

# Razlike u mjerenjima tlaka klasičnim tlakomjerom s manometrom u usporedbi sa modernim digitalnim tlakomjerom

---

**Baković, Nikolina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Medicine Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Medicinski fakultet Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:152:934413>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-22**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Medicine Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**MEDICINSKI FAKULTET OSIJEK**

**PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ MEDICINSKO**

**LABORATORIJSKA DIJAGNOSTIKA**

**Nikolina Baković**

**RAZLIKE U MJERENJIMA TLAKA**

**KLASIČNIM TLAKOMJEROM S**

**MANOMETROM U USPOREDBI S**

**DIGITALNIM TLAKOMJEROM**

**Završni rad**

**Osijek, 2020.**



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**MEDICINSKI FAKULTET OSIJEK**

**PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ MEDICINSKO  
LABORATORIJSKA DIJAGNOSTIKA**

**Nikolina Baković**

**RAZLIKE U MJERENJIMA TLAKA  
KLASIČNIM TLAKOMJEROM S  
MANOMETROM U USPOREDBI S  
DIGITALNIM TLAKOMJEROM**

**Završni rad**

**Osijek, 2020.**

Rad je ostvaren na Medicinskom fakultetu Osijek na Katedri za medicinsku statistiku i medicinsku informatiku.

Mentor rada: doc. dr. sc. Krešimir Šolić, dipl. ing. el.

Rad ima 26 listova, 4 tablice i 8 slika.

## **ZAHVALA**

*Zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Krešimiru Šoliću dipl. ing. el. na iznimnom strpljenju, vodstvu i nesebičnom dijeljenju znanja pri izradi ovog završnog rada.*

*Bez Vaše velike pomoći ne bih uspjela!*

*Zahvaljujem se i svojoj riječkoj i osječkoj obitelji u pružanju neizmjerne podrške i razumijevanja tijekom mog studiranja. Ovaj rad posvećujem njima.*

*Od srca vam hvala svima!*

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Krvni tlak.....	1
1.2. Pravilno mjerenje krvnog tlaka.....	1
1.3. Tlakomjeri .....	2
1.4. Passing-Bablok regresijska metoda.....	3
2. CILJEVI.....	5
3. MATERIJAL I METODE .....	6
3.1. Ustroj studije.....	6
3.2. Materijali .....	6
3.3. Metode.....	6
3.4. Statističke metode .....	8
4. REZULTATI.....	10
5. RASPRAVA .....	18
6. ZAKLJUČAK .....	21
7. SAŽETAK .....	22
8. SUMMARY .....	23
9. LITERATURA.....	24
10. ŽIVOTOPIS .....	26

## 1. UVOD

### 1.1. Krvni tlak

Po definiciji, tlak je skalarna fizikalna veličina koja opisuje djelovanje sile na površinu, a mjerna jedinica mu je paskal (1). Stara mjerna jedinica bila je milimetar stupca žive (mmHg), a danas je dozvoljena za upotrebu samo kao mjerna jedinica kojom se izražava krvni tlak (1). Krvni tlak je sila koja potječe od pumpanja srca, a vrši ju krv djelovanjem na stijenke krvnih žila (2). Zbog srčanih kontrakcija tlak je najviši na početku krvnog optoka (u arterijama), a najniži na njegovu kraju, u venama (3). U praksi se najčešće mjere dvije vrste krvnog tlaka, sistolički i dijastolički. Sistolički tlak je sila koju krv vrši na stijenke arterija dok se srce kontrahira da ispumpa krv prema perifernim organima i tkivima, odnosno viši tlak i prvi zabilježeni broj (2). Dijastolički tlak je zaostali pritisak koji djeluje na arterije dok se srce opušta između otkucaja, odnosno niži tlak i drugi zabilježeni broj (2). Prema *Američkom udruženju za bolesti srca (AHA)*, normalnim sistoličkim krvnim tlakom smatraju se sve vrijednosti <120 mmHg, a normalnim dijastoličkim sve vrijednosti <80 mmHg (4). Povišenim sistoličkim tlakom smatraju se vrijednosti 120–129 mmHg, a hipertenzijama sve vrijednosti >130 mmHg (4). Kontinuirano vođenje evidencije vrijednosti krvnog tlaka kod kuće preporučuje se svim ljudima s povišenim krvnim tlakom kako bi u suradnji sa svojim liječnikom osigurali da terapije za snižavanje visokog krvnog tlaka djeluju (5).

### 1.2. Pravilno mjerenje krvnog tlaka

Pravilna priprema za mjerenje krvnog tlaka, položaj ruke te drugi čimbenici od velike su važnosti jer mogu promijeniti očitavanje krvnog tlaka za 10 % ili više, što bi moglo biti dovoljno da se ne prepozna povišeni krvni tlak, započne s lijekom koji pacijentu zapravo nije potreban ili navede liječnika da pogrešno prilagodi potrebne lijekove (6). Kako bi pogreške prilikom mjerenja krvnog tlaka i dobivanje krivih vrijednosti sveli na minimum, *Američko udruženje za bolesti srca (AHA)* propisalo je neke od ključnih točaka za pravilno mjerenje krvnog tlaka, a kao najvažnije izdvajaju: utvrđivanje pravilne veličine manžete, preferirana su mjerenja u sjedećem položaju te bi manžeta trebala biti u razini desne pretklijetke (7). Korištenje premalene manžete će rezultirati lažnim povećanjem krvnog tlaka, a korištenje prevelike manžete rezultirat će u njegovim lažno sniženim vrijednostima (7). Uz navedene čimbenike na koje utječe osoba koja izvodi mjerenje, i sam pacijent, odnosno osoba kojoj se mjeri krvni tlak, također može utjecati na točnost rezultata mjerenja. Prije samog mjerenja



preporuča se: ne piti kofeinske napitke niti pušiti 30 minuta prije mjerenja te mirno sjediti 5 minuta prije mjerenja, a tijekom samog izvođenja mjerenja osoba bi trebala mirovati i ne pričati.

Na dobivanje što relevantnijih rezultata mjerenja utječu i kognitivne sposobnosti samog mjeritelja, kao što su sposobnost obrade vizualnih i zvučnih informacija (7). Kod mjerenja krvnog tlaka klasičnim tlakomjerom, mjeritelj bi trebao moći uspješno koordinirati gledanje kazaljke koja se pomiče na manometru s istovremenim zapažanjem Korotkovljevih zvukova.

### 1.3. Tlakomjeri

Tlakomjer (ili manometar) je naprava za mjerenje tlaka plinova, para ili tekućina (8). U medicini se pomoću tlakomjera mjere pojedine organske funkcije kao i stanja koja su važna u dijagnostici nekih bolesti. Mjerenje sistoličkog i dijastoličkoga tlaka važno je u dijagnostici arterijske hipertenzije (8). U tu svrhu se u kućnim uvjetima najčešće koriste mehanički i digitalni tlakomjeri.

Aneroidni tlakomjer, kao vrsta mehaničkog tlakomjera, lagan je i jednostavan za prenošenje, može se držati u bilo kojoj poziciji tijekom mjerenja, ali zbog svog osjetljivog i kompliciranog mehanizma zahtijeva redovito kalibriranje. Također zahtijeva i upotrebu stetoskopa pa nije prikladan za osobe koje slabije čuju te za osobe koje zbog bilo kakvih poteškoća s rukama ne mogu napumpati manžetu. Aneroidni sfigmomanometar zajedno s Korotkovljevom auskultatornom tehnikom i obučanim promatračem predstavlja metodu izbora za mjerenje krvnog tlaka u mnogim bioantropološkim kontekstima (9). Korotkovljevi zvukovi (prva i peta faza) preferirane su odrednice sistoličkog i dijastoličkog tlaka, čak i kod novorođenčadi, djece, trudnica i starijih osoba (9). Korotkovljevi zvukovi nastaju kada manžeta za krvni tlak promijeni protok krvi kroz arteriju (10). Pet je različitih faza Korotkovljevih zvukova od kojih faza 1 predstavlja prvi zvuk koji se čuje kada se oslobodi pritisak u manžetni. Ovaj zvuk omogućuje očitavanje sistoličkog tlaka. Faza 5 predstavlja tišinu koja nastaje kada se pritisak manžete otpusti dovoljno da omogući normalan protok krvi (10). Trenutak nastanka te tišine označava vrijednost dijastoličkog tlaka. Za dobivanje standardiziranih mjerenja ključna je obuka promatrača, pozicioniranje pojedinaca i odabir veličine manžete (9).

Digitalni tlakomjeri mogu biti automatski (s kompresorom) ili poluautomatski (s ručnom pumpicom). Automatski elektronički uređaji sve se više koriste za mjerenje krvnog tlaka u biološkim studijama na ljudima, a automatski monitori često koriste oscilometrijsku

metodu za mjerenje tlaka (9). Automatski digitalni tlakomjer jednostavan je za korištenje, umanjuje ljudske pogreške pri mjerenju te je prikladan za osobe koje slabije vide, čuju ili imaju poteškoća s rukama. S druge strane, ima složen i osjetljiv automatizirani mehanizam pa pokreti tijela tijekom mjerenja utječu na točnost njegovih rezultata, zahtijeva precizno namještanje manžete te ga je potrebno kalibrirati jednom godišnje.

#### 1.4. Passing-Bablok regresijska metoda

Standardni statistički testovi nisu pogodni za pravilnu usporedbu dviju metoda mjerenja istih podataka, jer oni služe za ispitivanje razlike između dva seta podataka mjerenih na različitim uzorcima (11). Jedna od statističkih metoda koja omogućuje tu pravilnu usporedbu dviju metoda mjerenja je Passing-Bablok regresijska metoda. Ova se metoda koristi za provjeru podudarnosti dviju analitičkih metoda i prisustvo sustavne razlike u mjerenjima između njih, a temeljena je na robusnom, neparametrijskom modelu (11). Zahtjevi koje Passing-Bablok regresija postavlja su kontinuirano distribuirana mjerenja, širok raspon mjerenja te postojanje linearne povezanosti između dviju metoda, dok normalnost distribucije nije potrebna (11).

Passing-Bablok regresija daje rezultat u nekoliko dijelova te svaki ima svoju ulogu u interpretaciji podataka. Prvi je dijagram raspršenja koji ima regresijsku liniju koja prikazuje izmjerene podatke kao i poklapa li se regresijska linija s linijom identiteta (11). Regresijska jednadžba pravca je:  $y=a+bx$ , te pokazuje konstantnu i proporcionalnu razliku metoda. O konstantnoj razlici govori nam oznaka  $a$  (odsječak na osi  $y$ ), a o proporcionalnoj razlici oznaka  $b$  (koeficijent smjera pravca) koji su određeni svojim intervalima pouzdanosti od 95%. Intervali pouzdanosti služe za procjenu točnosti rezultata te objašnjavaju razlikuju li se njihova vrijednost od vrijednosti nula za odsječak  $a$  i vrijednosti jedan za nagib pravca samo slučajno. Ukoliko 95% CI za odsječak  $a$  uključuje vrijednost nula, zaključuje se da je vrijednost  $a=0$  te da ne postoji značajna razlika između dobivene vrijednosti odsječka i vrijednosti nula i ne postoji stalna razlika između dvije metode (11). Također, ako nema nule u 95% CI od vrijednosti  $a$  (odsječak na osi  $y$ ), zaključuje se da postoji značajna razlika u izmjerenim vrijednostima te se zaključuje da je odsječak na osi  $y$  različit od 0 i da se metode razlikuju, tj. da postoji konstantna pogreška. Nadalje, ukoliko 95% CI za nagib pravca uključuje vrijednost jedan, može se zaključiti da se metode ne razlikuju u dobivenoj vrijednosti nagiba i vrijednosti jedan te da nema proporcionalne razlike između dvije metode (11). Također, ako 95% CI od vrijednosti  $b$  (nagib pravca) ne sadržava jedinicu znači da se metode razlikuju za neku

vrijednost i da postoji i proporcionalna razlika. Ukoliko je P vrijednost dobivena Cusumovim testom linearnosti manja od 0,05 ona ukazuje na značajnu razliku u linearnosti dviju metoda te sukladno tome metode nisu usporedive Passing-Bablok metodom.

## 2. CILJEVI

Cilj ovog istraživanja je usporediti dobivene rezultate mjerenja krvnog tlaka uzastopno s novim klasičnim analognim tlakomjerom s manometrom modela GB102 te s novim digitalnim tlakomjerom modela X5 istog proizvođača i slične cijene, pritom koristeći statističku Passing-Bablok regresijsku metodu.

### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1. Ustroj studije

Ovo istraživanje je provedeno u obliku presječne studije.

#### 3.2. Materijali

Ispitivanja, odnosno mjerenja tlakova, izvršena su u uskom krugu ispitanika, točnije na nekoliko članova obitelji i bliskih prijatelja u kućnim uvjetima zbog trenutnih socijalnih restrikcija uzrokovanih širenjem SARS-CoV-2 infekcije koje onemogućuju ispitivanja na više različitih ispitanika. Ispitanici su osobe različitih dobnih skupina i spola, a ukupno je izvršeno 56 parova mjerenja kako bi se zadovoljio minimalan broj mjerenja za usporedbu Passing-Bablok regresijskom metodom. Na svakom ispitaniku izvršeno je po jedno mjerenje s dva različita tlakomjera u više navrata.

#### 3.3. Metode

Krvni tlak izmjeren je pomoću dvaju različitih tlakomjera. Mjerenja su izvršena uzastopno, jedno za drugim, s razmakom od 3 minute između mjerenja u nekoliko navrata. Redoslijed kojim su se koristili tlakomjeri bio je nasumičan kako bi se dobili što precizniji rezultati mjerenja. Prije početka mjerenja ispitanici su mirno sjedili 3 do 5 minuta kako bi se smirili i opustili te time sveli odstupanja u mjerenjima na minimum. Krvni tlak se ispitanicima mjerio na području nadlaktice lijeve ruke dok su bili u opuštenom, sjedećem položaju ne prekrivenih nogu. Ruka im je bila oslonjena na čvrstu podlogu, odnosno stol, s nadlakticom u razini srca. Prvo je se krvni tlak mjerio jednim tlakomjerom, a po završetku mjerenja pričekalo se 3 minute do mjerenja drugim tlakomjerom kako bi se krvne žile stigle ponovno opustiti, tj. raširiti da bi se moglo valjano nastaviti s novim mjerenjem. Prije mjerenja tlaka klasičnim tlakomjerom, ispitaniku se na ruci palpiranjem locirala brahijalna arterija na području lakatne jame. Zatim mu je pravilno stavljena manžeta na nadlakticu s razmakom 1,5 do 2,5 cm od

### 3. MATERIJAL I METODE

prijeloma lakta. Manžeta je namještena tako da je oznaka na manžeti stavljena iznad palpirane arterije. Tlak u manžeti se povisi stiskanjem pumpice do vrijednosti od oko 30 mmHg iznad uobičajene vrijednosti tlaka ispitanika. Mjerenje tlaka započinje laganim otpuštanjem ventila te pozornim praćenjem kazaljke manometra koja se kreće silazno niz brojevnju ljestvicu na manometru, te osluškivanjem prvog Korotkovljevog zvuka, a zatim i izostanak zvukova, odnosno zadnjeg Korotkovljevog zvuka. Za mjerenje tlaka digitalnim tlakomjerom manžeta je pravilno namještena na nadlakticu lijeve ruke, također s oznakom na manžeti postavljenom preko arterije, te se postupak mjerenja pokrenuo automatski pritiskom tipke START na uređaju. Opisani postupak mjerenja ponavljan je na ispitanicima u više navrata sve dok se nije prikupio dovoljan broj parova mjerenja za usporedbu rezultata Passing-Bablok regresijskom metodom. Krvni tlak je mjeran klasičnim aneroidnim tlakomjerom s manometrom modela GB102 (Slika 1.), pomoću auskultatorne metode s preciznošću mjerenja od  $\pm 3$  mmHg, te digitalnim tlakomjerom modela X5 (Slika 2.) koji mjeri oscilometrijskom metodom s istom preciznošću mjerenja. Proizvođač obaju tlakomjera je Rossmax International Ltd. (Rossmax Swiss GmbH, Berneck, Švicarska), te su oba namijenjena mjerenju krvnog tlaka na nadlaktici.



Slika 1. Klasični aneroidni tlakomjer s manometrom Rossmax GB102 (*vlastita fotografija*)



Slika 2. Digitalni tlakomjer Rossmax X5 (*vlastita fotografija*)

### 3.4. Statističke metode

Prikupljeni podaci spadaju u kategoriju numeričkih podataka te su mjerenja međusobno zavisna. Ovisno o normalnosti distribucije podataka, koja je ispitana u svrhu određivanja vrste testa za usporedbu, isti su prikazani aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom, odnosno medijanom i interkvartilnim rasponom. Kod mjerenja sistoličkih tlakova obama tlakomjerima za usporedbu metoda distribucija podataka dobivenih klasičnim tlakomjerom je normalna, a onih dobivenih digitalnim nije. Normalnost je testirana D'Agostino-Pearsonovim testom. Stoga je zbog asimetrije barem jedne varijable korišten neparametrijski Wilcoxonov test sume rangova. Kod mjerenja dijastoličkih tlakova distribucija dobivenih podataka obama

### 3. MATERIJAL I METODE

tlakomjerima je normalna te je stoga korišten parametrijski T-test diferencija. Za usporedbu mjerenja između pojedinih tlakomjera korištena je Passing-Bablok linearna regresijska metoda, te Spearmanov test korelacije za dodatnu kontrolu. Za obradu podataka korišten je računalni statistički program MedCalc (inačica 19.4, MedCalc Software Ltd., Ostend, Belgija). Sve P vrijednosti su dvostrane, a statistička značajnost je postavljena na 0,05.



#### 4. REZULTATI

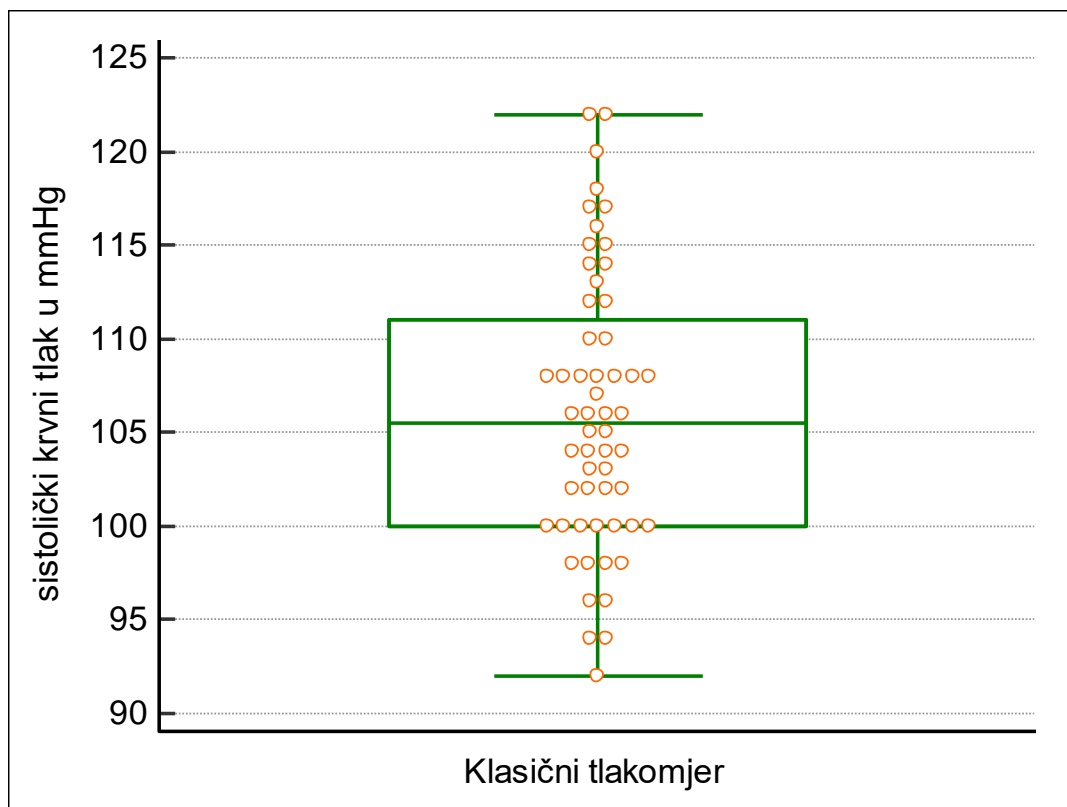
U svrhu izrade ovog rada napravljeno je ukupno 56 parova uzastopnih mjerenja kako bi se zadovoljio potreban minimalan broj mjerenja za usporedbu metoda Passing-Bablok regresijskom metodom. Mjerenja su izvedena u više navrata na šestero ukućana različite dobi i spola.

Rezultati mjerenja krvnog tlaka iskazuju se kao odnos gornjeg odnosno sistoličkog i donjeg odnosno dijastoličkog tlaka u obliku omjera dviju varijabli, npr. 120/80. Takav oblik iskazivanja podataka nije prikladan za statističku obradu u računalnom programu MedCalc, stoga ih je za pravilnu usporedbu bilo važno podijeliti u dvije skupine. Prvu skupinu čine mjerenja sistoličkih tlakova dobivena upotrebom klasičnog i digitalnog tlakomjera, a sukladno tome drugu skupinu čine mjerenja dijastoličkih tlakova dobivena upotrebom istog klasičnog te digitalnog tlakomjera.

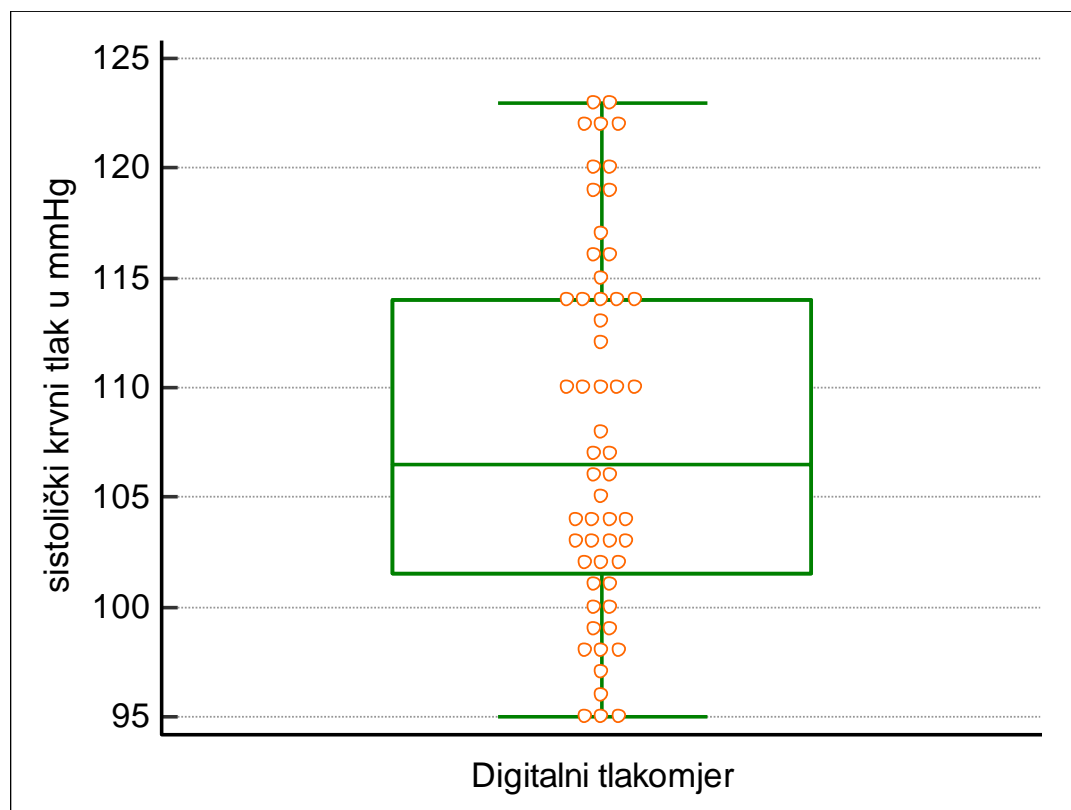
Distribucija podataka dobivenih klasičnim tlakomjerom provjerena je D'Agostino-Pearsonovim testom koji je pokazao da je ona normalna jer je dobivena P vrijednost  $> 0,05$  (Slika 3). Također, iz tablice se vidi da razlika između aritmetičke sredine i medijana nije velika što također ukazuje na normalnost distribucije.

Distribucija podataka dobivenih digitalnim tlakomjerom također je provjerena D'Agostino-Pearsonovim testom koji je u ovom slučaju pokazao da je ona nepravilna što se vidi iz P vrijednosti koja je  $< 0,05$ . Razlika između medijana i aritmetičke sredine sada je veća i govori o asimetriji distribucije podataka (Slika 4).

Usporedba podataka iz prve skupine dvaju zavisnih mjerenja pokazala je značajnu razliku (Wilcoxon test,  $P < 0,001$ ) između zavisne distribucije mjerenja. Digitalni tlakomjer pokazuje značajno više mjerene vrijednosti (Tablica 1).



Slika 3. Distribucija izmjerenih vrijednosti sistoličkih tlakova klasičnim tlakomjerom



Slika 4. Distribucija izmjerenih vrijednosti sistoličkih tlakova digitalnim tlakomjerom

Tablica 1. Usporedba vrijednosti sistoličkih tlakova dobivenih mjerenjem pojedinim tlakomjerom

	<b>Klasični tlakomjer</b>	<b>Digitalni tlakomjer</b>
Veličina uzorka	56	56
Najniža vrijednost (mmHg)	92	95
Najviša vrijednost (mmHg)	122	123
Medijan (mmHg)	105,5	106,5
Interkvartilni raspon (mmHg)	100 do 111	101,5 do 114
Aritmetička sredina (mmHg)	106	107,9
Standardna devijacija (mmHg)	7,3	8,3
P*	< 0,001	

\*Wilcoxonov test sume rangova

Cusumov test linearnosti, nakon upotrebe Passing-Bablok regresijske metode, koji se koristi za procjenu valjanosti linearnog modela pokazao je da nema značajnog odstupanja u linearnom odnosu između mjerenja dvama tlakomjerima prilikom mjerenja sistoličkih tlakova, te je time zadovoljen uvjet korištenja Passing-Bablok regresijske metode ( $P > 0,05$ ) (Tablica 2).

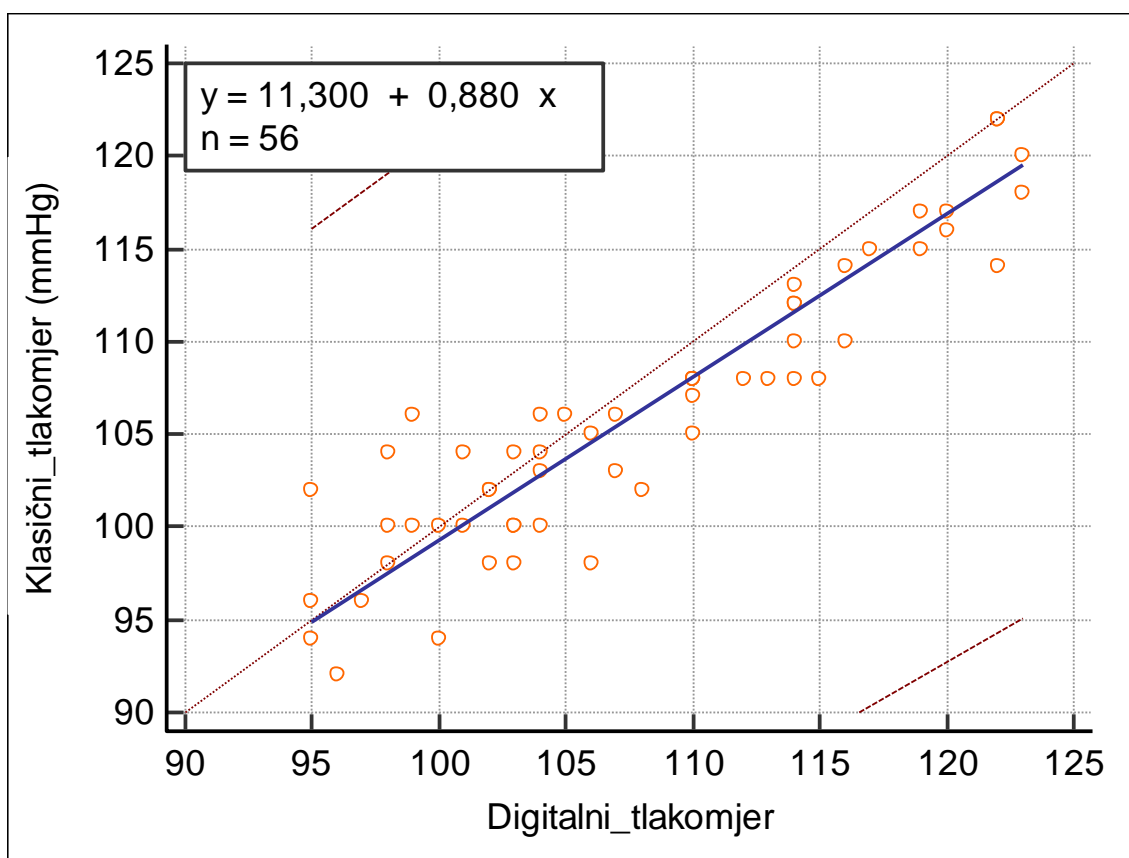
Tablica 2. Rezultati dobiveni Passing-Bablok regresijskom analizom

Uspoređeni tlakomjeri	<b>Klasični tlakomjer/Digitalni tlakomjer</b>
Koeficijent smjera	11,3
95% CI	-2 do 21,1
Odsječak na y	0,88
95% CI	0,79 do 1
P*	0,74

\*Cusumov test linearnosti

Spearmanov test korelacije pokazao je da je korelacija visoka te da postoji značajno velika povezanost između mjerenja s koeficijentom korelacije  $Rho=0,908$  te 95%-tnim intervalom pouzdanosti od 0,847 do 0,945 uz  $P < 0,001$ .

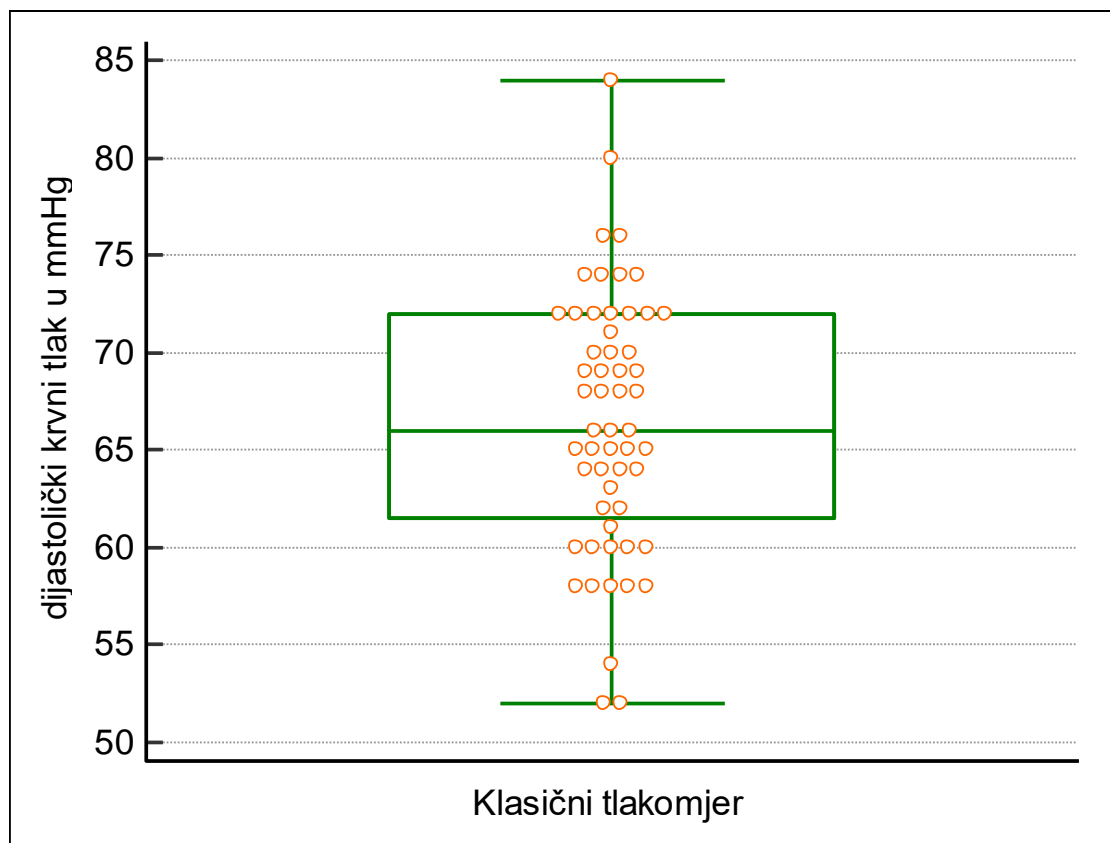
Interval pouzdanosti za odsječak a sadrži vrijednost 0 što potvrđuje da nema konstantne razlike između metoda, dok interval pouzdanosti nagiba pravca sadrži vrijednost 1 što znači da ne postoji proporcionalna razlika u mjerenjima. Regresijska linija pokazuje da postoji otklon regresijskog pravca od linije identiteta koji se povećava kod viših mjerenih vrijednosti sistoličkih tlakova (Slika 5).



Slika 5. Grafički prikaz rezultata Passing-Bablok regresijske analize vrijednosti sistoličkih tlakova

Razlika između mjerenja nije konstantna no u prosjeku iznosi 1 mmHg (razlika u medijanima) odnosno skoro 2 mmHg (razlika u aritmetičkim sredinama iznosi 1,9 mmHg) (Tablica 1).

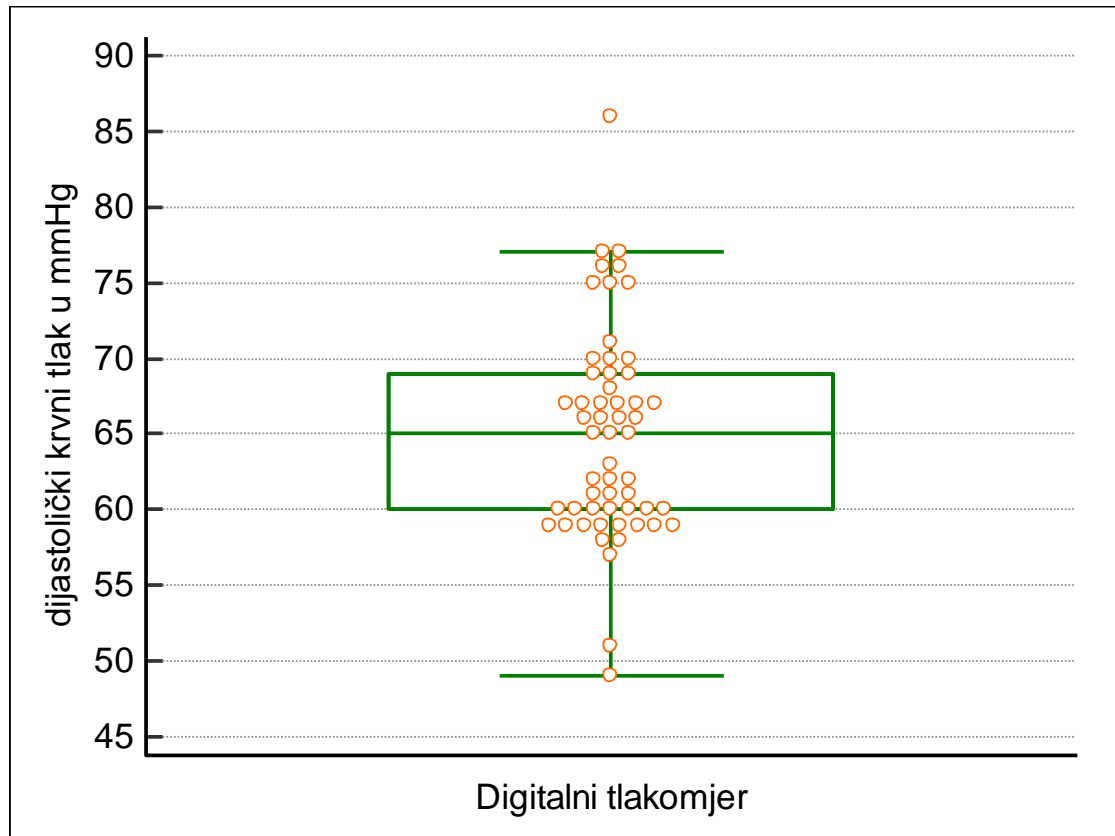
Usporedba podataka iz druge skupine pokazala je značajnu razliku (T-test diferencija,  $P < 0,001$ ) između zavisne distribucije mjerenja, a distribucija pojedinog mjerenja dijastoličkih tlakova prikazana je grafički (Slika 6 i Slika 7).



Slika 6. Distribucija izmjerenih vrijednosti dijastoličkih tlakova mjerenih klasičnim tlakomjerom

Distribucija podataka dobivenih klasičnim tlakomjerom provjerena je D'Agostino-Pearsonovim testom koji je pokazao da je ona normalna jer je dobivena P vrijednost  $> 0,05$  (Slika 6). Iz tablice se vidi da razlika između aritmetičke sredine i medijana nije velika što također ukazuje na normalnost distribucije (Tablica 3).

Distribucija podataka dobivenih digitalnim tlakomjerom također je provjerena D'Agostino-Pearsonovim testom koji i u ovom slučaju pokazuje da je ona pravilna što se vidi iz P vrijednosti koja je  $> 0,05$  (Slika 7). Tu činjenicu dodatno potvrđuje i malena razlika između medijana i aritmetičke sredine dobivenih rezultata mjerenja (Tablica 3).



Slika 7. Distribucija izmjerenih vrijednosti dijastoličkih tlakova mjernih digitalnim tlakomjerom

Zbog pravilne distribucije rezultata mjerenja obama tlakomjerima, za usporedbu ovih dvaju zavisnih mjerenja korišten je parametrijski T-test diferencija ( Tablica 3). Test uspoređuje aritmetičke sredine dvaju uzoraka normalne distribucije i u ovom slučaju pokazuje da razlika među njima iznosi  $-1,5893$ , uz  $P < 0,001$  koja pokazuje značajnu razliku u mjerenjima.

Tablica 3. Usporedba mjerenja dijastoličkih tlakova mjerenih različitim tlakomjerima

	<b>Klasični tlakomjer</b>	<b>Digitalni tlakomjer</b>
Veličina uzorka	56	56
Najniža vrijednost (mmHg)	52	49
Najviša vrijednost (mmHg)	84	86
Aritmetička sredina (mmHg)	66,4	64,8
Varijanca (mmHg)	44,8	47,7
Standardna devijacija (mmHg)	6,7	6,9
Medijan (mmHg)	66	65
Interkvartilni raspon (mmHg)	61,8 do 72	60 do 69
P*	P < 0,001	

\*T test diferencija

Cusumov test linearnosti, nakon upotrebe Passing-Bablok regresijske metode, koji se koristi za procjenu valjanosti linearnog modela, pokazao je da nema značajnog odstupanja u linearnom odnosu između mjerenja dvama tlakomjerima prilikom mjerenja dijastoličkih tlakova, te je time zadovoljen uvjet korištenja Passing-Bablok regresijske metode ( $P > 0,05$ ) (Tablica 4).

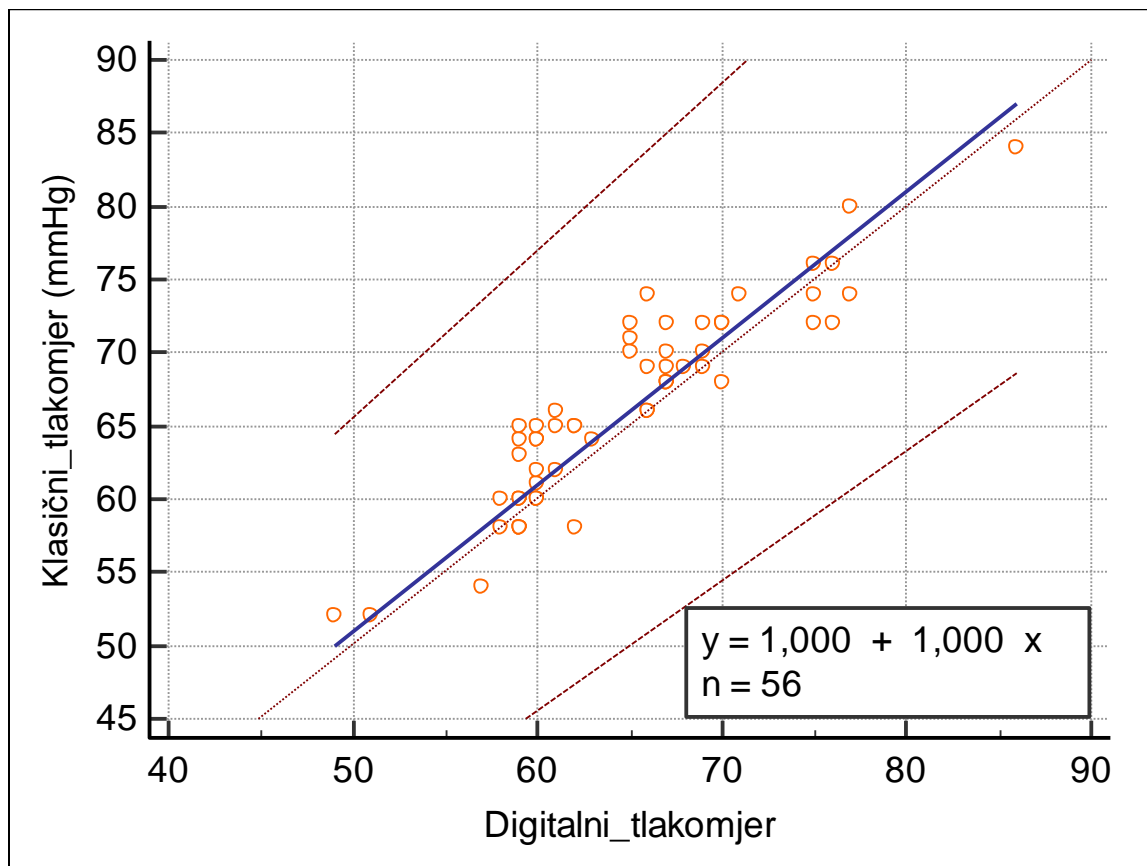
Tablica 4. Rezultati dobiveni Passing-Bablok regresijskom analizom

Uspoređeni tlakomjeri	<b>Klasični tlakomjer/Digitalni tlakomjer</b>
Koeficijent smjera	1
95% CI	-7,86 do 8,44
Odsječak na y	1
95% CI	0,88 do 1,14
P*	0,1

\*Cusumov test linearnosti

Spearmanov test korelacije pokazuje da je korelacija visoka te da postoji značajno velika povezanost između mjerenja s koeficijentom korelacije  $Rho=0,911$ . Interval pouzdanosti je od 0,853 do 0,947 s  $P < 0,001$ .

Iz regresijskog pravca vidimo da nema velike razlike između dobivene vrijednosti odsjeka a i vrijednosti 0 što potvrđuje da nema konstantne razlike između metoda. Interval pouzdanosti nagiba pravca sadrži vrijednost 1 što znači da ne postoji proporcionalna razlika u mjerenjima (Slika 8).



Slika 8. Grafički prikaz rezultata Passing-Bablok regresijske analize izmjerenih vrijednosti dijastoličkih tlakova

Iz linijskog grafa (Slika 8) vidi se blagi otklon regresijskog pravca od linije identiteta. Koeficijent smjera jednak je idealnom koeficijentu 1 pa regresijski pravac paralelno prati liniju identiteta ( $x=y$ ). Dakle, rezultati nam govore da se dobivene vrijednosti mjerenja klasičnim tlakomjerom preklapaju s onima dobivenim digitalnim tlakomjerom, te da su odstupanja minimalna (Tablica 3).



## 5. RASPRAVA

Tlakomjeri su uređaji koji se kao i svi drugi proizvode u različitim vrstama i modelima. Sukladno njihovoj različitosti i njihovi rezultati mjerenja mogu varirati, pa je to bila pretpostavka i za ovo istraživanje (12). Stoga se u ovom istraživanju nastojalo ispitati i prikazati postoje li i kolika su odstupanja između mjerenja novim klasičnim i novim digitalnim tlakomjerom pomoću Passing-Bablok regresijske metode.

Za početak samog istraživanja i dobivanje podataka napravljeno je 56 parova uzastopnih mjerenja koja su dalje podijeljena u dvije skupine, sistoličke i dijastoličke tlakove. Za pravilnu daljnju obradu podataka i u svrhu odabiranja prikladnih statističkih testova bilo je potrebno ispitati osnovne značajke korištenih varijabli. Kako izabrati pravi statistički test za uspoređivanje skupina posebno je opisano je u radu *Comparing groups for statistical differences: how to choose the right statistical test?* te je on poslužio kao smjernica (13).

U objema skupinama podataka, podaci dobiveni mjerenjem klasičnim tlakomjerom imaju normalnu distribuciju jer je  $P > 0,05$ , dok je distribucija onih dobivenih mjerenjem digitalnim tlakomjerom nepravilna ( $P < 0,05$ ) kod mjerenja sistoličkih tlakova, a pravilna kod mjerenja dijastoličkih tlakova. Najniža vrijednost sistoličkog tlaka dobivena klasičnim tlakomjerom je 92 mmHg, a najviša 122 mmHg, dok je kod digitalnog najniža 95 mmHg, a najviša 123 mmHg. Iz dobivenih podataka proizlazi da digitalni tlakomjer u prosjeku pokazuje više vrijednosti u odnosu na klasični, što ni ne čudi s obzirom da je za očekivati da je on zbog svog složenijeg mehanizma puno precizniji od klasičnog, te da puno ranije detektira prvi Korotkovljev zvuk kod mjerenja sistoličkog tlaka. Najniža vrijednost dijastoličkog tlaka dobivena klasičnim tlakomjerom je 52 mmHg, a najviša 84 mmHg, dok je kod digitalnog najniža 49 mmHg, a najviša 86 mmHg. Iz dobivenih podataka možemo zaključiti da digitalni tlakomjer u prosjeku pokazuje manje vrijednosti u odnosu na klasični prilikom mjerenja dijastoličkih tlakova. Iako je takav rezultat iznenađujući s obzirom da je moje subjektivno mišljenje bilo da će zbog svojeg složenijeg mehanizma biti puno precizniji od klasičnog, te detektirati točan trenutak prestanka Korotkovljevog zvuka prije nego ljudsko uho pomoću klasičnog tlakomjera, jedno prethodno istraživanje ide u prilog upravo dobivenim rezultatima. Naime, dokazano je da automatski tlakomjeri u prosjeku daju više vrijednosti sistoličkih, te niže vrijednosti dijastoličkih tlakova u odnosu na standardnu metodu mjerenja klasičnim tlakomjerom kao i da se mjerenja mogu znatno razlikovati (12). I u ovom istraživanju

Wilcoxonov test sume rangova kojim su uspoređivani rezultati mjerenja sistoličkih tlakova pokazao je da postoji značajna razlika u mjerenjima krvnog tlaka novim klasičnim aneroidnim tlakomjerom i novim digitalnim tlakomjerom ( $P < 0,05$ ). Statistički značajna razlika dokazana je i u mjerenjima dijastoličkih tlakova dvama tlakomjerima koristeći T-test diferencija ( $P < 0,05$ ).

Nakon usporedbe podataka, podudarnost dvaju analitičkih metoda i prisustvo sustavne razlike u mjerenju među njima provjereni su Passing-Bablok regresijskom metodom. Odsječak na osi y u objema skupinama mjerenja pokazuje da ne postoji značajna razlika u mjerenju između klasičnog aneroidnog tlakomjera Rossmax GB102 i digitalnog tlakomjera Rossmax X5 i njihovom korištenju. Također, interval pouzdanosti nagiba pravca u objema skupinama sadrži vrijednost 1 te time potvrđuje da ne postoji proporcionalna razlika u mjerenjima između tlakomjera. Cusumov testom linearnosti u oba slučaja ukazuje na linearnost odnosa između metoda, te time potvrđuje primjenjivost metode ( $P > 0,05$ ). Spearmanov test korelacije u oba slučaja pokazuje da je korelacija visoka te da su metode značajno povezane. Dakle, rezultati nam govore da se vrijednosti dobivene mjerenjem klasičnim tlakomjerom ne poklapaju u potpunosti s onima dobivenim mjerenjem digitalnim tlakomjerom.

Provođenjem ovog istraživanja utvrđena je značajna razlika u mjerenjima jer postoji pomak između 2 mjerna instrumenta, što je i očekivano s obzirom da su to instrumenti koji imaju različite mehanizme djelovanja. Sukladno tome, njihova je pouzdanost upitna kod naizmjeničnog korištenja (14). Dobivena razlika između mjerenja u prosjeku iznosi 1 mmHg, no po mom mišljenju nije od neke velike važnosti. Naime, prilikom razmatranja rezultata treba uzeti u obzir i mogućnost ljudske pogreške koja također može utjecati na dobivene rezultate. Kod mjerenja klasičnim tlakomjerom bitno je da mjeritelj pažljivo prati kazaljku na manometru te da istovremeno osluškuje Korotkovljeve zvukove. Metoda zahtijeva praksu i uvježbanost, pa osobe koje nisu profesionalno obučene ili nisu dovoljno izvježbane, vrlo lako mogu pogriješiti u očitavanju rezultata. Također, svaka oznaka na manometru označava 2 mmHg, pa se rezultati većinom zaokružuju na najbližu parnu vrijednost jer je zbog sitnog razmaka između oznaka teško procijeniti točnu vrijednost. Stoga razlika od 1 mmHg nije od velike važnosti za interpretaciju rezultata prilikom utvrđivanja vrijednosti krvnog tlaka. Kao pogreška kod mjerenja krvnog tlaka digitalnim tlakomjerom može biti pomicanje ruke ili nepravilno stavljena manžeta, no ispitivani digitalni tlakomjer ima mogućnost detekcije pokreta te dobro spojene manžete pa su te pogreške u ovom slučaju izostavljene kao opcija. Dobiveni rezultati su

zadovoljavajući s obzirom da oba uređaja spadaju u niži cjenovni rang te su namijenjeni isključivo kućnoj upotrebi.

Svakako sam mišljenja da je potrebno provesti detaljnija ispitivanja na ovu temu, jer se ovim istraživanjem ne može potvrditi koji je od dva uspoređena tlakomjera točniji. Istraživanje je potvrdilo da postoji značajna razlika između mjerenja krvnog tlaka dvama tlakomjerima, ali nije dokazalo koji su od dobivenih rezultata točniji. Moglo bi se zaključiti da su obje vrste tlakomjera primjerene i zadovoljavajuće za kućnu uporabu i praćenje krvnog tlaka, ali ne i potvrditi njihovu točnost. Ispitivanje točnosti mjernih uređaja, pa tako i tlakomjera, postiže se baždarenjem, odnosno kalibracijom. Sukladno tome, točnost pojedinog tlakomjera mogla bi se utvrditi usporedbom s tlakomjerom već provjerene točnosti, odnosno tlakomjerom za kojeg smo sigurni da je dobro kalibriran, pomoću Passing-Bablok regresijske metode. Stoga ta činjenica može poslužiti kao smjernica za neka buduća istraživanja.

## 6. ZAKLJUČAK

Temeljem provedenog istraživanja i dobivenih rezultata mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Prilikom mjerenja sistoličkih tlakova digitalni tlakomjer Rossmax X5 u prosjeku pokazuje više vrijednosti u odnosu na klasični aneroidni tlakomjer Rossmax GB102 i to za 1 mmHg;
2. Prilikom mjerenja dijastoličkih tlakova digitalni tlakomjer Rossmax X5 u prosjeku pokazuje niže vrijednosti u odnosu na klasični aneroidni tlakomjer Rossmax GB102 i to za 1 mmHg;
3. Za usporedbu metoda statističkom Passing-Bablok regresijskom metodom zadovoljen je uvjet linearnosti u objema skupinama mjerenja te se rezultati mogu interpretirati;
4. Spearmanovim testom korelacije utvrđen je visok stupanj korelacije između mjerenja sistoličkih tlakova dvama različitim tlakomjerima, što pokazuje da su metode značajno međusobno povezane;

Na kraju ovog istraživanja, gledajući sveobuhvatno na dobivene rezultate statističke analize podataka, možemo zaključiti da postoji razlika u rezultatima mjerenja klasičnim aneroidnim tlakomjerom Rossmax GB102 i digitalnim tlakomjerom Rossmax X5. Međutim, dobivena razlika između mjerenja koja u prosjeku iznosi samo 1 mmHg nije od neke velike važnosti za interpretaciju rezultata prilikom utvrđivanja krvnog tlaka. Također, rezultati provedene analize ne daju odgovor na pitanje pokazuju li tlakomjeri stvarne, odnosno točne vrijednosti tlakova.

## 7. SAŽETAK

**CILJEVI ISTRAŽIVANJA:** Cilj ovog istraživanja bio je usporediti dobivene rezultate mjerenja krvnog tlaka uzastopno s novim klasičnim analognim tlakomjerom s manometrom te s novim digitalnim tlakomjerom istog proizvođača i slične cijene koristeći statističku Passing-Bablok regresijsku metodu.

**NACRT STUDIJE:** Istraživanje je provedeno kao presječna studija.

**MATERIJAL I METODE:** Ispitanici za ovo istraživanje su bili uži članovi obitelji i prijatelji zbog trenutne epidemiološke situacije. Ukupno je napravljeno 56 parova uzastopnih mjerenja s dva različita tlakomjera. Mjerenja su napravljena u više navrata s pravilnim vremenskim razmacima unutar parova mjerenja. Dobivena mjerenja su međusobno uspoređena neparametrijskim Wilcoxonovim testom, parametrijskim T-testom diferencija te Passing-Bablok regresijskom metodom uz Spearmanov test korelacije.

**REZULTATI:** Analizom dobivenih vrijednosti utvrđeno je da postoji značajna razlika u mjerenjima jer postoji pomak između 2 mjerna instrumenta. Nema značajnog odstupanja u linearnosti između metoda, te je Passing-Bablok regresijskom metodom utvrđeno da ne postoji značajna razlika između dviju metoda mjerenja krvnog tlaka te da su one značajno povezane.

**ZAKLJUČAK:** Postoji značajna razlika u mjerenjima između dva tlakomjera. Utvrđena razlika u prosjeku iznosi 1 mmHg, no nema veliku važnost u interpretaciji dobivenih rezultata mjerenja krvnog tlaka. Metode mjerenja tlaka su značajno povezane.

**KLJUČNE RIJEČI:** krvni tlak; Passing-Bablok; tlakomjer;

## 8. SUMMARY

### **DIFFERENCES IN MEASUREMENT BETWEEN CLASSIC ANALOG VS DIGITAL PRESSURE GAUGE**

**OBJECTIVES:** The objective of this study was to compare the obtained results of blood pressure measurements in succession with a new classic analog pressure gauge with manometer and with a new digital pressure gauge from the same manufacturer and similar prices using the statistical Passing and Bablok regression method.

**STUDY DESIGN:** The study was conducted as a cross-sectional study.

**MATERIALS AND METHODS:** Subjects for this study were family members and friends due to current epidemiological situation. A total of 56 pairs of consecutive measurements were made with two different pressure gauges. Measurements were made repeatedly with regular time intervals within the measurement pairs. The obtained measurements were compared with the nonparametric Wilcoxon test, the parametric T-test of differences and the Passing-Bablok regression method with the Spearman correlation test.

**RESULTS:** The analysis of the obtained values showed that there is a significant difference in the measurements because there is a shift between the 2 measuring instruments. There is no significant deviation in linearity between the methods, and the Passing-Bablok regression method found that there is no significant difference between the two methods of measuring blood pressure and that they are significantly related.

**CONCLUSION:** There is a significant difference in measurements between the two pressure gauges. The difference found on average is 1 mmHg, however it is not of great importance in the interpretation of the obtained results of blood pressure measurements. Pressure measurement methods are significantly related.

**KEYWORDS:** blood pressure; Passing-Bablok; pressure gauge;

**9. LITERATURA**

1. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. Tlak. Dostupno na adresi: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=61540>. Datum pristupa: 28.8.2020.
2. The Editors of Encyclopaedia Britannica. Blood pressure. Dostupno na adresi: <https://www.britannica.com/science/blood-pressure>. Datum pristupa: 6.9.2020.
3. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. Krvni tlak. Dostupno na adresi: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=34316>. Datum pristupa: 2.9.2020.
4. American Heart Association, Inc. Understanding Blood Pressure Readings. Dostupno na adresi: <https://www.heart.org/en/health-topics/high-blood-pressure/understanding-blood-pressure-readings>. Datum pristupa: 2.9.2020.
5. American Heart Association, Inc. Monitoring your blood pressure at home. Dostupno na adresi: <https://www.heart.org/en/health-topics/high-blood-pressure/understanding-blood-pressure-readings/monitoring-your-blood-pressure-at-home>. Datum pristupa: 2.9.2020.
6. Harvard Medical School, Harvard Health Publishing. Tips to measure your blood pressure correctly. Dostupno na adresi: <https://www.health.harvard.edu/heart-health/tips-to-measure-your-blood-pressure-correctly>. Datum pristupa 10.8.2020.
7. Muntner P, Shimbo D, M. Carey R, B. Charleston J, Gaillard T, Misra S, i sur. Measurement of Blood Pressure in Humans: A Scientific Statement From the American Heart Association. Dostupno na adresi: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/HYP.0000000000000087>. Datum pristupa: 6.9.2020.
8. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. Manometar. Dostupno na adresi: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=38676>. Datum pristupa: 6.9.2020.
9. James GD, Gerber LM. Measuring arterial blood pressure in humans: Auscultatory and automatic measurement techniques for human biological field studies. *Am J Hum Biol.* 2018;30(1).

10. Editorial Team A. Korotkoff Sounds. Dostupno na adresi: <https://www.ausmed.com/cpd/explainers/korotkoff-sounds>. Datum pristupa: 6.9.2020.
11. Bilić-Zulle L. Comparison of methods: Passing and Bablok regression. *Biochemia Medica*. 2011;21(1):49-52.
12. Anlauf M, Tholl U, Högermeyer D, Hirche H, Roggenbuck U, Simonides R. Devices for blood pressure self measurement: tested in comparison. *Z Kardiol*. 1996;85(3):20-25.
13. Marusteri M, Bacarea V. Comparing groups for statistical differences: how to choose the right statistical test? *Biochemia Medica*. 2010;20(1):15-32.
14. Benmira A, Perez-Martin A, Schuster I, Aichoun I, Coudray S, Bereksi-Reguig F, i sur. From Korotkoff and Marey to automatic non-invasive oscillometric blood pressure measurement: does easiness come with reliability?. *Expert Rev Med Devices*. 2016;13(2):179-189.



## 10. ŽIVOTOPIS

### OSOBNI PODACI:

Nikolina Baković, studentica 3. godine, Preddiplomski sveučilišni studij Medicinsko laboratorijska dijagnostika

Datum i mjesto rođenja: 30. kolovoza 1996., Zagreb

Kućna adresa: Ive Vojnovića 4, 51000 Rijeka

Tel. +385919591150

E-mail: bakovinikolina@gmail.com

### OBRAZOVANJE:

2003. – 2011. Osnovna škola „Milan Brozović” Kastav

2011. – 2015. Gimnazija Andrije Mohorovičića Rijeka, opći smjer

2015. – 2020. Medicinski fakultet Osijek, Preddiplomski sveučilišni studij Medicinsko laboratorijska dijagnostika

### OSTALE AKTIVNOSTI:

2010. položen ispit znanja za 1. stupanj talijanskog jezika