

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2020

**DOMINIK
LAŠTOVKA**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů

Self-monitoring nitroočního tlaku přístrojem iCare HOME

Self-monitoring of intraocular pressure with icare HOME tonometer

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Dominik Laštovka

Vedoucí bakalářské práce: doc. MUDr. Šárka Pitrová, CSc., FEBO

Konzultant bakalářské práce: Ing. Martin Fůs

Kladno 2020



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Laštovka** Jméno: **Dominik** Osobní číslo: **474102**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Optika a optometrie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Self-monitoring nitroočního tlaku přístrojem iCare HOME

Název bakalářské práce anglicky:

Self-monitoring of intraocular pressure with iCare HOME tonometer

Pokyny pro vypracování:

Student naváže v bakalářské práci na teoretický základ tématu, který popsal v OPT projektu a detailněji rozpracuje pasáže, které se týkají problematiky nitroočního tlaku a způsobů jeho měření, včetně domácího monitoringu. Je zajištěno teoretické i praktické zaškolení studenta na přístroji iCare HOME, který bude používán při práci v rámci experimentální části projektu, která bude zahrnovat 2 studie. V první bude porovnána validita měření přístrojem iCare HOME a bezkontaktním tonometrem. Druhá studie se bude zabývat spolehlivostí domácího měření přístrojem iCare HOME a způsobem hodnocení získaných výsledků.

Seznam doporučené literatury:

- [1] HEISSIGEROVÁ, J., Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu, ed. 1, Praha: Maxdorf, 2018, Jessenius, ISBN 978-80-7345-580-4
- [2] VLKOVÁ, E., VLK, F., PITROVÁ, Š., Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník, ed. 1, Brno: František Vlk, 2008, 607 s., ISBN 978-802-3989-069
- [3] QUÉRAT, L., CHEN, E., Monitoring daily intraocular pressure fluctuations with self-tonometry in healthy subjects, Acta Ophthalmologica, ročník 95, číslo 5, 2017, 525-529 s., DOI: 10.1111/aos.13389
- [4] TERMUHLEN J, MIHALOVIC N, ALNAWASEH M, et al., Accuracy of Measurements With the iCare HOME Rebound Tonometr, J Glaucoma, ročník 25, číslo 6, 2016, 533-8 s., DOI: 10.1097/IJG.0000000000000390

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. MUDr. Šárka Pitrová, CSc.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Ing. Martin Fůs

Datum zadání bakalářské práce: **10.02.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**

doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

Název bakalářské práce: Self-monitoring nitroočního tlaku přístrojem iCare HOME

Abstrakt:

V teoretické části práce je objasněna problematika glaukomu ve vztahu k nitroočnímu tlaku, je popsán mechanismus tvorby a odtoku nitrooční tekutiny. Jsou zde uvedeny jednotlivé metody používané k jeho měření. Část práce se zabývá rizikem denních výkyvů nitroočního tlaku a jeho vlivem na progresi glaukomu, v této souvislosti upozorňuje na vhodnost 24-hodinovému monitoringu nitroočního tlaku.

Pro experimentální část bakalářské práce byly stanoveny 2 hypotézy: H1: Hodnoty získané pomocí iCare Home tonometru jsou srovnatelné s hodnotami, které získáme pomocí bezkontaktního (air-puff) tonometru. H2: iCare HOME tonometr je vhodným přístrojem k self-monitoringu nitroočního tlaku.

Pro jejich potvrzení byly provedeny 2 studie. První se zaměřila na porovnání iCare HOME tonometru a air-puff tonometru. V druhé bylo zkoumáno využití iCare HOME tonometru k self-monitoringu nitroočního tlaku a následné hodnocení naměřených výsledků v aplikaci iCare CLINIC. Získané výsledky obou studií a jejich zpracování obě hypotézy potvrdily.

Klíčová slova:

Nitrooční tlak (NOT), glaukom, aplanace rohovky, iCare HOME tonometr, bezkontaktní tonometr

Bachelor's Thesis title: Self-monitoring of intraocular pressure with iCare HOME tonometer

Abstract:

In the theoretical part of the thesis, the issue of glaucoma in relation to intraocular pressure is clarified, the mechanism of formation and outflow of intraocular fluid is described. The individual methods used to measure it are listed here. Part of the thesis deals with the risk of daily fluctuations in intraocular pressure and its effect on the progression of glaucoma, in this context highlights the appropriateness of 24-hour monitoring of intraocular pressure.

For the experimental part of the bachelor thesis, two hypotheses were established: H1: The values obtained using the iCare Home tonometer are comparable to those obtained using the air-puff tonometer. H2: iCare HOME tonometer is a suitable device for self-monitoring of intraocular pressure.

Two studies have been conducted to confirm them. The first focused on comparing the iCare HOME tonometer and the air-puff tonometer. In the second, the use of iCare HOME tonometer for self-monitoring of intraocular pressure and subsequent evaluation of measured results in iCare CLINIC were examined. The results obtained from both studies and their processing confirmed both hypotheses.

Key words:

Intraocular pressure (IOP), glaucoma, corneal applanation, iCare HOME tonometer, air-puff tonometer

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych rád poděkoval vedoucí této práce doc. MUDr. Šárce Pitrové, CSc., FEBO za vstřícnost, ochotu a cenné rady při tvorbě bakalářské práce. Dále Ing. Martinu Fůsovi za vstřícnost a trpělivost při konzultacích. Také bych rád poděkoval Ing. Jiřímu Kořínkovi z firmy BULLETIN.CZ s.r.o. za zapůjčení iCare HOME tonometru. Dále děkuji MUDr. Daně Zimákové za poskytnutí air-puff tonometru. Na závěr bych rád poděkoval všem probandům, kteří se účastnili studie.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Self-monitoring nitroočního tlaku přístrojem iCare HOME*“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 25.5.2020

.....

Podpis

Obsah

1	Úvod	1
2	Glaukom	2
2.1	Klasifikace glaukomu	2
2.1.1	Primární glaukom	2
2.1.2	Sekundární glaukom	4
2.1.3	Akutní glaukom (glaukomový záchvat)	5
2.1.4	Intermitentní glaukom	6
2.1.5	Chronický glaukom	6
2.1.6	Kongenitální glaukom	7
2.1.7	Juvenilní glaukom	8
2.1.8	Glaukom dospělých	8
2.2	Diagnostika glaukomu	8
2.2.1	Anamnéza	9
2.2.2	Tonometrie	9
2.2.3	Vyšetření papily zrakového nervu	9
2.2.4	Perimetrie	10
2.2.5	Gonioskopie	11
2.2.6	Vyšetření vrstev sítnice zobrazovacími metodami	11
2.3	Terapie glaukomu	14
2.3.1	Konzervativní terapie	14
2.3.2	Laserová terapie	14
2.3.3	Chirurgická terapie	15
3	Nitrooční tlak (NOT)	17
3.1	Nitrooční tekutina	17
3.2	Měření NOT	18
3.2.1	Schiotzův impresní tonometr	18

3.2.2	Goldmannův aplanační tonometr.....	19
3.2.3	Air-puff (bezkontaktní) tonometr	20
3.2.4	Dynamický konturní tonometr.....	21
3.2.5	Tonopen	21
3.2.6	Odrazový tonometr	21
3.2.7	ORA (Ocular Response Analyzer)	22
4	Self-monitoring NOT	24
4.1	Kontaktní čočky Sensimed Triggerfish	24
4.2	iCare HOME Tonometer	25
5	Experimentální část	27
5.1	Porovnání iCare HOME tonometru s air-puff tonometrem	27
5.1.1	Metodika výzkumu	27
5.1.2	Charakteristika zkoumaného souboru	29
5.1.3	Analýza naměřených dat s výsledky	30
5.2	Self-monitoring pomocí přístroje iCare HOME tonometr.....	33
5.2.1	Metodika sledovaného souboru	33
5.2.2	Analýza naměřených dat s výsledky	35
	Diskuze	48
	Závěr.....	50
	Seznam použité literatury	51
	Seznam symbolů a zkratek	55
	Seznam obrázků.....	57
	Seznam tabulek.....	58
	Seznam Grafů	59
	Příloha č. 1: Výchozí data 1. studie	60
	Příloha č. 2: Dotazník ke 2. studii	61

1 Úvod

Změny nitroočního tlaku byly považovány za hlavní příčinu glaukomu, ale aktuálně již víme, že změna nitroočního tlaku nebo jeho náhlé výkyvy během dne jsou pouze hlavním rizikovým faktorem glaukomu. Onemocnění se v současnosti řadí mezi jednu z nejčastějších příčin ztráty zraku na celém světě, přesto více než polovina populace nemá o glaukomu povědomí.

Glaukom je multifaktoriální onemocnění, které nemá jednoznačnou příčinu vzniku. Uvažováno je o vlivu genetických a rizikových faktorů, jako jsou např. věk, zvýšený nitrooční tlak.

Při změnách a zvýšení nitroočního tlaku dochází k útlaku zrakového nervu a následné degeneraci jednotlivých vrstev sítnice. Toto působení nitroočního tlaku na oční pozadí již v roce 1783 popsal český oftalmolog a fyziolog Jiří Procházka. V dnešní době je nitrooční tlak považován za hlavní rizikový faktor glaukomu. Jeho měření patří k základním screeningovým metodám při návštěvě oftalmologa, která může přispět k včasné diagnostice glaukomu. Nitrooční tlak lze měřit různými metodami, které využívají jednotlivých vlastností rohovky.

Při diagnostice glaukomu je u pacienta důležité sledovat hodnotu nitroočního tlaku a také denní křivku, která se získá provedením několika měření během dne. Aby pacient nemusel na měření docházet k oftalmologovi, jsou na trhu přístroje, které slouží k self-monitoringu nitroočního tlaku.

Cílem bakalářské práce bylo zjistit, jak významnou roli může hrát self-monitoring nitroočního tlaku při sledování a hodnocení jeho výše v rámci screeningu normální populace. Teoretická část práce se věnuje základní problematice glaukomu, nitroočního tlaku a jejich vzájemného vztahu. Dále se zabývá jednotlivými screeningovými metodami, které se využívají k měření nitroočního tlaku včetně přístrojů, které slouží k jeho self-monitoringu.

Pro experimentální část bakalářské práce byly stanoveny 2 hypotézy:

H1: Hodnoty získané pomocí iCare Home tonometru jsou srovnatelné s hodnotami, které získáme pomocí bezkontaktního (air-puff) tonometru.

H2: iCare HOME tonometr je vhodným přístrojem k self-monitoringu NOT.

Pro potvrzení stanovených hypotéz byly provedeny 2 studie. V první byla porovnána validita měření přístrojem iCare HOME a bezkontaktním (air-puff) tonometrem. Druhá studie se zabývala spolehlivostí domácího měření přístrojem iCare HOME a způsobem hodnocení získaných výsledků.

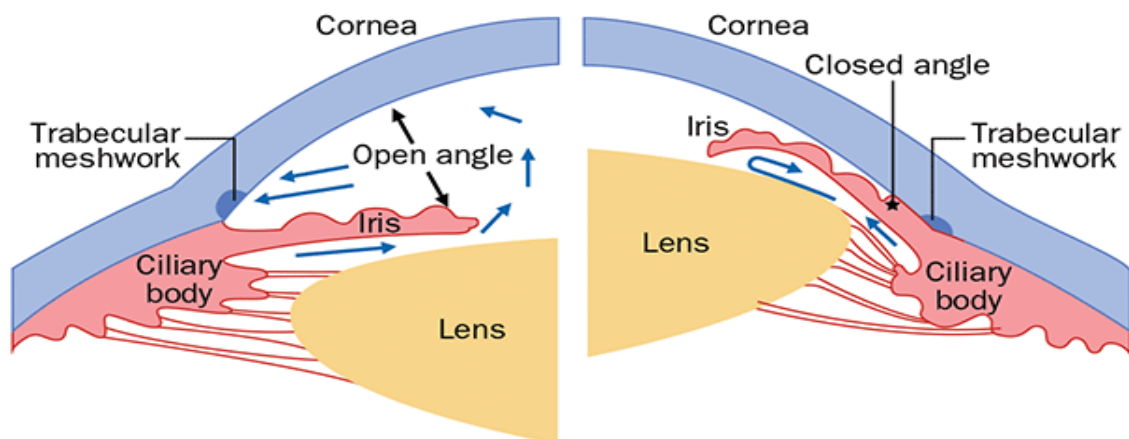
2 Glaukom

Glaukom je chronická progresivní neuropatie zřetelného nervu se ztrátou gangliových buněk sítnice a jejich axonů. Dochází k morfologickým změnám na terči zřetelného nervu a ve vrstvě nervových vláken, které vedou ke změnám v zorném poli. [1, 2, 3]

Jednoznačná příčina glaukomu není známa. Jedná se o multifaktoriální onemocnění, u kterého se projevují genetické a rizikové faktory, mezi které se řadí: věk, zvýšený nitrooční tlak (NOT), centrální tloušťka rohovky, refrakční vady, rasa, pohlaví, stres, terapie kortikosteroidy a různá oční onemocnění. Glaukom je nejčastěji diagnostikován u pacientů nad 40 let, ale to neznamená, že glaukom nemohou mít i děti. [1, 3, 4]

2.1 Klasifikace glaukomu

Glaukom je řada různých stavů, které mají některé znaky společné, ale i řadu odlišných, podle kterých je možno jejich jednotlivé typy diferencovat. Základní dělení glaukomu je podle šíře komorového úhlu (obr. 2.1) a příčiny vzniku. [5]



Obrázek 2.1: Glaukom s otevřeným a uzavřeným úhlem [6]

2.1.1 Primární glaukom

- **Primární glaukom s otevřeným úhlem (POAG)**

Primární glaukom s otevřeným úhlem POAG (primary open angle glaucoma) je jedním z nejčastějších typů glaukomů v populaci. Dochází k poruše trabekulárního systému

a následnému navýšení NOT. Komorový úhel při gonioskopickém vyšetření je široký, otevřený, bez zřetelných změn. Hlavními projevy jsou změny na terči zrakového nervu a výpadky v zorném poli. Postiženy bývají obě oči, ale často asymetricky. [1, 3, 4, 5, 7, 8]

Průběh onemocnění je obvykle asymptomatický, od začátku zvyšování NOT může uplynout několik let, než jsou patrné změny na terči zrakového nervu. Postupem času dochází na terči zrakového nervu ke glaukomové neuropatii, která je projevem postižení gangliových buněk sítnice s následnými postupnými výpadky v zorném poli. Skotomy nejprve vznikají v periférii, v centrální oblasti fixace se projevují až v pozdním stadiu nemoci. POAG většinou postihuje osoby vyššího věku bez rozdílu pohlaví, velkou roli hraje multifaktoriální dědičnost. Větší predispozici pro POAG mají myopové a diabetici. [1, 4, 5, 7, 8]

Jakmile je POAG diagnostikován, je potřeba snížit NOT medikamentózní léčbou nebo laserovým či chirurgickým zákrokem. [7]

- **Primární glaukom s uzavřeným úhlem (PACG)**

Primární glaukom s uzavřeným úhlem PACG (primary angle closure glaucoma) se v populaci vyskytuje v menším počtu než primární glaukom s otevřeným úhlem. V tomto případě je glaukom způsoben uzavřením komorového úhlu v důsledku nahromadění nitrooční tekutiny v zadní oční komoře, které je způsobeno bloádou jejího proudění zornicí do přední komory. Častěji se objevuje u jedinců s anatomicky predisponovanými očima (menší rohovkou, hypermetropií), u starších jedinců čočka zvětšuje svůj objem a tlačí na duhovku nebo u očí s úzkým komorovým úhlem, kdy duhovka snadno nalehne na trabekulární trámčinu a zabrání odtoku nitrooční tekutiny. Nejčastěji se projevuje akutními ataky, kdy je NOT výrazně zvýšen (až nad 40 mmHg). Ataka vzniká při snížené intenzitě světla v prostředí, emočním rozrušením nebo při čtení na břiše. [1, 4, 7, 8]

Průběh PACG má obvykle tři stádia. První stádium je klidové, pacient nepocítuje žádné obtíže a změny. Druhým je prodromální stádium, pacient pocítuje občasné potíže, např. se objevuje přechodně rozmlžené vidění, irizace okolo světla a bolest poloviny hlavy. Tyto přechodné obtíže ustanou, zvýší-li se intenzita světla. Třetím stádiem je glaukomový záchvat s prudkými bolestmi poloviny hlavy, nauzeou, zvracením, světloplachostí, edémem epitelu a širokou zornicí. Některé tyto symptomy mohou být připisovány k mylné diagnóze migrény. Tyto příznaky jsou indikací k okamžité návštěvě lékaře, jinak může během několika hodin dojít k oslepnutí postiženého oka. [1, 4, 7, 8]

Pokud je NOT tak vysoký, že pacient trpí prudkými bolestmi v oblasti očí a hlavy, je nutný okamžitý zásah. Hlavním úkolem je snížit NOT nejprve medikamentózně (miotika lokálně, osmoticky aktivní látky intravenózně) s následným obnovením proudění nitrooční tekutiny ze zadní komory do přední komory laserovou iridotomií, případně chirurgickou iridektomií. [7]

2.1.2 Sekundární glaukom

Sekundární glaukom vzniká v důsledku očního či systémového onemocnění. Mezi časté příčiny vzniku sekundárního glaukomu patří traumata, záněty, nádory a cévní onemocnění. V těchto případech je důležité nejdříve léčit primární onemocnění, které vedlo ke vzniku glaukomu. Pokud je NOT výrazně zvýšený, je potřeba provést snížení NOT obdobnou terapií jako u primárního glaukomu. [1, 4, 7]

Dle nálezu v komorovém úhlu se sekundární glaukom klasifikuje na glaukom s otevřeným a uzavřeným komorovým úhlem. [1, 4, 7]

- **Sekundární glaukom s otevřeným úhlem (SOAG)**

O sekundární glaukom s otevřeným úhlem se jedná tehdy, jeli v důsledku nějakého onemocnění zvýšený NOT, ale komorový úhel je anatomicky a funkčně beze změn. [1, 4, 7, 8]

SOAG se dá podle příčiny vzniku rozdělit na glaukom: pseudoexfoliativní, pigmentový, neovaskulární, steroidní, čočkou vyvolaný, uveitický, poúrazový, po intraokulárním krvácení, nitroočních operacích, odchlípení sítnice a při zvýšeném episklerálním NOT. [1]

- **Sekundární glaukom s uzavřeným úhlem (SACG)**

Sekundární glaukom s uzavřeným úhlem je způsoben uzávěrem komorového úhlu, který je příčinou jiného očního či systémového onemocnění. Podle mechanismu vzniku se SACG rozlišuje s pupilárním blokem a bez pupilárního bloku. [1, 4, 7, 8]

SACG s pupilárním blokem je stav, kdy dochází k uzavření prostoru mezi duhovkou a přední plochou čočky. Následně se hromadí nitrooční tekutina v zadní komoře, ta vytlačuje kořen duhovky do přední komory a uzavírá komorový úhel. Tento stav může způsobit vrozená dislokace oční čočky (Marfanův syndrom, Weillův-Marchesaniho syndrom), získaná dislokace (po úrazu závěsného aparátu), protruze sklivce, intumescentní katarakta a dislokace zadněkomorové či předněkomorové čočky. [1, 4, 7]

SACG bez pupilárního bloku je způsoben tahem nebo tlakem duhovky přes trámčinu. [4]

2.1.3 Akutní glaukom (glaukomový záchvat)

Akutní glaukom je velice závažná forma glaukomu, u které může dojít k oslepnutí zasaženého oka záchvatem během několika málo dnů. Toto onemocnění je charakterizováno typickými objektivními a subjektivními příznaky. Akutní glaukom může být způsoben dvěma mechanismy. Pupilárním nebo angulárním blokem. [1, 4, 7, 9, 15]

Pupilární blok

Bývá způsoben bloádou toku komorové vody ze zadní komory do přední komory na úrovni zornice. Tento stav způsobí nárůst NOT v zadní komoře a vznikne rozdílný tlakový gradient mezi komorami. Větší predispozici pro pupilární blok mají oči s úzkým komorovým úhlem a mělkou přední komorou. [1, 4, 7, 9, 15]

Angulární blok (Plateau iris syndrom)

Na rozdíl od pupilárního bloku je angulární blok důsledkem anatomického stavu. Je způsoben velkým nebo dopředu situovaným ciliárním výběžkem, který tlačí duhovku vpřed a tím způsobuje zúžení až uzavření komorového úhlu. Tento záchvatový stav může vzniknout při extrémním rozšíření zornice, které je vyvoláno působením mydriatik při očním vyšetření. [1, 7, 9, 15]

Příznakem akutního glaukomu je bolest oka a poloviny hlavy (vzniklá v důsledku prudkého nárůstu NOT), červené oko, nauzea až zvracení, mlhavé vidění, fotofobie, duhové kruhy kolem světla. Pro klinický obraz v době záchvatu je charakteristická injekce bulbární spojivky, vzestup NOT, edém rohovky a epitelu, mělká přední komora, mydriatická nereagující zornice, uzavřený komorový úhel a mělká přední komora s úzkým komorovým úhlem druhého oka. [1, 4, 7, 9, 15]

Léčba akutního glaukomu musí být rychlá, aby se co nejdříve minimalizovala a přerušila možnost poškození zrakového nervu. V první řadě je snaha medikamentózně snížit NOT (např. pomocí miotik, betablokátorů) a zajistit miózu zornice (podáním 2% Pilocarpinu), aby došlo k rozšíření komorového úhlu. Co nejdříve po zahájení léčby se provede laserová iridotomie. Pokud není možné provést laserovou iridotomii, zvažuje se chirurgická iridektomie nebo laserová iridoplastika. Většinou se rovnou provádí profylaktická iridotomie druhého oka. Nadále se u pacienta kontroluje komorový úhel, zda nedochází k tvorbě synechií a monitoruje se NOT. [1, 4, 7, 9, 15]

2.1.4 Intermitentní glaukom

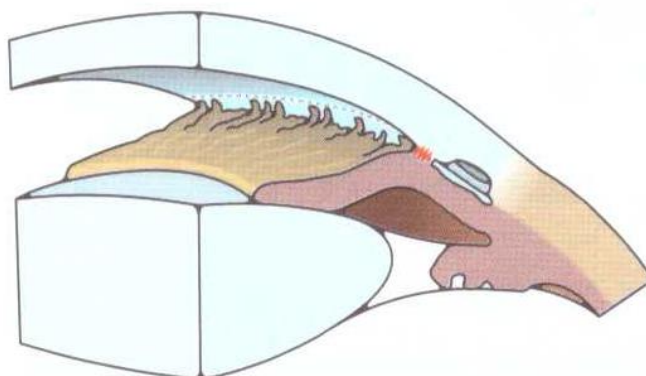
Intermitentní glaukom je lehkou formou akutního glaukomu, kde dochází k částečnému uzavření komorového úhlu. Ve většině případů dochází k opětovnému otevření komorového úhlu a pacientovi se uleví. Tento stav se může opakovaně (intermitentně) objevovat, dokud není odstraněna anatomická příčina. Tím, že nedojde k celkovému uzávěru komorového úhlu, tak nedochází k trvalému a extrémnímu nárůstu NOT. Trabekulární síťovina ovšem zůstává částečně trvale poškozená důsledkem částečného kontaktu s duhovkou. Kvůli poškození trabekulární síťoviny zůstává NOT zvýšený i po otevření komorového úhlu, tento stav se nazývá „simplex komponent“. [7]

Příznaky intermitentního glaukomu závisí na velikosti nárůstu NOT, ale nebývají až tolik závažné. Ve většině případů bývá přítomna tupá bolest v okolí očí, bolest hlavy a pokud dojde k velké změně NOT může pacient pozorovat přechodné poruchy vidění. [7]

Léčba intermitentního glaukomu je prováděna v závislosti na výši NOT a morfologii duhovky. Jako první krok je snaha lokální farmakoterapií formou kapek snížit NOT a zajistit miózu zornice (podáním 2% Pilocarpinu), aby došlo k rozšíření komorového úhlu. Dále se provede laserová iridotomie. Pokud „simplex komponent“ přetrvává i po těchto zákrocích, tak je potřeba zahájit léčbu stejnou jako u POAG. [7]

2.1.5 Chronický glaukom

Chronický glaukom vzniká jako následek akutního nebo intermitentního glaukomu anebo je následkem mírného nitroočního zánětu. Je způsoben uzavřením komorového úhlu a v oku dochází k vysokému nárůstu NOT. Přední komora je mělká až místy uzavřená a v oblasti komorového úhlu se tvoří synechie tzv. goniosynechie (obr. 2.2). Kvůli tvorbě synechií je důležité provést gonioskopické vyšetření komorového úhlu, aby nedošlo k záměně chronického glaukomu za POAG. Kromě synechií se velmi často u chronického glaukomu objevuje i „simplex komponent“. [4, 7]



Obrázek 2.2: Goniosynechie [7]

Léčba chronického glaukomu je prováděna na prvním místě pomocí laserové iridotomie. Jestliže není NOT po iridotomii kompenzován, zahajuje se lokální farmakoterapie jako u POAG. Pokud ani farmakoterapie nestačí, provede se chirurgická trabekulotomie nebo extrakce čočky. Cílem profylaxe je zabránit poškození trabekulární síťoviny kontaktem s duhovkou. [4, 7]

2.1.6 Kongenitální glaukom

Kongenitální glaukom je vzácnou formou glaukomu. Dle diagnózy je kongenitální glaukom dělen na vrozený typ (objeví se nejpozději do 1. měsíce života) anebo infantilní typ (manifestuje se 24 měsíců života). Většinou jsou onemocněním postiženy obě oči, ale v různém rozsahu. Častěji tímto onemocněním trpí chlapci a většinou hraje roli dědičný faktor. Glaukom je způsobený nesprávným nitroděložním vývojem komorového úhlu a trabekulární síťoviny. Následkem toho dochází ke zvýšení NOT. Kromě poškození zrakového nervu také dochází ke zvětšení bulbu kvůli elasticitě skléry dětského oka. Při zvětšení bulbu dochází i ke zvětšení rohovky (nad 12,5 mm), ale ne všechny vrstvy rohovky jsou elastické, a tak mohou vzniknout v rohovce trhliny, které mají za následek částečné zkalení rohovky. Pokud NOT poklesne, může být zkalení částečně vratné. [1, 7]

Specifickými znaky bývají zvětšené oči, fotofobie, blefarospasmus, nadměrné slzení. Děti postižené tímto glaukomem mohou být vyléčeny, pokud je diagnóza stanovena včas. Léčba je prováděna na základě závažnosti onemocnění. Ze začátku se podávají lokální farmaka formou kapek na snížení NOT, ale později se většinou provede chirurgická operace, kterou může být trabekulotomie v případě opakních médií nebo goniotomie při čiré rohovce. [1, 7]

Kongenitální glaukom může způsobit poruchu binokulárního vidění při jednostranném zkalení rohovky a může vést až k amblyopii. Nejhorším následkem je trvalé poškození zraku. [7]

2.1.7 Juvenilní glaukom

Juvenilní glaukom se vyskytuje u starších dětí nebo mládeže. Současné poznatky poukazují, že příčinou tohoto glaukomu může být genetická chyba na chromozomu 1 (1q21-q31). Při juvenilním glaukomu bývá zvýšený NOT. Při podrobném vyšetření komorového úhlu může oftalmolog zjistit neúplné dovyvinutí komorového úhlu, a následně může provést laserovou goniotomii komorového úhlu. Příznaky a léčba juvenilního glaukomu je obdobná jako u primárního glaukomu s otevřeným úhlem. [1, 4, 7]

2.1.8 Glaukom dospělých

Mezi glaukomy, které postihují dospělou populaci se řadí: primární, sekundární, akutní, intermitentní a chronický glaukom. Jednotlivé formy glaukomu jsou popsány v kapitolách 2.1.1 až 2.1.5.

2.2 Diagnostika glaukomu

Diagnostika glaukomu je náročná a je k tomu potřeba provést komplexní vyšetření. Stanovit přesnou diagnózu nemusí být lehké, protože většina forem glaukomu nevyvolává pacientovi žádné obtíže a v ranných stádiích jsou asymptomatické. Důležité jsou preventivní prohlídky u oftalmologa, aby diagnostikoval glaukom dříve, než jsou patrné změny v zorném poli, tzv. preperimetrické stádium. Pokud se nejedná o akutní uzávěr komorového úhlu, diagnostika glaukomu a jeho typu může trvat déle. [1, 4, 8, 9]

Mezi diagnostické metody patří:

- Anamnéza
- Tonometrie
- Vyšetření papily zřakového nervu
- Perimetrie
- Gonioskopie
- Zobrazovací techniky

2.2.1 Anamnéza

Anamnéza je velmi důležitá u každého pacienta. U mnoha pacientů pomůže s časným odhalením onemocnění. Získané informace nesmějí být podceňovány a opomíjeny. Obecně platí, že primární glaukom je geneticky podmíněn. Přesné dědičné faktory nejsou známy, ale je znám rodinný charakter onemocnění. V rodinné anamnéze se proto nesmí zapomenout na možnost výskytu glaukomu u někoho v rodině. V osobní anamnéze je důležité zjistit celková onemocnění a jejich léčbu (hypertenze, hypotenze, diabetes mellitus, poruchy štítné žlázy, kolapsové stavy, léčba kortikoidy). V oční anamnéze jsou důležité příznaky: necharakteristická bolest v okolí očí, překrvení bulbární spojivky, subjektivní zhoršení vize, refrakční vada, výpadky v zorném poli, oční trauma a refrakční laserová chirurgie. [4, 9]

2.2.2 Tonometrie

Oční tonometrie slouží k měření výše NOT. Je řazena k základnímu screeningu a diagnostice glaukomu. Metody a průběh vyšetření je podrobně popsán v kapitole 3.2.

2.2.3 Vyšetření papily zřakového nervu

Papila zřakového nervu je tomograficky místo, kde vlákna zřakového nervu opouštějí bulbus. Toto místo je přímo vystaveno působení NOT a výkyvům v cévním zásobení. Tyto výkyvy a zvýšený NOT mohou způsobit glaukom. Při glaukomu je papila charakterizována morfologickými změnami ve vrstvě nervových vláken a v jejím okolí. Papilu je možno klinicky vyšetřit pomocí oftalmoskopie. Vyšetření je nejlepší provádět stereoskopicky v arteficiální mydriáze nepřímou oftalmoskopií na štěrbinové lampě pomocí Goldmannovy nebo speciální fundus čočky. Při pozorování papily se může použít i oftalmoskop (přímá oftalmoskopie), u kterého je potřeba nastavit světelný svazek užší, než je průměr zornice a paprsek musí dopadat kolmo na papilu. [1, 4, 9]

Při vyšetření se zkoumají jednotlivé vlastnosti a parametry charakterizující terč zřakového nervu. [4]

Velikost a tvar

Terč zřakového nervu zaujímá plochu 0,92-5,54 mm², v průměru má 1,2-2,5 mm. Velikost je ovlivněna geneticky, etnicky i refrakční vadou. Myopové mívají velikost terče větší na rozdíl od hypermetropů. Papila má oválný nebo okrouhlý tvar. Při vyšetření u podezření na glaukom

se používají kategorie veliký, střední nebo malý terč. U malé papily je větší riziko přehlédnutí exkavace a tím i vyšší riziko přehlédnutí morfologických změn. [1, 4]

Posouzení neuroretinálního lemu (NRL)

Tvar neuroretinálního lemu přímo koresponduje s tvarem papily. Tvar je hodnocen podle pravidla ISNT (zkr. inferior, superior, nasalis, temporalis), kdy v dolní části je lem nejširší a temporálně je nejužší. Při glaukomu je důležité pozorovat ztrátu tkáně neuroretinálního lemu. [1, 4]

Exkavace

Je místo vyhloubení na papile zřetelného nervu, kde částečně nebo úplně chybí axony. Při vyšetření se posuzuje tvar, velikost a hloubka exkavace. Dále je stanoven poměr cup-disc (C/D), který je dán poměrem průměru exkavace a průměru celé papily. Při exkavaci jsou postupně stlačovány retinální cévy v nazální oblasti. [1, 4]

Přítomnost hemoragie

Přítomnost hemoragií na papile a peripapilárně je prakticky vždy důsledkem progredujícího onemocnění. Vznikají jako projev bortící se stěny optického nervu z napínání superficiálních kapilár. V tomto místě pak vzniká atrofie zřetelného nervu. [1, 4, 9]

2.2.4 Perimetrie

Funkční diagnostická subjektivní metoda, při které se vyšetřuje zorné pole. Využívá se k diagnostice a sledování neurooftalmologických onemocnění a chorob sítnice. Podle charakteristického umístění defektů zorného pole je možné rozpoznat, zda se jedná o úbytek gangliových buněk sítnice, onemocnění zřetelného nervu nebo lézi centrální nervové soustavy. Cílem perimetrie je stanovit rozsah poškození sítnice a sledovat progresi nálezu. [4, 8, 10]

Nejvíce používaná je statická perimetrie. Využívá citlivosti sítnice na osvit v různých místech zorného pole. Při vyšetření musí pacient rozlišit statické světelné značky různé intenzity, které se zobrazují velmi krátkou dobu na světlé vyšetřovací polokouli přístroje. Výsledky jsou potom zpracovány počítačově a porovnány s výsledky naměřenými u zdravé populace stejné věkové kategorie. [4, 8, 10]

Zorné pole je definováno jako souhrn všech zřetelných podnětů vnímaných při fixaci oka na jeden bod. Fyziologické zorné pole má rozsah více než 90° temporálně, 60° nazálně, 60° kraniálně a 70° kaudálně. [10]

2.2.5 Gonioskopie

Jedná se o vyšetření úhlu přední komory, tedy úhlu, který svírá zadní plocha rohovky a přední plocha duhovky. Toto vyšetření je velice důležité pro diagnostiku glaukomu. Podle velikosti komorového úhlu se zjišťuje, jestli se jedná o glaukom s otevřeným nebo uzavřeným úhlem. Kromě šířky se identifikují možná patologická rizika uzávěru úhlu (neovaskularizace, nadměrná pigmentace, pseudoexfoliace, synechie duhovky). [4, 8, 9]

Nejčastěji se v praxi využívá nepřímé gonioskopie, kdy je pacient vyšetřován v sedě na šterbinové lampě a na anestetizovanou rohovku je mu přiložena gonioskopická čočka. Paprsek osvětlovací soustavy šterbinové lampy je namířen na zrcadlo umístěné v gonioskopické čočce, následně dojde k odrazu paprsku od zrcadla a tím se osvětlí komorový úhel v protilehlé části. [4, 8, 9]

Gonioskopická čočka může obsahovat jedno až čtyři zrcadla. Čočka s jedním nebo třemi zrcadly je Goldmannova čočka. Principem je skleněný konus, do něhož jsou vsazená zrcadla pod úhlem (57° , 67° , 79°) u třízrcadlové čočky, jedno zrcadlová čočka má zrcadlo vsazené pod úhlem 62° . Čtyř zrcadlová čočka podle Beuningena má zrcadla stejně jako třízrcadlová Goldmannova čočka, a navíc ještě jedno zrcadlo, které je vloženo pod úhlem 45° . [4, 8]

2.2.6 Vyšetření vrstev sítnice zobrazovacími metodami

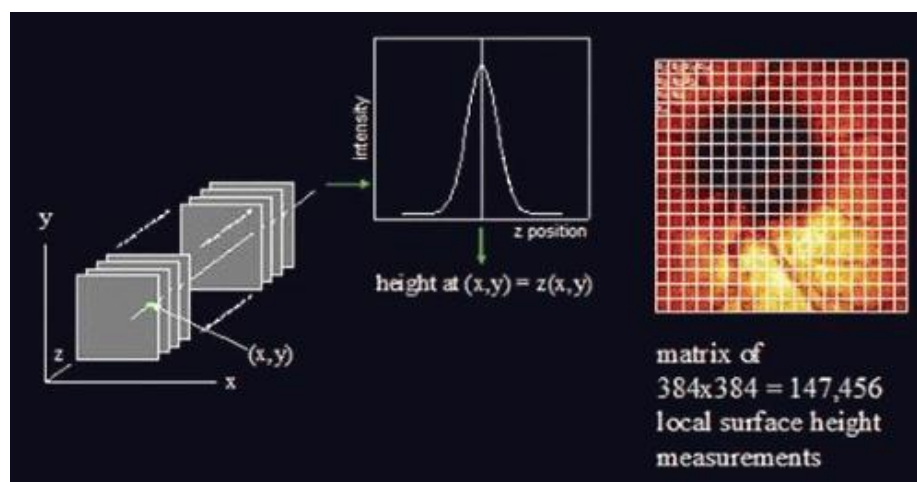
Mezi zobrazovací techniky jsou řazeny digitální zobrazovací přístroje. U pacientů s glaukomem jsou součástí běžného klinického vyšetření. Zvládají dokumentovat nálezy na terči zrakového nervu a ve vrstvě nervových vláken a následně je porovnat s nálezy v normativní databázi a posoudit, zda jsou přítomné nějaké změny. [4]

Heidelberský retinální tomograf (HRT)

Přístroj slouží k trojrozměrnému zobrazení zadního segmentu oka. U glaukomu se využívá ke sledování změn papily, zrakového nervu a peripapilární oblasti. Výsledkem vyšetření jsou stereoskopické parametry (číselné hodnoty v mm^2 a mm^3 , které např. udávají poměr a tvar exkavace papily) a topografická mapa. [4, 8]

HRT je založen na principu konfokální skenovací laserové oftalmoskopii. Skenování sítnice je umožněno periodickým vychylováním diodového laserového paprsku systémem oscilujících zrcadel. Laserový paprsek dopadá na sítnici a odráží se zpět na detektor. Trojrozměrný obraz je generován ze série 16-64 dvojrozměrných optických řezů paralelně orientovaných s rovinou

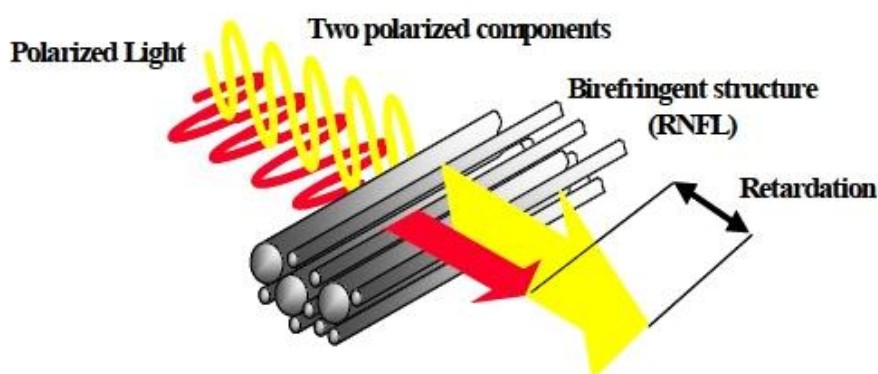
sítnice a měření je prováděno maximálně do hloubky 4 mm (obr. 2.3). Každý řez je tím pádem tvořen 148 000 měření. [4, 8]



Obrázek 2.3: Generování obrazu HRT [11]

Analyzátor nervových vláken (GDx)

GDx analyzátor měří tloušťku vrstvy nervových vláken sítnice v okolí papily zrakového nervu a využívá k tomu princip laserové polarimetrie. Laserová polarimetrie využívá dvojlomu, který nastává díky paralelnímu uspořádání nervových vláken. Z přístroje jsou vyslány dva navzájem kolmé světelné paprsky, z nichž jeden je paralelní a druhý kolmý na průběh nervových vláken. Oba paprsky po průchodu vrstvou nervových vláken jsou odraženy zpět na detektor přístroje, ale každý s jiným časovým posunem. Tloušťka nervových vláken je úměrná časovému zpoždění mezi oběma paprsky (obr. 2.4). [4, 8]

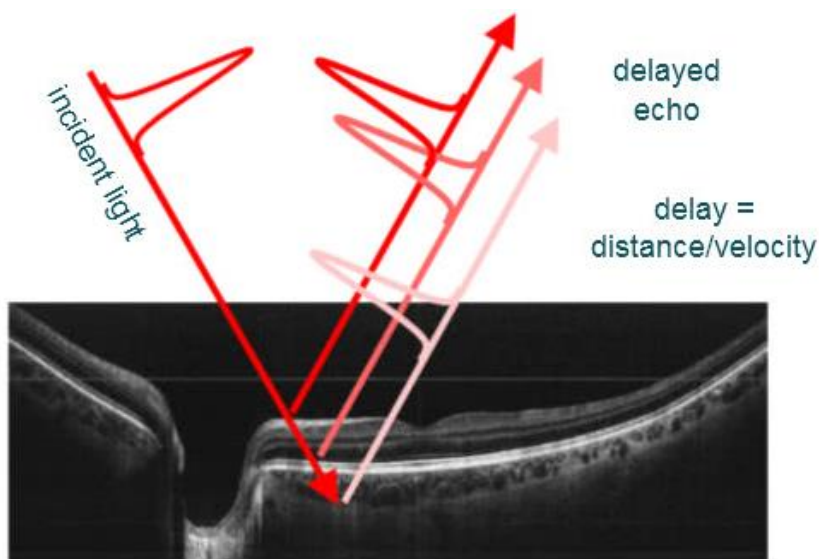


Obrázek 2.4: Princip skenování GDx [12]

Optická koherenční tomografie (OCT)

Jedná se o nekontaktní neinvazivní diagnostickou metodu, která zobrazuje struktury biologické tkáně v příčném průřezu bez porušení jejich kontinuity. Přístroj je založen na principu nízkokoherentní interferometrie. Je tvořen zvětšovací optickou soustavou, zdrojem světla o vlnových délkách blízkých infračervenému světlu a detektorem. [1, 3, 4, 8, 13]

Světelný paprsek dopadá na sítnici a odráží se od jednotlivých vrstev sítnice s různým časovým zpožděním a s různou velikostí signálu. Následně odražené paprsky dopadají na detektor s různým zpožděním a intenzitou a pomocí Michelsonova interferometru je měřen časový rozdíl mezi odraženým paprskem od referenčního zrcadla a paprskem odraženým od jednotlivých vrstev sítnice (obr. 2.5). Při zpracování obrazu záleží na průhlednosti, průsvitnosti a optické odrazivosti jednotlivých vrstev sítnice. Výsledný obraz OCT je podobný histologickému řezu, kde každá vrstva je zobrazena v jiném stupni šedi nebo ve falešné barevné škále podle optické reflektivity jednotlivých vrstev. [1, 3, 4, 8, 13]



Obrázek 2.5: Generování obrazu pomocí OCT [14]

2.3 Terapie glaukomu

Cílem léčby glaukomu je snížit NOT a stabilizovat zrakové funkce pacienta. Léčba glaukomu se dá rozdělit do tří skupin:

- Konzervativní
- Laserová
- Chirurgická

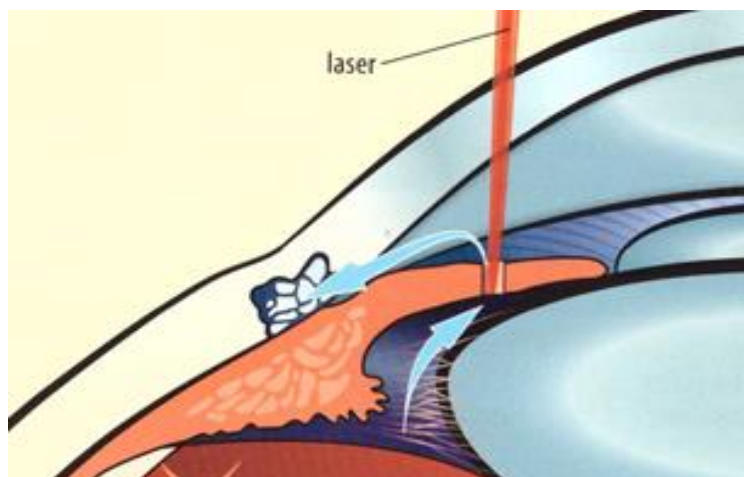
2.3.1 Konzervativní terapie

V konzervativní léčbě se využívají farmakologické preparáty (antiglaukomatika), které účinně snižují NOT, zlepšují retinální a pulzní průtok krve a mají neuroprotektivní charakter. Většina antiglaukomatik se vyrábí ve formě očních kapek a dají se rozdělit podle mechanismu účinku na: léčiva snižující tvorbu nitrooční tekutiny (betablokátory), léčiva ovlivňující odtok nitrooční tekutiny (parasymptomimetika, prostaglandiny) a léčiva osmoticky působící (hyperosmotika). [1, 4, 8]

2.3.2 Laserová terapie

Jedná se o ambulantní způsob léčby glaukomu, při kterém je zapotřebí anestezie oka. Při tomto zákroku nedochází k otevírání bulbu, tudíž oko není následně ohroženo infekcí. Pomocí laseru lze provádět: laserovou iridotomii, trabekuloplastiku, iridoplastiku. [1, 4, 8]

Při **laserové iridotomii** (obr. 2.6) dojde k vytvoření otvoru celou šířkou duhovky, který zajistí lepší odtok komorové tekutiny. Otvor je vytvořen v horním kvadrantu duhovky a co nejvíce v periférii. Výkon se provádí pomocí Nd:YAG laseru nebo argonového laseru. [1, 4, 8]



Obrázek 2.6: Laserová iridotomie [1]

Laserová trabekuloplastika se provádí za pomoci goniočocky usazené na znečitlivělé rohovce. Paprsek se namíří skrze goniočocku do míst trabekulární trámčiny a vytvoří v ní drobné otvory pro odtok komorové tekutiny. Tím dojde ke snížení NOT. Tento zákrok má však jen dočasný efekt. [1, 4, 5, 8]

Laserovou trabekuloplastiku lze provádět dvěma způsoby. Prvním způsobem je argon laserová trabekuloplastika (ALT) a druhým je selektivní laserová trabekuloplastika (SLT). Při ALT je pomocí argonového laseru vypáleno 50-100 laserových bodů o průměru 50 μm do trabekulární síťoviny. Tato metoda se dnes prakticky nevyužívá z důvodu nevratné destrukce trabekulární trámčiny. SLT metoda selektivně zasahuje pigmentové buňky trámčiny laserem o vlnové délce 532 nm a vytvoří v trámčině body o průměru 400 μm . Výhodou SLT oproti ALT metodě je především šetrnost zásahu do tkáně. Důvodem je absence kolaterálního poškození buněk neobsahujících melanin a trabekulární struktury. SLT metodu je možné několikrát opakovat i používat u pacientů s neúspěšnou ALT metodou díky tomu, že nedochází ke zvýšení rizika vzniku periferních předních synechií. [1, 4, 8]

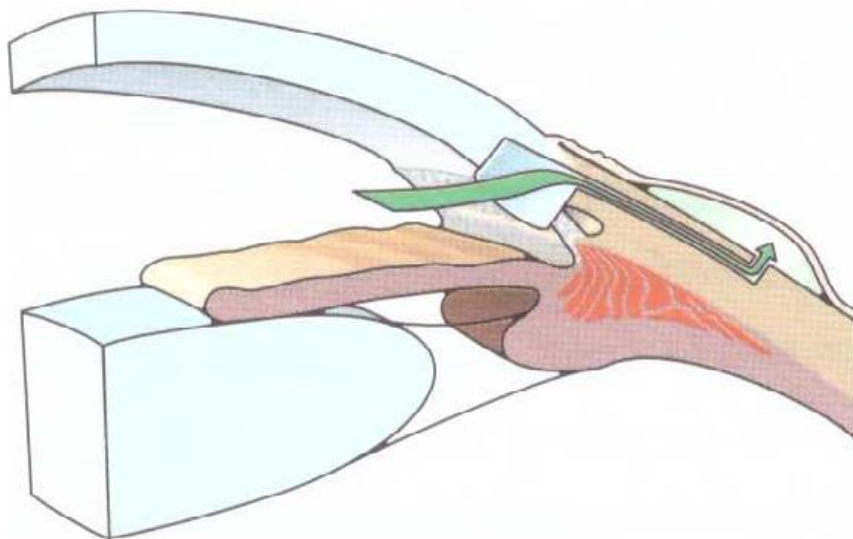
Laserové iridoplastika se využívá u pacientů s velmi úzkým komorovým úhlem. Zásahy laserem se provádí po obvodu periferie duhovky. Tento zákrok otevře komorový úhel a odhalí trabekulum. Následně musí být provedena laserová trabekuloplastika. [1, 4, 8]

2.3.3 Chirurgická terapie

Provádí se v případě selhání či nevhodnosti konzervativní nebo laserové terapie. Při tomto zákroku dochází k otevírání bulbu, tudíž je oko následně ohroženo infekcí. Z patofyziologického pohledu se glaukomové chirurgické zákroky dělí na ty, které zlepšují odtok nitrooční tekutiny a ty, které snižují její tvorbu. Mezi zákroky, které zlepšují odtok nitrooční tekutiny se řadí filtrující operace **penetrující** a **nepenetrující**. Mezi penetrující operace patří **trabekulektomie** (obr. 2.7), při které se vytvoří komunikace mezi přední komorou a podspojivkovým prostorem, kde se vytvoří filtrační polštářek odkud je tekutina vstřebávána. Další penetrující operací je **drenážní implantát**, kdy je vytvořena komunikace pomocí drenážního aparátu nebo chlopně a tekutina je odváděna do zadních vortikozních vén. Do nepenetrující operace patří **hluboká skleroktomie** s různými implantáty, jejíž principem je odstranění hluboké sklerální lamely a tím se vytvoří sklerální jezírko, které slouží jako rezervoár nitrooční tekutiny. [1, 4, 5, 8]

Operace zajišťující snížení produkce nitrooční tekutiny se označuje jako **cyklokryokoagulace**, při které se provádí destrukce části řasnatého tělíska kryosondou při teplotě -60 až -70 °C, která je přikládána na bulbus bez jeho otevření. [1, 4, 5, 8]

Operace zlepšující průtok nitrooční tekutiny se nazývá **iridektomie**. Při této operaci se v periferní nebo bazální části duhovky vystříhne malý otvor, který zajistí odtok nitrooční tekutiny ze zadní komory do přední komory. Iridektomie se indikuje pouze tehdy, pokud nelze pupilární blok řešit laserovou iridotomií. [4, 8]



Obrázek 2.7: Trabekulektomie [7]

3 Nitrooční tlak (NOT)

Nitrooční tlak je tlak uvnitř oka a je přímo závislý na dvou faktorech. Prvním faktorem je rychlost a množství sekrece nitrooční tekutiny, která je produkována sekrečním epitelem ve výběžcích řasnatého tělíska. Druhým faktorem je schopnost odtoku nitrooční tekutiny z oka do krevního řečiště. V době, kdy je poměr mezi sekrecí a odtokem roven, tak je hodnota NOT v pořádku. Pokud dojde k nerovnováze mezi sekrecí a odtokem nitrooční tekutiny, způsobené zvýšením/snížením sekrece nebo odtoku nitrooční tekutiny, tak dojde k nárůstu nebo poklesu hodnoty NOT. [8]

NOT se dá vyjádřit pomocí rovnice:

$$P_i - P_e = \text{průtok nitrooční tekutiny} \times R \quad (1)$$

kde P_i je nitrooční tlak, P_e je tlak v episklerálních vénách a R je odpor v komorové trámčině. [15]

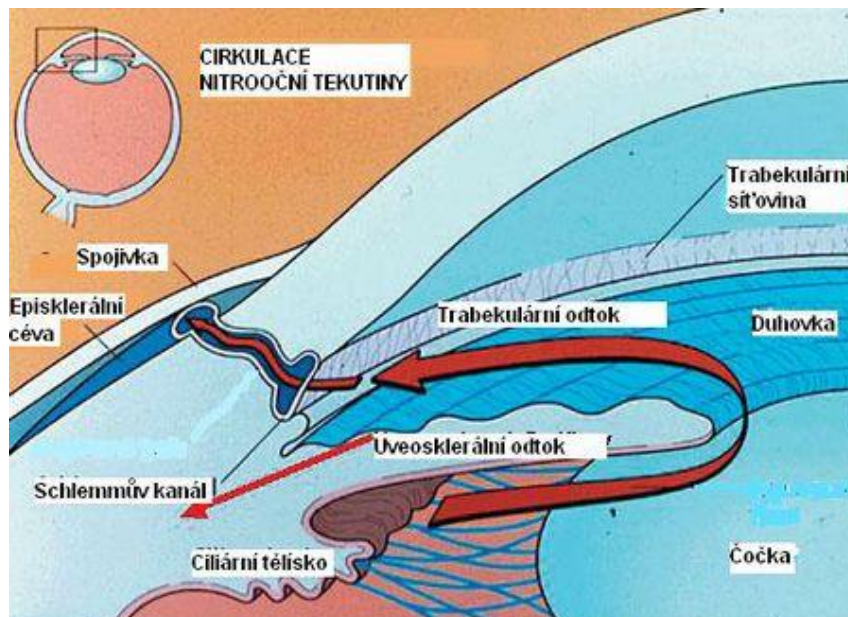
Hodnota NOT není pro každé oko stejná. Normální hodnoty NOT se pohybují v rozmezí 10-21 mmHg v průměru okolo 16,5 mmHg u dospělých, u dětí při narození 6-8 mmHg a okolo 12. roku života 10-15 mmHg. Výše NOT se mění i v průběhu dne, kdy nejvyšší NOT naměříme ráno a nejnižší v noci. [1]

3.1 Nitrooční tekutina

Nitrooční tekutina (komorová voda) je čirá bezbarvá látka, která vyplňuje přední a zadní komoru oka. Za fyziologického stavu je hypertonická s vysokou koncentrací kyseliny askorbové a malým obsahem proteinů. Komorová voda se podílí na výživě oční čočky a rohovky. Zajišťuje odsun metabolitů, kterými jsou laktát a pyruvát. Dynamika nitrooční tekutiny a vztah mezi tvorbou a odtokem nitrooční tekutiny udržuje NOT na relativně stálé úrovni. [1, 8, 19]

Nitrooční tekutina je produkována ultrafiltrací krevní plazmy sekrečním epitelem z ciliárních výběžků řasnatého tělíska, která mají sekretickou funkci a vylučují komorovou vodu přes pigmentovou vrstvu do zadní komory. Ze zadní komory proudí přes závěsný aparát čočky a zornici do přední komory, odkud je pak odváděna dvěma cestami (konvenční a nekonvenční). Konvenční cesta je zajišťována trámčinou do Schlemmova kanálu, kudy je odváděno cca. 90 % komorové vody. Zbylých 10 % je odváděno přes nekonvenční cesty, kam patří relativně snadný

prostup komorové vody do tkáňových prostor ciliárního tělesa, suprachoroidálního prostoru i do perivaskulárního a perinukleárního prostoru ve sklěře (obr. 3.1). [1, 8, 13]



Obrázek 3.1: Cirkulace nitrooční tekutiny [16]

3.2 Měření NOT

Oční tonometrie slouží k měření výše NOT. Je řazena k základnímu screeningu a diagnostice glaukomu. Dělí se na impresní, aplanační a odrazovou tonometrii. [1, 8]

3.2.1 Schiötzův impresní tonometr

Schiötzův impresní tonometr (obr. 3.2) je kontaktní tonometr. Před vyšetřením je potřeba anestetizovat rohovku a při vyšetření pacient leží. [18]

Tonometr se skládá z konkávní plošky (ta má zakřivení podobné rohovce), pelotky, která ústí v otvoru konkávní plošky a milimetrové stupnice, na které se odečítá hloubka vnoření pelotky do rohovky. [18, 19]

Principem Schiötzova aplanačního tonometru je měření hloubky vnoření pelotky zařízení do rohovky. Pelotka má přesně stanovený průměr a hmotnost. Po přiložení tonometru na rohovku způsobí pelotka impresi rohovky, kterou odečteme na stupnici. Poměr převodu je 1:20, to znamená, že jeden dílek stupnice odpovídá hloubce 0,05 mm. Čím je oko tvrdší tím pelotka způsobí menší impresi rohovky a ručička na stupnici ukáže menší výchylku. Pokud je výchylka minimální, musíme na pelotku přidat závaží, aby došlo k větší impresi rohovky a poté

danou hodnotu převedeme na hodnotu NOT v mmHg pomocí kalibrační křivky nebo tabulky. [18, 19]



Obrázek 3.2: Schiotzův impresní tonometr [17]

3.2.2 Goldmannův aplanační tonometr

Goldmannův aplanační tonometr (GAT) (obr. 3.3) je považován za referenční standard. Je sestaven na základě Imbert-Fickova zákona. GAT je kontaktní tonometr, před vyšetřením je potřeba anestetizovat rohovku a aplikovat fluorescein na povrch oka, aby došlo k obarvení slzného filmu. [18]

Tonometr bývá instalován na štěrbinovou lampu. Jeho hlavní částí je biprizma o průměru 3,06 mm, kterým se rohovka aplanuje při měření. Na rohovku je působeno tlakem 9,8 mN, kde váha 1 g poté odpovídá 10 mmHg. Výsledná hodnota je závislá na tuhosti rohovkové tkáně, adhezní síle slzného filmu, která vzniká mezi prizmatem a povrchem rohovky. Hodnota NOT je odečítána tehdy, když prizma oploští celou rohovku. Pomocí obarveného slzného filmu fluoresceinem a kobaltového filtru na štěrbinové lampě je vidět okulárem dva zelené půlkruhy (obr. 3.3), které když se dotknou vnitřní částí, tak vyšetřující odečte hodnotu NOT. [18, 19]

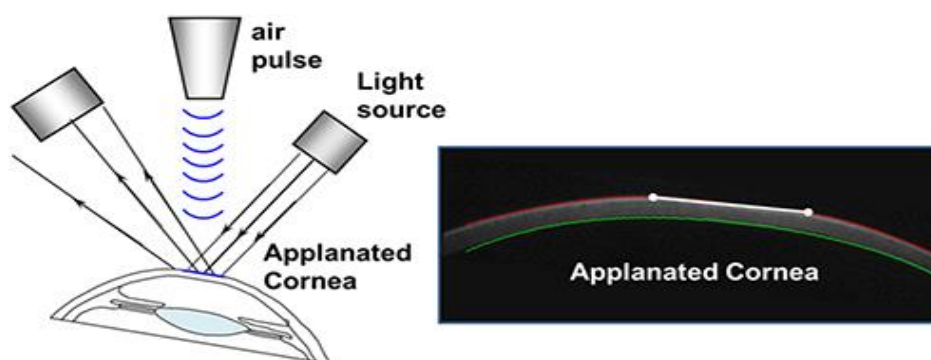


Obrázek 3.3: Goldmannův aplanační tonometr [20]

3.2.3 Air-puff (bezkontaktní) tonometr

Air-puff tonometr může být pouze samostatným přístrojem, který slouží k měření NOT, ale může být i součástí jiného přístroje jako je např. (auto-refrakto-kerato-tonometr). Pokud má přístroj pouze funkci měření NOT, tak jeho součástí je generátor vzduchového pulzu, zdroj infračerveného světla a fotodetektor. [8, 13, 18]

Je založený na principu bezkontaktní aplanace centrální části rohovky působením tlakového pulzu vzduchu (obr. 3.4) o rychlosti 1-3 m/s, kdy dojde k oploštění rohovky. Průměr oploštěné části rohovky je $3,6 \pm 0,2$ mm, kterého je dosaženo v době 5-8 ms. S pulzem vzduchu je ještě vyslán infračervený paprsek, který se po aplanaci rohovky odráží zpět do přístroje, kde dopadá na systém fotodiod, které vytvářejí elektrický signál. Hodnota NOT je dána výší maxima světelného signálu ze vzniklé aplanací plošky. Přístroj je bezkontaktní a není potřeba anestetizovat rohovku jako je tomu např. u GAT. [8, 18]



Obrázek 3.4: Princip detekce air-puff tonometru [21]

3.2.4 Dynamický konturní tonometr

Tento přístroj je vyráběn pod obchodním názvem Pascal, a je obdobou Goldmannova aplanačního tonometru. Přístroj je připevněn na štěrbinovou lampu. Měření probíhá pomocí piezoelektrického tlakového senzoru o průměru 1,2 mm, který je zakomponován do konkávní plošky, která je přiložena do centrální části rohovky. Rohovka musí být před měřením anestetizována. Při měření se vytvářejí elektrické signály, které při kontaktu s povrchem rohovky vyvolají zpětné zvukové signály a jejich intenzita je přímo úměrná hodnotám NOT. Měření trvá cca. 5-7 sekund a pak je přístroj od oka oddálen. Během měření jsou signály zaznamenány 100krát za sekundu. Hlavice senzoru je chráněna jednorázovou silikonovou koncovkou. [13, 18]

3.2.5 Tonopen

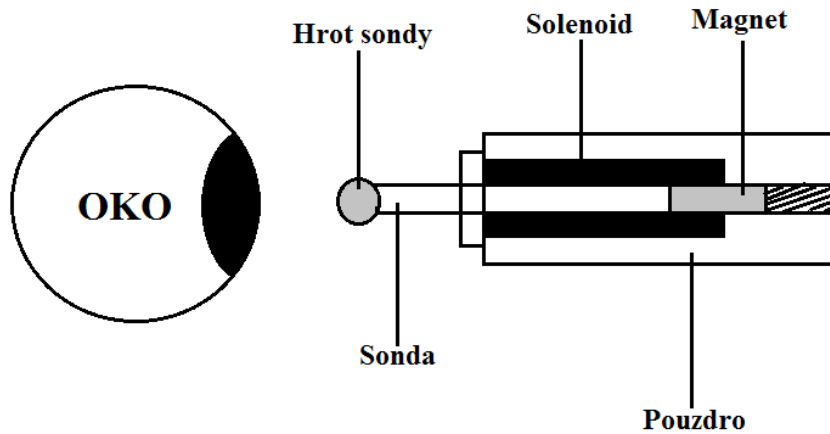
Je snadno přenosný, malý přístroj určený k měření NOT. Výhodou přístroje je, že zvládá měřit NOT v jakékoliv poloze pacienta. Přístroj obsahuje mikroprocesor a snímač (hrot) o velikosti 1,5 mm, displej, a to vše je zakomponováno do většího pera. Na hrotu je při měření nasazena jednorázová latexová krytka. Tonopen se při měření lehce dotýká rohovky, a proto ji musíme před vyšetřením anestetizovat. Hodnota NOT odpovídá tlaku, kterým je nutný k aplanaci rohovky pomocí hrotu. Po skončení měření se na displeji zobrazí naměřená hodnota, kterou přístroj získal ze čtyř měření. [18]

3.2.6 Odrazový tonometr

První zmínky o principu odrazového tonometru pocházejí z roku 1960, kdy Dekking a Costner začali zkoumat, jak vytvořit odrazový tonometr, ale nikdy žádný takový přístroj nevyrobili. V roce 1997 se tímto nápadem začal zabývat Kontiola a přehodnotil princip odrazové tonometrie. Tento princip využívají přístroje od firmy iCare. [22, 23]

Tonometr je tvořen kovovou komorou s magnetickou cívkou a malou sondou (obr. 3.5), která je na svém konci zaoblená. Sonda vložená do komory, je magnetizována pomocí elektrického proudu. Při aktivaci měření se polarity cívky změní, což má za následek posun sondy dopředu směrem k rohovce. Pokud je přístroj vzdálen 4-8 mm od oka, dojde ke zpomalení a odrazu sondy od rohovky zpět do komory. Zpomalení je rychlejší, pokud je NOT vysoký a pomalejší, pokud je NOT nízký. Zpětná síla sondy je zaznamenána pomocí sensorového systému propojeného s elektromagnetickou cívkou. Senzor zaznamenává rychlost zpomalení a indukci vyvolanou pohybující se sondou v magnetické cívce. Pomocí procesoru přístroje jsou

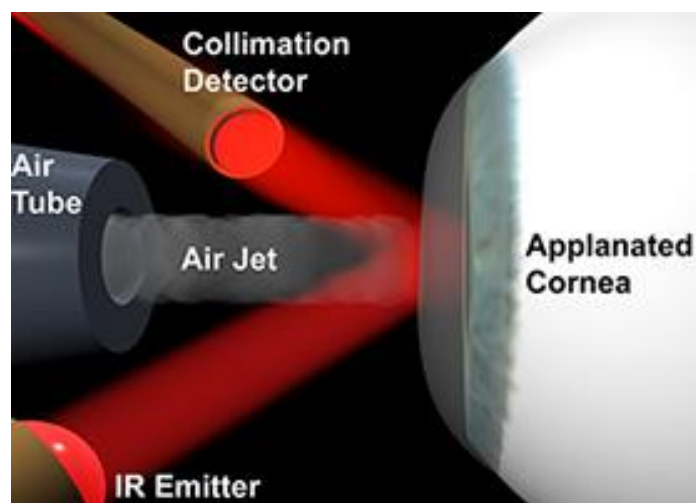
naměřené hodnoty převedeny na hodnotu NOT v mmHg. Celková kinetická energie sondy je velice nízká, přibližně 1 μJ , a pouze malý zlomek energie se absorbuje v oku. [22, 23, 24]



Obrázek 3.5: Mechanismus odrazového tonometru (vlastní obr. inspirován dle [25])

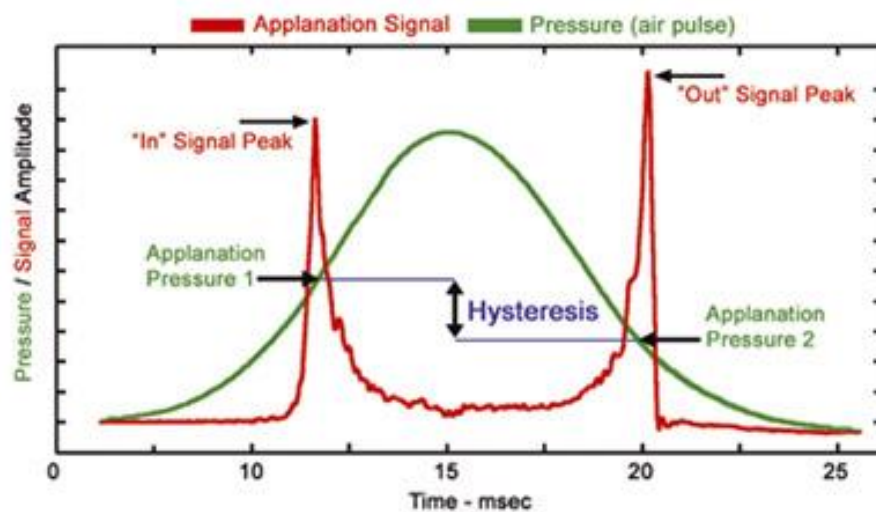
3.2.7 ORA (Ocular Response Analyzer)

Přístroj, umožňuje analýzu biomechanických vlastností rohovky. ORA analyzuje rohovku při dynamickém obousměrném aplanačním procesu vyvolaném vzduchovou tryskou (obr. 3.6). Tento přístroj měří bezkontaktně hodnotu NOT nezávisle na centrální tloušťce rohovky. [26, 27]



Obrázek 3.6: Princip detekce přístroje ORA [26]

ORA je tvořena vzduchovou tryskou, zářičem emitující infračervené světlo, detektorem světelné intenzity, a tlakovým převodníkem. Po správné centraci přístroje proti apexu rohovky, vyše přístroj do oka pulz vzduchu, který způsobí aplanaci rohovky. Tím se rohovka dostane do stavu primární aplanace (P1), při kterém detektor světelné intenzity zachytí maximum odraženého infračerveného světla. Po primární aplanaci (P1) klesá tlak proudu vzduchu a rohovka prochází sekundární aplanací (P2), při které se vrací zpět do svého fyziologického tvaru. Detektor zachytí při aplanaci (P2) druhé maximum odraženého infračerveného světla odrážejícího se od rohovky. Přístroj zaznamená hodnoty tlaku při aplanaci (P1 a P2). Celý proces trvá přibližně 20 ms. Tlak naměřený při první aplanaci (P1) je vyšší než tlak při druhé aplanaci (P2). Tento jev je přisuzován efektu viskoelastického tlumení rohovky. Rozdíl mezi hodnotami tlaku při aplanaci (P1 a P2) se nazývá rohovková hystereze (CH) (obr. 3.7). [26, 27, 28]



Obrázek 3.7: Hystereze rohovky [26]

4 Self-monitoring NOT

Monitorování NOT je důležité při diagnostice, screeningu a léčbě glaukomového onemocnění. Důležité je sledování denní křivky NOT, kdy se provádí nejméně 12 měření v průběhu celého dne. Denní křivka znázorní jednotlivé výchyly NOT během dne. Čím větší jsou výchyly, tím je riziko vzniku poškození zrakového nervu pravděpodobnější. Velikost NOT se může měnit během dne, ale i v závislosti na ročním období. Za normální výchyly NOT jsou považovány hodnoty vychýlení maximálně o 2-6(8) mmHg, větší rozptyl hodnot je u pacientů s glaukodem až 10 mmHg. Nitrooční tlak nabývá nejvyšších hodnot v ranních hodinách. [4, 15, 29, 30]

Monitoring NOT je možné provádět všemi dostupnými tonometry, ale ne všechny jsou vhodné. Nejvíce se používají air-puff tonometry, kdy se pacientovi několikrát během dne změří NOT u očního lékaře a lékař z naměřených hodnot zjistí přibližnou denní křivku NOT. Tato metoda měření je velice časově náročná pro pacienta i lékaře. V dnešní době již na trhu existují alternativní metody měření denní křivky NOT. Mezi jednu z metod patří kontaktní čočky se zabudovaným senzorem (Sensimed Triggerfish) pro měření NOT. Další variantou je iCare HOME tonometr, který má pacient u sebe a provádí jednotlivá měření NOT v předepsaných intervalech sám. [4, 30, 31]

4.1 Kontaktní čočky Sensimed Triggerfish

Jedná se o jednorázovou silikonhydrogelovou kontaktní čočku se zabudovaným kruhovým tenzometrem a mikročipem pro zpracování dat (obr. 4.1). Výkyvy NOT jsou nepřímo monitorovány změnami očního objemu. Kruhový tenzometr snímá změny obvodu v oblasti korneosklerální. Data z mikročipu jsou bezdrátově přenášena do přijímače umístěného v blízkosti kontaktní čočky. Lékaři poté z přijímače stáhnou data do počítačového softwaru a vyhodnotí denní křivku NOT. [32]



Obrázek 4.1: Kontaktní čočka Sensimed Triggerfish [32]

4.2 iCare HOME Tonometer

Přístroj je snadno obsluhovatelný a byl vyvinut pro pacienty s glaukomem, nebo pro pacienty s podezřením na toto onemocnění, u kterých je potřeba kontrolovat denní křivku NOT. Výhodou přístroje je, že není potřeba lokální anestezie. Nemusí být obsluhován odborným personálem, ale jeho ovládání zvládne zaškolený uživatel. Přístroj je malý a lehký, a tak je s ním snadná manipulace a transport. [22, 23, 30, 33]

iCare HOME tonometr (obr. 4.2) je vybaven senzory pro rozpoznávání oka pravého (OP) a oka levého (OL). Do zařízení se vloží 40 mm dlouhá jednorázová sonda tvořená plastovým kulatým hrotem a pozlaceným kovovým drátem. Uživatel stiskne tlačítko napájení a přístroj načte sondu. Pomocí vyladovacího knoflíku nastavíme vzdálenost mezi hlavičkou sondy a středem přední plochy rohovky podél centrální osy na 4-8 mm. Pacient musí držet tonometr před obličejem bez vertikálního nebo horizontálního náklonu. Náklon přístroje je hlídán detektorem, který zjišťuje, zda je přístroj držen ve správné poloze. Pokud je přístroj umístěn před oko ve správné poloze, rozsvítí se na přístroji „zelená“ signální LED (light emitting diode). Pokud uživatel nedrží přístroj ve správné poloze, tak signální LED svítí „červeně“. Mírná nesprávná poloha přístroje zabrání spuštění sondy. Navíc, pokud je sonda příliš daleko nebo blízko od oka nebo se nachází nějaká překážka mezi sondou a rohovkou, signální led dioda bliká červeně se signálním pípnutím. [23]

Uživatel si vybere, zda chce získat šest po sobě jdoucích měření opakovaným stisknutím tlačítka, nebo získat šest měření pomocí jediného režimu. Nakonec musí pacient zkontrolovat, zda na zadním kontrolním panelu svítí kontrolka „DONE“. Tonometr ukládá data pro každou kompletní měřicí sekvenci obsahující šest měření. Uložená data obsahují mnoho informací, mezi které patří hodnota NOT v mmHg, čas a datum měření, identifikaci oka a úroveň kvality každého měření. Naměřená data se na přístroji nezobrazují. Pro zobrazení dat je nutné připojit zařízení pomocí USB konektivity k počítači, ve které musí být nainstalován program iCare EXPORT, do kterého se přenesou všechna data z tonometru. Z tohoto programu se poté data dají přeposlat do online aplikace iCare Clinic, která je vybavena databází pacientů. Další možností je přenos dat do chytrého mobilu nebo tabletu pomocí USB konektivity do aplikace iCare Patient. [23, 34]

iCare HOME tonometer je založen na principu indukovaného nárazu. Metoda měření se nazývá odrazová („rebound“) tonometrie. Je popsána v kapitole 3.2.6.



Obrázek 4.2: iCare HOME tonometr

5 Experimentální část

Experimentální část byla zaměřena na využití iCare HOME tonometru, který byl vyvinut pro self-monitoring NOT, který je důležitý u pacientů s podezřením glaukomového onemocnění nebo pro revizi léčby glaukomu.

V této práci byly provedeny pomocí iCare HOME tonometru dvě studie.

První studie byla zaměřena na porovnání hodnot NOT získaných pomocí iCare HOME tonometru a air-puff tonometru. Hlavním cílem tohoto výzkumu bylo posoudit, jak srovnatelné hodnoty NOT můžeme získat při vlastním měření pomocí iCare HOME tonometru oproti air-puff tonometrům, kterými je vybavena většina očních ambulancí a optometristických vyšetřoven. Výsledky naměřené pomocí iCare HOME a air-puff tonometru byly mezi sebou porovnány a statisticky zpracovány.

Druhá studie byla věnována self-monitoringu NOT pomocí iCare HOME tonometru u skupiny 10 probandů. Cílem tohoto výzkumu bylo zjistit, jak zvládnou pacienti měření NOT pomocí iCare HOME tonometru v jejich běžném životě a jak relevantní výsledky měření získají. Také bylo snahou zaznamenat veškerá positiva a jednotlivá možná úskalí tohoto měření. Studie se zaměřila i na práci s aplikací iCare CLINIC, která slouží ke zpracování naměřených dat.

Pomocí analýzy získaných dat z měření a jejich následným statistickým zpracováním byla ověřována platnost 2 stanovených hypotéz:

Hypotéza H1: Hodnoty NOT získané pomocí iCare HOME tonometru jsou srovnatelné s hodnotami naměřenými pomocí air-puff tonometru.

Hypotéza H2: iCare HOME tonometr je vhodným přístrojem k self-monitoringu NOT.

5.1 Porovnání iCare HOME tonometru s air-puff tonometrem

5.1.1 Metodika výzkumu

Metodika výzkumu byla aplikována u všech vyšetřovaných osob dle stejného schématu. Všechna použitá data byla získána kalibrovanými přístroji. Měření bylo pro klienty nenáročné a trvalo přibližně pět minut.

Před vyšetřením byl klient podroben osobní a oční anamnéze, následně mu byl nejprve změřen NOT pomocí přístroje Topcon TRK – 2P (auto kerato-refrakto tonometru) (obr. 5.1.), který je vybaven air-puff tonometrem jehož princip je popsán v kapitole 3.2.3. U každého klienta byla

pomocí přístroje provedena tři po sobě jdoucí měření NOT, která byla zprůměrována ve výslednou hodnotu NOT.



Obrázek 5.1: Topcon TRK – 2P

Následně byl klientovi vysvětlen postup měření NOT pomocí přístroje iCare HOME tonometru (obr. 5.2) (princip měření dle popisu v kapitole 4.2) a proběhlo seznámení s tím, jak bude měření probíhat. Poté bylo provedeno měření NOT, nejprve OP a následně i OL. Na každém oku bylo provedeno 6 po sobě jdoucích měření, která se poté pomocí softwaru zprůměrovala ve výslednou hodnotu NOT. Pro kontrolu bylo těchto 6 měření provedeno na každém oku dvakrát.

U každého probanda byla obě měření provedena v jednotný čas, aby byla do určité míry eliminována změna hodnoty NOT.



Obrázek 5.2: iCare HOME tonometr

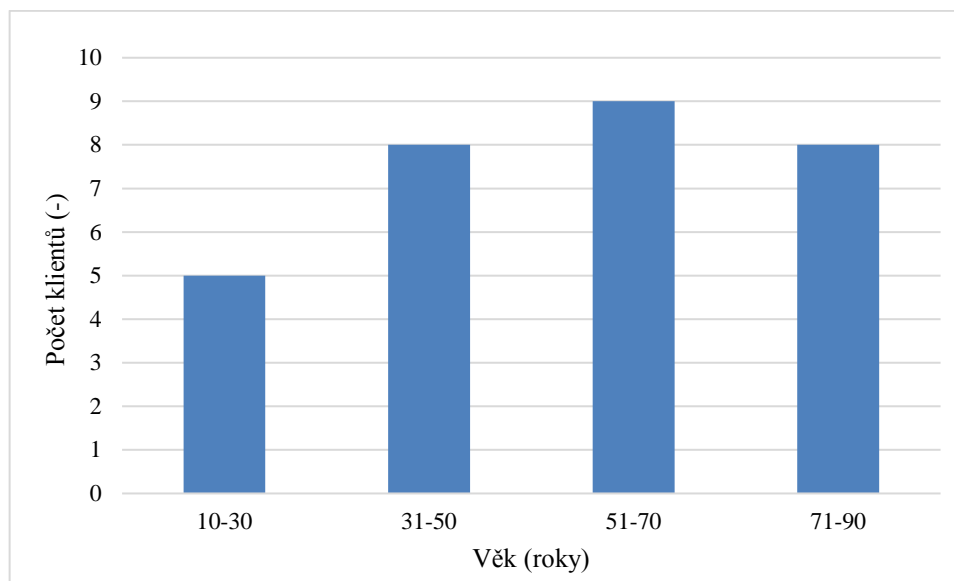
5.1.2 Charakteristika zkoumaného souboru

Zkoumaný soubor tvořilo 30 probandů (60 očí), kterými byli klienti oční ambulance MUDr. Dany Zimákové. U každého z nich byla zjištěna základní charakteristická data: pohlaví, věk, oční a celková onemocnění, která mají vliv na výši NOT.

Skupina probandů byla tvořena 13 ženami (43,33 %) a 17 muži (56,67 %) v různých věkových kategoriích. Průměrný věk byl v době kontroly u žen $52,77 \pm 18,62$ let a u mužů $55,18 \pm 19,57$ let. Tato data jsou uvedena v tabulce 5.1. Pro bližší představu o vyšetřovaném vzorku je v grafu 5.1 znázorněno rozdělení zkoumaných pacientů do věkových skupin. Jak z grafu vyplývá, nejpočetnější byla skupina ve věkovém rozmezí 51-70 let. Z celkového počtu 30 pacientů se 5 pacientů léčilo s glaukomem.

Tabulka 5.1: Souboru probandů zahrnutých do analýzy

	Počet	Počet očí	Průměrný věk	SD NOT	Min. věk	Max. věk
muži	17	34	55,18	19,57	22	78
ženy	13	26	52,77	18,62	19	81
celkem	30	60	54,13	18,87	19	81



Graf 5.1: Rozdělení věkových skupin

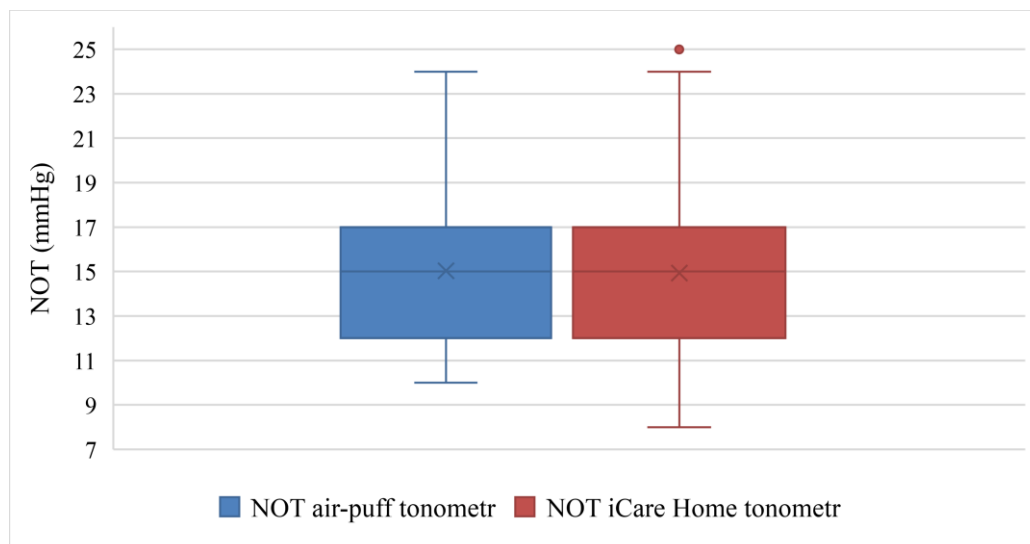
5.1.3 Analýza naměřených dat s výsledky

Data získaná u každého pacienta byla zanesena do tabulky (viz. příloha č. 1).

Průměrný naměřený NOT air-puff tonometrem byl u pacientů $15,03 \pm 3,11$ mmHg (v rozmezí 10-24 mmHg). Pomocí iCare HOME tonometru byl průměrný naměřený NOT $14,93 \pm 3,46$ mmHg (v rozmezí 8-25 mmHg). Pro přehlednost byla data zaznamenána do tabulky 5.2 a grafu 5.2.

Tabulka 5.2: Naměřené hodnoty NOT

	Air-puff tonometr (mmHg)	iCare Home (mmHg)
Průměrný NOT	15,03	14,93
SD NOT	3,11	3,46
Min. NOT	10,00	8,00
Max. NOT	24,00	25,00

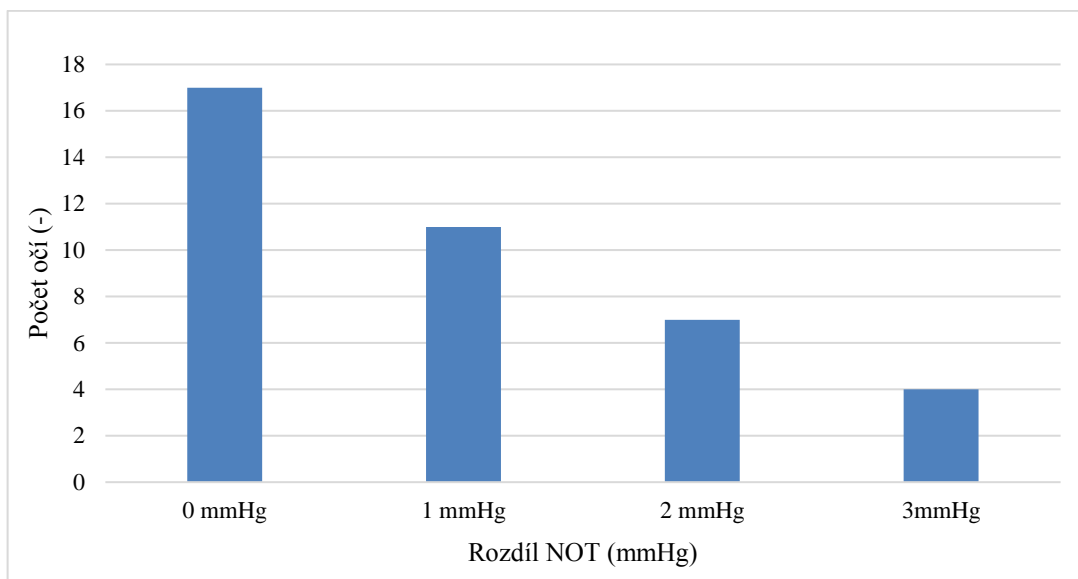


Graf 5.2: Průměrná, minimální a maximální hodnota NOT

Rozdíl naměřených hodnot NOT v absolutní hodnotě mezi uvedenými přístroji byl v průměru $1,13 \pm 0,95$ mmHg. Rozdíl hodnot NOT 0 mmHg byl u 17 očí (28,33 %), rozdíl 1 mmHg byl u 24 očí (40 %), rozdíl 2 mmHg byl u 13 očí (21,61 %) a rozdíl 3 mmHg byl u 6 očí (10 %). Tato data jsou zaznamenána v tabulce 5.3 a grafu 5.3. Rozdíl NOT naměřený pomocí air-puff a iCare HOME tonometru nebyl větší než 3 mmHg u žádného pacienta.

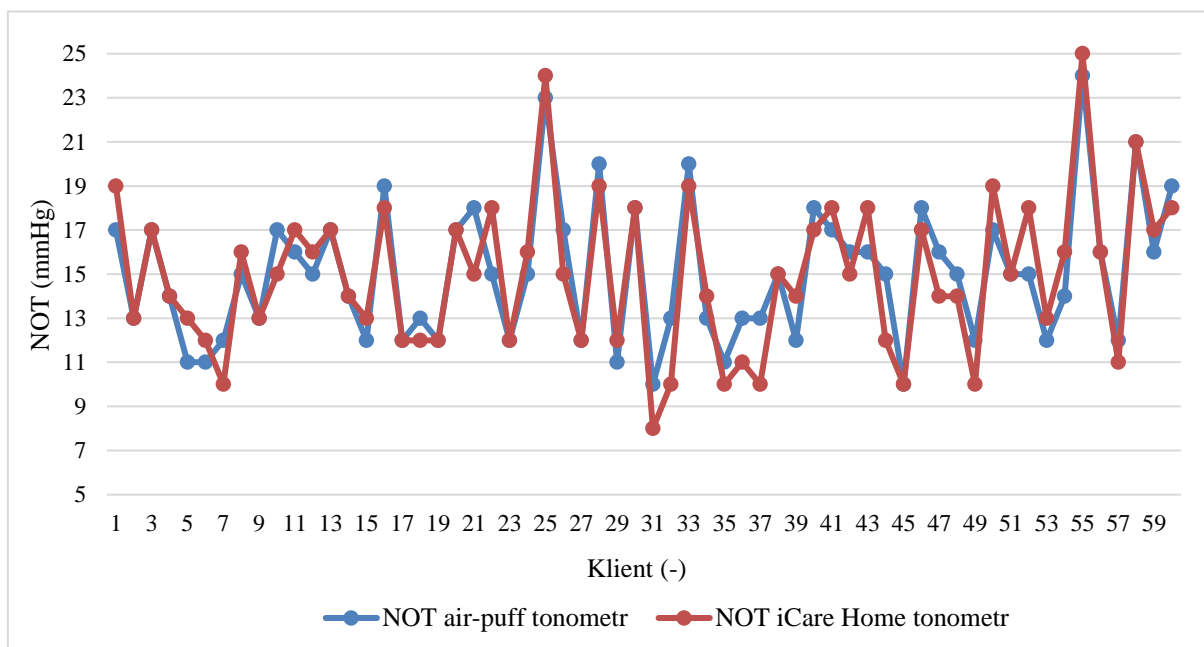
Tabulka 5.3: Rozdíl hodnot NOT

	0 mmHg	1 mmHg	2 mmHg	3 mmHg
Počet očí	17,00	24,00	13,00	6,00
(%)	28,33	40,00	21,67	10,00



Graf 5.3: Rozdíl NOT air-puff a iCare HOME tonometru u 60 očí

Všechny hodnoty naměřené pomocí air-puff tonometru a iCare HOME tonometru jsou zaznamenány v grafu 5.4. V grafu je vidět, že většina naměřených hodnot NOT se shoduje nebo se liší s malým rozdílem.



Graf 5.4: Naměřené hodnoty NOT

Statistické hodnocení výsledků měření NOT dvěma odlišnými přístroji bylo provedeno pomocí dvouvýběrového T-testu.

Pro tuto experimentální studii byla stanovena hypotéza H1: Hodnoty získané pomocí iCare HOME tonometru jsou srovnatelné s hodnotami, které získáme pomocí bezkontaktního (air-puff) tonometru.

Při statistickém porovnání obou přístrojů byla tato hypotéza H1 potvrzena. Hodnoty NOT získané pomocí iCare HOME tonometru jsou na 5% hladině významnosti srovnatelné s hodnotami naměřenými pomocí air-puff (bezkontaktního) tonometru, kdy mezi hodnotami nebyl nalezen statisticky signifikantní rozdíl ($p = 0,868$). Průměrný rozdíl NOT byl mezi iCare HOME a air-puf tonometrem $1,133 \pm 0,947$ mmHg. Tato data jsou zaznamenána v tabulce 5.4.

Tabulka 5.4: Statistické hodnoty

Hladina významnosti	0,05
T-test	0,868
Průměr rozdílů NOT	1,133
SD rozdílů NOT	0,947

5.2 Self-monitoring pomocí přístroje iCare HOME tonometr

5.2.1 Metodika sledovaného souboru

Veškerá použitá data v této studii byla naměřena u deseti náhodně vybraných probandů různých věkových kategorií.

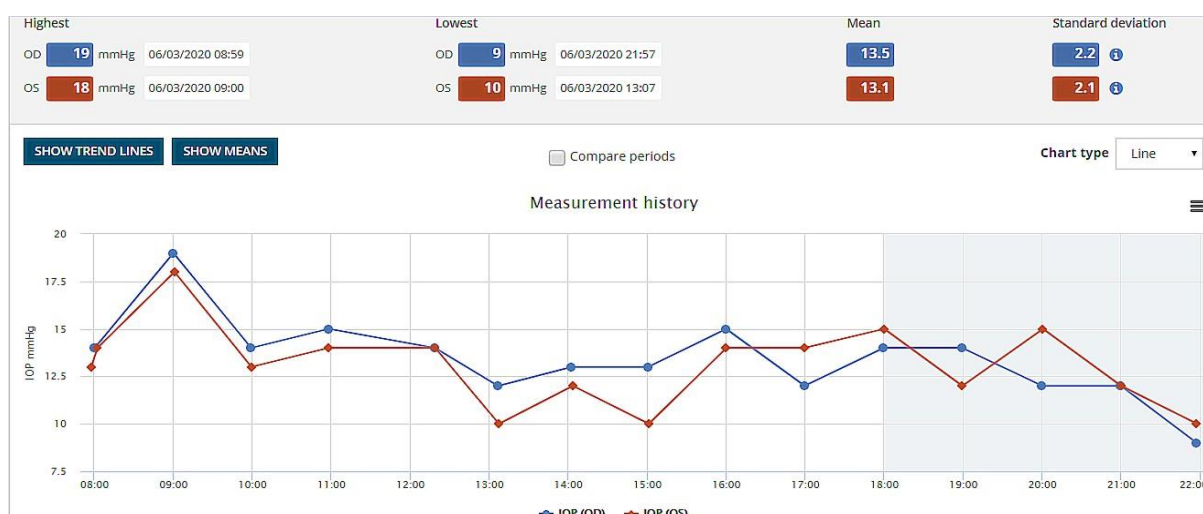
Pro všechny probandy bylo nastavené jednotné schéma monitoringu. Každý proband musel provést 12 měření NOT OP a OL. První měření bylo provedeno v 8 hodin ráno a další měření každou následující hodinu až do 19 hodiny večerní. Před zahájením měření byl každý proband zaškolen. Do zaškolení bylo zahrnuto nastavení iCare HOME tonometru, vysvětlení, jak správně si připravit a provádět co nejpřesnější měření NOT pomocí tonometru. Na závěr zaškolení byla u každého probanda provedena kontrola, zda bude schopný samostatného používání přístroje. Kontrola byla tvořena 5 samostatnými měřeními NOT každého oka. Všichni probandi zaškolení zvládli.

Způsob provedení měření byl pro každého probanda individuální. U probandů záleželo na jejich lateralitě, zručnosti, třesu rukou, mrkacím reflexu, šířce oční štěrbinu a refrakčním deficitu. Při zaškolení byla zvolena pro každého probanda nejvhodnější metoda měření.

Po dokončení self-monitoringu NOT byl každým probandem vyplněn dotazník, zaměřený na práci s iCare HOME tonometrem, který se nachází v příloze č.2. Naměřená data z iCare HOME tonometru byla přenesena pomocí USB konektivity do počítačového programu iCare EXPORT. Z tohoto programu byla data uložena do excelu a přeposlána do online aplikace iCare CLINIC (obr. 5.3), ve které se naměřená data uloží do karty pacienta. V této aplikaci je umožněna následná práce s naměřenými daty. Mezi jednotlivé možnosti patří vytvoření grafu denní křivky NOT, porovnání grafů z jednotlivých dní měření, vypočtení průměrného NOT se směrodatnou odchylkou a zobrazení maximálního a minimálního NOT (obr. 5.4).

icare CLINIC 🏠 > Patients				PATIENTS
Search patients <input type="text"/>		<input type="checkbox"/> Show inactive patients		
Name	National ID	Email	HOME use period	
10, Proband	0110		08/04/2020 - 08/04/2020	
2, Proband	2222		07/03/2020 - 07/03/2020	
3, Proband	333		15/03/2020 - 15/03/2020	
4, Proband	44		05/04/2020 - 05/04/2020	
5, Proband	5555		25/03/2020 - 25/03/2020	
6, Proband	6666		25/03/2020 - 25/03/2020	
7, Proband	7777		02/04/2020 - 02/04/2020	
8, Proband	8888		03/04/2020 - 03/04/2020	
9, Proband	9999		04/04/2020 - 04/04/2020	

Obrázek 5.3: iCare CLINIC databáze



Obrázek 5.4: Graf vytvořený v iCare CLINIC

Charakteristika zkoumaného souboru

Zkoumaný soubor deseti náhodně vybraných probandů byl zastoupen 5 ženami (50 %) a 5 muži (50 %). Průměrný věk probandů v době měření byl u žen $40,80 \pm 18,87$ let a u mužů $42,20 \pm 16,10$ let (viz. tabulka 5.5). Celkový soubor byl tvořen 7 praváky a 3 leváky. U žádného z probandů nebyl v posledním roce diagnostikován glaukom a ani jiné oční onemocnění.

Tabulka 5.5: Soubor probandů zahrnutých do studie

	Počet	Průměrný věk	SD NOT	Min. věk	Max. věk
muži	5	42,20	16,10	22,00	58,00
ženy	5	40,80	18,87	21,00	67,00

5.2.2 Analýza naměřených dat s výsledky

Na začátku studie byla stanovena hypotéza:

H2: iCare HOME tonometr je vhodným přístrojem k self-monitoringu NOT.

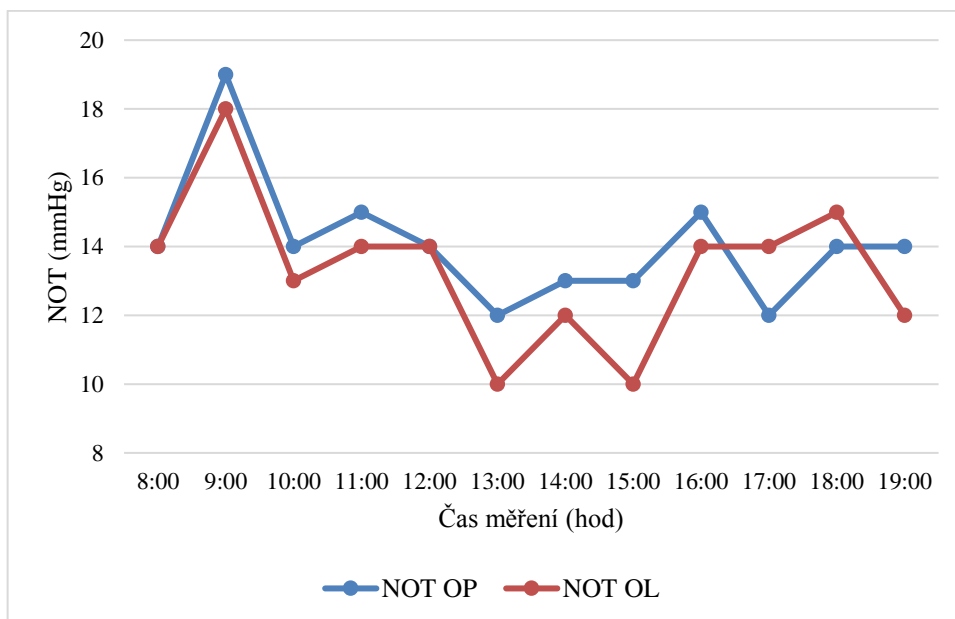
Veškerá naměřená data byla získána přístrojem iCare HOME tonometr. Do studie jsou zařazena data naměřená u 10 probandů v průběhu jejich běžného dne. Veškerá naměřená data byla následně zpracována v excelu a aplikaci iCare CLINIC.

Všichni probandi zahrnutí do studie měli průměrné hodnoty NOT odpovídající fyziologickému stavu. (tabulka 5.6)

Tabulka 5.6: Hodnoty NOT všech probandů

	Průměrný NOT	SD NOT	Min. NOT	Max. NOT
OP	14,19	2,35	8,00	20,00
OL	14,80	2,70	9,00	20,00

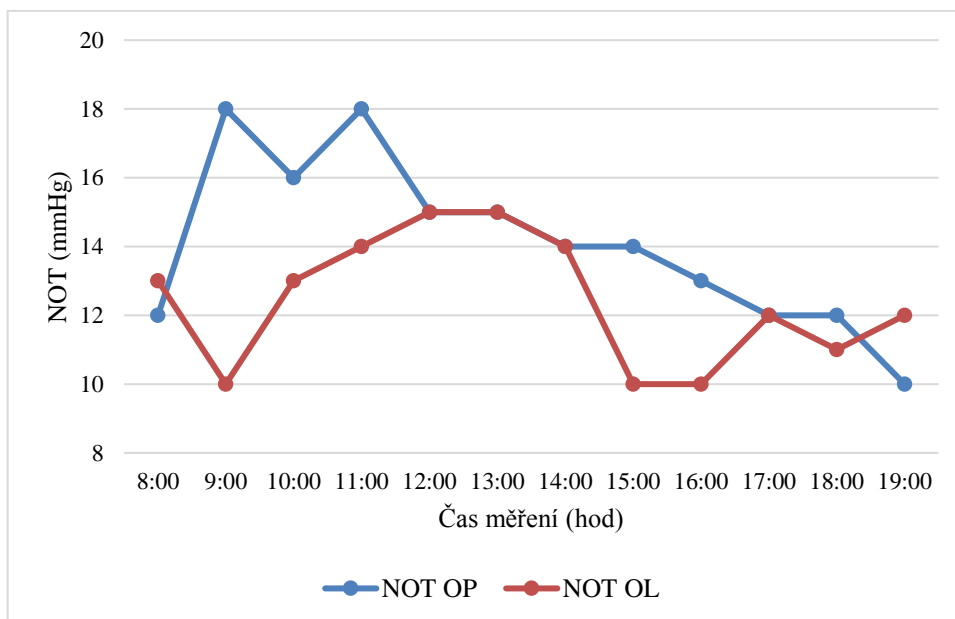
Z každého měření byl vytvořen graf denní křivky NOT (graf 5.5 – 5.14) a tabulka do které byl zaznamenán průměrný, minimální a maximální NOT probanda (tabulka 5.7 – 5.16).



Graf 5.5: Proband 1 - křivka NOT

Tabulka 5.7: Proband 1 - data

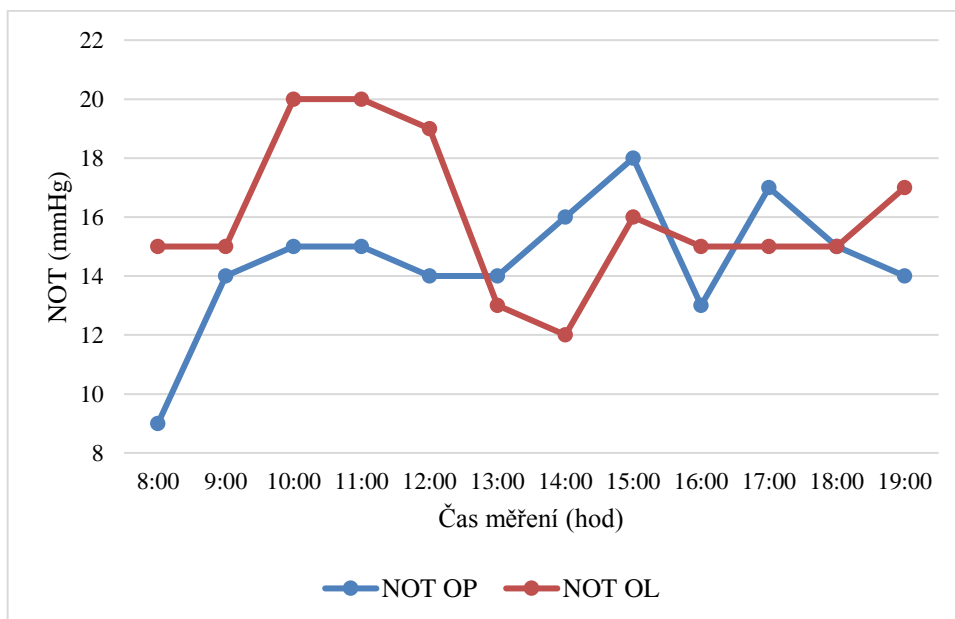
	OP (mmHg)	OL (mmHg)
Průměrný NOT	14,08	13,33
SD NOT	1,83	1,83
NOT min	12,00	10,00
NOT max	19,00	18,00



Graf 5.6: Proband 2 - křivka NOT

Tabulka 5.8: Proband 2 - data

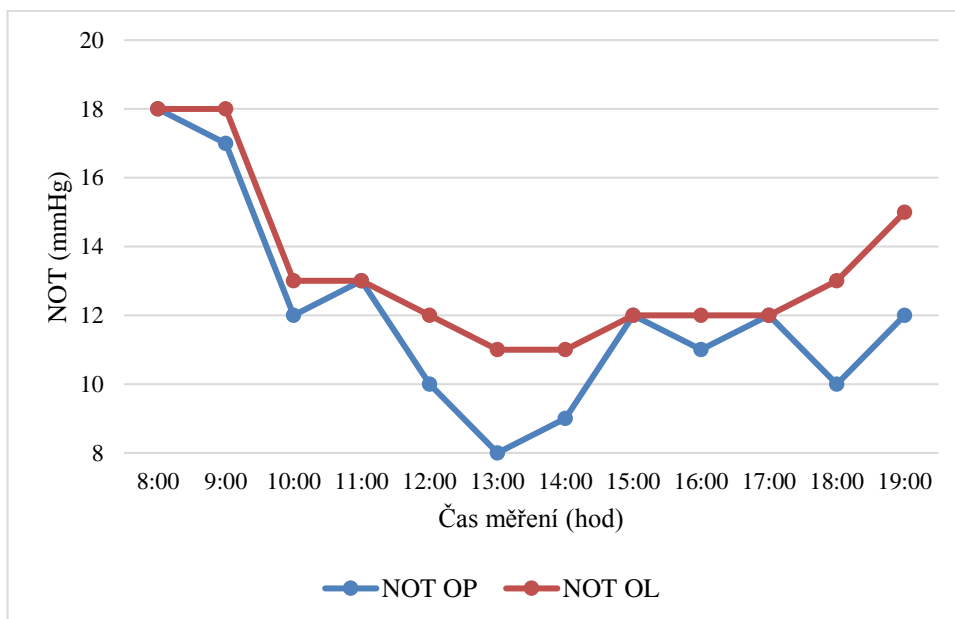
	OP (mmHg)	OL (mmHg)
Průměrný NOT	14,08	12,42
SD NOT	2,47	1,88
NOT min	10,00	10,00
NOT max	18,00	15,00



Graf 5.7: Proband 3 - křivka NOT

Tabulka 5.9: Proband 3 - data

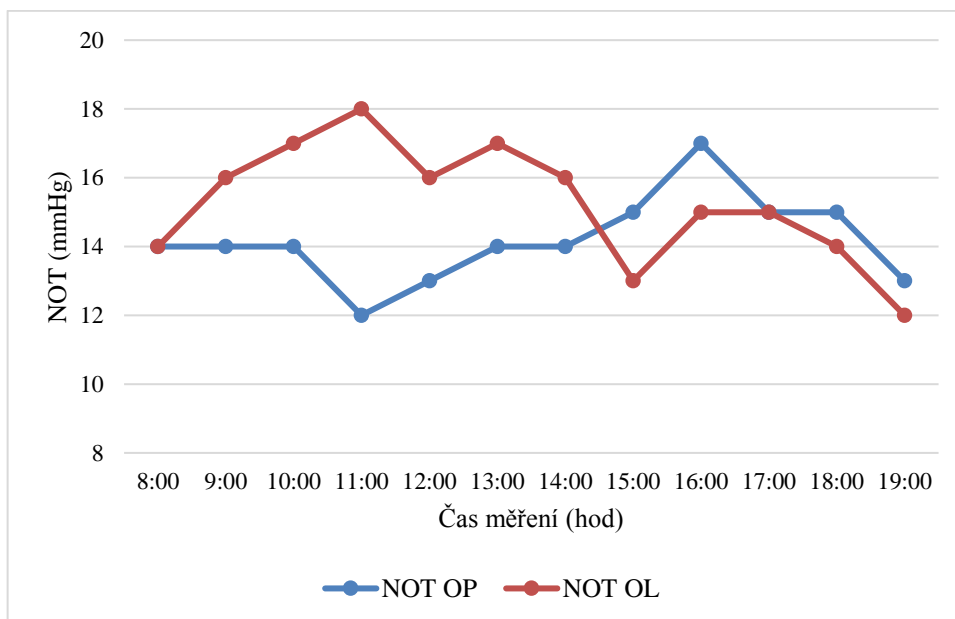
	OP (mmHg)	OL (mmHg)
Průměrný NOT	14,50	16
SD NOT	2,24	2,56
NOT min	9,00	12,00
NOT max	18,00	20,00



Graf 5.8: Proband 4 - křivka NOT

Tabulka 5.10: Proband 4 - data

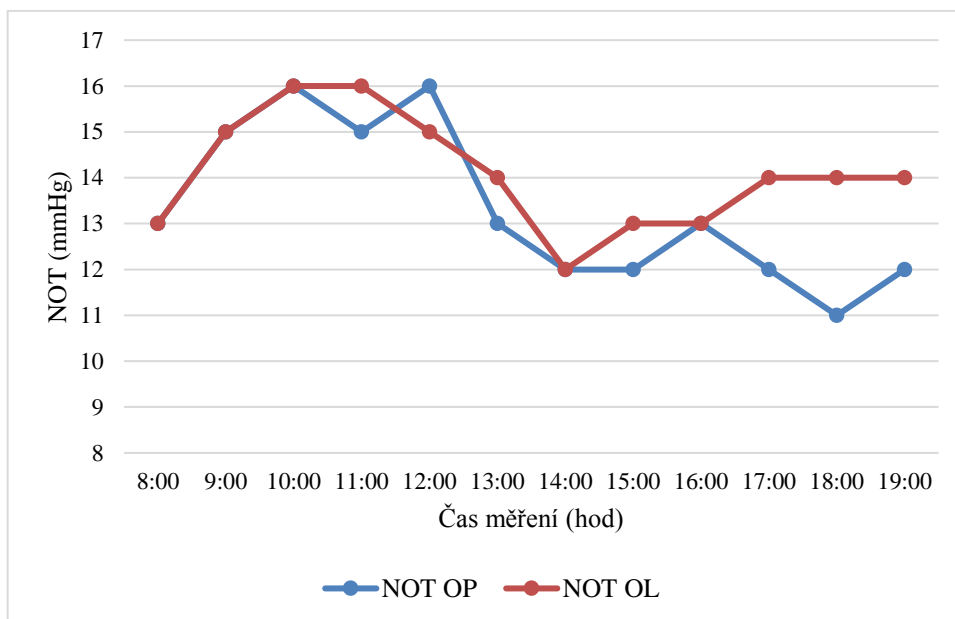
	OP (mmHg)	OL (mmHg)
Průměrný NOT	12,00	13,33
SD NOT	2,95	2,42
NOT min	8,00	11,00
NOT max	18,00	18,00



Graf 5.9: Proband 5 - křivka NOT

Tabulka 5.11: Proband 5 - data

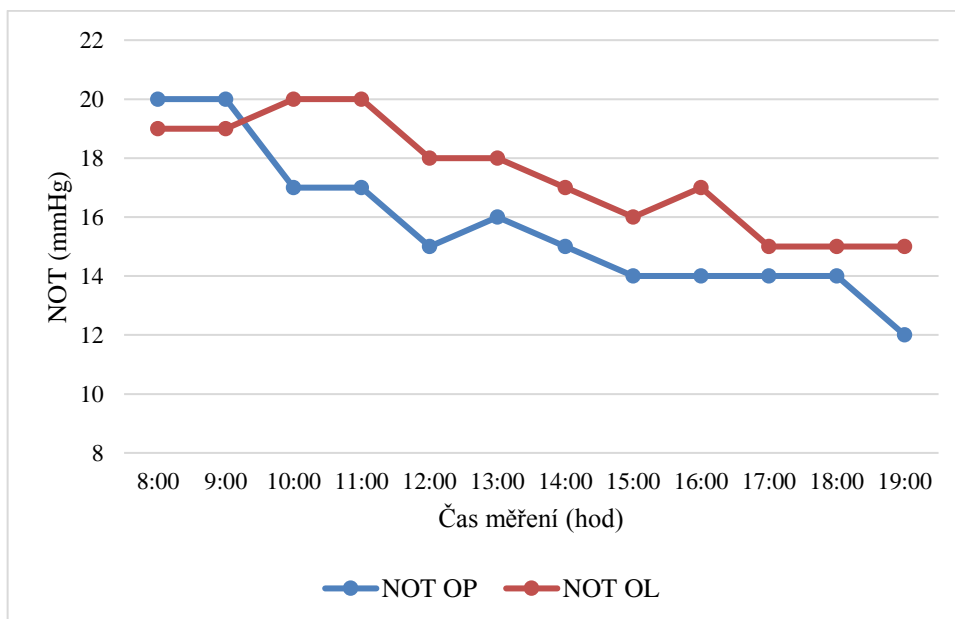
	OP (mmHg)	OL (mmHg)
Průměrný NOT	14,17	15,25
SD NOT	1,27	1,76
NOT min	12,00	12,00
NOT max	17,00	18,00



Graf 5.10: Proband 6 - křivka NOT

Tabulka 5.12: Proband 6 - data

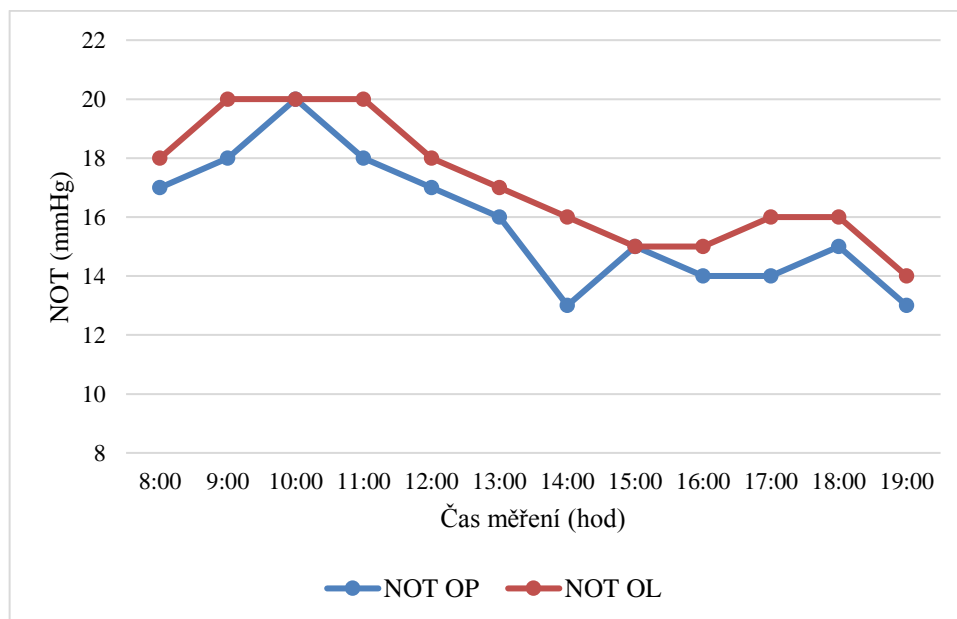
	OP (mmHg)	OL (mmHg)
Průměrný NOT	13,33	14,08
SD NOT	1,72	1,24
NOT min	11,00	12,00
NOT max	16,00	16,00



Graf 5.11: Proband 7 - křivka NOT

Tabulka 5.13: Proband 7 - data

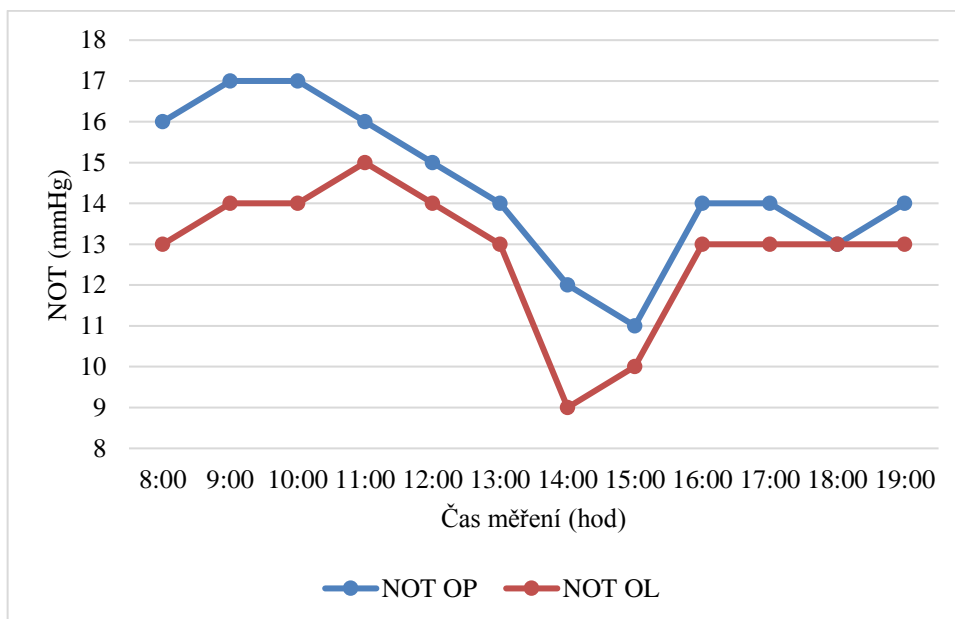
	OP (mmHg)	OL (mmHg)
Průměrný NOT	15,67	17,42
SD NOT	2,46	1,88
NOT min	12,00	15,00
NOT max	20,00	20,00



Graf 5.12: Proband 8 - křivka NOT

Tabulka 5.14: Proband 8 - data

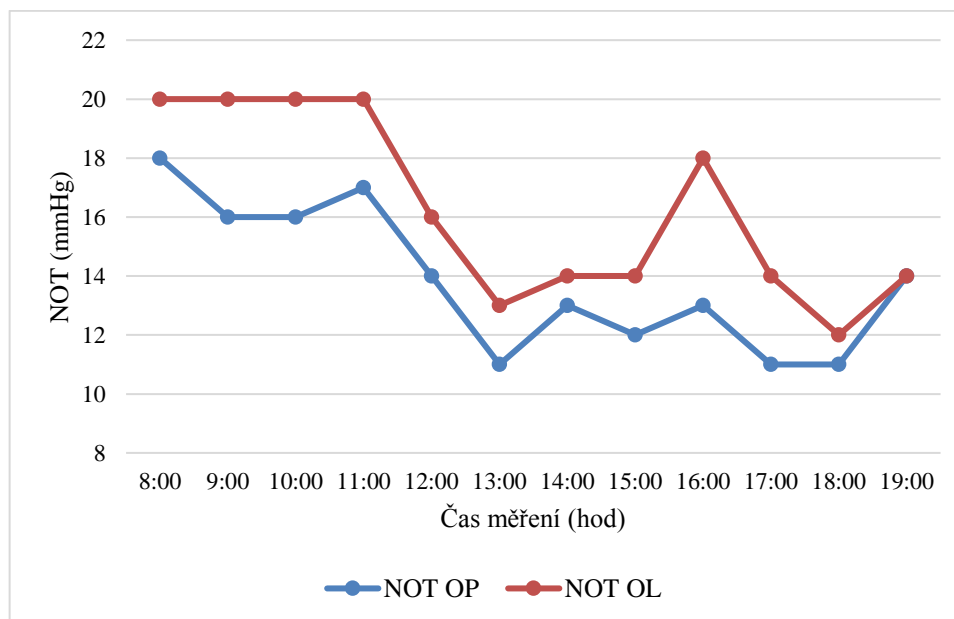
	OP (mmHg)	OL (mmHg)
Průměrný NOT	15,83	17,08
SD NOT	2,21	2,11
NOT min	13,00	14,00
NOT max	20,00	20,00



Graf 5.13: Proband 9 - křivka NOT

Tabulka 5.15: Proband 9 - data

	OP (mmHg)	OL (mmHg)
Průměrný NOT	14,42	12,83
SD NOT	1,88	1,70
NOT min	11,00	9,00
NOT max	17,00	15,00

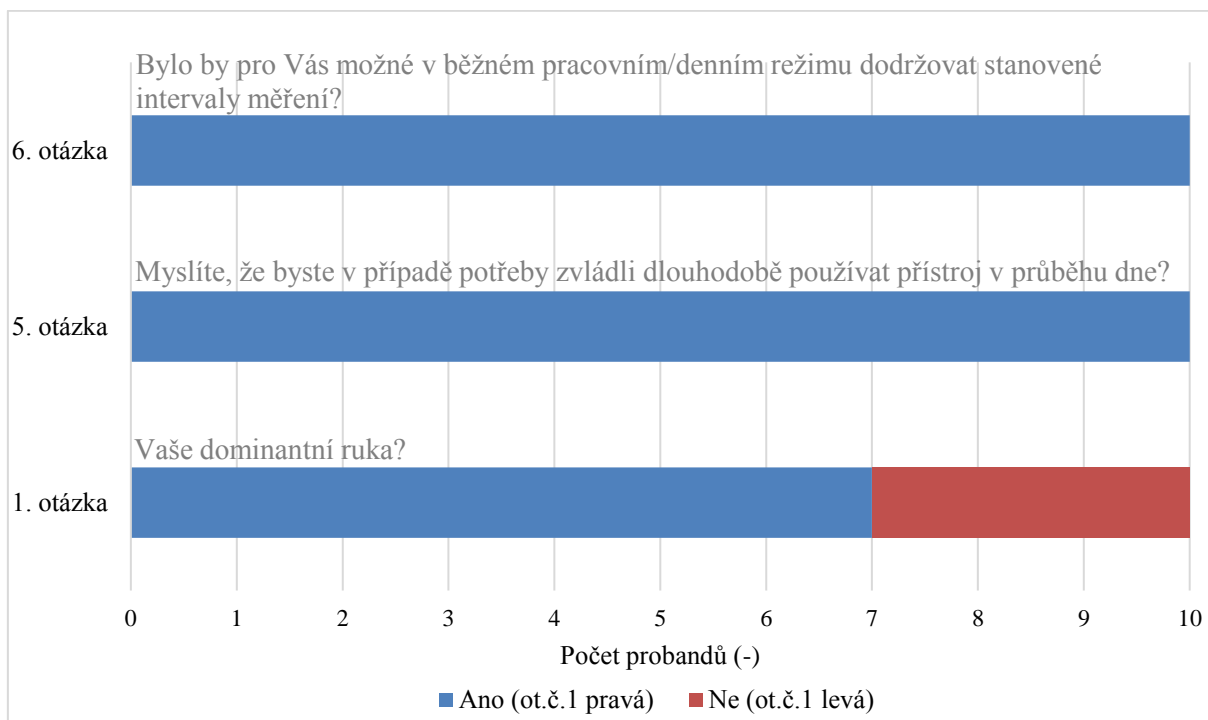


Graf 5.14: Proband 10 - křivka NOT

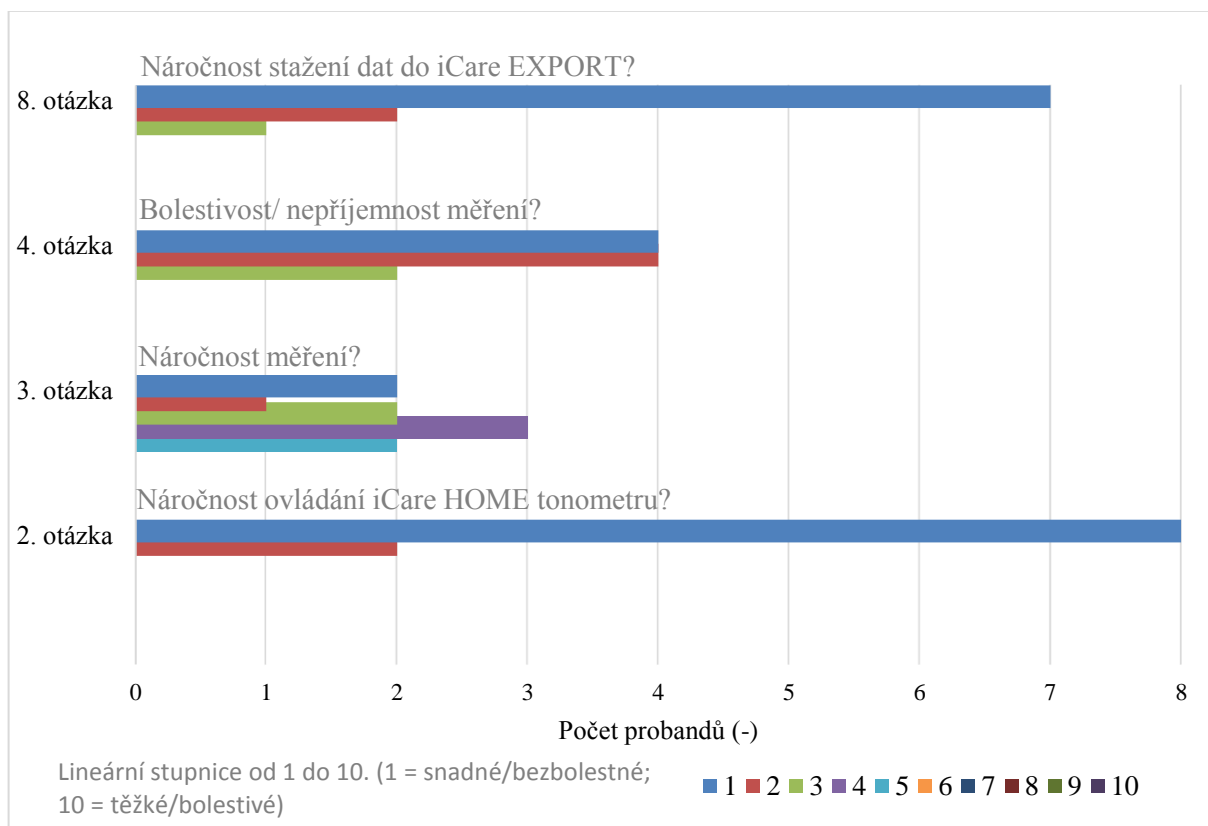
Tabulka 5.16: Proband 10 - data

	OP (mmHg)	OL (mmHg)
Průměrný NOT	13,83	16,25
SD NOT	2,44	3,14
NOT min	11,00	12,00
NOT max	18,00	20,00

Po doměření self-monitoringu byly získány hodnoty NOT a také pomocí dotazníku zpětná vazba měření od každého probanda. Při vyhodnocení dotazníku bylo zjištěno, že žádný z probandů neměl potíže s ovládním přístroje a průběh monitoringu zvládli bez závažných obtíží. Všichni probandi potvrdili, že kontakt sondy s okem při měření byl bezbolestný. Každý proband používal při měření trochu jinou metodu držení přístroje. 60 % probandů více vyhovovalo měření obou očí jejich dominantní rukou a 40 % vyhovovalo měřit NOT OP rukou pravou a OL rukou levou. Z naměřených výsledků a odpovědí probandů bylo pozorováno, že probandovi s dominantní rukou pravou se hůře měří oko levé. Všechny odpovědi získané pomocí dotazníku byly zaznamenány do grafu 5.15 a 5.16.



Graf 5.15: Graficky znázorněné odpovědi dotazníku



Graf 5.16: Graficky znázorněné odpovědi dotazníku

Polovině probandů vyhovovalo mít neměřené oko zavřené a přístroj sledovat pouze měřeným okem. U jedné třetiny probandů bylo zjištěno, že měření se jim lépe a kvalitněji provádělo v prostorách se sníženou intenzitou osvětlení.

Jeden z probandů, který měl potíže se správným přiložením tonometru k oku, tak vyzkoušel metodu měření u zrcadla, která mu usnadnila správné přiložení tonometru před oko a díky této metodě zvládal měření bez potíží a s kvalitními výsledky. Při této metodě si proband uchopil tonometr a přiložil si ho k oku o 90° pootočený, aby sondu viděl v zrcadle na středu zornice (obr. 5.5). Po správném nastavení pozice, otočil tonometr zpět o 90°, tedy do měřící polohy.



Obrázek 5.5: Měření pomocí zrcadla

Z dotazníku také bylo zjištěno, že stažení naměřených dat z iCare HOME tonometru do iCare EXPORT programu bylo pro všechny probandy snadné.

Všichni probandi (100 %) potvrdili, že by v případě potřeby zvládli používat iCare HOME tonometr dlouhodobě v běžném pracovním/denním režimu a byli by schopni dodržovat stanovené intervaly měření.

Lze konstatovat, že 2. hypotéza H2: iCare HOME tonometr je vhodným přístrojem k self-monitoringu NOT byla díky naší studii potvrzena.

Diskuze

Prvním cílem bakalářské práce bylo porovnat naměřené hodnoty NOT u 30 vzorků pomocí iCare HOME tonometru a air-puff tonometru. Po naměření byla provedena statistická analýza získaných dat. Tato analýza potvrdila stanovenou hypotézu, že NOT změřený iCare HOME tonometrem a air-puff tonometrem je srovnatelný.

V souvislosti s tímto zjištěním jsem se zabýval dvěma studiemi, které v minulosti řešily podobnou problematiku. První studie s názvem Vliv rohovky na měření nitroočního tlaku tonometry ICARE PRO a ORA byla publikována v roce 2019 F. Pluháčkem, A. Unzeitigovou, K. Marešovou a J. Rybářem v *České a slovenské Oftalmologii*. Studie byla zaměřena na porovnání iCare PRO tonometru s ORA (Ocular Response Analyzer) a GAT. Výsledkem této studie byl zjištěno, že iCare PRO tonometr vykazoval srovnatelné výsledky s GAT, ale výsledky porovnání ORA s iCare PRO srovnatelné nebyly. Druhá studie byla provedena v roce 2013 Bc. Pavlou Schveinerovou na Přírodovědecké fakultě University Palackého v Olomouci v rámci diplomové práce Srovnání metod měření nitroočního tlaku. V této práci byl porovnán iCare PRO tonometr s air-puff tonometrem a Goldmanovým aplanační tonometrem. Tonometr iCare PRO měří NOT na stejném principu jako iCare HOME tonometr, ale je určen k měření NOT oftalmologem nebo optometristou. Ve studii bylo zjištěno, že air-puff a iCare Pro tonometr nemají shodné výsledky NOT, ale pomocí iCare PRO a GAT byly naměřeny shodující se hodnoty NOT. [35, 36]

Druhou částí zadání bakalářské práce bylo vyzkoušet iCare HOME tonometr při self-monitoringu NOT u 10 probandů. Úkolem této části práce bylo vyzkoušet domácí měření, spolehlivost a způsob hodnocení získaných výsledků pomocí iCare HOME tonometru. Způsob měření byl pro každého probanda individuální a závisel na lateralitě a manuální zručnosti. Někteří probandi popisovali snazší měření v prostředí s nižší intenzitou osvětlení. Jeden z probandů upřednostnil pro měření zrcadlovou metodu, která mu zajistila jednodušší nastavení tonometru před oko. V této studii byl u třech probandů zjištěn rozdíl NOT mezi OP a OL. Předpokladem vzniklých rozdílů byla lateralita probanda. Tato domněnka nebyla potvrzena.

Po dokončení self-monitoringu u všech probandů byla zpracována naměřená data v aplikaci iCare CLINIC a získány informace o provádění měření. Pomocí této studie byla potvrzena hypotéza, že iCare HOME tonometr je vhodný přístroj k self-monitoringu NOT. Zajímavým námětem pro další studii by bylo zaměřit se na self-monitoring NOT přístrojem iCare HOME v delším časovém úseku u souboru pacientů s nefyziologickým NOT.

Stanovenou hypotézu také potvrzuje studie z roku 2017, kterou provedla Jeanne J. Ogle v Singapuru pod názvem Home self-monitoring of intraocular pressure using the ICare home rebound tonometer. Předmětem výzkumu bylo zjistit, zda pacienti mohou provádět přesné a spolehlivé domácí monitorování NOT pomocí iCare HOME tonometru. Bylo potvrzeno, že pacienti s glaukomem mohou provádět přiměřeně přesnou vlastní tonometrii pomocí iCare HOME tonometru. [37]

Závěr

V teoretické části bakalářské práce byla uvedena problematika zabývající se glaukomem a jeho rizikovým faktorem nitroočním tlakem. Následně byly představeny jednotlivé metody a přístroje k měření NOT. Poslední část byla věnována self-monitoringu NOT. Ten je důležitý provádět zejména u pacientů s glaukomem, u pacientů s podezřením na toto onemocnění a případně u dětí po operaci glaukomu.

Pro experimentální část bakalářské práce byly stanoveny 2 hypotézy, pro jejichž potvrzení byly provedeny 2 studie. První byla zaměřena na porovnání iCare HOME tonometru a air-puff tonometru. V druhé bylo zkoumáno využití iCare HOME tonometru k self-monitoringu NOT a následné hodnocení naměřených výsledků v iCare CLINIC.

Hypotéza H1, která předpokládala, že hodnoty získané pomocí iCare Home tonometru jsou srovnatelné s hodnotami, které získáme pomocí bezkontaktního (air-puff) tonometru. Při statistickém porovnání obou přístrojů byla hypotéza H1 potvrzena. Hodnoty NOT získané pomocí iCare HOME tonometru jsou na 5% hladině významnosti srovnatelné s hodnotami naměřenými pomocí air-puff (bezkontaktního) tonometru, kdy mezi hodnotami nebyl nalezen statistický signifikantní rozdíl ($p = 0,868$).

Hypotéza H2 očekávala, že iCare HOME tonometr je vhodným přístrojem k self-monitoringu NOT. Provedením self-monitoringu u 10 probandů bylo zjištěno, že měření s iCare HOME tonometrem je snadné a dobře proveditelné po kvalitním zaškolení probanda. Následné hodnocení naměřených výsledků NOT v aplikaci s databází pacientů iCare CLINIC je přehledné a srozumitelné. Lze konstatovat, že 2. hypotéza H2 byla studií potvrzena.

Seznam použité literatury

- [1] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. Praha: Maxdorf, [2018]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-580-4.
- [2] LEŠTÁK, Ján. *Metody diagnostiky transneuronální degenerace ve zrakové dráze = Methods of diagnosis transneuronal degeneration in the visual pathway*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. 30 stran. Habilitační přednášky; 8/2015. ISBN 978-80-01-05713-1.
- [3] KASCHKE, Michael, Karl-Heinz DONNERHACKE a Michael Stefan RILL. *Optical devices in ophthalmology and optometry: technology, design principles, and clinical applications*. Weinheim: Wiley-VCH, c2014. ISBN 978-3-527-41068-2.
- [4] KUČHYNKA, Pavel. *Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [5] KRAUS, Hanuš. *Oční zákaly*. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-7169-967-5.
- [6] Schéma glaukom s otevřeným a uzavřeným úhlem[online]. [cit.2019-12-23]. Dostupné z: <https://www.opticianonline.net/cet-archive/129>
- [7] FLAMMER, Josef. *Glaukom: průvodce pro pacienty : úvod pro zdravotníky : příručka pro rychlou informaci*. Praha: Triton, 2003. ISBN 80-7254-351-2.
- [8] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 9788023989069.
- [9] RŮŽIČKOVÁ, Eva. *Glaukom: minimum pro praxi*. Praha: Triton, 2000. Levou zadní. ISBN 80-7254-120-x.
- [10] SKORKOVSKÁ, Karolína. *Perimetrie*. Praha: Grada, 2015. ISBN 9788024752822.
- [11] Heidelberg Retina Tomography [online]. [cit.2019-12-23]. Dostupné z: <https://entokey.com/heidelberg-retina-tomography/>
- [12] Scanning Laser Polarimetry [online]. [cit.2019-12-23]. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/glaucoma-basic-and-clinical-aspects/recognizing-a-glaucomatous-optic-disc>
- [13] VESELÝ, Petr a Pavel BENEŠ. *Vyšetřovací metody v optometrii: a interpretace jejich výsledků v praxi*. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 9788027120710.

- [14] Optical coherence tomography (OCT) [online]. [cit.2019-12-23]. Dostupné z: <https://mll-luebeck.com/en/main-expertise/optical-imaging-and-in-vivo-diagnostics/>
- [15] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. Praha: Grada, 2004. ISBN isbn80-247-0786-1.
- [16] Cirkulace nitrooční tekutiny [online]. [cit.2019-12-23]. Dostupné z: <https://www.zeleny-zakal.cz/komorovy-uhel>
- [17] Schiotz Tonometer [online]. [cit.2019-11-13]. [online]. [cit.2019-11-13]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/schiotz-tonometer-21170929691.html>
- [18] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 9788070135778.
- [19] HORNOVÁ, Jara. *Oční propedeutika*. Praha: Grada, 2011. ISBN 9788024740874.
- [20] Tonometer at Goldman A900[online]. [cit.2019-11-13]. Dostupné z: <http://ibscgmedical.net/en/product/tonometer-at-goldman-a900/>
- [21] KOPROWSKI, Robert. Ultra-high-speed Scheimpflug imaging for intraocular pressure measurements. KOPROWSKI, Robert. Air-Puff Tonometers: Challenges and insights [online]. *IOP Publishing*, 2019, 2019 [cit. 2019-12-23]. DOI: 10.1088/2053-2563/aafe5ch6. ISBN 978-0-7503-2018-4. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/book/978-0-7503-2018-4/chapter/bk978-0-7503-2018-4ch6>
- [22] GIACINTO, Bagetta a Carlo NUCCI. *New Trends in Basic and Clinical Research of Glaucoma: A Neurodegenerative Disease of the Visual System Part B*. 1. Amsterdam: Elsevier, 2015. ISBN 9780128045923.
- [23] NAKAKURA, Shunsuke. Icaresup®/sup rebound tonometers: review of their characteristics and ease of use. *Clinical Ophthalmology* [online]. 2018, 12, 1245-1253 [cit. 2019-11-06]. DOI: 10.2147/OPHTH.S163092. ISSN 1177-5483. Dostupné z: <https://www.dovepress.com/icarereg-rebound-tonometers-review-of-their-characteristics-and-ease-o-peer-reviewed-article-OPHTH>
- [24] Icare TA01i Product sheet lette CS lowres.pdf. [online]. [cit. 2019-11-13]. Dostupné z: http://www.icaretonometer.com/wp-content/uploads/2012/12/Icare_TA01i_Product_sheet_letter_CS_lowres.pdf

- [25] SAHIN, Afsun, Hikmet BASMAK, Leyla NIYAZ a Nilgun YILDIRIM. Reproducibility and Tolerability of the ICare Rebound Tonometer in School Children. *Journal of Glaucoma* [online]. 2007, 16(2), 185-188 [cit. 2019-12-23]. DOI: 10.1097/IJG.0b013e31802fc6bc. ISSN 1057-0829. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00061198-200703000-00003>
- [26] Ocular Response Analyzer® G3 [online]. [cit.2019-11-16]. Dostupné z: http://www.reichert.com/product_details.cfm?skuId=2976&skuTk=1036239258#.Xc_-EdVKjIU
- [27] REALINI, Toni, MD. The Ocular Response Analyzer [online]. [cit.2019-11-16]. Dostupné z: http://glaucomatoday.com/pdfs/GT0708_04.pdf
- [28] KAUSHIK, Sushmita a Surinder Singh PANDAV. Ocular Response Analyzer. *Journal of Current Glaucoma Practice* [online]. 2012, 6(1), 17-19 [cit. 2019-11-16]. DOI: 10.5005/jp-journals-10008-1103. ISSN 0974-0333. Dostupné z: <https://www.jocgp.com/doi/10.5005/jp-journals-10008-1103>
- [29] TERMÜHLEN, Julia, Natasa MIHAJLOVIC, Maged ALNAWAISEH, Thomas S. DIETLEIN a André ROSENTERETER. Accuracy of Measurements With the iCare HOME Rebound Tonometer. *Journal of Glaucoma* [online]. 2016, 25(6), 533-538 [cit. 2019-10-23]. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000390. ISSN 1057-0829. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00061198-201606000-00014>
- [30] BOOTE, Toby a Andrew J TATHAM. Home Monitoring in Glaucoma. *European Ophthalmic Review* [online]. 2018, 12(2) [cit. 2019-11-06]. DOI: 10.17925/EOR.2018.12.2.102. ISSN 1756-1795. Dostupné z: <https://www.touchophthalmology.com/articles/home-monitoring-glaucoma>
- [31] QUÉRAT, Laurence a Enping CHEN. Monitoring daily intraocular pressure fluctuations with self-tonometry in healthy subjects. *Acta Ophthalmologica* [online]. 2017, 95(5), 525-529 [cit. 2019-10-23]. DOI: 10.1111/aos.13389. ISSN 1755375X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/aos.13389>
- [32] Smart, Continuous Monitoring of Intra-Ocular Pressure with Triggerfish Contact Lens [online]. [cit.2019-12-18]. Dostupné z: <https://www.medgadget.com/2013/07/smart-continuous-monitoring-of-the-intra-ocular-pressure-with-the-triggerfish-contact-lens-qa-with-rene-goedkoop-cmo-of-sensimed.html>

- [33] CVENKEL, Barbara, Makedonka Atanasovska VELKOVSKA a Vesna Dimovska JORDANOVA. Self-measurement with ICare HOME tonometer, patients' feasibility and acceptability. *European Journal of Ophthalmology* [online]. 2019 [cit. 2020-05-23]. DOI: 10.1177/1120672118823124. ISSN 1120-6721. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1120672118823124>
- [34] INSTRUCTION MANUAL FOR HEALTHCARE PROFESSIONALS. [online]. [cit.2019-11-13]. Dostupné z: http://www.icaretonometer.com/wp-content/uploads/2014/06/Icare_HOME_instruction_manual_TA022-036_EN-3-1_lo.pdf
- [35] PLUHÁČEK, František, Andrea UNZEITIGOVÁ, Klára MAREŠOVÁ a Jan RYBÁŘ. The Influence of the Cornea on Intraocular Pressure Measurement by ICARE PRO and ORA. *Czech and Slovak Ophthalmology* [online]. 2019, 75(3), 111-118 [cit. 2020-05-16]. DOI: 10.31348/2019/3/1. ISSN 12119059. Dostupné z: <http://www.cs-ophthalmology.cz/en/journal/2019/3/1>
- [36] SROVNÁNÍ METOD MĚŘENÍ NITROOČNÍHO TLAKU [online]. [cit.2020-05-16]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/hd2ktv/00179953-638314312.pdf>
- [37] Home self-monitoring of intraocular pressure using the ICare home rebound tonometer [online]. [cit.2020-05-16]. Dostupné z: <https://www.longdom.org/conference-abstracts-files/2155-9570-C1-066-019.pdf>

Seznam symbolů a zkratek

Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
P_i	mmHg	Nitrooční tlak
P_e	mmHg	Tlak v episklerálních vénách
R	-	Odpor v komorové trávčíně

Seznam zkratek

Zkratka	Význam
NOT	Nitrooční tlak
IOP	Intra ocular Pressure
POAG	Primary open angle glaucoma (Primární glaukom s otevřeným úhlem)
PACG	Primary angle closure glaucoma (Primární glaukom s uzavřeným úhlem)
SOAG	Secondary open angle glaucoma (Sekundární glaukom s otevřeným úhlem)
SACG	Secondary angle closure glaucoma (Sekundární glaukom s uzavřeným úhlem)
NRL	Neuroretinální lem
ISNT	Inferior, superior, nasal, temporalis
C/D	Cup-disc (poměre průměru exkavace papily a průměru celé papily)
HRT	Heidelberský retinální tomograf
Gdx	Analyzátor nervových vláken
OCT	Optical coherence tomography (optická koherenční tomografie)
ND: YAG	Neodymium doped yttrium aluminum garnet

ALT	Argon Laser Trabeculoplasty (Argon laserová trabekuloplastika)
SLT	Selective Laser Trabeculoplasty (Selektivní laserová trabekuloplastika)
GAT	Goldmannův aplanační tonometr
ORA	Ocular response analyzer
P1	První aplanace rohovky
P2	Druhá aplanace Rohovy
LED	Light emitting diode
OP	Oko pravé
OL	Oko levé

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Glaukom s otevřeným a uzavřeným úhlem [6]	2
Obrázek 2.2: Goniosynechie [7]	7
Obrázek 2.3: Generování obrazu HRT [11].....	12
Obrázek 2.4: Princip skenování GDx [12].....	12
Obrázek 2.5: Generování obrazu pomocí OCT [14].....	13
Obrázek 2.6: Laserová iridotomie [1]	14
Obrázek 2.7: Trabekulektomie [7]	16
Obrázek 3.1: Cirkulace nitrooční tekutiny [16]	18
Obrázek 3.2: Schiötzův impresní tonometr [17].....	19
Obrázek 3.3: Goldmannův aplanační tonometr [20].....	20
Obrázek 3.4: Princip detekce air-puff tonometru [21].....	20
Obrázek 3.5: Mechanismus odrazového tonometru (vlastní obr. inspirován dle [25])	22
Obrázek 3.6: Princip detekce přístroje ORA [26].....	22
Obrázek 3.7: Hystereze rohovky [26]	23
Obrázek 4.1: Kontaktní čočka Sensimed Triggerfish [32]	25
Obrázek 4.2: iCare HOME tonometr	26
Obrázek 5.1: Topcon TRK – 2P	28
Obrázek 5.2: iCare HOME tonometr	29
Obrázek 5.3: iCare CLINIC databáze	34
Obrázek 5.4: Graf vytvořený v iCare CLINIC	34
Obrázek 5.5: Měření pomocí zrcadla	47

Seznam tabulek

Tabulka 5.1: Souboru probandů zahrnutých do analýzy	29
Tabulka 5.2: Naměřené hodnoty NOT.....	30
Tabulka 5.3: Rozdíl hodnot NOT	31
Tabulka 5.4: Statistické hodnoty.....	33
Tabulka 5.5: Soubor probandů zahrnutých do studie	35
Tabulka 5.6: Hodnoty NOT všech probandů.....	35
Tabulka 5.7: Proband 1 - data	36
Tabulka 5.8: Proband 2 - data	37
Tabulka 5.9: Proband 3 - data	38
Tabulka 5.10: Proband 4 - data	39
Tabulka 5.11: Proband 5 - data	40
Tabulka 5.12: Proband 6 - data	41
Tabulka 5.13: Proband 7 - data	42
Tabulka 5.14: Proband 8 - data	43
Tabulka 5.15: Proband 9 - data	44
Tabulka 5.16: Proband 10 - data	45

Seznam Grafů

Graf 5.1: Rozdělení věkových skupin	30
Graf 5.2: Průměrná, minimální a maximální hodnota NOT	31
Graf 5.3: Rozdíl NOT air-puff a iCare HOME tonometru u 60 očí	32
Graf 5.4: Naměřené hodnoty NOT	32
Graf 5.5: Proband 1 - křivka NOT	36
Graf 5.6: Proband 2 - křivka NOT	37
Graf 5.7: Proband 3 - křivka NOT	38
Graf 5.8: Proband 4 - křivka NOT	39
Graf 5.9: Proband 5 - křivka NOT	40
Graf 5.10: Proband 6 - křivka NOT	41
Graf 5.11: Proband 7 - křivka NOT	42
Graf 5.12: Proband 8 - křivka NOT	43
Graf 5.13: Proband 9 - křivka NOT	44
Graf 5.14: Proband 10 - křivka NOT	45
Graf 5.15: Graficky znázorněné odpovědi dotazníku	46
Graf 5.16: Graficky znázorněné odpovědi dotazníku	46

Příloha č. 1: Výchozí data 1. studie

Pohlaví	Ročník	NOT air-puff		NOT iCare		Glaukom	Naměřený rozdíl NOT	
		OP	OL	OP	OL		OP	OL
						ne		
m	1947	17	10	19	8	ano	-2	2
m	1977	13	13	13	10	ne	0	3
m	1946	17	20	17	19	ne	0	1
m	1945	14	13	14	14	ne	0	-1
m	1974	11	11	13	10	ne	-2	1
m	1951	11	13	12	11	ne	-1	2
m	1975	12	13	10	10	ne	2	3
m	1951	15	15	16	15	ne	-1	0
m	1950	13	12	13	14	ne	0	-2
m	1996	17	18	15	17	ne	2	1
m	1997	16	17	17	18	ne	-1	-1
m	1998	15	16	16	15	ne	-1	1
m	1969	17	16	17	18	ne	0	-2
m	1942	14	15	14	12	ne	0	3
m	1945	12	10	13	10	ano	-1	0
m	1974	19	18	18	17	ne	1	1
m	1965	12	16	12	14	ne	0	2
ž	1965	13	15	12	14	ne	1	1
ž	1944	12	12	12	10	ne	0	2
ž	1967	17	17	17	19	ne	0	-2
ž	1939	18	15	15	15	ne	3	0
ž	1970	15	15	18	18	ne	-3	-3
ž	1998	12	12	12	13	ne	0	-1
ž	1978	15	14	16	16	ne	-1	-2
ž	1966	23	24	24	25	ano	-1	-1
ž	1955	17	16	15	16	ano	2	0
ž	1972	12	12	12	11	ne	0	1
ž	1972	20	21	19	21	ne	1	0
ž	1947	11	16	12	17	ano	-1	-1
ž	2001	18	19	18	18	ne	0	1

Příloha č. 2: Dotazník ke 2. studii

1. Vaše dominantní ruka?
 - a) Pravá
 - b) Levá
2. Náročnost ovládání iCare HOME tonometru?

Lineární stupnice od 1 do 10. (1 = snadné; 10 = těžké)
3. Náročnost měření?

Lineární stupnice od 1 do 10. (1 = snadné; 10 = těžké)
4. Bolestivost/ nepříjemnost měření?

Lineární stupnice od 1 do 10. (1 = o kontaktu sondy s okem; 10 = nepříjemné/bolestivé)
5. Myslíte, že byste v případě potřeby zvládli dlouhodobě používat přístroj v průběhu dne?
 - a) Ano
 - b) Ne
 - c) Určitě ne
6. Bylo by pro Vás možné v běžném pracovním/denním režimu dodržovat stanovené intervaly měření?
 - a) Ano
 - b) Ne
7. Jakou rukou bylo měření prováděno?
 - a) Obě oči dominantní rukou
 - b) oko pravé rukou pravou
 - c) oko levé rukou levou
 - d) jiná možnost
8. Náročnost stažení dat do iCare EXPORT?

Lineární stupnice od 1 do 10. (1 = snadné; 10 = náročné)