

# Varijabilnost tonometrije po Goldmannu s i bez fluoresceina

---

**Perišić, Nora**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, School of Medicine / Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:171:345883>

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

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



*Repository / Repozitorij:*

[MEFST Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**MEDICINSKI FAKULTET**

**Nora Perišić**

**VARIJABILNOST TONOMETRIJE PO GOLDMANNU S I BEZ FLUORESCEINA**

**Diplomski rad**

**Akadska godina:**

**2017./2018.**

**Mentor:**

**Doc. dr. sc. Ljubo Znaor, dr. med.**

**Split, srpanj 2018.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
MEDICINSKI FAKULTET**

**Nora Perišić**

**VARIJABILNOST TONOMETRIJE PO GOLDMANNU S I BEZ FLUORESCINA**

**Diplomski rad**

**Akadska godina:**

**2017./2018.**

**Mentor:**

**Doc. dr. sc. Ljubo Znaor, dr. med.**

**Split, srpanj 2018.**

*Hvala mom mentoru, doc. dr. sc. Ljubi Znaoru, na iznimnoj pomoći i razumijevanju tijekom pisanja ovog diplomskog rada.*

*Hvala mojoj obitelji, prijateljima i kolegama na njihovoj ljubavi i podršci tijekom studiranja.*

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Očna vodica i intraokularni tlak .....	2
1.1.1. Fiziologija očne vodice .....	2
1.1.2. Patofiziologija očne vodice.....	3
1.2. Glaukom .....	4
1.3. Podjela glaukoma .....	5
1.1.3. Kongenitalni glaukom.....	5
1.1.4. Primarni glaukom otvorenog kuta .....	5
1.1.5. Primarni glaukom zatvorenog kuta.....	7
1.1.6. Sekundarni glaukomi .....	8
1.4. Mjerenje intraokularnog tlaka .....	8
1.1.7. Schiotzov tonometar .....	8
1.1.8. Nekontaktni tonometar .....	9
1.5. Tonometrija .....	9
1.1.9. Goldmannova tonometrija .....	9
1.6. Imbert-Fickov zakon.....	11
1.7. Istraživanja na temu varijabilnosti po Goldmannu s i bez fluoresceina .....	12
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	14
3. ISPITANICI I METODE.....	16
4. REZULTATI.....	18
5. RASPRAVA.....	25
6. ZAKLJUČCI .....	28
7. POPIS CITIRANE LITERATURE .....	30
8. SAŽETAK.....	33

9. SUMMARY.....	36
10. ŽIVOTOPIS.....	39

## **1. UVOD**

## **1.1. Očna vodica i intraokularni tlak**

Normalna vidna funkcija zahtijeva da oblik očne jabučice ostane fiksna i da optički put od rožnice do retine ostane čist. To zahtijeva da se prehrana intraokularnih tkiva u optičkom putu mora odvijati s minimalnim brojem krvnih žila. Sve to se postiže vrlo učinkovito proizvodnjom bistre očne vodice, njezinom cirkulacijom u prednju komoru i odvodnjom iz kuta prednje očne sobice kroz tkiva s visokim otporom (trabekulum i uvea). Tako se zadržava intraokularni tlak (IOT), čuva se oblik oka, refrakcijske površine se održavaju na mjestu, a avaskularnoj rožnici i leći je omogućena hrana i uklanjanje otpada (1).

IOT se dugo povezivao s glaukomom, no danas znamo da on može kratkoročno i dugoročno varirati u mjerenjima. Do pogrešaka u mjerenju može doći zbog biomehaničkih faktora oka poput središnje debljine rožnice, zakrivljenosti rožnice, krutosti rožnice i hidratacije. Jednokratna mjerenja intraokularnog tlaka od 21 mmHg ili višeg ne znače dijagnozu glaukoma, te su potrebni drugi faktori za postavljanje dijagnoze. Unatoč tome, IOT ostaje najvažniji promjenjivi čimbenik u liječenju glaukoma. IOT se nasljeđuje poligenski s određenim ekološkim doprinosom. Čimbenici koji mogu pridonijeti dugoročnim fluktuacijama ili varijacijama u IOT su dob, krvni tlak i sezonske varijacije (2).

Čimbenici koji pridonose kratkoročnoj fluktuaciji IOT su dnevne varijacije, držanje tijela, vježbe, pokreti očiju, aktivnosti koje uzrokuju Valsalvin manevar i učinci hrane i lijekova. Ti čimbenici mogu predstavljati značajan problem u liječenju jer je razina IOT jedno od integralnih mjerenja koje pomažu u odlučivanju o kliničkoj učinkovitosti lijekova za glaukom i o strategiji liječenja bolesnika s rizikom od glaukoma. Ove kratkotrajne fluktuacije IOT govore da bi se mogao mjeriti više puta u različito doba dana ili eventualno neprekidno pratiti prije pokretanje terapije ili promjena u liječenju pacijenata (2).

### **1.1.1. Fiziologija očne vodice**

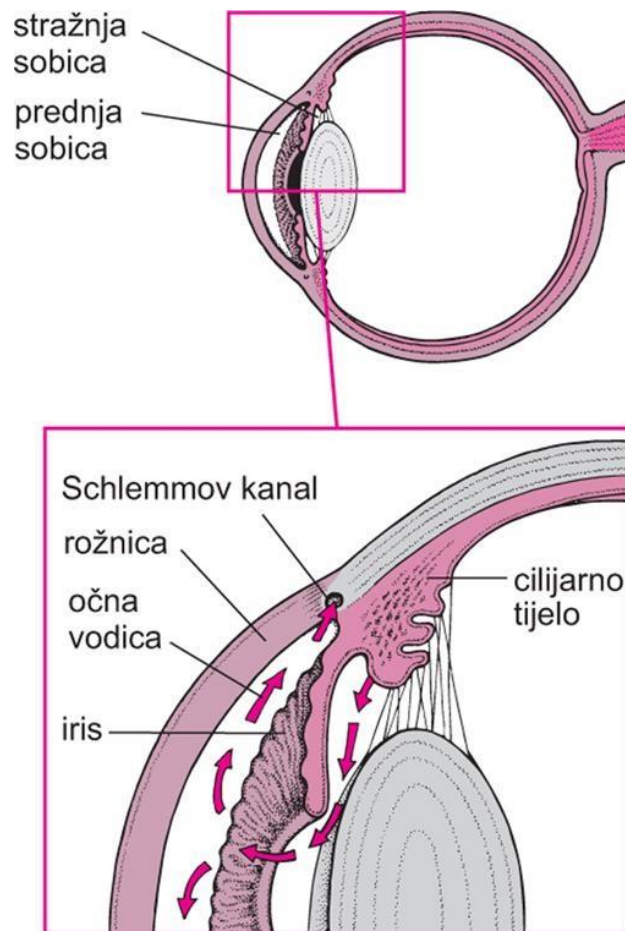
Razumijevanje toka očne vodice je esencijalno za evaluaciju i liječenje glaukoma. Očna vodica se proizvodi u stražnjoj očnoj sobici u cilijarnom nastavku i cirkulira kroz zjenicu u prednju očnu sobicu. Normalna brzina vodene proizvodnje je 2-2,5 mikrolitre u minuti. Postoji i cirkadijalna fluktuacija u proizvodnji, koja je najniža tijekom spavanja. Na produkciju očne vodice također utječe i dob tako da se smanjuje za 2% po desetljeću. Postoje dva puta odvoda očne vodice iz oka (1) (Slika 1).

Češći put odvoda je putem Schlemmovog kanala. On je ovisan o tlaku i predstavlja 85% ukupnog odljeva u odraslih osoba. Putujući iz prednje komore prema van, očna vodica prolazi



kroz trabekulum i ide u Schlemmov kanal. Od Schlemmovog kanala vodica ulazi u kolektorske kanale i teče do episkleralnih ili konjunktivnih vena. Od tamo prolazi kroz prednje ciliarne i gornje očne vene u kavernozi sinus (1).

Rjeđi put odvoda je uveoskleralni put izlučivanja koji predstavlja preostalih 10-15% odljeva očne vodice u odraslih. Ovaj je put neovisan o tlaku i očna vodica putuje kroz ciliarno tijelo i periferni dio šarenice u suprakoroidalni prostor i kroz bjeloočnicu u orbitalna tkiva. Što je osoba mlađa, to je veći udio izlučivanja očne vodice uveoskleralnim putem (1).



Slika 1. Prikaz fiziologije očne vodice (izvor: <http://www.msdprirucnici.placebo.hr/msdprirucnik/oftalmologija/glaukom>)

### 1.1.2. Patofiziologija očne vodice

Privremeno ili trajno povećanje IOT je uobičajena komplikacija nakon vitreoretinalne kirurgije. Sekundarni glaukom se može razviti nakon postupka skleralnog nabiranja ili pars plana vitrektomije kod popravka regmatogenog odvajanja mrežnice. Korištenje intravitrealnih

plinova također može potaknuti sekundarno zatvaranje kuta prednje sobice s ili bez pupilarnog bloka (3).

Očna hipertenzija je značajna komplikacija nakon otvorene ozljede oka koja ponekad zahtijeva kiruršku intervenciju. Starija dob, ozljeda leće, slabija vidna oštrina i intraokularna upala su čimbenici rizika povezani sa sekundarnim glaukomom. Većina bolesnika s traumatskom očnom hipertenzijom ipak tijekom vremena poboljša vizualnu oštrinu i normalizirala IOT (4).

Očna hipotenzija je rezultat nedostatne proizvodnje ili gubitka intraokularne tekućine. Intraokularna upala, lijekovi ili proliferativna vitreoretinopatija (PVR) s prekomjernim rastom ciliarnog tijela mogu rezultirati smanjenom sekrecijom očne vodice. Gubitak očne vodice može proizaći iz vanjskog gubitka, nakon kirurgije ili traume, ili interno, na primjer iz rascjepa ciklodialize ili odstranjivanja retine (5).

## **1.2. Glaukom**

Glaukom je bolest čije su značajke tipične, često progresivne promjene glave optičkog živca i gubitak vidnog polja. Povišen IOT (<22 mmHg) povezan je s većom incidencijom glaukoma, iako 16% osoba s promjenama optičkog živca i gubitkom polja nikada nije imalo intraokularni tlak veći od 20 mmHg na višestrukim pregledima. Nažalost, IOT, iako je lako mjerljiv u procesu probira, mnogo je slabiji prediktor bolesti od vizualnog polja ili pregleda optičkog živca (6).

Kao vodeći uzrok nepovratne sljepoće širom svijeta, glaukom je kronična, progresivna optička neuropatija s određenim obrascem strukturalnih i funkcionalnih oštećenja (7,8). Smatra se glavnim problemom javnog zdravlja, a njegova učestalost vjerojatno će se nastaviti povećavati zbog demografske ekspanzije i starenja stanovništva. U 2013. godini, globalna učestalost glaukoma za stanovništvo u dobi od 40 do 80 godina je iznosila 3,54%, što se procjenjuje da je 64,3 milijuna ljudi, a taj broj će se povećati na 76 milijuna u 2020. godini i 111,8 milijuna u 2040. (9). Podaci iz ispitivanja utemeljenih na populaciji ukazuju da jedna od 40 odraslih osoba starijih od 40 godina ima glaukom s gubitkom vizualne funkcije, što odgovara 60 milijuna ljudi diljem svijeta i 8,4 milijuna je dvostrano slijepa. Čak i u razvijenim zemljama, polovica slučajeva glaukoma je nedijagnosticirana (10).

Glaukom je uglavnom asimptomatski do kasnijih stadija kada se pojavljuju vizualni problemi. Gubitak vida od glaukoma ne može se oporaviti, a potrebno je poboljšati metode za otkrivanje slučajeva glaukoma (10). Rana dijagnoza i odgovarajuće liječenje mogu usporiti

napredovanje bolesti i sačuvati koristan vid. Sposobnost rane dijagnoze glaukoma i učinkovito otkrivanje njegove progresije je vrlo važno za praćenje i liječenje bolesnika (11).

### **1.3. Podjela glaukoma**

Glaukom dijelimo na:

1. Kongenitalni glaukom
2. Primarni glaukom otvorenog kuta
3. Primarni glaukom zatvorenog kuta
4. Sekundarni glaukom

#### **1.1.3. Kongenitalni glaukom**

Primarni kongenitalni glaukom se odnosi na specifičan oblik glaukoma u razvojnoj dobi koji karakterizira izolirana nerazvijenost trabekuluma (izolirana trabekulodisgeneza) koja nije povezana s drugim razvojnim očnim anomalijama ili očnim bolestima koje mogu povećati IOT. Stanje je tipično bilateralno, ali 25-30% slučajeva može biti jednostrano (12). Iako su mnogi slučajevi sporadični, primarni kongenitalni glaukom nasljeđuje se autosomno recesivno (13).

Daljnja njegova podjela ide ovisno o dobi nastanka u tri skupine: novorođenče (starost od 0 do 1 mjeseca), dojenče (početak od 1 do 24 mjeseca), kasni početak ili kasno prepoznati glaukom (početak nakon 2 godine). Spontano nastali slučajevi s normalnim IOT, ali s tipičnim znakovima primarnog kongenitalnog glaukoma također su klasificirani kao primarni kongenitalni glaukom (13).

#### **1.1.4. Primarni glaukom otvorenog kuta**

Primarni glaukom otvorenog kuta je definiran kao multifaktorijalna optička neuropatija u kojoj postoji karakterističan stečeni gubitak optičkih živčanih vlakana. To je kronična, bilateralna, ali često i asimetrična bolest. Karakterizirana je (u barem jednom oku) sa slijedećim: dokazom glaukorskog oštećenja optičkog živca ili prisutnost karakterističnih abnormalnosti u vidnom polju; bolest je prisutna u odraslih pacijenata; otvoren je kut prednje očne sobice; i nema prisutnih drugih poznatih uzroka glaukoma otvorenog kuta. Najznačajnije je da IOT nije dio definicije i da nije potrebno prisustvo i abnormalnosti optičkog živca i vidnog polja, već jednog od navedenih (6). Smatra se da ako dođe do povišenja IOT u ovom slučaju, to nastaje zbog otežanog protjecanja očne vodice kroz trabekulum u Schlemmov kanal (14)

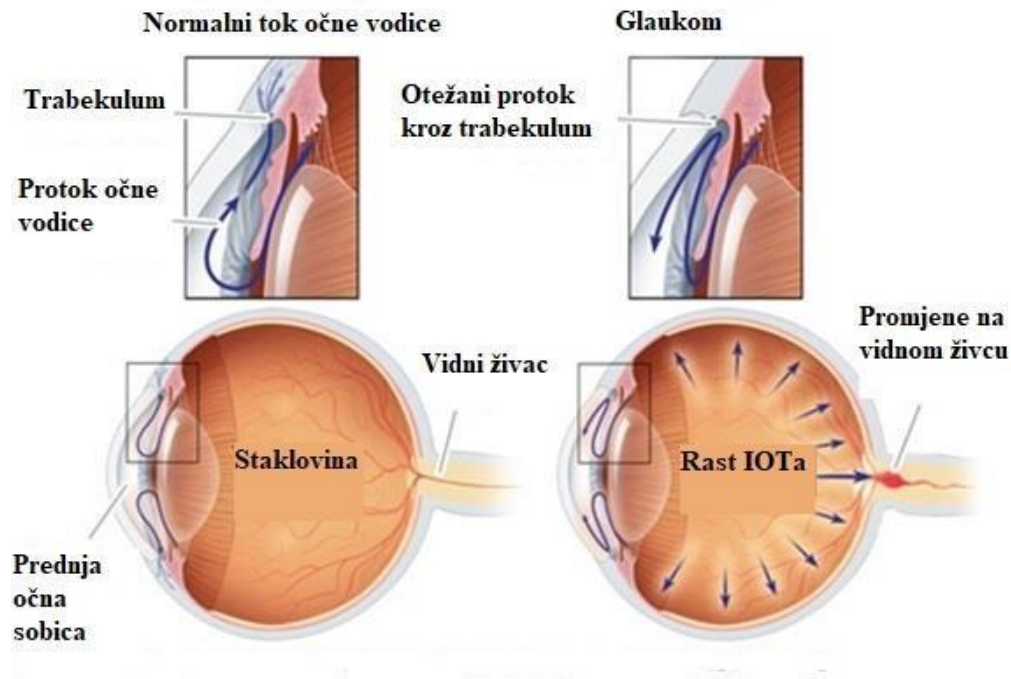
(Slika 2). Bolesnici s primarnim glaukomom otvorenog kuta se obično ne prezentiraju sa simptomima glaukoma ili se dijagnosticiraju već s naprednim gubitkom u jednom ili oba oka (6).

U oftalmološkoj literaturi i u kliničkoj praksi idiopatski glaukom otvorenog kuta se obično klasificira u kronični ili primarni glaukom otvorenog kuta i u glaukom normalnog tlaka ili glaukom niskog tlaka. Ova dva podtipa su definirana na temelju IOT (1).

Kronični ili primarni glaukom otvorenog kuta čini većinu slučajeva glaukoma, iako u nekim etničkim skupinama može biti najčešći kronični glaukom zatvorenog kuta. Kod bijelaca, glaukom otvorenog kuta neuobičajen je kod mladih pojedinaca. Studije utemeljene na populaciji u nekoliko europskih zemalja i u SAD-u dosljedno su izvijestile o učestalosti glaukoma kod bijelaca (starijih od 40 godina) između 1,1% i 2,1%. Prevalencija glaukoma raste s godinama (1).

U većini slučajeva, primarni glaukom otvorenog kuta se razvija u srednjoj ili starijoj životnoj dobi. Zbog podmukle i bezbolne prirode, pacijenti često ne prijavljuju simptome, osim ako postoje ozbiljna oštećenja optičkog živca i gubitak vida. Rožnica je bistra, prednja očna sobica je duboka i kut prednje sobice izgleda otvoren i normalan. Iako je izlaz očne vodice smanjen, tonografija više nije sastavni dio standardne kliničke procjene. IOT se obično podiže. Međutim, dijagnoza primarnog glaukoma otvorenog kuta ne može se izvršiti na temelju povišenog IOT koji je povezan s niskom osjetljivošću (70%) i specifičnošću (30%). Srednja vrijednost IOT je od  $16 \pm 2,5$  mmHg (raspon 10-21 mmHg) u općoj populaciji. Smatra se da interval između 11 i 21 mmHg uključuje 95% populacije. S toga je procjena optičkog živca i retinalnog živčanog sloja vlakana ključna u određivanju prisutnosti primarnog glaukoma otvorenog kuta (1).

Tijekom posljednjih nekoliko godina, uz uvođenje novijih lijekova, postupno dolazi do pomaka u odabiru medicinske terapije. Trenutno dostupne opcije za liječenje kroničnog glaukoma otvorenog kuta uključuju topikalne beta adrenergičke blokirajuće agense, adrenergične lijekove, miotike, inhibitore karboanhidraze i prostaglandinske analoge (15).



Slika 2. Primarni glaukom otvorenog kuta (preuzeto s: <https://www.mayoclinic.org/diseasesconditions/glaucoma/symptoms-causes/syc-20372839>)

### 1.1.5. Primarni glaukom zatvorenog kuta

Glaukom zatvorenog kuta karakterizira privremeni ili stalni kontakt periferne strane šarenice uz trabekulum, što dovodi do ometanja odvoda očne vodice. Klinička prezentacija može biti akutna ili kronična. Najčešći mehanizam glaukoma zatvorenog kuta je pupilarni blok. U normalnim uvjetima, kontakt između šarenice i leće rezultira relativnom zaprekom strujanja očne vodice od stražnje prema prednjoj komori, što uzrokuje veći tlak očne vodice u stražnjoj komori i gura šarenicu prema naprijed. Taj se fenomen naziva relativni pupilarni blok. Povećani pupilarni blok i povećani tlak stražnje komore uzrokuju pomak prema naprijed periferne strane šarenice koja može zatvoriti kut prednje očne sobice i podići IOT, što dovodi do glaukoma zatvorenog kuta. Glaukom zatvorenog kuta može biti induciran i drugim mehanizmima koji dovode do pomicanja šarenice prema naprijed (npr. mehanizam iris bloka, krivi tok očne vodice, tumori i ciste) ili ga mogu uzrokovati tkiva ili membrane koje izravno mogu omesti tok očne vodice (npr. neovaskularni glaukom, upalne krhotine) (1).

U napadu akutnog glaukoma, pacijent osjeća jaku glavobolju i bol u zahvaćenom oku, oko je izrazito hiperemično, a vid je zamagljen. Karakteristični su takozvani „obojeni“ haloi oko izvora svijetla (14).

### **1.1.6. Sekundarni glaukomi**

Sekundarni glaukom se javlja kao posljedica nekih drugih bolesti oka. Češći uzroci su:

- Pseudoeksfolijativni sindrom
- Pigmentni glaukom
- Glaukom uzrokovan kortikosteroidima
- Traumatski glaukom
- Upalni glaukom
- Glaukom uzrokovan povećanim episkleralnim venskim pritiskom
- Fakolitički glaukom
- Glaukom nakon očnih operacija (6)

### **1.4. Mjerenje intraokularnog tlaka**

Mjerenje IOT trebalo bi biti dio bilo kojeg ispitivanja oka. Izravno mjerenje tlaka pomoću kanulacije prednje komore pomoću manometrijskih tehnika očigledno je nepraktično, pa su tako izrađena neizravna mjerenja. Ove se tehnike oslanjaju na mjerenju odgovora oka na vanjsku silu. Tonometri koji su razvijeni u svrhu mjerenja IOT spadaju u dvije kategorije: indentacija u kojoj se određuje količina deformacije rožnice ili globusa kao odgovor na eksterno primijenjenu težinu, i aplanacija, u kojoj se određuje snaga koja je potrebna za izravnavanje poznate površine rožnice. U oba slučaja se IOT odupire vanjskoj primjeni sile (1).

### **1.1.7. Schiottzov tonometar**

Schiottzov tonometar je indentacijski instrument koji mjeri IOT registrirajući dubinu uvlačenja rožnice kada se instrument koji nosi poznatu težinu primjenjuje na anestetizirano oko. Težina se prenosi na klip koji se treba slobodno kretati unutar držača. Kada se težina primjenjuje na oko, IOT osigurava protutežu koja pruža otpor klipu. To uzrokuje odstupanje pokazivača na ljestvici. Svaka jedinica na ljestvici, koja varira od 1 do 20, odgovara uvlačenju od 0,05 milimetra u rožnici. Visoki IOT otporan je na udubljenje, što rezultira očitavanjima niske razine, a nizak IOT omogućuje lagano udubljenje, što rezultira očitavanjima visokih razina. Da bi se mjerenje izvršilo, pacijent mora ležati. Primjenjuje se topikalni anestetik. Ispitivač zatim nježno drži kapke pacijentata, upućuje pacijenta da gleda ravno naprijed i stavlja instrument na rožnicu. IOT se zatim određuje čitanjem iz grafikona. Mjerenja mogu imati prilično velikih pogrešaka

izazvanih rigidnošću bjeloočnice. Miopijske oči su elastičnije od drugih očiju te kod njih može doći do podcjenjivanja IOT, dok je suprotno kod hiperopijskih očiju (1).

Iako Schiötzov tonometar ne čini precizna mjerenja, jeftin je i jednostavan za korištenje, izdržljiv, zahtijeva malo održavanja, nema elektroniku, ne zahtijeva baterije i može se pohraniti godinama između upotreba. Te osobine čine ga prikladnim za probir i u udaljenim ambulancama (16).

#### **1.1.8. Nekontaktni tonometar**

Mjerenja se vrše tako da nijedan dio uređaja ne dodiruje oči. Uređaj koristi mlaz zraka koji aplanira na rožnicu. Kada je aktiviran, zračni mlaz je pušten na rožnicu s povećanjem sile tijekom vremena. Rožnica je osvijetljena kolimiranom svjetlosnom zrakom koja se odražava natrag na detektor koji određuje kada reflektirajuća svjetlost dosegne maksimalnu vrijednost, što odgovara ravnanju površine rožnice promjera 3,06 mm. Vrijeme potrebno za postizanje ove maksimalne refleksije izravno je povezano sa silom zračnog mlaza, obrnuto proporcionalno s IOT i prevedeno je u očitavanje IOT (1).

### **1.5. Tonometrija**

Aplanacijska tonometrija je postupak izbora u većini kliničkih situacija, a tonometri su razvijeni za upotrebu i kod procijepne svjetiljke i ručnog računala za uporabu izvan ispitne trake. U ovu kategoriju uključeni su Goldmannov tonometar, Perkinsov tonometar, Mackay-Marg tonometar, pneumatski tonometar i Tonopen. Temeljni princip je sličan za svaki instrument. IOT određuje se mjerenjem sile koja je potrebna za aplanaciju poznate površine rožnice (1).

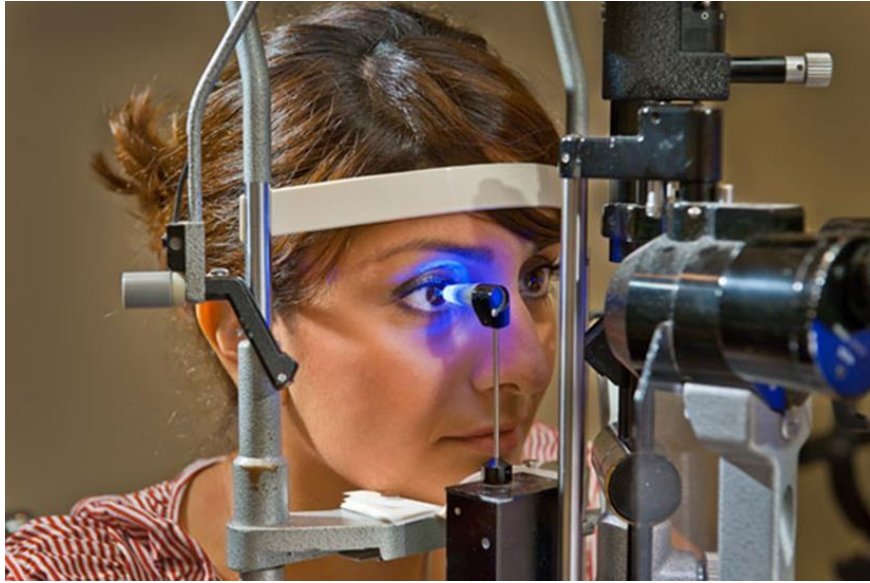
#### **1.1.9. Goldmannova tonometrija**

Goldmannova tonometrija je najčešće korištena tonometrija i međunarodni je standard za mjerenje IOT. U izradi ovog tonometra trebalo je napraviti niz pretpostavki. Prva je bila da se ljudsko oko može zamisliti kao savršeno elastična i neograničeno tanka sfera, te da se njezin unutarnji tlak može mjeriti primjenom vanjske sile kojoj bi se taj tlak opirao. Pretpostavlja se da rožnica ima središnju debljinu od približno 520  $\mu$ m. Međutim, ljudske rožnice znatno variraju u debljini među pojedincima, a sada je poznato da to utječe na točnost Goldmannove tonometrije u mjerenju intraokularnog tlaka. Očima s debljim rožnicama mjerenja pokazuju veći tlak od stvarnoga, a očima s tankim rožnicama mjerenja pokazuju manji tlak od stvarnoga (1).

IOT nakon laserske korekcije vida je obično niži od preoperativnih nivoa, što se izravno pripisuje stanjivanju rožnice laserskom ablacijom. Primjena ovog načela na očne hipertenzije je pokazala da oči s hipertenzijom imaju tendenciju da su im rožnice deblje od prosjeka, a da oči s tanjim rožnicama imaju veći rizik da razviju glaukom na određenoj razini tlaka. Na primjer, u studiji liječenja očne hipertenzije, oči s tlakom većim od 26 mmHg i središnje debljine rožnice veće od 588  $\mu\text{m}$  imale su 6% šanse za pretvorbu glaukoma u roku od 5 godina, dok su one s središnjom debljinom rožnice manjom od 555  $\mu\text{m}$  imale 36% šanse. Klinički je neophodno staviti mjerenje IOT u kontekstu mjerenja debljine središnje rožnice kako bi se ispravno procijenio rizik pacijenta za razvoj glaukoma ili njegov napredak. Iako nije poznata točna veza između stvarnog IOT, debljine središnje rožnice i IOT mjerenog pomoću Goldmannove aplanacijske tonometrije, procjenjuje se da tlak varira od 1 mmHg za svakih 20  $\mu\text{m}$  debljine iznad ili ispod 540  $\mu\text{m}$  debljine rožnice (1).

Pri upotrebi Goldmannove aplanacijske tonometrije, sila potrebna za ravnanje rožnice se dobiva spiralnom oprugom koja se nalazi u kućištu instrumenta. Sila je kontrolirana rotirajućim gumbom u podnožju i primjenjuje se na anestetizirano oko vrškom prizme kroz koju se rožnica može vidjeti s biomikroskopom s procijepnom svjetiljkom (Slika 3). Područje spljoštene rožnice je promjera 3,06 mm. Topikalni anestetik i fluorescein primjenjuju se na oči, a suzni film se osvjetljava pomoću kobaltno plavog svjetla. Kad je instrument prislonjen na oko, glava prizme stvara kružni meniskus suznog filma koji se može vidjeti kroz biomikroskop s procijepnom svjetiljkom. Prizma u aplanacijskoj glavi dijeli kružnicu u dva polukruga, a krajnja točka mjerenja određuje se podešavanjem ručice dok se unutarnji rubovi polukruga ne dodiruju (1).



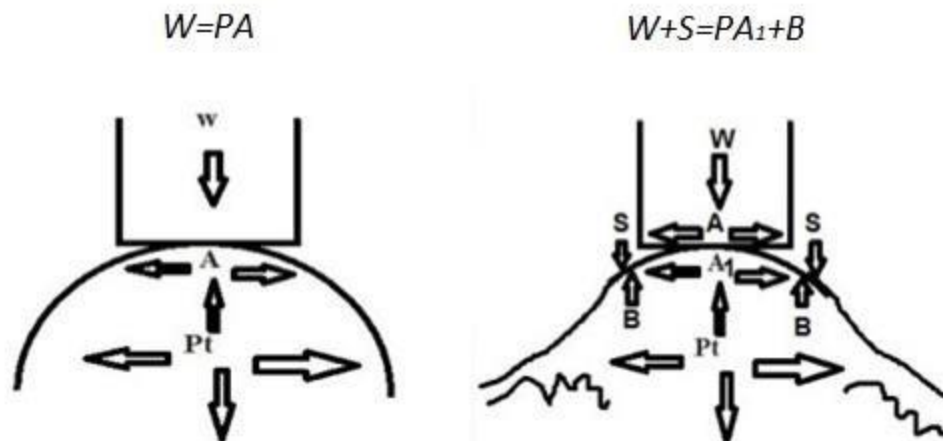


Slika 3. Prikaz mjerenja IOT Goldmannovim aplanacijskim tonometrom (preuzeto s: <http://ww5.onvacations.co/eye-care-tonometer/>)

### 1.6. Imbert-Fickov zakon

Tehnika Goldmanove aplanacijske tonometrije se temelji na Imbert-Fickovom zakonu, prema kojemu je intraokularni tlak  $P$  izveden iz snage  $W$  potrebne da aplanira određenu površinu  $A$  ( $W=P \times A$ ). Primjena zakona Imbert-Fick na aplanaciju rožnice podrazumijeva da je rožnica beskonačno tanka, savršeno elastična i ima suhu površinu, što nije točno (17).

S obzirom na pravo stanje rožnice kao nesavršene površine potrebno je modificirati njihovu formulu u  $W + s = P \times A + b$ , gdje  $s$  i  $b$  predstavljaju silu površinske napetosti uzrokovane suznim filmom i opor rožnice na savijanje. S tom jednačinom na umu, utvrđeno je da s obzirom na aplanacijski promjer rožnice od 3,06 mm i površine aplanacije od  $A = 7,35 \text{ mm}^2$ , učinci površinske napetosti i otpora rožnice na savijanje postaju jednaki i poništavaju se i time se vraćamo na originalnu jednačinu (Slika 4). Tonometar koristi posebnu prizmu u obliku stošca koja se nalazi na glavi tonometra i postavlja se na rožnicu. Sila koja je potrebna da prizma aplanira središnju površinu rožnicu postupno se povećava sve dok se ne postigne tražena površina aplanacije. U ovom trenutku se tlak prizme bilježi i smatra se jednakim intraokularnom tlaku (2).



Slika 4. Prikaz Imbert-Fickovog zakon (preuzeto s:

<https://www.slideshare.net/atifraini/tonometry-62518166>)

### 1.7. Istraživanja na temu varijabilnosti po Goldmannu s i bez fluoresceina

Dosada su pronađene 4 studije koje su istraživale razlike IOT s i bez fluoresceina koristeći Goldmannovu aplanacijsku tonometriju. Dvije su studije pokazale da ne postoji statistički značajka razlika između mjerenja s i bez fluoresceina dok su druge dvije pokazale da su mjerenja signifikantno različita (18-21).

Prva studija Arend i sur. je imala uzorak od 200 pacijenata podijeljenih u dvije grupe. Grupi A je IOT prvo mjereno bez, zatim s fluoresceinom, dok je grupi B tlak prvo mjereno s fluoresceinom, zatim bez. Sva mjerenja su izvršena od strane istog ispitivača na istom aparatu u roku od 3. mjeseca. Pokazala je da su izmjerene vrijednosti IOT u obje grupe signifikantno niže ( $1,4 \pm 1,65$  mmHg SD) pri mjerenju bez fluoresceina ( $p < 0,001$ ) (18).

Druga studija Roper i sur. je imala uzorak od 50 pacijenata podijeljenih u 2 grupe. Grupi A je iIOT mjereno nakon apliciranja proparakaina HCl s bijelim svjetlom, zatim nakon apliciranja fluoresceina suhom trakicom s kobalt plavim svjetlom. Grupi B je IOT mjereno nakon apliciranja proparakaina HCl s bijelim svjetlom, zatim nakon apliciranja kapi 0,25% fluorescein i 0,4% benoxinat HCl s kobalt plavim svjetlom. Izmjerene vrijednosti s i bez fluoresceina su bile signifikantno različite. U grupi A je razlika od 1,68 mmHg signifikantna ( $p < 0,05$ ), dok u grupi B je razlika od 5,62 mmHg visoko signifikantna ( $p < 0,001$ ) (19).

Treća studija Shaikh i sur. je imala uzorak od 56 pacijenata s glaukomom. Nakon aplikacije 4% lignokaina i 0,25% fluoresceina s polivinilpirolidonom i iluminacijom od 7,5 V izvršena su mjerenja s kobalt plavim svjetlom i zelenim svjetlom u slijedu. Za svako svjetlo

rađena su 3 mjerenja i uzeti prosjeci IOT za statističku obradu. Razlika izmjerenih IOT s fluoresceinom koristeći kobalt plavo odnosno zeleno svjetlo nije statistički značajna. Srednja vrijednost IOT koristeći zeleno svjetlo je 17,19 mmHg dok je koristeći kobalt plavo svjetlo 17,17 mmHg (20).

Četvrta studija Ghoneim i sur. je imala uzorak od 250 pacijenata. Pacijentima je ukapan benoxitan HCl te je mjereno IOT bez fluoresceina koristeći zeleno svjetlo, potom je apliciran fluorescein pomoću jednokratne trakice i mjereno je IOT koristeći kobalt plavo svjetlo. Za statističku analizu su uzimane srednje vrijednosti 3 mjerenja. Ispitivač A je mjerio IOT bez fluoresceina koristeći zeleno svjetlo u prvih 125 pacijenata, zatim je ispitivač B mjerio IOT nakon aplikacije fluoresceina koristeći kobalt plavo svjetlo. Ispitivač B je mjerio IOT bez fluoresceina koristeći zeleno svjetlo u sljedećih 125 pacijenata, a potom je ispitivač A u istih tih 125 pacijenata mjerio IOT nakon aplikacije fluoresceina koristeći kobalt plavo svjetlo.

Razlika između izmjerenih vrijednosti IOT bez fluoresceina koristeći zeleno svjetlo i izmjerenih vrijednosti IOT sa fluoresceinom koristeći kobalt plavo svjetlo nije statistički značajna. Vrijednost za mjerenja uz zeleno svjetlo bez fluoresceina je iznosila  $15,23 \pm 3,3$  mmHg, a za mjerenja s fluoresceinom uz kobalt plavo svjetlo  $15,78 \pm 3,7$  mmHg (21).

## **2. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Zlatni standard mjerenja očnog tlaka je Goldmannova aplanacijska tonometrija u kojoj se koristi fluorescein. Cilj ovog istraživanja je utvrđivanje odnosa između vrijednosti očnog tlaka izmjerene tonometrijom po Goldmannu bez i s fluoresceinom.

### **3. ISPITANICI I METODE**

Istraživanje se provodilo na Klinici za očne bolesti, Kliničkog bolničkog centra Split. Uključeno je 39 pacijenata te je pregledano 78 očiju. Vrijeme provedeno za prikupljanje podataka je iznosilo jedan kalendarski mjesec. Svaki ispitanik je dobio formular za ispuniti (ime, prezime, kontakt i dijagnoze), ako nije imao kriterija isključivanja, pristupio je istraživanju. Ispitanicima smo ukapali anestetik (tetrakain) u oko i nakon toga počeli s mjerenjima očnog tlaka. Svakom ispitaniku smo mjerili tlak tri puta bez fluoresceina koristeći zeleno svjetlo. Zatim smo svakom ispitaniku mjerili tlak tri puta koristeći fluoresceinsku boju (jednokratna trakica) i kobalt plavo svjetlo. Između 3 uzastopna mjerenja bi prošlo par sekundi, dok bi prošlo do 1 minute dok bi se pacijentu primijenila fluoresceinska trakica. Cilj nam je bio utvrditi postoji li statistički značajna razlika između mjerenja s fluoresceinom i bez fluoresceina.

Statistički program Statistica 10 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, SAD) je korišten u statističkoj analizi podataka. Statistički podaci su analizirani koristeći deskriptivnu statistiku. Kvalitativne varijable su prikazane kao postotak i cijeli brojevi, a kvantitativne u obliku srednje vrijednosti i standardne devijacije. Za ispitivanje razine značajnosti razlike među grupama su korišteni ANOVA test i Sign test. Korelacija varijabli je bila iskazana koeficijentom korelacije. Kao statistički značajna razlika koristila se razina značajnosti  $p < 0,05$ .

Kriteriji uključivanja	Kriteriji isključivanja
- dob od 18 do 90 godina	- suho oko
	- upala rožnice
	- neproziran ožiljak na rožnici
	- edem rožnice
	- prethodne operacije rožnice
	- astigmatizam poviše 3 dioptrije

#### **4. REZULTATI**



Od 39 ispitanika uključenih u ovo istraživanje, 19 (48,72%) je bilo žena i 20 (51,28%) muškarca. Srednja dob ispitanika je iznosila  $71,74 \pm 8,27$  (Tablica 1).

Tablica 1. Mjerenja intraokularnog tlaka bez i s fluoresceinom

Mjerenja IOTa	Srednja vrijednost (mmHg)	SD
IOT 1 S	13,95	$\pm 2,93$
IOT 2 S	13,82	$\pm 2,99$
IOT 3 S	13,69	$\pm 2,89$
IOT 1 C	13,98	$\pm 2,81$
IOT 2 C	13,78	$\pm 2,81$
IOT 3 C	13,76	$\pm 2,75$
IOT CCD	13,78	$\pm 2,74$

Legenda: IOT S (intraokularni tlak bez fluoresceina), IOT C (intraokularni tlak s fluoresceinom), IOT CCD (intraokularni tlak mjeren uz korekciju za astigmatizam),

K1 (Dsph)	43,13	$\pm 1,70$
K2 (Dsph)	44,17	$\pm 1,65$
K2-K1	1,04	$\pm 0,91$
Ax	93,64	$\pm 57,17$

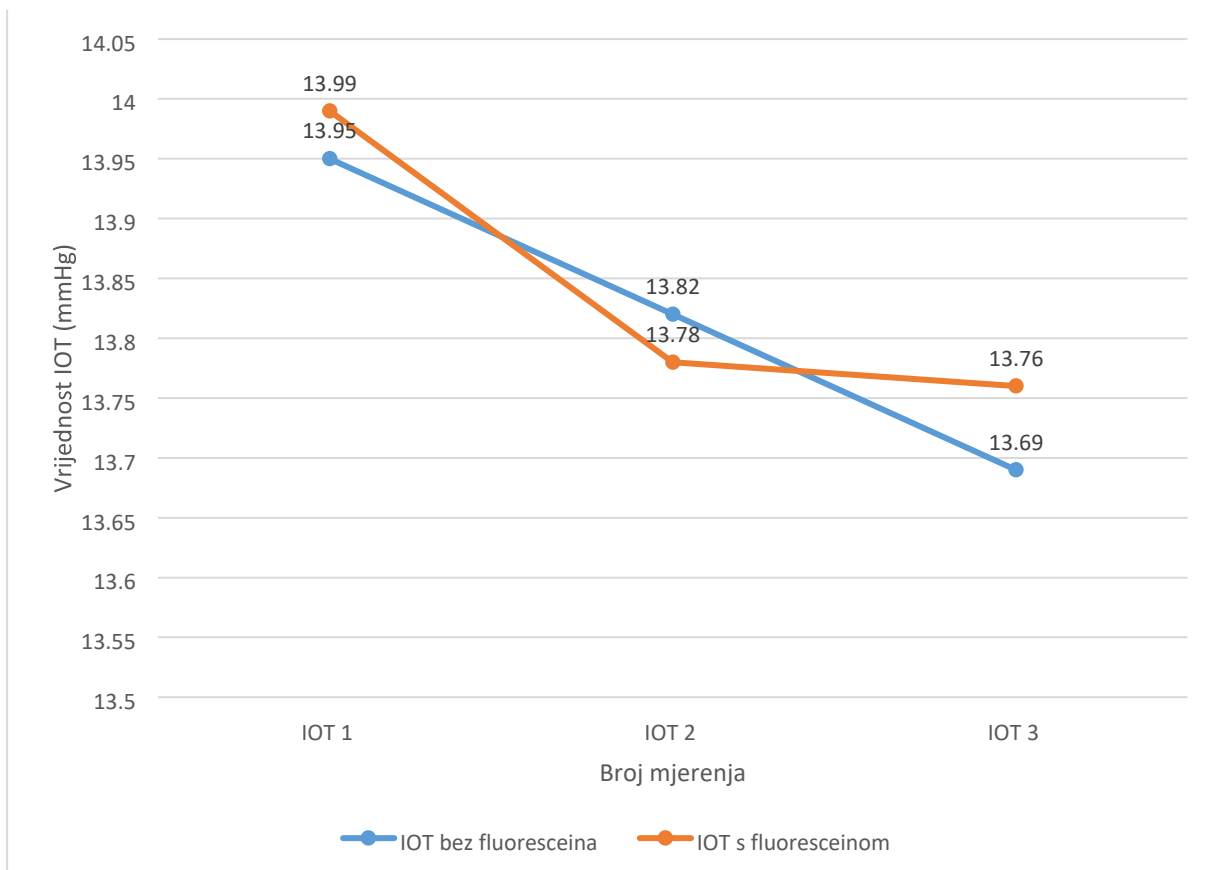
K2-K1 (razlika dviju keratometrija izraženih u dioptrijama), Ax (os rožničkog astigmatizma)

Tablica 2. Usporedba triju mjerenja IOTa s i bez fluoresceina

Varijabla	Srednja vrijednost	SD	F	p*
IOT 1 S	13,95	$\pm 2,93$		
IOT 2 S	13,82	$\pm 2,99$		
IOT 3 S	13,69	$\pm 2,89$	9,73	p=0,008
IOT 1 C	13,99	$\pm 2,81$		
IOT 2 C	13,78	$\pm 2,81$		
IOT 3 C	13,76	$\pm 2,75$	10,47	p=0,007

\*ANOVA test za ponovljena mjerenja

Možemo vidjeti iz tablice 2 da je srednja vrijednost svakog sljedećeg mjerenja, bilo za seriju mjerenja bez ili s fluoresceinom, bila statistički značajno manja. To nam svjedoči da prosječno vrijeme od nekoliko sekunda koje proteknu između svakog pojedinog od triju ponavljanja mjerenja IOTa nije dovoljno da se tlak u oku oporavi na početnu vrijednost te da sam pritisak prizme značajno utječe na smanjenje IOTa, a što je grafički prikazano na Slici 5.



Slika 5. Pad vrijednosti IOTa bez i s fluoresceinom

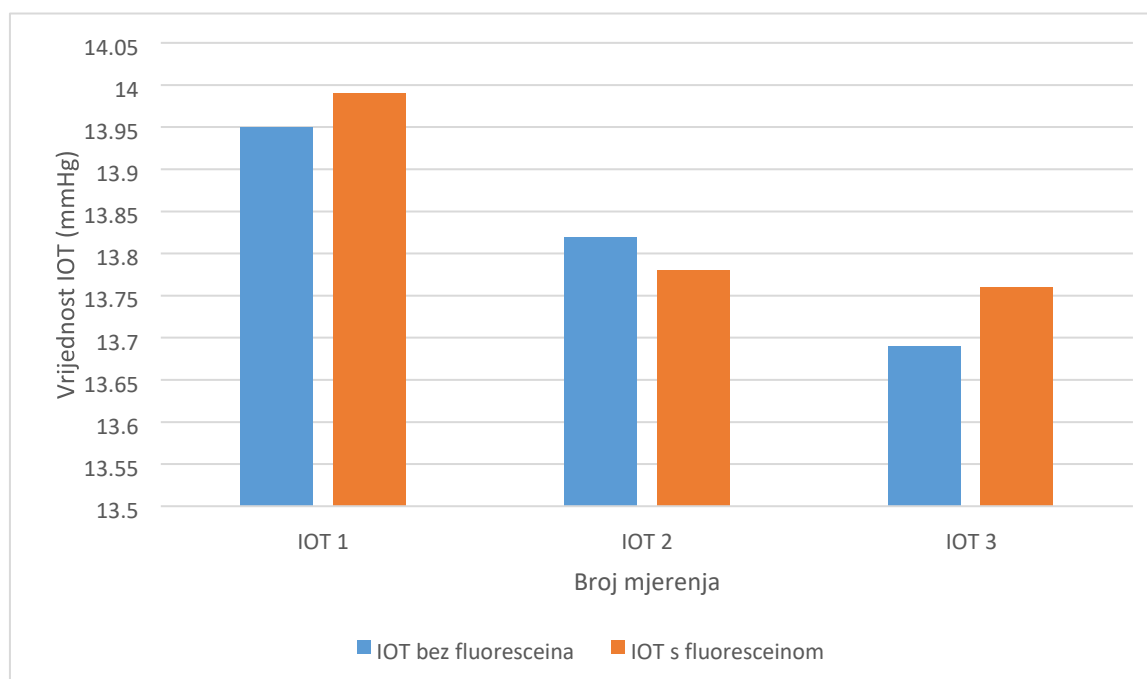
S obzirom na činjenicu da se pokazalo da se vrijednosti IOTa snižavaju svakim ponovljenim uzastopnim mjerenjem, za usporedbu izmjerenih tlakova među serijom izmjerenom bez fluresceina i s fluoresceinom nismo uzeli aritmetičku sredinu već smo uspoređivali svako uzastopno mjerenje bez fluoresceina sa onim s fluoresceinom i to po sljedećem principu vidljivom u Tablici 3.

Tablica 3. Usporedba IOTa s i bez fluoresceina

Varijabla	IOT bez fluoresceina (mmHg) $\pm$ SD	IOT s fluoresceinom (mmHg) $\pm$ SD	Z	p*
IOT 1 S & IOT 1 C	13,95 $\pm$ 2,93	13,99 $\pm$ 2,75	0	1,00
IOT 2 S & IOT 2 C	13,82 $\pm$ 2,99	13,78 $\pm$ 2,81	0,29	0,78
IOT 3 S & IOT 3 C	13,69 $\pm$ 2,89	13,76 $\pm$ 2,75	49	0,72

\*Sign test

Pokazalo se da ne postoji statistički značajna razlika između pojedinih uzastopnih mjerenja bez i s fluoresceinom (Slika 6). Vrijeme proteklo između trećeg mjerenja IOTa bez fluoresceina i prvog mjerenja IOTa s fluoresceinom je iznosilo prosječno do 1 minute a to je upravo vrijeme koje je bilo potrebno kako bi se aplicirao fluorescein u oko.



Slika 6. Usporedba IOTa bez fluoresceina i IOTa s fluoresceinom

Mjerenja IOT CCD (mjerenje tlaka uz namještanje osi prizme u smjeru osi astigmatizma) se statistički značajno razlikuju od prvih mjerenja s i bez fluoresceina (Tablica 4).

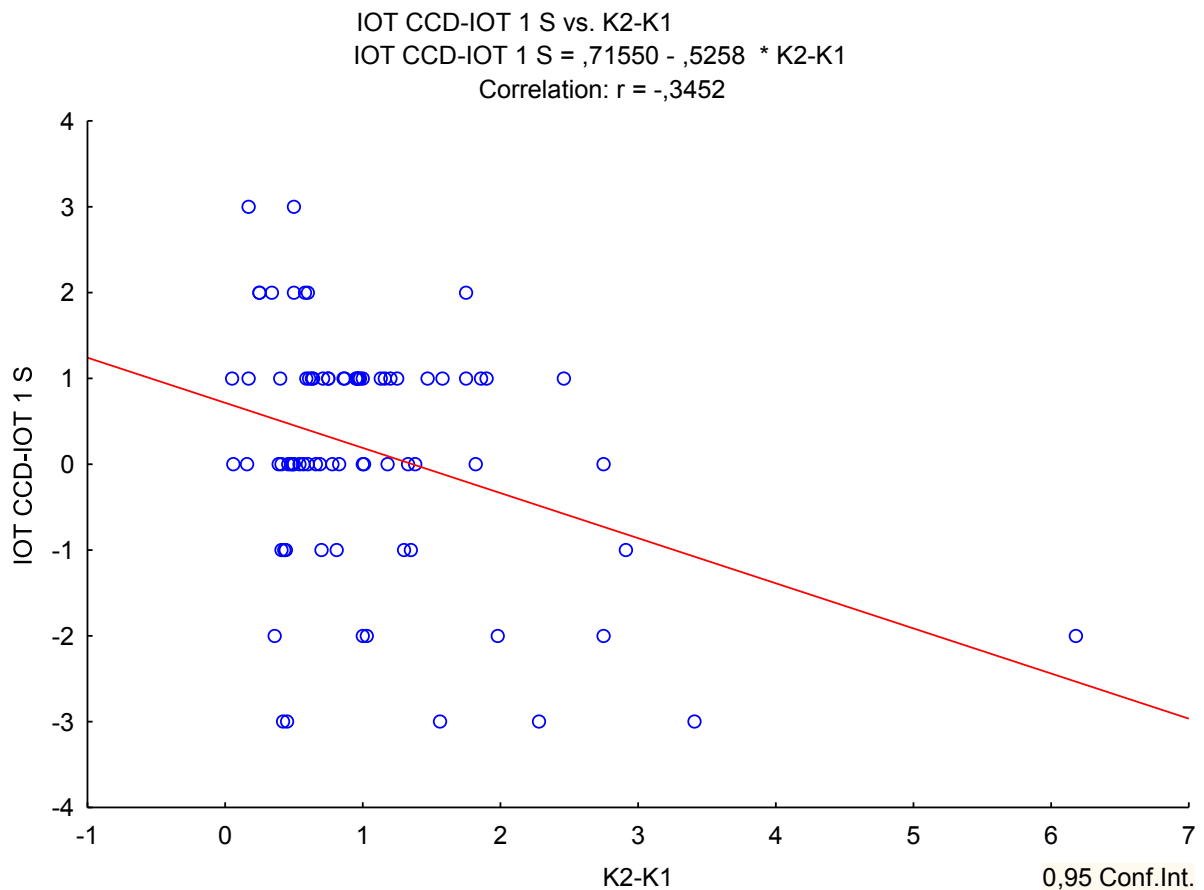
Tablica 4. Prikaz mjerenja IOT CCD

Varijabla	Srednja vrijednost (mmHg)	SD	F	p*
IOT CCD	13,78	±2,75		
IOT 1 C	13,99	±2,81		
IOT 1 S	13,95	±2,93	6,95	0,03

\*ANOVA test za ponovljena mjerenja

Iz rezultata je vidljivo da je postojala statistički značajna razlika među tim trima mjerenjima a post-hoc analizom je dobiveno da je upravo IOT CCD (mjerenje tlaka uz namještanje osi prizme u smjeru osi astigmatizma) taj koji je značajno bio manji u odnosu na preostala dva mjerenja.

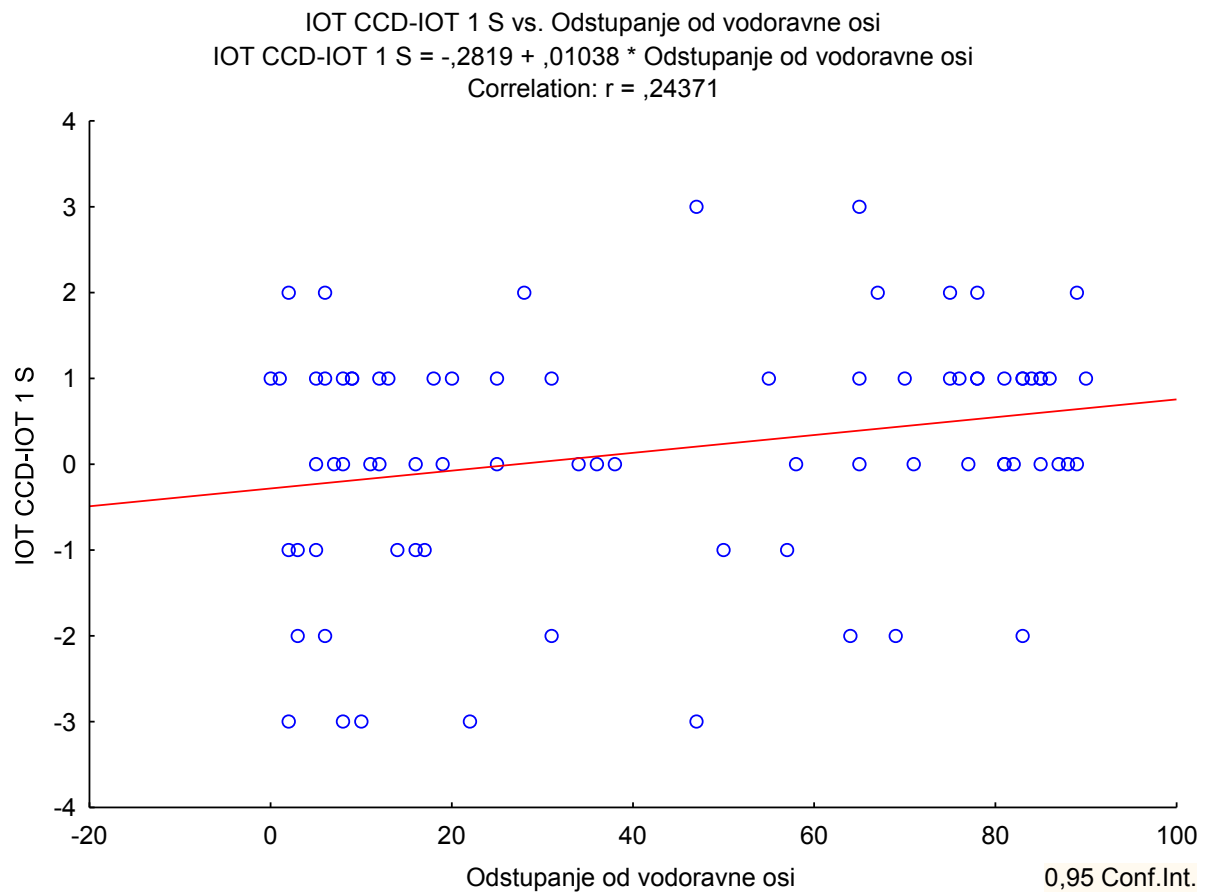
Nađena je također negativna korelacija između rožničkog astigmatizma i razlike između korigiranog mjerenja IOTa (IOT CCD) i prvog mjerenja IOTa bez fluoresceina (IOT S 1). Spearmanov koeficijent korelacije je iznosio  $r=-0,345$  što znači da što je veći rožnički astigmatizam to je mjerenje bez korekcije osi prizme (IOT 1 S) sve više precjenjivalo IOT u usporedbi s mjerenjem uz korekciju osi (IOT CCD) (Slika 7).



Slika 7. Korelacija između astigmatizma i razlike između korigiranog mjerenja IOTa (IOT CCD) i prvog mjerenja bez fluoresceina (IOT S 1)

Nađena je i pozitivna korelacija između odstupanja osi astigmatizma od vodoravne osi i razlike između korigiranog mjerenja IOTa (IOT CCD) i prvog mjerenja bez fluoresceina (IOT S 1).

Spearmanov koeficijent korelacije je iznosio  $r=0,243$  što znači da što je bilo veće odstupanje osi astigmatizma od vodoravne osi, to je prvo mjerenje bez korekcije osi prizme (IOT 1 S) sve više podcjenjivalo IOT u usporedbi s mjerenjem uz korekciju osi (IOT CCD) (Slika 8).



Slika 8. Prikaz pozitivne korelacije između odstupanja osi astigmatizma i razlike između korigiranog mjerenja IOT i prvog mjerenja bez fluoresceina

## **5. RASPRAVA**

Goldmannova tonometrija je najčešće korištena tonometrija i međunarodni je zlatni standard za mjerenje intraokularnog tlaka.

Naše istraživanje pokazalo je da ne postoji statistički značajna razlika u mjerenjima IOTa s i bez fluoresceina, što je u suglasju s nalazom studije Ghoneim i sur. (21). Ta je studija na uzorku od 250 ispitanika radila po 3 mjerenja s fluoresceinom i 3 mjerenja bez fluoresceina te je uzimana njihova srednja vrijednost. Razlika između izmjerenih vrijednosti IOT-a bez fluoresceina koristeći zeleno svjetlo i izmjerenih vrijednosti IOTa s fluoresceinom koristeći kobalt plavo svjetlo nije bila statistički značajna. S druge strane, studija Arend. i sur. je imala uzorak od 200 ispitanika koji su bili podijeljeni u dvije grupe, jednoj je IOT prvo mjereno bez, zatim s fluoresceinom, dok je drugoj grupi IOT bio mjereno u obrnutom redoslijedu. Zaključak te studije je bio da su izmjerene vrijednosti IOTa bile signifikantno niže pri mjerenju bez fluoresceina (18). Jedna druga studija autora Roper i sur. je na uzorku od 50 ispitanika podijeljenih u dvije grupe dokazala da je razlika između tih dvaju načina mjerenja bila također signifikantna (19).

Za razliku od spomenutih studija u našoj nismo uzimali srednju vrijednost triju mjerenja IOTa s i bez fluoresceina jer smo našli statistički značajnu razliku unutar rezultata dobivenih serijom mjerenja. Osim što smo našli da se razlikuju međusobno tri uzastopna mjerenja bilo s ili bez fluoresceina, vidjeli smo da je vrijednost IOTa bila najveća prilikom prvog uzastopnog mjerenja te da se ta vrijednost značajno smanjivala sa svakim sljedećim uzastopnim mjerenjem. To nam svjedoči da proteklo vrijeme od par sekunda između svakog od tri serijska mjerenja nije dovoljno da se oporavi IOT na početnu vrijednost. To odgovara nalazima autora Stockera (22) i Goldmanna (23), što su kasnije potvrdili i Moses (24) i Bechrakis (25). Oni su zaključili da pri ponavljanim mjerenjima svake minute dolazi do pada IOT-a za 3-4 mmHg u 5 minuta i da s vremenom taj pad raste eksponencijalno. Također su zabilježili neki autori da i u kontralateralnom oku dolazi do simpatičkog pada IOTa (26).

Također smo pak našli da nije postojala statistički značajna razlika između prvog mjerenja bez fluoresceina i prvog mjerenja s fluoresceinom te isto tako ni između narednih dvaju uparenih mjerenja s i bez fluoresceina. To nam govori da je vrijeme proteklo između prve serije od tri mjerenja bez fluoresceina i druge serije od tri mjerenja s fluoresceinom bilo dovoljno da bi se intraokularni tlak u potpunosti oporavio na početne vrijednosti. To proteklo vrijeme između dvije serije mjerenja je upravo ono vrijeme potrebno da se aplicira fluorescein u oko ispitanika a mi ga procijenjujemo da je iznosilo od 30 do 45 sec. Upravo bi neka buduća studija trebala ispitati to vrijeme oporavka intraokularnog tlaka.



Također smo našli negativnu korelaciju između rožničkog astigmatizma s razlikom između mjerenja IOTa uz korekciju prema osi astigmatizma (IOT CCD) i prvog mjerenja IOTa bez fluoresceina (IOT S 1). To nam kazuje da što je veći rožnički astigmatizam to je mjerenje bez fluoresceina sve više precjenjivalo IOT u usporedbi s mjerenjem uz korekciju osi. Nađena je i pozitivna korelacija između odstupanja osi astigmatizma od vodoravne osi s razlikom između mjerenja IOTa uz korekciju prema osi astigmatizma (IOT CCD) i prvog mjerenja bez fluoresceina (IOT S 1). To nam ukazuje da što je bilo veće odstupanje osi astigmatizma od vodoravne osi, to je prvo mjerenje bez korekcije osi prizme (IOT 1 S) sve više podcjenjivalo IOT u usporedbi s mjerenjem uz korekciju osi (IOT CCD). Zbog toga, ako želimo što preciznije izmjeriti IOT, je vrlo bitno uvijek obratiti pozornost ako postoji visoki astigmatizam te sukladno tome prilagoditi smjer osi prizme za aplanacijsku tonometriju.

U okviru jednog kalendarskog mjeseca, koliko smo vremenski odredili za ovo istraživanje, s obzirom na to da smo trebali uvažiti kriterije isključivanja, prikupili smo dovoljan broj podataka za provođenje kvalitetne studije. Relativni nedostatak naše studije bio je teža suradljivost dijela ispitanika, posebice onima kojima je to bio prvi put da im se mjeri intraokularni tlak. Stoga bi u nekoj budućoj studiji bilo dobro pripremiti ispitanike na postupak mjerenja Goldmannovom aplanacijskom tonometrijom ili se pak limitirati ciljano na glaukomske bolesnike zbog njihove daleko bolje suradljivosti bilo zbog toga što im je prije u više navrata mjereno IOT, bilo zbog poznatog efekta desenzitizacije površine oka kao posljedice dugotrajne primjene antiglaukomskih lijekova. Također, relativni nedostatak našeg istraživanja bio je što nismo predvidjeli sustavno mjerenje protoka vremena između pojedinih mjerenja što bi se također moglo uključiti u protokol nekih budućih istraživanja na ovu temu. Studije na većem broju ispitanika i s prilagođenim protokolom bi također mogle odrediti graničnu vrijednost astigmatizma i odstupanja njegove osi od vodoravne osi nakon koje to ima utjecaja na ishod mjerenja IOTa i nakon kojih bi bilo neophodno prilagođavati smjer osi prizme na aplanacijskom tonometru.

Zaključno, rezultati naše studije govore u prilog onih studija koje su našle da u kliničkoj praksi nije potrebna primjena fluoresceina te da će vrijednost IOT mjerena pomoću Goldmannove aplanacijske tonometrije biti ista bez fluoresceina koristeći zeleno svjetlo, kao i koristeći fluorescein i kobalt plavo svjetlo. Osim toga bitno je provjeriti postojanje viših vrijednosti astigmatizma kada je neophodno prilagoditi smjer prizme na aplanacijskom tonometru kako bi se dobili što točniji rezultati mjerenja.

## **6. ZAKLJUČCI**

1. Ne postoji statistički značajna razlika između mjerenja Goldmannovom aplanacijskom tonometrijom s i bez fluoresceina.
2. Uzastopnim mjerenjima IOT u vremenskim razmacima od nekoliko sekundi dolazi do smanjenja vrijednosti IOTa.
3. Postoji pozitivna korelacija između odstupanja osi astigmatizma i razlike između korigiranog mjerenja IOT i prvog mjerenja bez fluoresceina.
4. Postoji negativna korelacija odstupanja osi astigmatizma i razlike između korigiranog IOT i prvog mjerenja bez fluoresceina.

## **7. POPIS CITIRANE LITERATURE**

1. Azuara-Blanco A, Costa VP, Richard P Wilson. Handbook of glaucoma. 2 izd. London: Taylor & Francis Group; 2002.
3. Kirstein EM, Elsheikh A, Gunvant P. Glaucoma - current clinical and research aspects. 1. izd. Sacramento: InTech; 2011.
4. Mangouritsas G, Mourtzoukos S, Portaliou DM, Georgopoulos VI, Dimopoulou A, Feretis E. Glaucoma associated with the management of rhegmatogenous retinal detachment. *Clin Ophthalmol*. 2013;7:727-34.
5. Turalba AV, Shah AS, Andreoli MT, Andreoli CM, Hee DJ. Predictors and outcomes of ocular hypertension after open-globe injury. *J Glaucoma*. 2014;23:5-10.
6. Jousseaume AM, Straus O, Winterhalter S, Klamann M, Dietrich-Ntoukas T, Müller B.
7. Ocular hypotension: How the retina surgeon sees the causes and therapeutic options. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2016;233(9):1024-32.
8. Choplin NT, Lundy DC. Atlas of Glaucoma 2. izd. Boca Raton: Taylor & Francis Group; 2007.
9. Wilson MR, Lee PP, Weinreb RN, Lee BL, Singh K. A panel assessment of glaucoma management: modification of existing RAND-like methodology for consensus in ophthalmology. Part I: methodology and design. *Am J Ophthalmol*. 2008;145:570-4.
10. Cook C, Foster P. Epidemiology of glaucoma: what's new? *Can J Ophthalmol*. 2012;47:223-6.
11. Tham YC, Li X, Wong TY, Quigley HA, Aung T, Cheng CY. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmol*. 2014;121:2081-90.
12. Quigley HA. Glaucoma. *Lancet*. 2011;377:1367-77.
13. Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, Vessani RM, Susanna R Jr, Weinreb RN.
14. Evaluation of retinal nerve fiber layer, optic nerve head, and macular thickness measurements for glaucoma detection using optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2005;139:44-55.
15. Chang T, Brookes J, Cavuoto K, Bitrian E, Grajewski A. Childhood Glaucoma.
16. Amsterdam: Kugler; 2013.

17. Mandal A, Chakrabarti D. Update on congenital glaucoma. *Indian J Ophthalmol.*
18. 2011;59:148.
19. Flammer J. *Glaucoma*. 2 izd. Toronto: Hogrefe Huber publishers; 2003.
20. Fei ZG, Zeng S. *Etiology, Pathogenesis and Treatments of Glaucoma*. 1 izd. Nova Science Publishers; 2012.
21. Cordero I. Understanding and caring for a Schiøtz tonometer. *Ceh J.* 2014;27:57.
22. Viernstein LV, Pollack IP. Validity of the Imbert-Fick Law for Constant-Pressure Tonography. *Eye Res.* 1979;29:557-94.
23. Arend N, Hirneiss C, Kernt M. Unterschiede in den Messergebnissen nach GoldmannApplanationstonometrie mit und ohne Fluoreszein *Ophthalmologe Springer-Verlag Berlin Heidelberg.* 2014;111:241-46.
24. Roper DL. Applanation tonometry with and without fluorescein. *Am J of Ophthalmol.*
25. 1980;90:668-71.
26. Shaikh MH, Mars JS. Red- free light in applanation tonometry. *J Ophthalmol.* 1999;83:378-81.
27. Ghoneim EM. Red-free light for measurement of intraocular pressure using Goldmann applanation tonometer without fluorescein. *J Ophthalmol.* 2014;24:84-7.
28. Stocker FW. On changes in intraocular pressure after application of the tonometer; in the same eye and in the other eye. *Am J Ophthalmol.* 1958;45:192-96.
29. Goldmann H. *Applanation Tonometry*. New York: Jr. Foundation; 1957. 24. Moses RA. Repeated applanation tonometry. *Ophthal.* 1961;142:663-68.
30. Bechrakis E. On spontaneous decrease of pressure in applanation tonometry. *Ophthalmol.*
31. 1966;151:604-14.
32. Krakau CET, Wilke W. On repeated tonometry. *Acta ophthalmologica;* 1971.

## **8. SAŽETAK**

**Cilj istraživanja:** Cilj istraživanja bio je utvrditi postoji li statistički značajna razlika između mjerenja Goldmannovom aplanacijskom tonometrijom s i bez fluoresceina.

**Materijali i metode:** Istraživanje se provodilo na Klinici za očne bolesti, Kliničkog bolničkog centra Split. Uključeno je 39 pacijenata te je pregledano 78 očiju. Vrijeme provedeno za prikupljanje podataka iznosilo je jedan kalendarski mjesec. Svakom ispitaniku smo ukapali anestetik (tetrakain) u oko i nakon toga počeli s mjerenjima ocnog tlaka. Svakom ispitaniku smo mjerili tlak tri puta bez fluoresceina koristeći zeleno svijetlo. Zatim smo svakom ispitaniku mjerili tlak tri puta koristeći fluoresceinsku boju (jednokratna trakica) i kobalt plavo svijetlo. Kao statistički značajna razlika koristila se razina značajnosti  $p < 0,05$ .

**Rezultati:** Od 39 ispitanika uključenih u ovo istraživanje, 19 (48,72%) je bilo žena i 20 (51,28%) muškarca. Srednja dobi ispitanika je iznosila  $71,74 \pm 8,27$ . Uspoređujući tri uzastopna mjerenja intraokularnog tlaka (IOT) utvrdili smo da srednja vrijednost svakog sljedećeg mjerenja, bilo za seriju mjerenja bez ili s fluoresceinom, bila statistički značajno manja. Za usporedbu izmjerenih tlakova među serijom izmjerenom bez fluoresceina i s fluoresceinom nismo uzeli aritmetičku sredinu već smo uspoređivali svako uzastopno mjerenje bez fluoresceina sa onim s fluoresceinom. Pokazalo se da ne postoji statistički značajna razlika između pojedinih uzastopnih mjerenja bez i s fluoresceinom. Zatim smo dokazali da se mjerenja IOT CCD (mjerenje tlaka uz namještanje osi prizme u smjeru osi astigmatizma) statistički značajno razlikuju od prvih mjerenja s i bez fluoresceina. Nađena je negativna korelacija između rožničkog astigmatizma i razlike između korigiranog mjerenja IOT CCD i prvog mjerenja IOTa bez fluoresceina. Što je veći rožnički astigmatizam to je mjerenje bez korekcije osi prizme sve više precjenjivalo IOT u usporedbi s mjerenjem uz korekciju osi (IOT CCD). Nađena je također i pozitivna korelacija između odstupanja osi astigmatizma od vodoravne osi i razlike između korigiranog mjerenja IOTa (IOT CCD) i prvog mjerenja bez fluoresceina. To dovodi do zaključka da što je bilo veće odstupanje osi astigmatizma od vodoravne osi, to je prvo mjerenje bez korekcije osi prizme sve više podcjenjivalo IOT u usporedbi s mjerenjem uz korekciju osi (IOT CCD).

**Zaključak:** Ne postoji statistički značajna razlika između mjerenja Goldmannovom aplanacijskom tonometrijom s i bez fluoresceina. Uzastopnim mjerenjima IOT u vremenskim razmacima od nekoliko sekundi dolazi do smanjenja njegove vrijednosti. Postoji pozitivna korelacija između odstupanja osi astigmatizma i razlike između korigiranog mjerenja IOTa i prvog mjerenja bez fluoresceina. Postoji negativna korelacija odstupanja osi astigmatizma i razlike između korigiranog IOTa i prvog mjerenja bez fluoresceina. S obzirom na to za daljnju



ključku praksu se ne treba koristiti fluorescein, preporučuje se mjeriti Goldmannovom aplanacijskom tonometrijom bez fluoresceina koristeći zeleno svjetlo.

## **9. SUMMARY**

**Diploma thesis title:** Variability of Goldmann applanation tonometry with and without fluorescein.

**Objective:** The aim of this study was to determine whether there is a statistically significant difference between measurements with Goldmann applanation tonometry with and without fluorescein.

**Materials and methods:** The research was conducted at the Clinic for Ophthalmology of University Hospital of Split. There were 39 patients involved and 78 eyes were examined. The time spent collecting the data was one calendar month. Each subject was put anesthetic (tetracaine) in the eye and then we started with the eye pressure measurements. For each subject we measured pressure three times without fluorescein using red-free light. Then we measured pressure for each subject three times using fluorescein (disposable band) and cobalt blue light. As a statistically significant difference the significance level  $p < 0.05$  was used.

**Results:** Of the 39 respondents involved in this study, 19 (48.72%) were women and 20 (51.28%) males. The mean age of the respondents was  $71.74 \pm 8.27$ . By comparing three consecutive intraocular pressure measurements (IOP), we found that the mean value of each subsequent measurement, whether for a series of measurements without or with fluorescein, was statistically significantly lower. To compare the measured pressure between the series measured without fluorescein and with the fluorescein we did not take the mean value, but we compared each non-fluorescein and fluorescein sequential measurement. There was no statistically significant difference between individual sequential measurements without and with fluorescein. Then we proved that the IOT CCD measurements (the pressure measurement with the axis setting prism in the direction of the astigmatism axis) statistically differ significantly from the first measurements with and without fluorescein. There was a negative correlation between corneal astigmatism and the difference between corrected IOT CCD measurement and the first IOT measurement without fluorescein. The higher the corneal astigmatism, the measurement without the correction of the axis of the prism was more and more overestimated by the IOT compared to the IOT CCD measurement. There was also a positive correlation between the astigmatism axis deviation from the horizontal axis and the difference between corrected IOT (IOT CCD) measurement and the first measurement without fluorescein. This leads to the conclusion that the greater the deviation of the axis of astigmatism from the horizontal axis, the first measurement without the correction of the axis of the prism increasingly underestimated the IOT compared to the IOT CCD measurement.

**Conclusion:** There is no statistically significant difference between the measurement of Goldmann's aplastic tonometers with and without fluorescein. Consecutive IOP measurements in a few seconds intervals will decrease its value. There is a positive correlation between the deviation of the astigmatism axis and the difference between the corrected IOP measurement and the first measurement without fluorescein. There is a negative correlation between the astigmatism axis deviation and the difference between the corrected IOP and the first measurement without fluorescence. In view of that, no fluorescein should be used for further clinical procedures, it is recommended to use Goldmann applanation tonometry without fluorescein using red-free light.

## **10. ŽIVOTOPIS**

## OSOBNI PODACI:

Ime i prezime: Nora Perišić

Datum i mjesto rođenja: 2. svibnja 1993. godine u Splitu

Državljanstvo: Hrvatsko

Adresa: Domovinskog rata 60, 21000, Split

Telefon: 095/874-4960

E-mail: nora.perisic@gmail.com

## OBRAZOVANJE:

2000.-2008. – Osnovna škola Bol, Split

2008.-2012. – Prva jezična gimnazija, smjer jezična gimnazija

2012.-2018. – Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu, smjer doktor medicine

## MATERINSKI JEZIK

- Hrvatski jezik

## OSTALI JEZICI

- Aktivno služenje engleskim jezikom

- Osnovno znanje talijanskog jezika

## RAD U UDRUGAMA:

- volontiranje u udruzi CroMSIC-Split