerenja

$m$  – učestalost pojavljivanja događaja ili vrijednosti A.

Lako je uočiti da se relativna učestalost kreće u rasponu

$$0 \leq p \leq 1$$

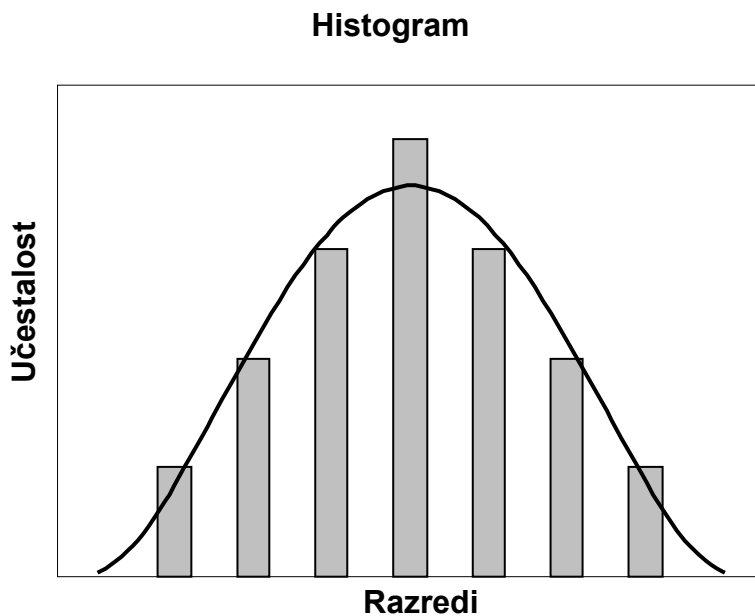
pri čemu vrijedi:

- za  $p = 0$  događaj nije moguć ( $m = 0$ )

- za  $p = 1$  događaj se zbiva uvijek ( $m = n$ ).

Ako je broj pokusa  $n$  veoma velik smatramo da je relativna učestalost  $p$  približno jednaka statističkoj vjerojatnosti događaja A pri svakom opažanju.

Nadalje, prikupljene se informacije mogu prikazati pomoću **razdiobe učestalosti**, najčešće u obliku dijagrama koji se naziva **histogram**. U njemu se na apscisu nanose karakteristike pokusa ili mjerene vrijednosti (događaj) dok se na ordinatu nanosi njihova učestalost, kao frekvencija pojavljivanja. Obzirom da se u nekim slučajevima može zbog točnosti mjerenja dobiti iznimno veliki broj veličina koje se nanose na apscisu, a bez značajnijeg poboljšavanja prikaza frekvencija, takve se vrijednosti grupiraju u razrede. Na taj se način svaki razred smatra događajem pripadajuće učestalosti. Slikom 57 prikazan je primjer histograma neke veličine, gdje se može uočiti kako se na ordinati nalaze učestalosti svakog od razreda promatrane veličine, dok su razredi redom postavljeni po veličini od najnižeg prema

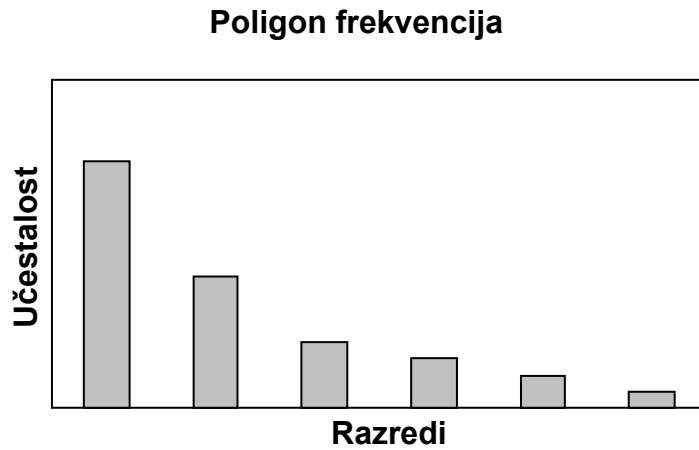


**Slika 57.** Prikaz histograma.

višim, tvoreći uspravne stupce. Kada se tako prikazani histogram pokuša upotrijebiti za prikaz zakonitosti razdiobe slučajne veličine za značajno veći broj razreda u istom rasponu vrijednosti, dobivamo prikazanu neprekidnu krivulju, kao zakonitosti razdiobe slučajne varijable.

Pored ovog načina prikaza razdiobe učestalosti koristi se i **poligon frekvencija** za koji je karakteristično da se vrijednosti frekvencija povežu izlomljenom krivuljom, bez obzira da li se po veličini slažu vrijednosti apscise ili ordinate (Slika 58).

Najznačajnije karakteristike prikupljenih vrijednosti neke izmjere, obilježja ili podatka iz uzorka populacije su prosječna vrijednost i varijanca. Obzirom da se konkretno radi o podacima odnosno antropometrijskim izmjerama naše populacije



**Slika 58.** Primjer poligona frekvencija.

žena, to će se uglavnom raditi upravo o obradi tih veličina, koje ćemo općim nazivom imenovati antropometrijskim obilježjima tijela.

**Aritmetička sredina**  $\bar{x}$  je broj oko kojeg su nanizane pokusima utvrđene vrijednosti promatrane veličine- obilježja subjekta, a računa se prema izrazu:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

gdje su

$n$  - ukupni broj mjerenja

$x_i$  - vrijednost promatranog obilježja pri  $i$ - tom od  $n$  mjerenja.

**Varijanca** odnosno **mjera rasapa**  $s^2$  je dobivena prosječna vrijednost sume kvadrata odstupanja promatrane veličine  $x_i$  od njene aritmetičke sredine  $\bar{x}$ , a računa se prema izrazu:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

dok za čitavu populaciju vrijedi:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 .$$

**Standardnom devijacijom** SD predočenu oznakom  $s$  podrazumijeva se realni korijen mjere rasapa:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} ,$$

te za čitavu populaciju prelazi u:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} .$$

#### Regresija i korelacija

Međuzavisnost se rezultata utvrđenih pokusom može općenito iskazati pomoću krivulje s odgovarajućim apscisama i ordinatama. Ovakva se krivulja naziva regresijskom krivuljom promatranih vrijednosti. Ona na nekakav način pokazuje stohastičku zavisnost ili korelaciju. Na ovaj se način dva obilježja kao veličine istoga subjekta prikazuju kao par  $(x, y)$  tvoreći  $n$  točaka u **dijagramu rasprostiranja**, gdje je  $n$  ukupni broj subjekata čija su obilježja uzeta u razmatranje. Iz oblika dijagrama rasprostiranja moguće je otkriti njihovu međusobnu zavisnost. Općenito bi se moglo reći da kod stroge stohastičke ovisnosti sve točke dijagrama rasprostiranja leže na istoj krivulji. Ako se s druge strane ne može sve parove povezati istom krivuljom, tada je riječ o labavijoj vezi i to tim više što su točke dijagrama rasprostiranja raspršenije, te se više radi o labavoj stohastičkoj vezi dvaju promatranih obilježja, iz koje proistječe nemogućnost predviđanja rezultata.

Ocjenu stohastičke veze moguće je mjeriti **koeficijentom korelacije**  $r$  koji se računa prema izrazu:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

gdje su:

$\bar{x}$  - aritmetička sredina obilježja  $x$

$\bar{y}$  - aritmetička sredina obilježja  $y$

$x_i$  -  $i$ -ta od  $n$  vrijednosti obilježja  $x$

$y_i$  -  $i$ -ta od  $n$  vrijednosti obilježja  $y$ ,

a vrijedi:  $-1 \leq r \leq 1$ .

Kao ekstremni slučajevi koeficijenta korelacije uzimaju se vrijednosti 1 i -1, gdje je funkcijska veza pravac postavljen uzlazno, odnosno silazno. Još jedan poseban slučaj ove značajke je vrijednost 0 kada se može reći da nema međuovisnosti što pokazuje horizontalan ili vertikalni pravac.

### 3.2 Rezultati statističke obrade podataka

Veličina		Dob	Visina	Masa tijela
Oznaka		$d$	$H$	$m$
Mjerna jedinica		godina	cm	kg
Najmanji iznos	$x_{\min}$	15	147	42
Najveći iznos	$x_{\max}$	82	184	118
Raspon	$x_{\max} - x_{\min}$	67	37	76
Prosječna vrijednost	$\bar{x}$	43,917	164,778	68,115
Standardna devijacija	$s$	18,026	6,292	13,015
Mjera rasapa	$s^2$	324,953	39,584	169,401
Standardna greška	$\varepsilon$	1,136	0,396	0,820
Veličina		Opseg prsnog koša	Opseg gornjeg trupa	Indeks tjelesne mase
Oznaka		$o$	$O$	$BMI$
Mjerna jedinica		cm	cm	kg/m <sup>2</sup>
Najmanji iznos	$x_{\min}$	65	70	16,004
Najveći iznos	$x_{\max}$	125,000	138,000	43,873
Raspon	$x_{\max} - x_{\min}$	60,000	68,000	27,869
Prosječna vrijednost	$\bar{x}$	86,056	98,117	25,141
Standardna devijacija	$s$	11,197	12,295	4,911
Mjera rasapa	$s^2$	125,379	151,165	24,117
Standardna greška	$\varepsilon$	0,705	0,775	0,309
Veličina		Razlika opsega	Omjer opsega	Veličina košarice
Oznaka		$\Delta_o = O - o$	$r_o = (O/o) \times 100$	
Mjerna jedinica		cm	%	-
Najmanji iznos	$x_{\min}$	5	105,556	1
Najveći iznos	$x_{\max}$	25	130,120	4
Raspon	$x_{\max} - x_{\min}$	20	24,565	3
Prosječna vrijednost	$\bar{x}$	12,062	114,155	2,206
Standardna devijacija	$s$	3,753	4,550	0,678
Mjera rasapa	$s^2$	14,083	20,703	0,459
Standardna greška	$\varepsilon$	0,236	0,287	0,043

**Tablica 7.** Prikaz statistički obrađenih podataka provedene ankete uz najznačajnije veličine.

### III Antropometrijska analiza gornjeg trupa ispitanica

U Tablici 7. navode se rezultati statističke analize podataka prikupljenih anketom uz ranije navedena proširenja, predstavljena uvedenim veličinama odnosno značajkama. Daljnja se obrada podataka žena naše populacije obuhvaćenih anketom provodi radi pokušaja uspostavljanja funkcijskih međuovisnosti nekih od parova obilježja odnosno izmjera koje bi mogle biti u takvoj vezi.

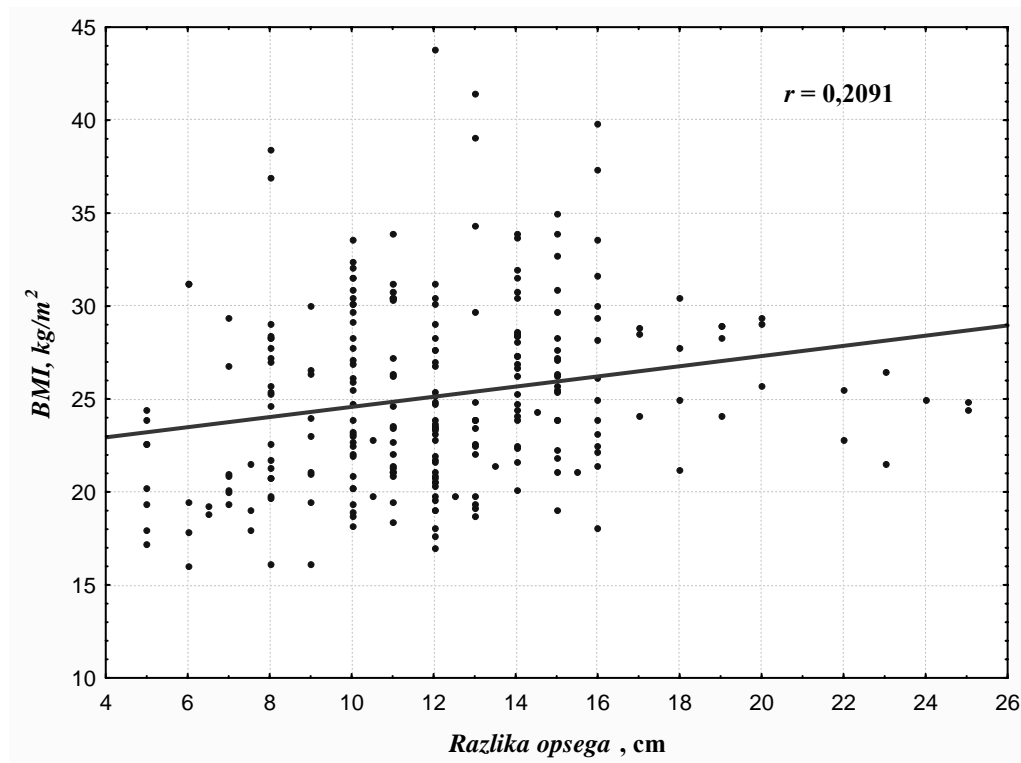
Za odabrane parove podataka izvršen je Pearsonov test funkcijske međuovisnosti- korelacije, ponajprije s namjerom da se dovedu u funkcijsku vezu, čime bi se dalje takva veza mogla primjenjivati pri formiranju antropodinamičkih modela, kakav je slučaj s harmonijskom kružnicom i antropometrijskim veličinama koje iz nje proizlaze. Tablica 8. prikazuje rezultate Pearsonovog testa funkcijske međuovisnosti- korelacija, u obliku matrice. Iz matrice koeficijenata korelacija (međuovisnosti), prikazane Tablicom 8, uočljivo je kako nismo provodili usporedbe svih veličina, već samo onih parova čija se veza pretpostavlja zanimljivom. Uz to, vrijednosti međuovisnosti kreću se od apsolutnih vrijednosti bliskih 0 pa sve do nešto više od 0.6, što ukazuje da se radi o manje ili više labavim ovisnostima, što nadalje znači da je moguće zaključiti kako je iz ovako provedene obrade teško

	Razlika opsega	Indeks mase tijela	Visina ispitanica	Omjer opsega	Masa ispitanica	Opseg prsnog koša	Dob ispitanica	Veličina košarica
	cm	kg/m <sup>2</sup>	cm	%	kg	cm	godina	-
	$\Delta o$	BMI	H	$r_o$	m	o	d	k
$\Delta o$	1,0000	0,2091	-0,0357	x	x	x	0,1664	0,4352
BMI		1,0000	x	-0,1196	x	x	0,6154	0,4416
H			1,0000	-0,0273	0,1468	-0,0346	x	-0,1041
$r_o$				1,0000	x	x	-0,0582	0,2842
m					1,0000	x	x	0,4138
o						1,0000	x	0,3899
d							1,0000	0,2956
k								1,0000

Tablica 8. Koeficijenti korelacije  $r$  među parovima značajki uzetih u razmatranje.

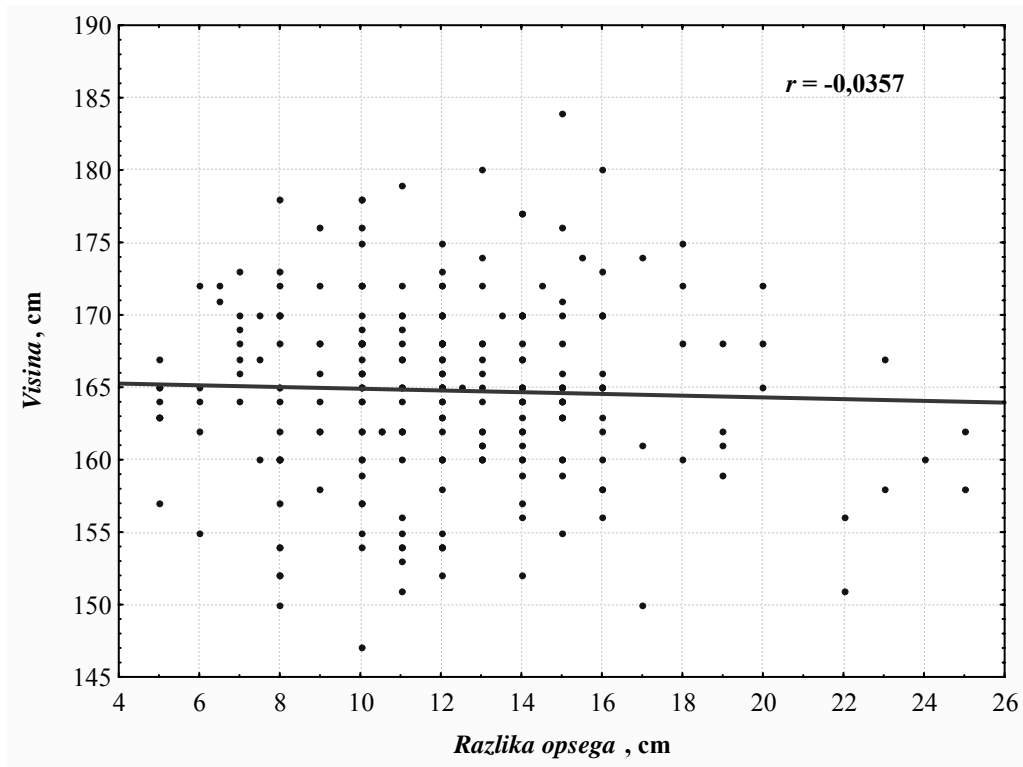
izlučiti neku značajniju linearnu odnosno pouzdaniju međuovisnost dvaju promatranih veličina. Na ovaj način provedena analiza, odnosno za obuhvaćenu populaciju žena, ne opravdava ideju da je moguće izravnim putem povezati poznate značajke antropomjera s onima pripadnim gornjem trupu žena - opsegom ili obujmom grudiju. Razdvajanje odnosno podjela u skupine prema nekom kriteriju mogla bi se pokazati korisnom, ali na taj način rezultat postaje ograničen samo za takvu skupinu, što nije naša namjera. Također, ova analiza ne uzima u obzir dobne razlike, što se u prvom redu odnosi na žene u razvoju, odnosno one u postmenoperiodu.

U nastavku se navode dijagrami rasprostiranja uspoređivanih veličina s utvrđenim vrijednostima linearne korelacijske međuovisnosti, na kojima se još navode i koeficijenti korelacije utvrđeni za razmatrani par značajki, ponajprije radi preglednosti.

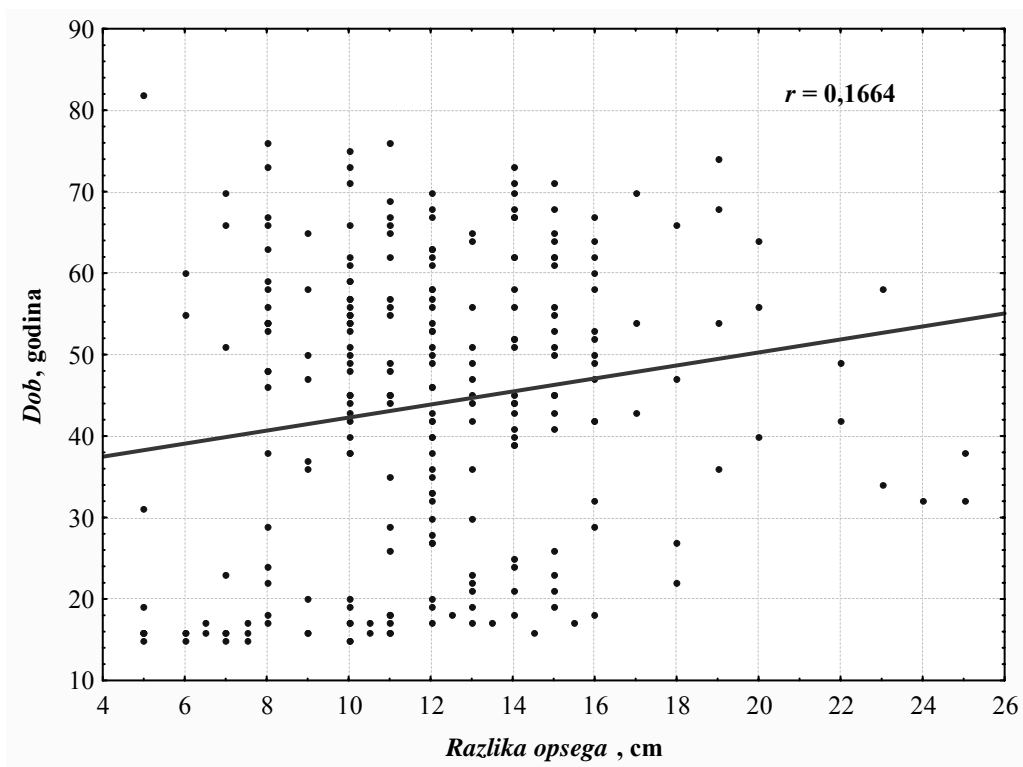


**Slika 59.** Dijagram rasprostiranja BMI spram razlike opsega.

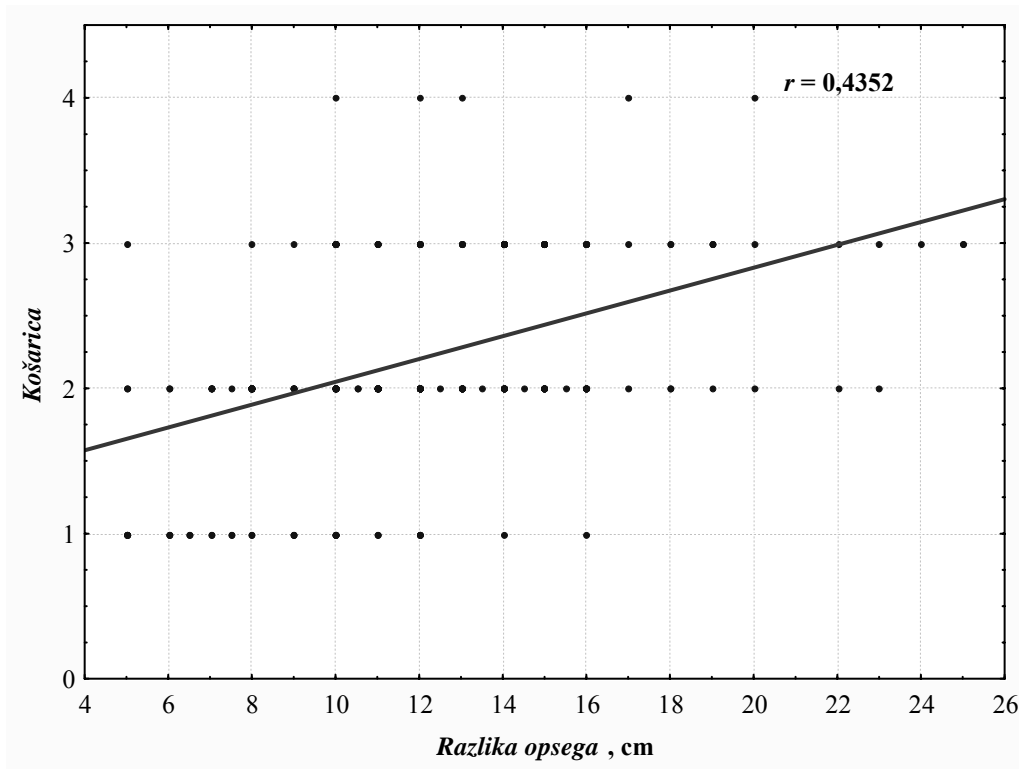




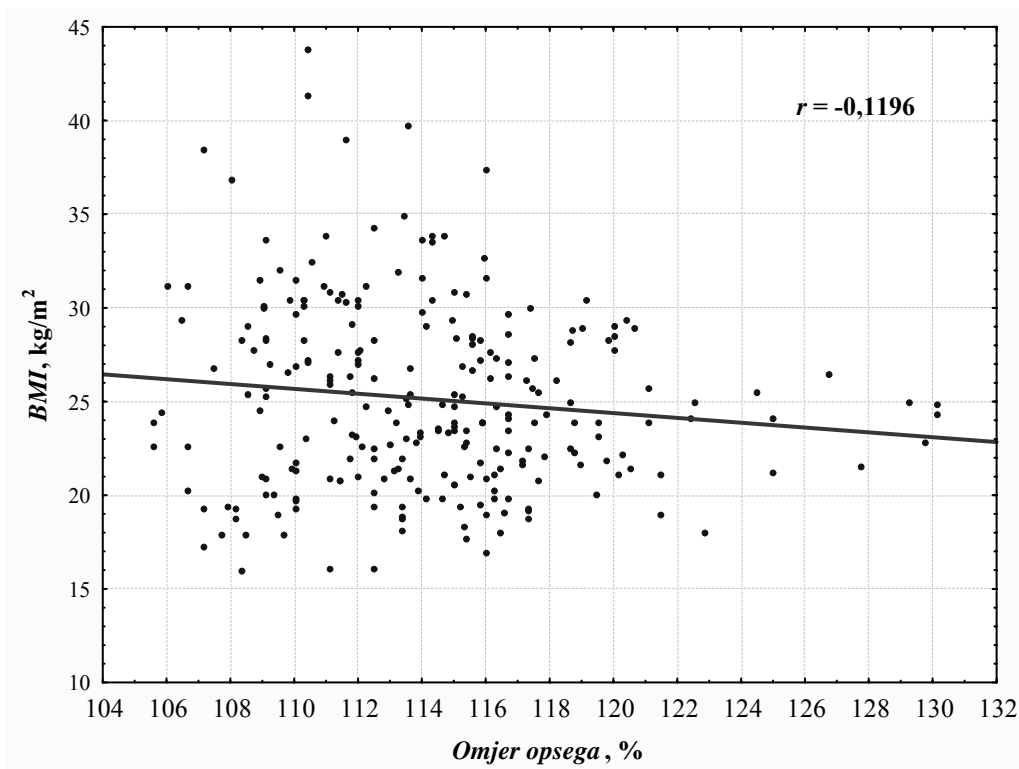
Slika 60. Dijagram rasprostiranja visine spram razlike opsega.



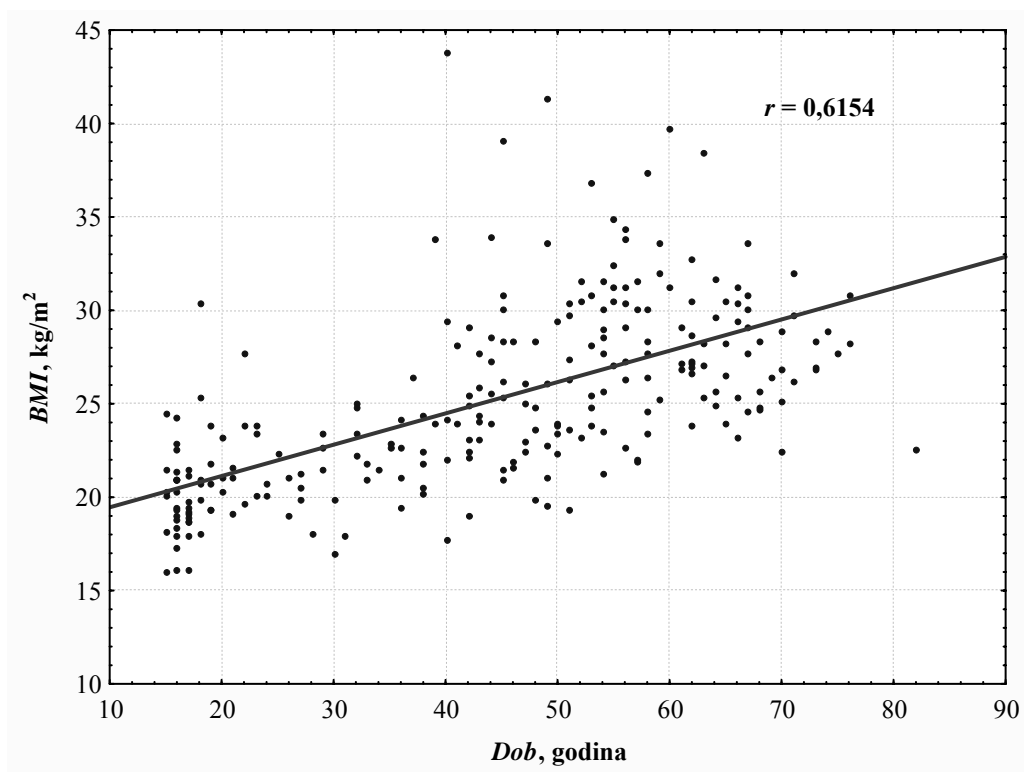
Slika 61. Dijagram rasprostiranja razlike opsega spram dobi.



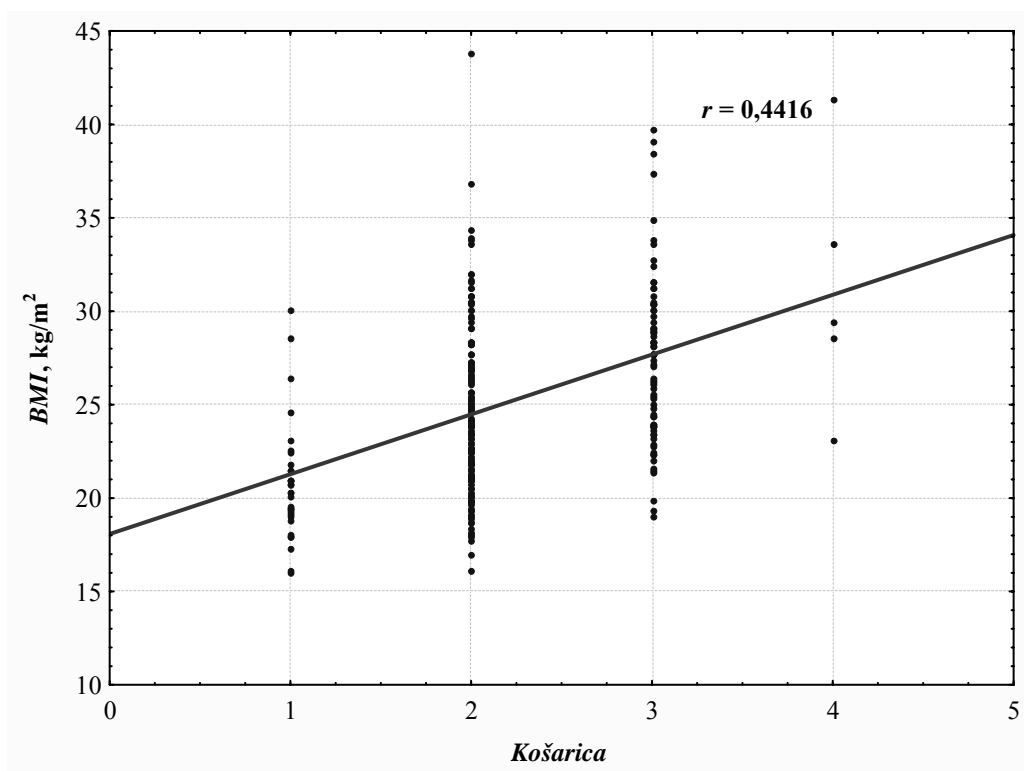
Slika 62. Dijagram rasprostiranja veličine košarice spram razlike opsega.



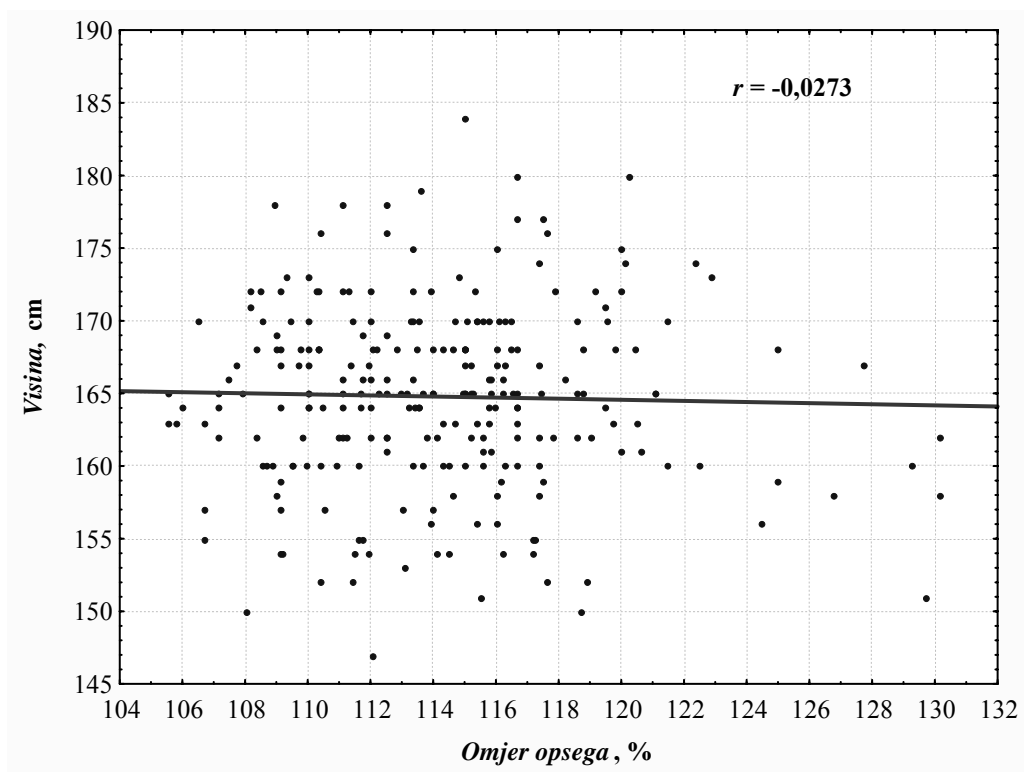
Slika 63. Dijagram rasprostiranja BMI spram omjera opsega.



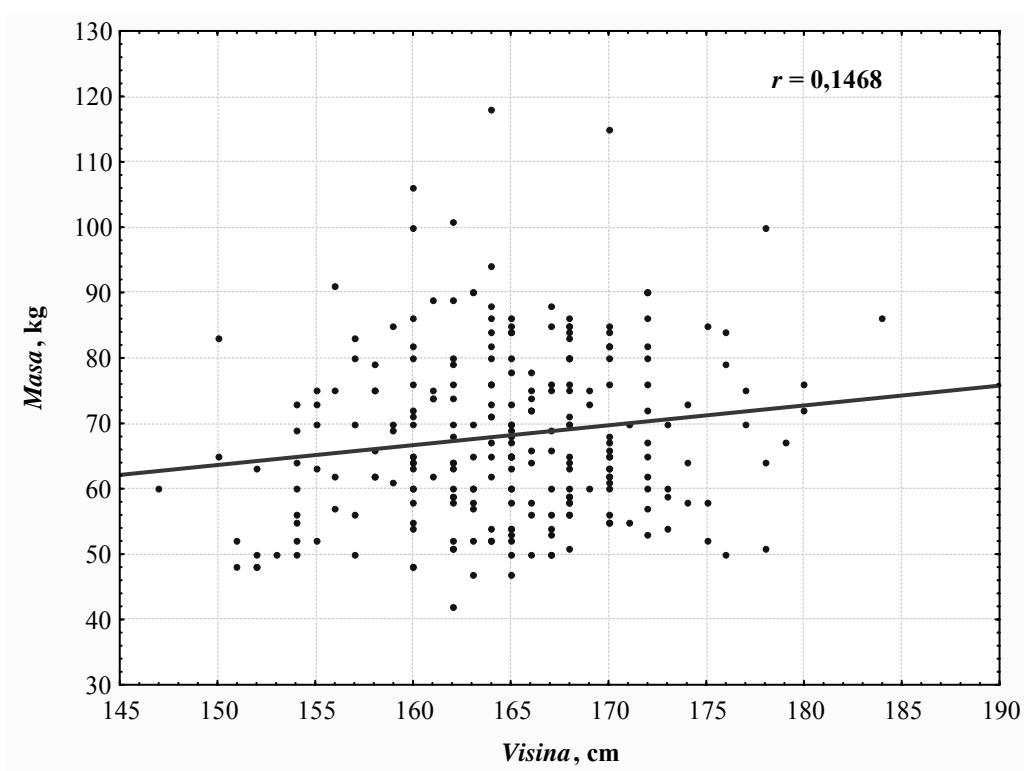
Slika 64. Dijagram rasprostiranja BMI u ovisnosti o dobi.



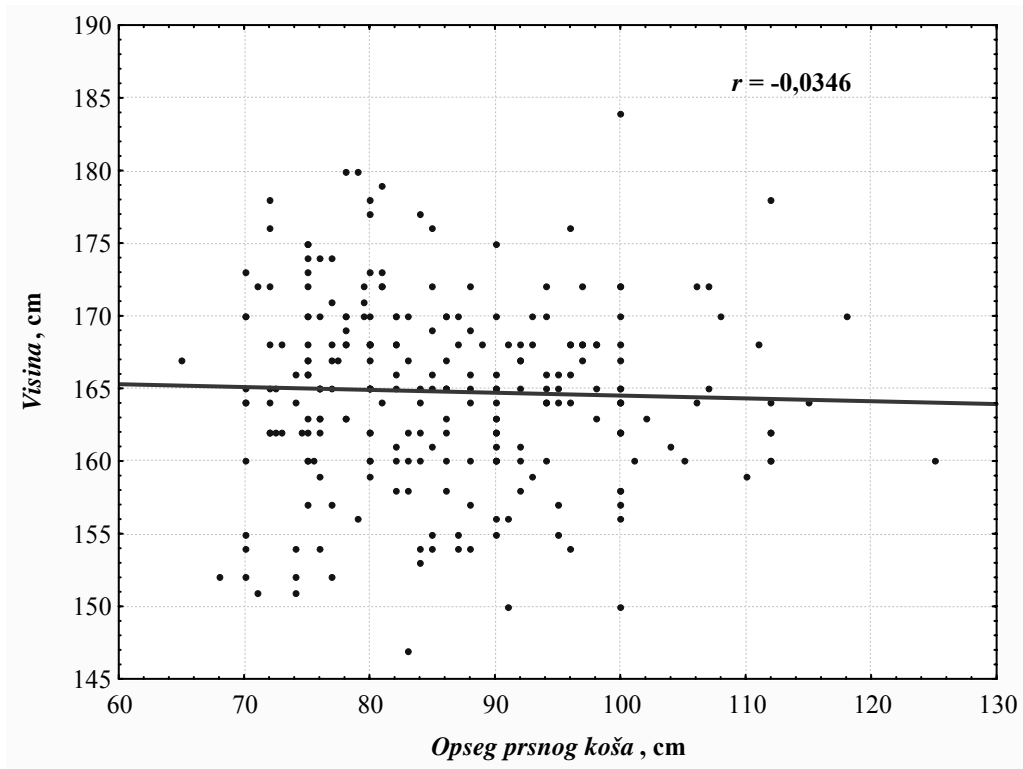
Slika 65. Dijagram rasprostiranja BMI spram veličine košarice.



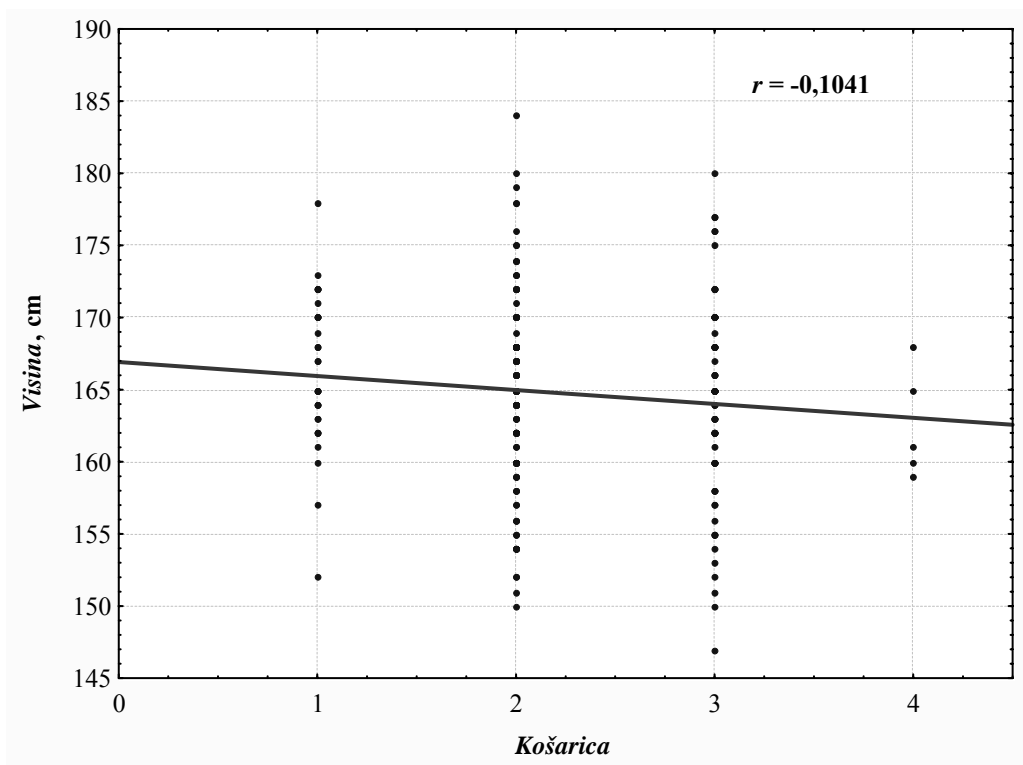
Slika 66. Dijagram rasprostiranja visine spram omjera opsega.



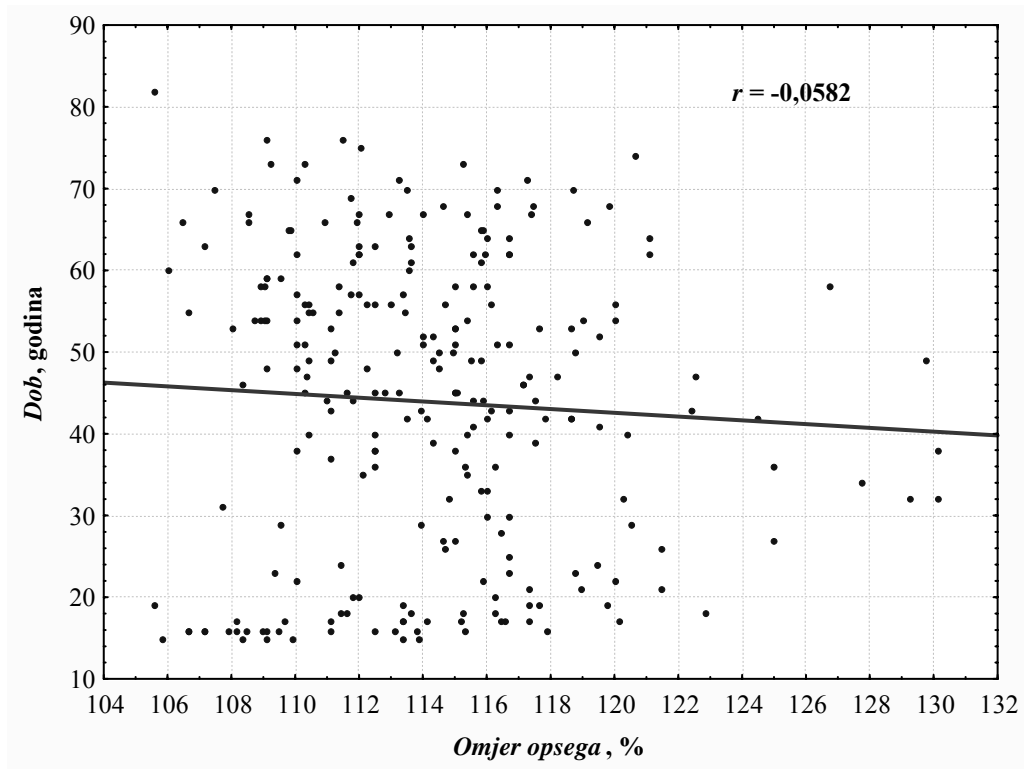
Slika 67. Dijagram rasprostiranja visine spram mase tijela.



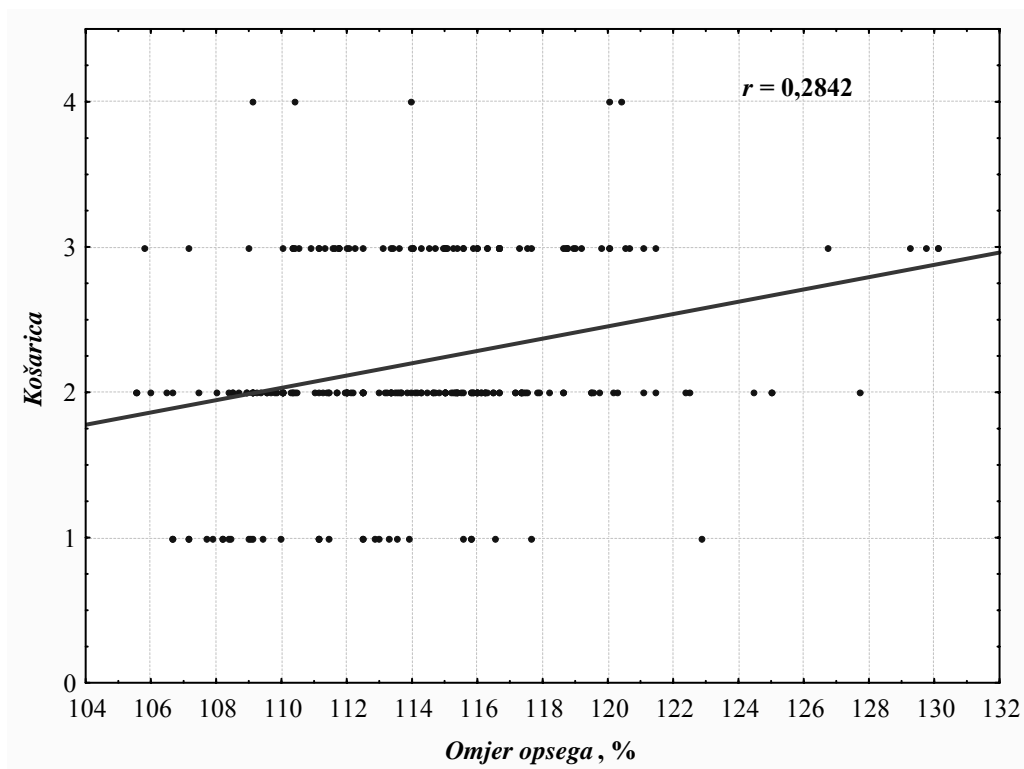
Slika 68. Dijagram rasprostranja visine spram opsega prsnog koša.



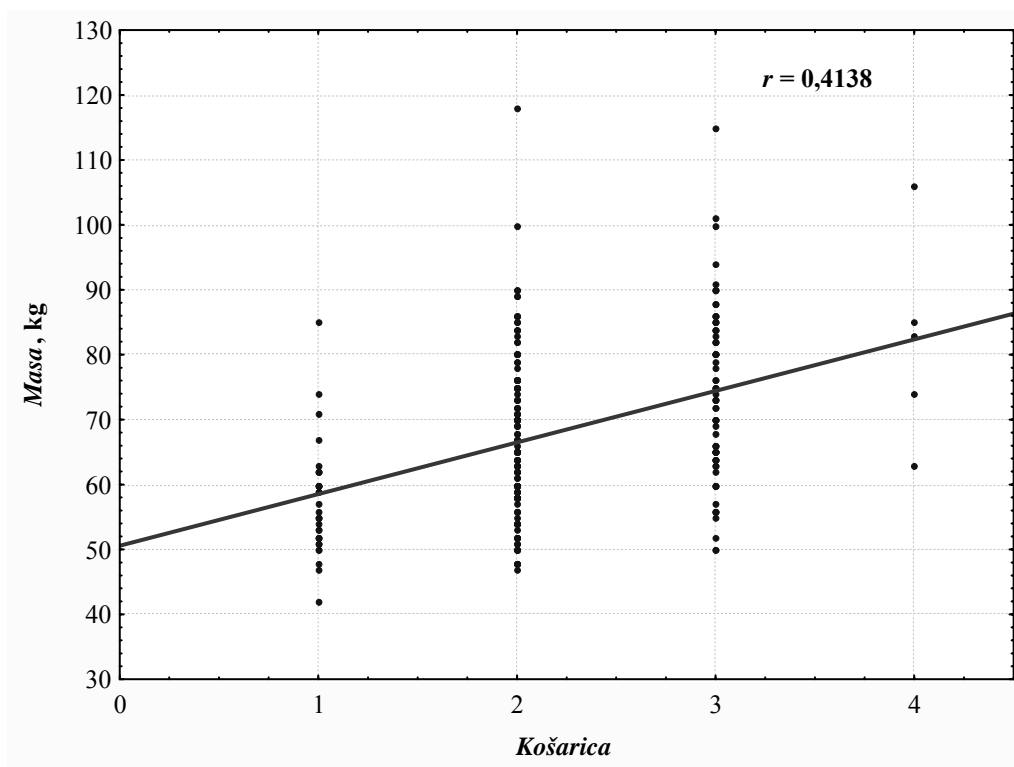
Slika 69. Dijagram rasprostranja visine tijela spram veličine košarice.



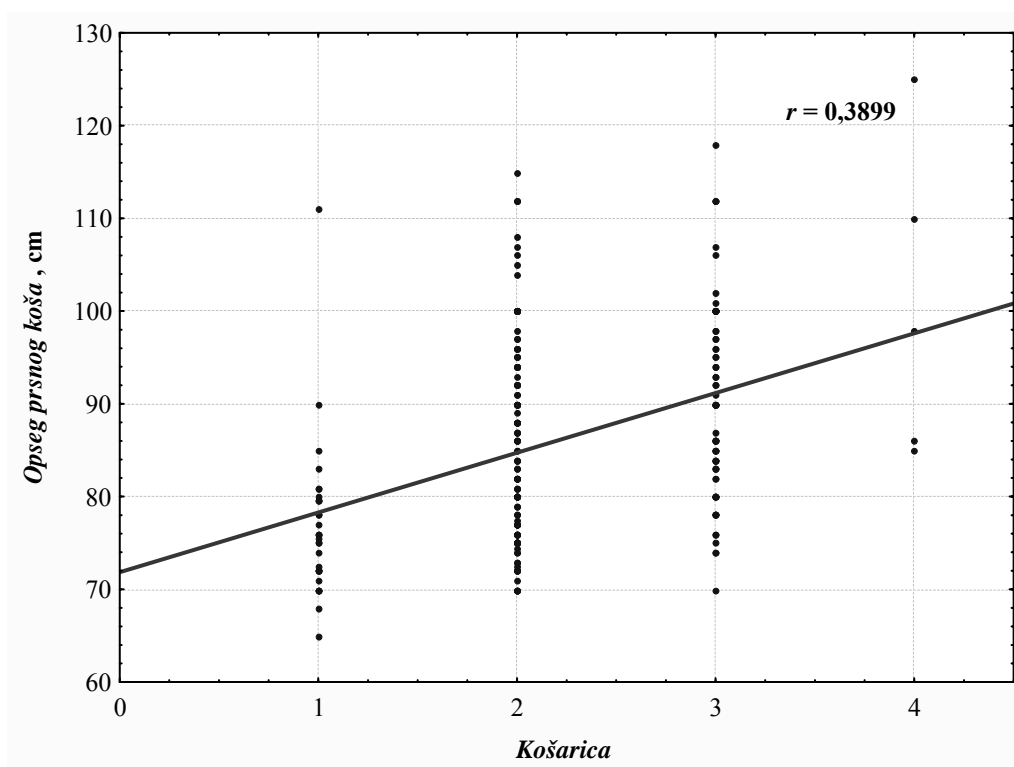
Slika 70. Dijagram rasprostiranja dobi ispitanica spram omjera opsega.



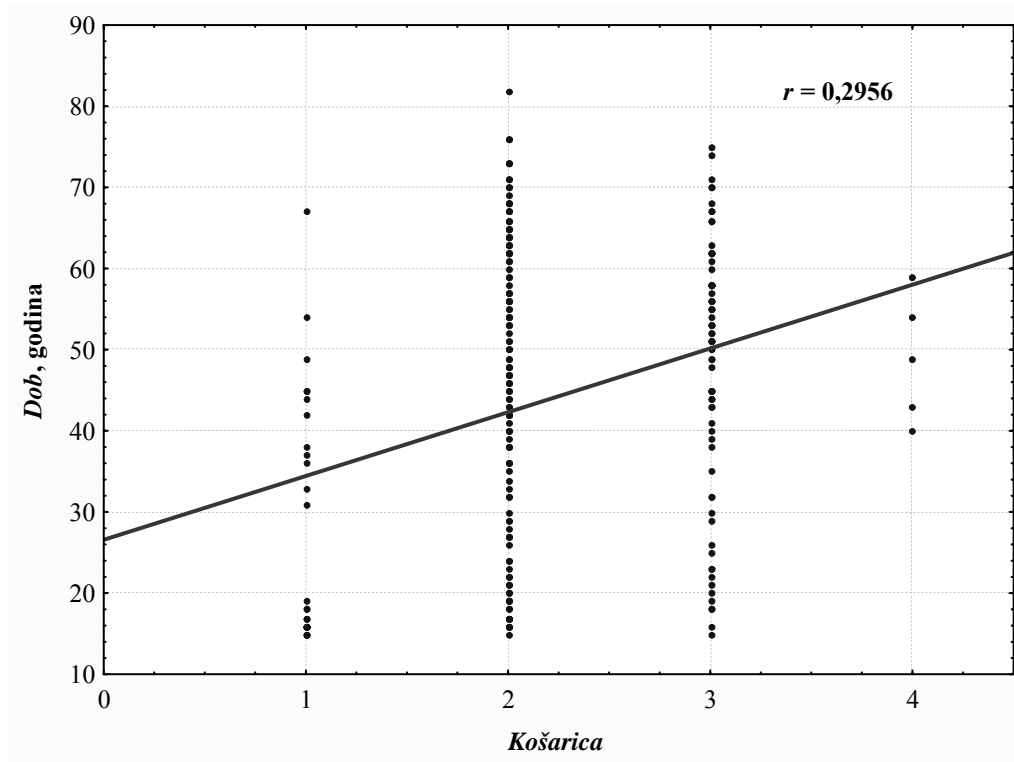
Slika 71. Dijagram rasprostiranja veličine košarice spram omjera opsega.



Slika 72. Dijagram rasprostiranja mase tijela spram veličine košarice.



Slika 73. Dijagram rasprostiranja opsega prsnog koša spram veličine košarice.



**Slika 74.** Dijagram rasprostiranja dobi ispitanice spram veličine košarice.

Obzirom da se utvrđivanje koeficijenta korelacije zasniva na pokušaju uspostavljanja linearne izravne ovisnosti, koji kako je vidljivo iz Tablice 8 nije polučio zadovoljavajuće rezultate, slijedi da se radi o dosta labavoj stohastičkoj povezanosti među razmatranim parovima značajki, čiju međuovisnost nije moguće prikazati funkcijski.

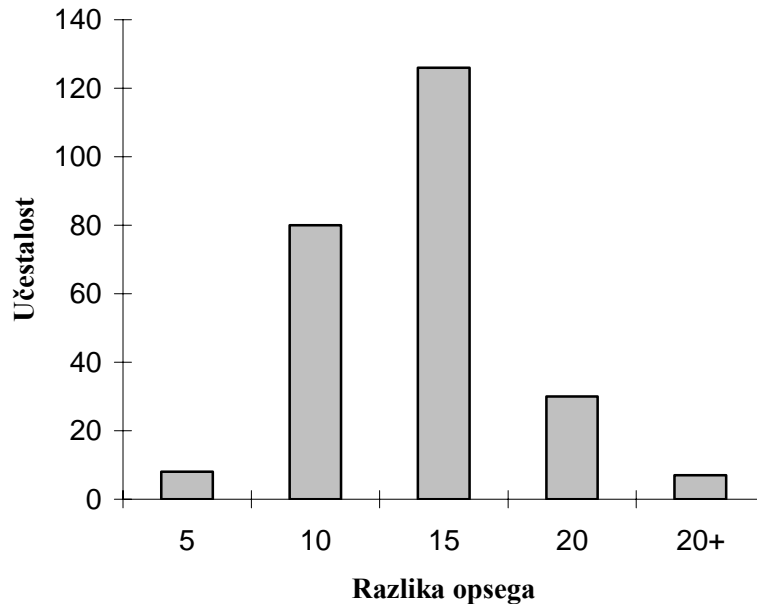
Zaključit ćemo kako na ovaj način, odnosno izravnom statističkom obradom podataka pripadnih obuhvaćenoj populaciji žena nije moguće dokazati niti jednu pouzdaniju funkcijsku međuovisnost, iako neki parovi pokazuju kako bi se njihove veze mogle istražiti uz neke druge polazne pretpostavke. Iz toga slijedi da nije potvrđena pretpostavka o izravnoj ovisnosti poznatih antropometrijskih statističkih razdioba s ovom dosada nepoznatom statističkom raspodjelom za specifični gornji dio trupa žena.

Najznačajniji podatak dobiven na ovaj način je da veličina košarice, odnosno obujam koji predstavlja vrlo malo korelira s visinom ispitanice, dok se u tom smislu kao korisna informacija iskazao indeks tjelesne mase.

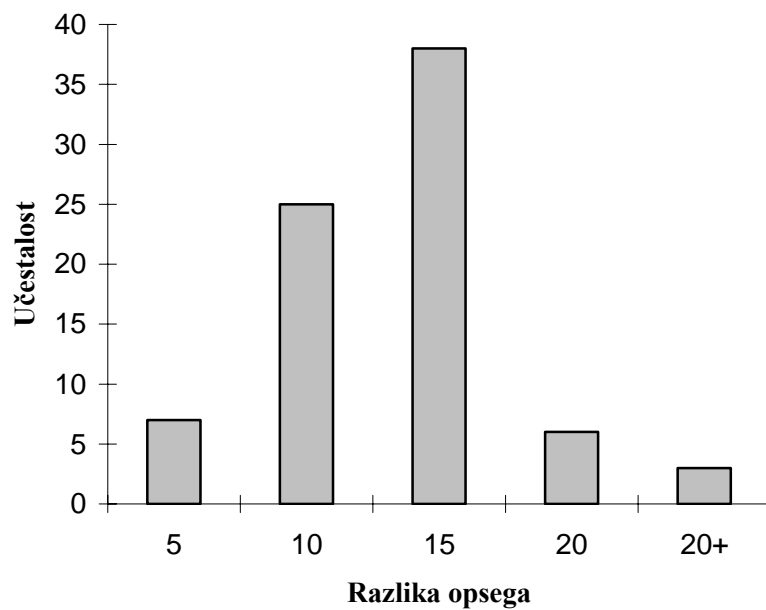


Moguće je zaključiti samo to da su podaci o ovom dijelu tijela podložni vlastitoj statističkoj razdiobi, dok se funkcijska veza s drugim značajkama odnosno izmjerama tijela žena ne može na ovaj način utvrditi, a međuovisnost se smatra stohastičkom.

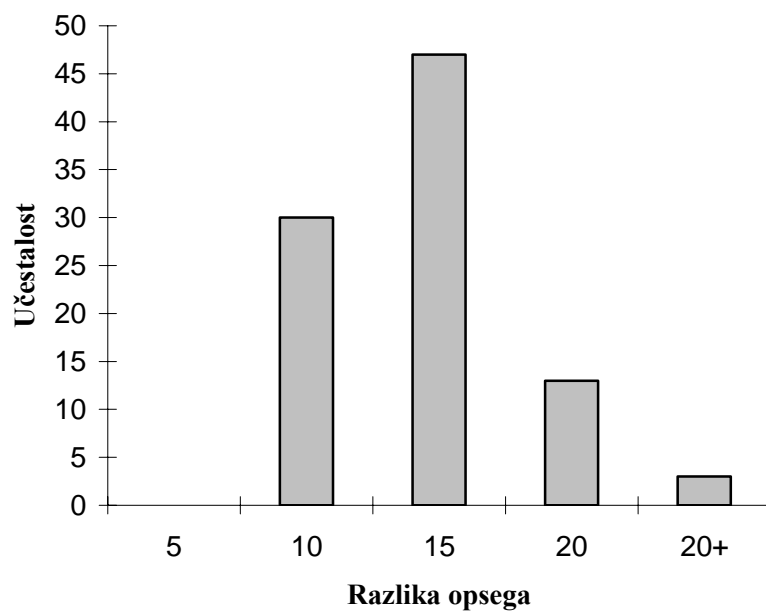
I na kraju, iz obrade podataka još ćemo priložiti histograme koji se odnose na razliku opsega gornjeg dijela trupa žena, kao podatka koji je karakterističan podatak potencijalno zanimljiv u daljnjim razmatranjima. Kao što se može vidjeti, učestalost se najbrojnije klase razlike opsega (ujedno i središnje) za sve dobne skupine ali i ukupno podudara, što nadalje znači da se ne može govoriti o dobnoj ovisnosti izmjera vezanih uz veličinu košarice niti volumena grudiju žena. Uz to, samo spomenimo da su klase razlika razvrstane u 5 proizvoljno odabranih skupina, pravilno distribuiranih svakih 5 centimetara razlike opsega. Ako se pokaže potreba, može se istražiti veza te podjele s izborom košarica, no zasada nije primarno o tome voditi računa.



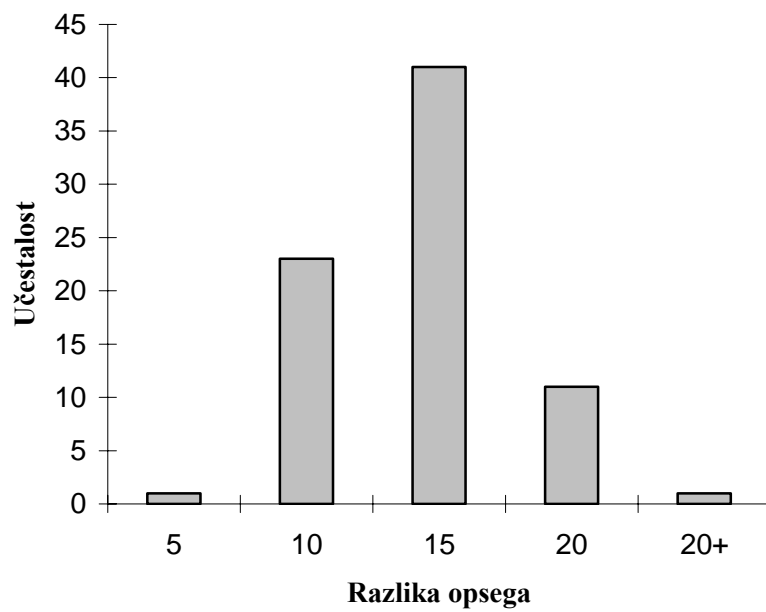
**Slika 75.** Učestalost klasa razlika opsega  $r_0$  za sve ispitanice.



Slika 76. Učestalost klasa razlika opsega za ispitanice u dobi od 15 do 35 godina.



Slika 77. Učestalost klasa razlika opsega za ispitanice u dobi od 36 do 56 godina.



**Slika 78.** Učestalost klasa razlika opsega za ispitanice u dobi preko 56 godina.

# IV

## Primjena silikonskog međusloja

Kako je već ranije rečeno, opisani postupak pretrage uključuje primjenu međusloja koji bi se trebao izraditi od silikona. Svrha takvog međusloja također je opisana, ali samo ukratko radi uvida u postavljeni zamisao. Prije nego nastavimo s potragom za odgovorom na pitanje mogućnosti ostvarivanja odgovarajuće slike preko silikonskog međusloja, detaljnije ćemo opisati njegovu svrhu.

Utvdili smo kako je građa gornjeg trupa individualna, odnosno nije uočena funkcijska veza visine, dobi, mase, opsega trupa i drugih razmatranih veličina spram oblika, odnosno volumena grudiju žena. U literaturi je također moguće pronaći slične podatke, odnosno ovaj specifični dio tijela razmatra se neovisno o drugim antropomjerama žena, kao i njihovoj dobi. Iz ovoga slijedi da postojeće razlike i uočena neovisnost predstavljaju utjecajnu prepreku u ostvarivanju zamisli automatizirane pretrage ultrazvukom. Naime, ideja da se automatiziranim vođenjem ultrazvučne sonde izvrši pretraga, u ovom slučaju nailazi na problem zadržavanja adekvatnog dodira s tkivom ispitanice, neophodnog za stvaranje prikladne dijagnostičke slike. Praćenje neutvrđene individualne geometrije, koja je uz to i različitih mehaničkih svojstava, u prvom redu deformabilnosti, i još uz to uvijek na isti način, čini se neostvariva. Postavljanje međusloja predstavlja pokušaj rješavanja ovih problema, ponajprije jer bi inače nepovoljna deformabilnost grudiju na ovaj način postala pogodnost, gdje bi takav međusloj omogućio deformaciju grudiju prema površini i obliku te svojstvima istoga, a s druge strane ultrazvučnom sondom bi se značajno lakše mogla definirati ispitna ploha. Predviđa se da bi i silikonski međusloj mogao biti deformabilan radi praćenja deformiranog oblika grudiju, ali ne u takvim razmjerima, ponajprije zbog dodira s ultrazvučnom sondom. I uz to, korištenje skupog gela potrebnog za provođenje ultrazvučnih pretraga u nekoj mjeri bi se umanjila. Naravno, obzirom da je silikonski međusloj zamišljen kao element posebnog dijela stola za pretragu, treba ga dimenzionirati i utvrditi njegov oblik i

svojstva za konačno rješenje stola za pretragu. Ovdje se ne bavimo njegovim dimenzijama ili potrebnim oblikom, već istražujemo mogućnost da se preko njega ostvari odgovarajuća dijagnostička slika za primjenu ultrazvuka. Iz tog razloga, obzirom da postoji čitav niz raznih silikonskih masa a nisu poznati ultrazvučni uređaji putem kojih se pretraga može provesti, ovu mogućnost utvrdit ćemo primjenom postojećih ultrazvučnih uređaja i dostupnih silikonskih masa.

### 4.1 Postupak utvrđivanja mogućnosti primjene silikonskog međusloja

Kako je rečeno, potragu za odgovorom na postavljeno pitanje izvršit ćemo postojećim i dostupnim dijagnostičkim ultrazvučnim mjernim sustavom General Electric LOGIQ 400 CL, koji omogućava primjenu u kardiologiji, urologiji, kirurgiji i drugdje, odnosno u brojnim kliničkim slučajevima. Smatra se jednim od najnaprednijih uređaja iz obitelji sa visokom kvalitetom prikaza te poboljšanim mogućnostima korištenja. Također, u dodatnoj opremi sadrži i tri različite ultrazvučne sonde, upravo zbog širine spektra primjene, a također je moguće ovaj izbor na razne načine kombinirati.



**Slika 79.** Prikaz ultrazvučnog uređaja LOGIQ 400 CL u prostoriji za pretragu.

Slika 79 prikazuje mjerni uređaj i stol na koji pacijenti naliježu. Mjernu ultrazvučnu sondu C364, koja je kako je moguće vidjeti sa Slike 80, ovalnog oblika, duguljaste mjerne konture, koja omogućava radne frekvencije emitiranja ultrazvuka u rasponu 2,5-5 MHz, a koristi se pored ostalog za abdomen. Pretraga je zamišljena kao pregled primjenom opisanog uređaja i to sa silikonskim međuslojem i bez njega, odabrane lokacije na tijelu ispitanika.



**Slika 80.** Prikaz korištene mjerne sonde C364.

Spomenuti gel bit će korišten neovisno o primjeni međusloja, kako ne bi došlo do pojave neželjenih zračnih mjehurića, ali i da bi postojao primjeren dodir s tijelom te se umanjilo trenje. Pretragu je omogućio i izvršio dr. Zaky Ahel u poliklinici ZAKY, Vlačka 102. Pretraga je izvršena na dijelu tijela koji omogućava dijagnostički pregled bubrega kao nešto dublje smještenog organa, čime se namjerava uočiti da li je moguće dobiti sliku čak i ovom slučaju. Naime, pretraga dublje smještenog organa može biti onemogućena ako silikonski međusloj predstavlja prigušujuću prepreku, što za organe smještene bliže površini tijela ne mora biti slučaj.

Namjeravamo utvrditi da li je moguće doći do nalaza preko silikonskog međusloja, što treba zaključiti na temelju dobivenih slika, vizualno. Silikonska masa uzeta je iz svakodnevne prakse (Slika 81), odnosno radi se o tekućoj silikonskoj masi u formi tankog jastučića, koja je zbog tekućeg ispunjenja deformabilna, čime je olakšano poprimanje oblika tijela na kojega je postavljeno, što je od važnosti za omogućavanje adekvatnog dodira ultrazvučne sonde preko njega.



**Slika 81.** Prikaz primijenjenog silikonskog elementa.

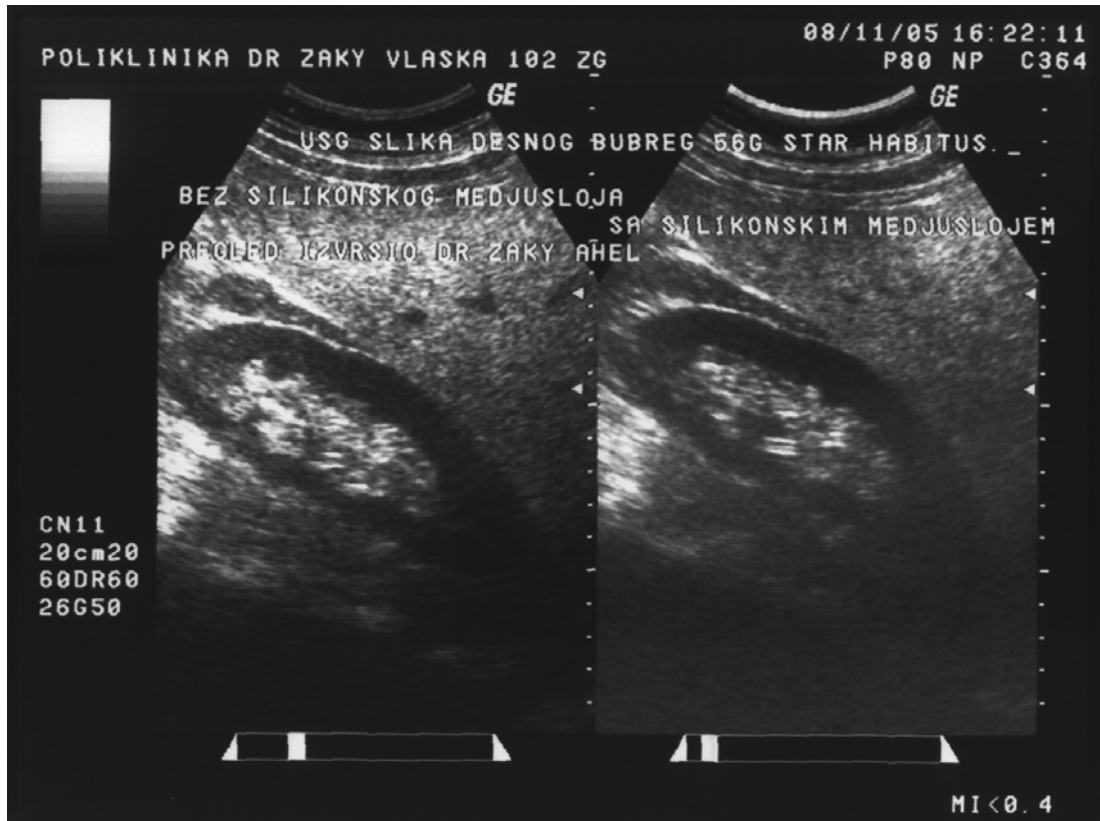
Zbog postojanja čitavog mnoštva silikonskih masa pri tumačenju rezultata treba imati u vidu razlike u svojstvima, posebice propusnosti ultrazvučnog snopa, a daljnja analiza imala bi smisla tek u slučaju postojanja traženog ultrazvučnog uređaja. Tada bi bilo moguće pouzdanije istražiti spregu ultrazvučnog uređaja s primjenom silikonskog međusloja, ovaj puta izričito namijenjenog za ovu svrhu.

## 4.2 Rezultati pretrage

Pretraga je izvršena pregledom desnog bubrega asimptomatskog muškarca starosne dobi 56 godina, gdje je pregled proveden bez međusloja, a potom i sa njime, što je prikazano na Slici 82.

Lako je uočiti da je razlika prisutna u kontrastu među prikazima, ali i u nestajanju nekih od svjetlijih područja u volumenu bubrega. Iz toga slijedi da se dio razlučivosti slike gubi postavljanjem međusloja, ali možemo reći da je ostvarivanje dijagnostičke slike preko korištenog silikonskog međusloja moguće, iako je bez daljnje analize za oba slučaja nemoguće izreći njegovu pouzdanost, razlučivost te točnost nalaza. Ovdje je od važnosti spomenuti da se radi o dijelu tijela koji je pretraživan preko abdominalne stjenke, a smješten je dublje unutar iste. Raznim varijacijama primjene, počevši od izbora mjerne sonde, pretraživanog tkiva i njegove specifičnosti pa sve do raznih silikonskih masa, moguće je očekivati i odstupanja rezultata.

Zaključno, korišteni sustav ultrazvuk- silikonski međusloj omogućava stvaranje slike pretraživanog tkiva, što načelno znači da u smislu primjene u zamišljenoj pretrazi ne predstavlja zapreku.



**Slika 82.** Prikaz ultrazvučne slike desnog bubrega, i to uz primjenu međusloja i bez njega





# Zaključak

## 5.1 Rasprava

Namjera da se na čitavoj populaciji žena najmanje jednom godišnje izvrši pretraga ultrazvukom radi probira, znači da treba osigurati njegovu provedbu za oko 6000 ispitanica dnevno. Iz ovog je razloga od izrazite važnosti osigurati kratkotrajnost procesa pretrage, koji obuhvaća i vršenje kretnji pristupa mjernom sustavu. Za njihovo vršenje javljaju se zahtjevi postavljeni pred ispitanice, koji obzirom da ispitanice nisu jednakih osobina i sposobnosti, mogu značiti prepreku ostvarenja cilja kratkotrajnosti i ravnopravne prilike pristupanja pretrazi svih ispitanica uzetih u razmatranje. Umanjivanje utjecaja ovih razlika navodi na provedbu analize radi utvrđivanja svih relevantnih značajki rješenja stola i vezanih kretnji ispitanica. Iz toga proizlazi očevidna potreba optimiranosti svih kretnji i postupaka, što nadalje znači ostvarivanje najpovoljnijeg odnosa među čimbenicima, odnosno rješenju stola te sposobnostima i značajkama ispitanica. Riječ je o tome da je potrebno utvrditi utjecaj rješenja stola na ispitanice, ponajprije prema kriteriju mogućnosti izvršavanja kretnji pristupa za sve ispitanice, gdje razlike među njima imaju značajnu ulogu. U tom smislu, analiza se provodi na tri različita modela pristupa, gdje se za svaki od njih radi o načelno različitom pristupu, odnosno, kako slijedi:

Model 1- Pristup stolu s penjanjem i nalijeganjem na njega

Model 2 -Pristup stolu koji se potom zakreće s ispitanicom uz pomoć operatera

Model 3 -Pristup stolu s naslanjanjem gornjeg trupa u pretklonu.

Ovdje je, subjektivnom procjenom, već i na prvi pogled u nekoj mjeri očito da će ispitanice najveći opseg kretnji izvršiti u Modelu 1, zatim Modelu 3 a najmanji u Modelu 2. Uz to, na sličan način mogu se predvidjeti i neke druge značajke ovih

modela, te ih opet subjektivnom procjenom poredati. Potreba da se ove procjene vrše na način koji nudi uvid u stanje spram čvrsto postavljenih kriterija, predstavljao je potrebu da se utvrde saznanja o uvjetima i vrijednostima značajki čiji se optimum smatra referentnim. Iako se radi o velikom broju primjera koje takva saznanja mogu unaprijediti, dostupne informacije vrlo su oskudne i općenite. To se u nekoj mjeri može obrazložiti uvrštavanjem podataka koje je vrlo teško utvrditi, ali i opreza pri objavljivanju istih, ponajprije zbog nemogućnosti da se predvide sve njihove primjene. Dosada se u primjeni ergonomije na primjere slične ovome pristupalo tako da su praćene neke od karakteristika, najčešće mjerljive ili izračunate, gdje su se na temelju toga izricala mišljenja i ergonomske preporuke. Ipak, često se radilo o samo jednoj značajki na temelju koje se donosio zaključak, što možda ipak nije potpuno opravdano. Nije rijedak slučaj i da se za potrebe primjera provodila optimalizacija neke od mjerljivih odnosno računatih značajki, te se na taj način pored ostaloga, nastojalo na transparentan način utvrditi traženo. Osim toga, procjene su ponekad bile i gotovo u cijelosti subjektivne, odnosno iskustvene, gdje se treba uzeti u obzir mogućnost njihove stohastičke primjene. Drugim riječima, ne nudi se takav način prosudbe koji uvijek istim algoritmom te spram poznatog kriterija omogućava utvrđivanje prednosti i nedostataka razmatrane skupine primjera, odnosno problema, iz čega se potom mogu izreći vjerodostojne preporuke. Tako se od primjera do primjera, na razne načine pristupa problemima u kojima značajnu ulogu ima ostvarivanje ergonomskih načela, no na žalost, bez barem grubih smjernica, već posve pojedinačno. Ostaje da se zapitamo, na koji način provoditi ergonomsku prosudbu, te koje sve značajke kao mjerodavne uzimati u obzir? I nadalje, kada, odnosno na temelju kojeg kriterija donosimo zaključak o ostvarenju ergonomskih načela, te na temelju čega možemo izreći ergonomsku preporuku? I na kraju, da li se prosudba vrši na takav način da ju u ponovnoj primjeni možemo usporediti s ranije provedenom?

Potruga za odgovorima na postavljena pitanja na određen način ukazuje da je za provedbu analize na tri odabrana i definirana, načelno različita modela, potrebno pristupiti na drugačiji način od uobičajenog. Iz tog je razloga uveden pojam ergonomičnosti, kao ideal, iz kojega proizlazi procjena koja treba iskazati u kojoj su mjeri ispunjeni ergonomski zahtjevi odnosno načela. Tako za neki primjer možemo reći da je ergonomičan ukoliko predstavlja ispunjenje svih ergonomskih načela,

odnosno zahtjeva- preporuka, kao ideal prema kojemu se mogu postaviti kriteriji procjene. Svako prepoznatljivo odstupanje znači udaljavanje od tog ideala, odnosno procjenjujemo razmjer odstupanja od njega (za neke primjere to može biti optimalna ili pak referentna vrijednost). Nadalje, obzirom da je lako zaključiti da o brojnim značajkama, odnosno njihovim neutvrđenim vrijednostima, pripadnih modelima pristupa, ovisi i ocjena njihove ergonometričnosti, uvodimo metodu njene procjene. Na taj način se po prvi puta u ergonometri, odnosno ovdje za potrebe analize kretnji pristupa, uvedenom metodom nastoji na objektivniji način utvrditi razlika među razmatranim modelima. Ona opisuje algoritam koji obuhvaća odabir značajki koje će biti procijenjene, zatim se utvrđuju rezultati iz kojih se postupkom procjenjivanja razmatranih značajki mogu uočiti prednosti i nedostaci modela koji se procjenjuju, koji kao krajnji korak tvore konačnu ocjenu ergonometričnosti. Tako za svaki od modela iskazujemo ocjenu ergonometričnosti, pa ih na taj način možemo izravno i uvijek na isti način usporediti, te donijeti zaključak o najpovoljnijem rješenju. Uz to, na temelju ocjena pojedinih od značajki koje će biti uzete u obzir, lako je uvidjeti prednosti i nedostatke odnosno slabosti, te u daljnjoj razradi umanjiti njihov nepovoljan utjecaj. Naime, nas ne zanima samo da ocjene budu povoljne, već nas zanimaju i uvjeti koji vode ostvarivanju ergonometričnosti za tu značajku, te kako se to može postići. Za procjenu modela uzetih u analizu odabrane su slijedeće značajke:

1. Antropometrijska osjetljivost - mjera primjerenosti populaciji
2. Zahtjevi postavljeni pred ispitanice obzirom na njihove sposobnosti
3. Ergonometričnost korištenja modela stola
4. Primjerenost zauzetog stava za pretragu te
5. Trajanje izvođenja kretnji pristupa i odstupa.

S namjerom da se usporedba izvrši izravno, ocjena ergonometričnosti izrečena je za svaki od modela, gdje je za to bilo potrebno utvrditi i ocijeniti navedene značajke. Ovdje je potrebno spomenuti da je uvijek ista ispitanica trebala izvršiti sva tri pristupa, jer se u tom slučaju mogu uočiti razlike među modelima, a da pri tome na ocjenjivanje odnosno utvrđivanje rezultata nemaju utjecaj razlike sposobnosti, antropomjera, psihofizičkog stanja i druge (bez pouzdanog i poznatog utjecaja na njih), koje bi se pojavile u slučaju da se mjerenja vrše na većem broju ispitanica. Uz to, na ovaj način je jasno uočljiva ovisnost rezultata spram postavljenih zahtjeva. Odabrana ispitanica je niska rastom (152 cm), jer se smatra da se na taj način

ograničenja koja proizlaze iz antropomjera odnosno sposobnosti na nepovoljan način odražavaju na konačne rezultate (namjera omogućavanja pristupa pretrazi čitavoj populaciji žena). Osim toga, ukoliko se na ovaj način utvrde preporuke, tada smo isključili mogućnost da je pristup uskraćen dijelu populacije, te iako se može pokazati da je za druge on nešto nepovoljniji, ipak će biti moguć.

Iz utvrđenih rezultata, primjenom postupka utvrđivanja ocjena značajki te potom i cjelovite ocjene ergonometričnosti proizlaze razlike među modelima, gdje se ranije subjektivnom procjenom "odoka" uočene razlike sada izražavaju brojčano, na točno određen i obrazložen način, čime se usporedba može izvršiti objektivno. Iz pripadnih ocjena ergonometričnosti slijedi da se Model 3 smatra najpovoljnijim rješenjem, uz malu prednost pred Modelom 2, te da je Model 1 najnepovoljniji, odnosno, ocjene ergonometričnosti su utvrđene kako slijedi:

$$\text{Model 1: } \eta_{e-1} = 0,419$$

$$\text{Model 2: } \eta_{e-2} = 0,81$$

$$\text{Model 3: } \eta_{e-3} = 0,853.$$

Iz ovih ocjena, odnosno postupka njihovog utvrđivanja proistječu ergonomske preporuke kojima se ukazuje na uzročno–posljedične odnose konstruktivnog rješenja stola za pretragu i uvjeta da se izvrše kretnje pristupa, što je upravo podloga za konstruktivnu razradu, a ujedno i potvrda da se ovakve preporuke na ovaj način mogu ustanoviti.

Kao dopuna ovoj analizi, a s namjerom da se u što većoj mjeri utvrde informacije potrebne za ostvarivanje polazne zamisli, provedena je analiza antropomjera gornjeg trupa ispitanica, ponajprije s namjerom da se utvrdi njihova povezanost s drugima, već istraženim i poznatim antropomjerama, za koje su utvrđene međusobne korelacije. Na ovaj način se namjerava ostvariti uvid u razlike dimenzija gornjeg trupa, koje mogu uvjetovati potrebu prilagođivanja mjernog sustava pri ostvarivanju odgovarajućeg dodira ultrazvučne sonde preko silikonskog međusloja. U tu svrhu provedena je statistička obrada anketom prikupljenih i izmjerenih podataka, odnosno onih iz njih izračunatih, a s namjerom utvrđivanja nekih od koeficijenata korelacije, koji se predviđaju da mogu pokazati pouzdanu međuzavisnost antropometrijskih izmjera. Na taj način se predviđa omogućiti

prilagodbu posebnog dijela stola za pretragu zahtjevima ostvarivanja odgovarajućeg dodira, što je od značaja u primjeni ultrazvuka kao dijagnostičke tehnologije.

Utvrđeno je da nije moguće za čitavu populaciju žena na izravan način putem jednostruke korelacije uočiti pouzdanu stohastičku ovisnost izmjera gornjeg trupa s drugima koje su uzete u obzir (visina, masa tijela itd.), te bi pri konstruiranju posebnog dijela stola za pretragu, u prvom redu trebalo istražiti konstruktivnu primjenu silikonskog međusloja, vodeći računa o utjecaju obujma grudiju i njihove deformabilnosti u posrednom dodiru s ultrazvučnom sondom, što nadalje uvjetuje nove zahtjeve postavljene pred sam silikonski međusloj.

U svrhu razdvajanja gornjeg trupa ispitanica i ultrazvučne sonde, mogućnost ostvarivanja dijagnostičke slike preko silikonskog međusloja istražena je primjenom postojećeg ultrazvučnog uređaja visoke razlučivosti. Silikonski međusloj je, prema utvrđenim slikama dobivenim na istom dijelu tijela ispitanika uz primjenu međusloja i bez njega, omogućio uvid u pretraživani dio tijela. Iz toga slijedi da se silikonski međusloj u daljnjim istraživanjima može smatrati kandidatom za primjenu u posrednoj pretrazi ultrazvukom.

I na kraju, ustanovljeno je da se ultrazvučna dijagnostika za probir radi raka dojke smatra nepouzdanom unatoč svim unaprjeđenjima i raširenoj primjeni. Ukoliko se dosegne dostatna pouzdanost ove tehnologije pretrage kao samostalne, osobito u svrhu probira, tek tada se sa sigurnošću može istražiti mogućnost primjene silikonskog međusloja te ostvarivanje automatizacije pretrage, odnosno njeno trajanje. Iako je preko silikonskog međusloja bilo moguće dobiti dijagnostičku sliku, ona ipak nije istovjetna onoj bez primjene međusloja, što istovremeno ovisi i o silikonskoj smjesi, a ne samo o ultrazvučnom uređaju. Iz tog razloga se detaljnija istraživanja zamišljenog dijagnostičkog postupka nužno odgađaju.

## 5.2 Zaključci

Na temelju provedenog istraživanja, odnosno rezultata analize i pratećih saznanja, mogu se izvesti slijedeći zaključci:

- Ultrazvučna dijagnostika nije primjenjiva kao samostalna i dostatno pouzdana dijagnostičku tehnika, te iz tog razloga nije moguće ostvarenje polazne zamisli;
- Nedvojbeno je pokazano da se najpovoljniji odnos ispitanica- mjerni sustav u smislu potrebnih kretnji i uvjeta pristupa može utvrditi uvedenim postupkom odnosno metodom procjene ergonometričnosti, na objektivan i transparentan način, a temelji se na tezi ergonometričnosti;
- Kriterij antropometrijske osjetljivosti ukazuje na smjernice pri utvrđivanju međusobnog utjecaja dimenzija tijela ispitanica sa zamišljenim kretnjama kao predmetom prosudbe, pa se može preporučiti kao ergonomski zahtjev;
- Primjena EMG radi utvrđivanja indeksa mišićne aktivacije kao značajke za procjenu postavljenih zahtjeva, ukazuje na mjerljiv i objektivan način na stvarnu aktivnost praćenih mišića, iz čega je potom moguće usporediti različite kretnje i pokrete. Obzirom da ova značajka tvori vremenski ovisnu sliku razine odnosno intenziteta mišićne aktivacije, predstavlja izrazito korisnu informaciju, na temelju koje se mogu utvrditi najpovoljnije odnosno optimalno izvršene kretnje. Osim toga, nije poznata praksa njene primjene, te se njenim uvođenjem za potrebe analize na inovativan način rješavaju problemi utvrđivanja najmanje zahtjevnih kretnji uz istu djelotvornost, što je primjenjivo i na mnoštvo primjera gdje se traži optimalno izvršenje postavljenih zadataka;
- Najpovoljnije rješenje odnosa ispitanica-mjerni sustav nudi Model 3, u kojemu ispitanica prilazi stolu za pretragu te se nagnjanjem nad njega te naslanjanjem u pretklon omogućava daljnji tijek pretrage- probira;
- Uvedena, izvorna metoda procjene ergonometričnosti prva je takve vrste u području bavljenja ergonomijom, te se zbog numeričkog prikaza ocjene ergonometričnosti kao i predviđene vrlo široke primjene, očekuje njena puna afirmacija i značajan doprinos u tehničkoj ergonomiji, odnosno unaprjeđenje sustava čovjek-stroj-okoliš. Metoda nudi sveobuhvatnu primjenu i sintezu poznatih metoda i postupaka u analiziranju sustava čovjek-stroj-okoliš, a ukazuje na nedostatke odnosno potencijal unaprjeđenja razmatranih odnosa u sustavu;

- Utvrđivanje jednostruke korelacije dimenzija gornjeg trupa i drugih značajki tijela ispitanica čitave populacije nije polučila pouzdanu zavisnost, bez obzira na izbor značajki, te se zasada specifične dimenzije gornjeg trupa ispitanica smatraju nezavisnom značajkom tijela ispitanica naše populacije;
- Nepobitno je dokazana mogućnost ostvarivanja dijagnostičke slike posredno preko silikonskog međusloja.

### 5.3 Znanstveni doprinos

Originalni znanstveni doprinos ovog rada sadržan je od, kako slijedi:

- Uvedena je izvorna metoda procjene ergonometričnosti, u vidu algoritma utvrđivanja ocjena značajki o kojima su ovisni najpovoljniji odnosi u sustavu čovjek-stroj-okoliš, na temelju kojih se iskazuje konačna bezdimenzijska ocjena ergonometričnosti. Na takav način se omogućava da mnoštvo raznovrsnih značajki sudjeluje u procjeni, te da se na transparentan način provede procjena. Time je moguće obuhvatiti poznate pristupe u rješavanju srodnih problema, te neovisno o različitim mjernim jedinicama pripadnih utvrđenim rezultatima razmatranih značajki, uvrstiti u izraz za računanje ocjene ergonometričnosti. Vrijednost ove metode se, osim već izrečenim, ogleda u mogućnosti da se primjeni za utvrđivanje ergonomskih normi, te se sa stanovišta tehničkih znanosti očekuje njena puna afirmacija i primjena u raznim domenama ergonomije i biomehanike.
- Istraživanje nepoznatih antropometrijskih značajki gornjeg trupa žena naše populacije za potrebe konstruiranja sustava za pretragu (probira radi raka dojke) rezultira histogramima raspodjele učestalosti razmatranih dimenzija kao nezavisnih, koji proistječu iz pokušaja utvrđivanja korelacijskih veza s drugim značajkama tijela ispitanica. Na temelju ovih rezultata utvrđeno je da se na ovaj način ne mogu utvrditi pouzdani odnosi ovih s drugim značajkama odnosno dimenzijama tijela ispitanica, već ih treba promatrati zasebno.
- Namjera pravodobne detekcije raka dojke putem primjene kratkotrajnog probira ultrazvukom nalazi se pred zaprekom koja ne proistječe iz analiziranog pristupa ispitanica i utvrđenih preporuka, već nepouzdanosti dijagnostičke tehnologije.

## 5.4 Buduća istraživanja

U tijeku bavljenja problemima ovog istraživanja, uočen je niz mogućih pravaca u daljnjim istraživanjima, međutim, napomenimo samo najznačajnije:

Značaj metode procjene ergonometričnosti i njena očekivana uloga uvjetuju proširivanje saznanja, kako slijedi:

- a) Informacije o čovjeku, koje dalje možemo razvrstati kao utvrđivanje:
  - raznovrsnih sposobnosti i vještina, optimalnih i/ili graničnih, odnosno referentnih;
  - sigurnosnih, zdravstvenih i drugih ograničenja;
- b) Primjena metode procjene ergonometričnosti, nalaže utvrđivanje:
  - novih kriterija odnosno značajki za procjenu;
  - postupka potvrđivanja i provjere rezultata;
  - sustava značajki za analizu obitelji problema;
  - ergonometričkih normi.

Neovisno o primjeni za potrebe ovog rada i njemu srodnim istraživanjima, antropometrijske značajke gornjeg trupa kao i grudiju kao specifičnog dijela također se očekuju istražiti, što proistječe iz rezultata i zaključaka malobrojnih istraživanja.

Osim ovih, daljnja istraživanja zasigurno će obuhvaćati i razvoj ultrazvučne dijagnostičke tehnologije, te se u trenutku njene afirmacije otvaraju pitanja koja ovdje nismo bili u mogućnosti istražiti, odnosno to se odnosi na:

- mogućnost i uvjete automatizacije pretrage ultrazvukom;
- primjenu i oblikovanje silikonskog međusloja;
- ostvarivanje kratkotrajnosti pretrage.



---

# Literatura

- [1] Fajdić, J.: Bolesti dojke. Nakladni zavod Globus, Zagreb, 1998.
- [2] Svensson, W.E.: A review of the current status of breast ultrasound. *European Journal of Ultrasound*, 6, 77-101, 1997.
- [3] Teh, W., Wilson, A.R.M.: The role of ultrasound in breast cancer screening. A consensus statement by the european group for breast cancer screening. *European Journal of cancer*, 34(4), 449-450, 1998.
- [4] Georgiou, G., Cohen, F.S.: Is early detection of liver and breast cancers from ultrasound scans possible? *Pattern recognition letters*, 24, 729-739, 2003.
- [5] Kutay, A., Petropolu, A., Piccoli, C.: Breast tissue characterization based on modeling of ultrasonic echoes using the power-law shot noise model. *Pattern recognition letters*, 24, 741-756, 2003.
- [6] Hochmuth, A., Boehm, T., Bitzer, C.: Differentiation of breast masses using 3D sonographic and echo-enhancer-based evaluation of the vascular pattern: initial experiences. *Ultrasound in Med.& Biology*, 2002., vol. 28, pp 845-851
- [7] Taylor, K., Merritt C., Piccoli, C.: Ultrasound as a complement to mammography and breast examination to characterize breast masses. *Ultrasound in Med. & Biol.*, 2002., vol. 28, (1), pp 19–26
- [8] Rosen, E., Scott Soo, M.: Tissue harmonic imaging sonography of breast lesions: Improved margin analysis, conspicuity, and image quality compared to conventional ultrasound. *Journal of Clinical Imaging*, 2001., vol. 25, pp. 379–384
- [9] Carson, P., Moskalik, A., Govil, A.: The 3d and 2D color flow display of breast masses. *Ultrasound in Med.& Biology*, 1997, vol. 23 (6), pp 837-849
- [10] Krucker, J., Meyer, C., LeCarpentier, G.: 3D spatial compounding of ultrasound images using image-based nonrigid registration. *Ultrasound in Med. & Biol.*, 2000., vol. 26 (9), pp 1475- 1488
- [11] Huber, S., Wagner, M., Medl, M.: Real-time spatial compound imaging in breast ultrasound. *Ultrasound in Med. & Biol.*, 2002, vol. 28 (2), pp. 155–163
- [12] Donohue, K., Huang, L., Burks, T.: Tissue classification with generalized spectrum parameters. *Ultrasound in Med. & Biol.*, 2001, vol. 27 (11), pp. 1505–1514
- [13] Hernandez, A., Basset, O., Bremond A.: Stereoscopic visualization of three-dimensional ultrasonic data applied to breast tumours. *European Journal of Ultrasound*, 1998, vol. 8, pp 51–65
- [14] Houssami, N., Irwig, L., Loy, C.: Accuracy of combined breast imaging in young women. *The Breast*, 2002., vol. 11, pp 36-40

- [15] Yilmaz, E., Lebe, B., Balci, P.: Comparison of mammographic and sonographic findings in typical and atypical medullary carcinomas of the breast. *Clinical radiology*, 2000., vol. 57, pp 640-645
- [16] Malich, A., Boehm, T., Facius, M.: Additional value of electrical impedance scanning: experience of 240 histologically- proven breast lesions. *European Journal of Cancer*, 2001., vol. 37, pp 2324-2330
- [17] Malich, A., Boehm, T., Facius, M.: Diferentiation of mammographically suspicious lesions: evaluation of breast ultrasound, MRI mammography and electrical impedance scanning as adjunctive technologies in breast cancer detection. *Clinical radiology*, 2001., vol. 56, pp 278-283
- [18] Zou, Y., Guo, Z.: A review of electrical impedance techniques for breast cancer detection. *Medical Engineering & Physics*, 2003., vol. 25, pp 79–90
- [19] Behrenbruch, C., Marias , K., Armitage, P.: Fusion of contrast-enhanced breast MR and mammographic imaging data. *Medical Image Analysis*, 7, 311–340, 2003.
- [20] Lagalla, R., Midiri, M.: Image quality control in breast ultrasound. *European journal of radiology*, 27, 229-233, 1998.
- [21] Boukerroui, D., Baskurt, A., Alison Noble, J.: Segmentation of ultrasound images- multiresolution 2D and 3D algorithm based on global and local statistics. *Pattern Recognition Letters*, 24, 779–790, 2003.
- [22] Kitaoka, F., Sakai, H., Kuroda, Y.: Internal echo histogram examination has a role in distinguishing malignant tumors from benign masses in the breast. *Journal of Clinical Imaging*, 25, 151– 153, 2001.
- [23] Sivaramakrishna, R., Powell, K., Lieber, M.: Texture analysis of lesions in breast ultrasound images. *Computerized medical imaging and graphics*, 26, 303-307, 2002.
- [24] Huber, S., Danes, J., Zuna, I.: Relevance of sonographic b-mode criteria and computer aided ultrasonic tissue characterization in differential/ diagnosis of solid breast masses. *Ultrasound in Med. & Biol.*, 26(8), 1243–1252, 2000.
- [25] Lefebvre, F., Meunier, M., Thibault, F.: Computerized ultrasound b-scan characterization of breast nodules. *Ultrasound in med. & biol.*, 26(9), 1421–1428, 2000.
- [26] Meyer, C., Boes, J., Kim, B.: Semiautomatic registration of volumetric ultrasound scans. *Ultrasound in Med. & Biol.*, 25(3), 339–347, 1999.
- [27] Surry, K., Smith, W., Campbell, L.: The development and evaluation of a three-dimensional ultrasound-guided breast biopsy apparatus. *Medical image analysis*, 6, 301-312, 2002.
- [28] Smith, L., Rubio, I., Henry-Tillman, R.: Intraoperative ultrasound guided breast biopsy. *The american journal of surgery*, 2000., vol. 180, 419-423

- 
- [29] Smith, W., Surry, K., Mills, G.: Three-dimensional ultrasound-guided core needle breast biopsy. *Ultrasound in Med. & Biol.*, vol. 27 (8), 1025–1034, 2001.
- [30] Soluri, A., Scafe, R., Capocchetti, F.: Imaging probe for breast cancer localization. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, vol. 497, 114–121, 2003
- [31] Bosch, A., Kessels, A., Beets G.: Preoperative estimation of the pathological breast tumour size by physical examination, mammography and ultrasound: a prospective study on 105 invasive tumours. *European Journal of Radiology*, 2003., vol. 0, pp. 1-8
- [32] Allen, S., Cunliffe, W., Gray, J.: Pre-operative estimation of primary breast cancer size: a comparison of clinical assessment, mammography and ultrasound. *The Breast*, 2001., vol. 10, pp. 299-305
- [33] Chen, DR., Chang, RF., Wu, WJ.: 3-D breast ultrasound segmentation using active contour model, *Ultrasound in Med. & Biol.*, 2003., Vol. 29, No. 7, pp. 1017–1026
- [34] Fenster, A., Surry, K., Smith, W.: 3D ultrasound imaging: applications in image- guided therapy and biopsy. *Computer & Graphics*, 2002., vol. 26, pp 557-568
- [35] Houssami, N., Ciatto, S., Irwig, L.: The comparative sensitivity of mammography and ultrasound in women with breast symptoms: an age-specific analysis. *The Breast*, 2002., vol. 11, pp. 125–130
- [36] Warren, R.: Screening women at high risk of breast cancer on the basis of evidence. *European journal of radiology*, 2001., vol. 39, pp 50-59
- [37] Cold, S., Hansen, S., Overvad, K.: A woman's build and the risk of breast cancer. *European Journal of Cancer*, 1998., vol. 34 (8), pp 1163-1174
- [38] Brown, T., Ringrose, C., Hyland, R.: A method of assessing female breast morphometry and its clinical application. *British Journal of Plastic Surgery*, 1999., vol. 52, pp 355–359
- [39] Lee, HY., Hong, K., Kim, EA: Measurement protocol of women's nude breasts using a 3D scanning technique, *Applied Ergonomics*, 2004., vol. 35 (4), pp. 353-359
- [40] Strength data for design safety- phase I. DTI, London, 2000.
- [41] Strength data for design safety- phase II. DTI, London, 2002.
- [42] Smith, S., Norris, B., Peebles, L.: Older adult data- the handbook of measurements and capabilities of the older adult data- data for design safety, Crown, Nottingham 2000.
- [43] Sušić, A.: Statičko i dinamičko utvrđivanje mehaničkog kapaciteta slabinske kralješnice, Magistarski rad, FSB, Zagreb, 2002.
- [44] Kurjak, A., Kupešić, S.: Clinical application of 3D sonography, Parthenon publishing, London, 2000.
- [45] Pavlić, I.: Statistička teorija i primjena, Tehnička knjiga, Zagreb 1977.

- [46] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb 1988.
- [47] Bulat, V.: Sistem čovjek-stroj, Zagreb: Informator, 1981.
- [48] Croney, J.: Anthropometrics for Designers, London: Batsford Ltd. 1971.
- [49] Grandjean, E.: Fitting the Task to the Man, London: Taylor & Francis, 1984.
- [50] Keros P., Muftić, O., Vnučec, Z.: Utjecaj ergonomskog pristupa na industrijsko oblikovanje, Zbornik radova "Ergonomija u Jugoslaviji", Zagreb: 1974.
- [51] Maver, H.: Medicinski pristup ergonomiji, Antropologijska biblioteka, vol.9, str. 15 - 36, Zagreb, 1983.
- [52] Mc Cormick, E.J., Sanders, M. S.: Human Factors in Engineering Design, Intl. Student Edition, Mc Graw Hill, 1983.
- [53] Muftić, O., Keros, P.: Anatomija-biomehanika- Ergonomija, Zbornik radova "Ergonomija u Jugoslaviji", Prvi znanstveni skup o ergonomiji, Zagreb, 1974.
- [54] Muftić, O., Labar, J.: Neki problemi tjelesnih dimenzija u ergonomskoj primjeni, Časopis Sigurnost, Vol. 28, Br. 3/4, str. 3 - 19, Zagreb, 1986.
- [55] Rudan, P.: Dimenzije tijela i tjelesni položaju pri radu, Medicina rada, pp 87 – 92, Sarajevo, 1979.
- [56] Taboršak, D.: Studij rada, Tehnička knjiga, Zagreb 1987.
- [57] Taboršak, D. Nužnost primjene ergonomskih načela kod oblikovanja proizvoda, Zbornik radova na skupu "Ergonomija u Jugoslaviji", Zagreb 1974.

## Kratki životopis

Aleksandar Sušić rođen je u Zagrebu 15. kolovoza 1969. godine, gdje je završio osnovnu i Tehničku srednju vojnu školu na elektrotehničkom usmjerenju. Na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu diplomirao je Strojarsvo-usmjerenje Strojarske konstrukcije 1997. godine.

Poslijediplomski studij usmjerenja Teorija konstrukcija- Konstruiranje i oblikovanje mehaničkih konstrukcija upisuje 1997. godine na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu.

Od 1998. godine radi kao znanstveni novak na Zavodu za tehničku mehaniku Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu.

Kao znanstveni novak uključen je u znanstveno- istraživačkim projektima Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske:

- 120-027 sa nazivom: "Dinamička analiza, sinteza i kontrola složenih gibanja biodinamičkih i tehničkih sustava", a potom od 2001. godine
- 120-005, sa nazivom: "Ergonomske podloge za norme u zrakoplovstvu"

na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, čiji je voditelj prof.dr.sc. Osman Muftić.

Poslijediplomski studij završava u ožujku 2002. godine obranom magistarskog rada pod naslovom "Statičko i dinamičko utvrđivanje mehaničkog kapaciteta slabinske kralješnice", te se potom izabire u istraživačko zvanje asistenta bez javnog natječaja.

Objavio je samostalno ili u koautorstvu više znanstvenih radova.

Član je Hrvatskog društva za mehaniku, Hrvatskog ergonomijskog društva, Hrvatskog društva za teoriju mehanizama i strojeva te Hrvatskog društva za medicinsku i biološku tehniku. Govori i služi se engleskim jezikom.

## Short biography

Aleksandar Sušić was born on August 15<sup>th</sup> 1969 in Zagreb. He finished elementary school in Zagreb, where he graduated in Technical military high school, electro technical division. He graduated in 1997 in Mechanical Engineering constructions at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb.

In 1997 he enrolled post graduate study at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, at the division for Theory of Constructions- Constructing and Designing of Mechanical Structures.

From 1998 he is employed as a junior assistant at the Chair of Engineering Mechanics, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb.

As junior assistant he participates in scientific research projects granted by Croatian Ministry of Science and Technology:

- 120-027, "Dynamical Analysis, Synthesis and Control of Complex Movement Biodynamical and Technical Systems",

And, from year 2001 in:

- 120-005, "Ergonomic Knowledge for Standards in Aeronautical Engineering",

with prof. dr. sc. Osman Muftić as main scientific researcher, as well as mentor.

He finished post graduate study in 2002 by achievement of Masters of Science degree with thesis "Evaluation of statical and dynamical lumbar spine mechanical capacity".

He published several scientific papers as an author and a co-author.

Aleksandar Sušić is a member of Croatian Society of Mechanics, Croatian Ergonomics Society, Croatian Medical and Biological Engineering Society and Croatian Society for the Theory of Mechanisms and Machines. He speaks English language.