

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2022

**ADÉLA
SKRYJOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

**Výsledky testovací strategie monokulárního a binokulárního vyšetření
zorného pole**

Results of the monocular and binocular visual field testing strategy

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Adéla Skryjová

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

Konzultant bakalářské práce: Ing. Martin Fůs

Kladno 2022



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Skryjová** Jméno: **Adéla** Osobní číslo: **491755**
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:

Výsledky testovací strategie monokulárního a binokulárního vyšetření zorného pole

Název bakalářské práce anglicky:

Results of the monocular and binocular visual field testing strategy

Pokyny pro vypracování:

V klinické praxi monokulární vyšetření zorného pole je důležité zejména pro pacienty s glaukomem a jeho změny mohou negativně ovlivnit denní aktivity, především řízení motorových vozidel. Binokulární vyšetření zorného pole může přesněji odhadnout aktuální stav pole vidění a jeho vliv na řízení. V klinické praxi jsou k vyšetření dostupné monokulární nebo binokulární testovací šablony a strategie, které nemusí vyústit v identické výsledky. Student v rámci bakalářské práce naváže na teoretickou rešerši zvolené problematiky a při zpracování experimentální části se zaměří na komparaci výsledků vyšetření monokulární i binokulární perimetrie s různou testovací strategií ve vztahu ke glaukomu a k řídičskému oprávnění v některých zemích EU, které jsou dostupné.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Racette Lyne, Visual Field Digest, ed. 6, 2016, Haag-Streit AG, Kőniz, Switzerland, 978-3-033-05854-5
- [2] Heissigerová Jarmila, Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu, ed. 1, Maxdorf, Jessenius, 2018, ISBN 978-80-7345-580-4
- [3] Kaschke Michael, Optical devices in ophthalmology and optometry: technology, design principles and clinical applications, ed. 1, Bergstr: Wiley-VCH, 2013, ISBN 978-352-7410-682

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: **14.02.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **22.09.2023**

prof. RNDr. MUDr. Petr Maršálek, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

Název bakalářské práce: Výsledky testovací strategie monokulárního a binokulárního vyšetření zorného pole

Abstrakt:

V teoretické části bakalářské práce je popsáno zorné pole, jeho poruchy a metody, pomocí nichž lze zorné pole měřit. Samotná kapitola je věnována statické perimetrii a také monokulární a binokulární perimetrii. Další část se zabývá požadavky na zorné pole řidičů motorových vozidel, obecnými nároky a zákonnými požadavky v zemích Evropské unie. V experimentální části jsou porovnávány výsledky monokulárního a binokulárního vyšetření zorného pole automatickou perimetrií.

U pacientů s diagnostikovaným glaukomovým onemocněním došlo při binokulární sumaci naměřených monokulárních zorných polí ke snížení ztráty o $12,70 \pm 7,59$ % oproti monokulárním měření a při měření binokulárním testem byla ztráta snížena o $16,36 \pm 11,46$ % oproti měření monokulárním testem. Současně byl u této skupiny pacientů zjištěn $15,14 \pm 8,89$ % rozdíl v rozložení defektů při binokulární sumaci oproti rozložení defektů v reálném zorném poli naměřeném binokulárním testem.

Klíčová slova:

Monokulární zorné pole, binokulární zorné pole, zorné pole řidičů, glaukom

Bachelor's Thesis title: Results of the monocular and binocular visual field testing strategy

Abstract:

The theoretical part of the bachelor thesis describes the field of view, its disturbances and the methods that can be used to measure it. A special chapter is devoted to static perimetry and also monocular and binocular perimetry. The next part deals with the requirements for the field of vision of motor vehicle drivers, general requirements and legal requirements in the European Union countries. The experimental part compares the results of monocular and binocular visual field testing by automatic perimetry.

In patients diagnosed with glaucoma disease, the binocular summation of the measured monocular visual fields resulted in a $12.70 \pm 7.59\%$ reduction of loss compared to the monocular measurements, and the binocular test resulted in a $16.36 \pm 11.46\%$ reduction of loss compared to the monocular measurements. At the same time, there was a $15.14 \pm 8.89\%$ difference in the distribution of defects in binocular summation compared to the distribution of defects in the real field of view measured by the binocular test.

Key words:

Monocular visual field, binocular visual field, drivers visual field, glaucoma

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní docentce MUDr. Šárce Pitrové, CSc., FEBO za odborné vedení bakalářské práce, její vstřícnost, trpělivost, připomínky a rady při zpracovávání. Dále bych chtěla poděkovat konzultantovi práce Ing. Martinu Fůsovi za cenné rady, ochotu a pomoc s realizací experimentální části.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Výsledky testovací strategie monokulárního a binokulárního vyšetření zorného pole*“ vypracovala samostatně a použila 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

.....

podpis

Obsah

1. Úvod	1
2. Vznik zrakového vjemu.....	2
2.2. Sítnice	2
2.3. Zraková dráha	4
3. Zorné pole.....	5
3.1. Citlivost sítnice	5
4. Poruchy zorného pole	7
4.1. Hemianopsie a kvadrantopsie	7
4.2. Glaukom	7
4.2.1. Diagnostika a kontrola progresu glaukomu	8
5. Metody a principy vyšetření zorného pole	9
5.1. Konfrontační zkouška.....	9
5.2. Amslerova mřížka.....	9
5.3. Kinetická perimetrie	10
6. Statická perimetrie	11
6.1. Parametry statické perimetrie	11
6.2. Výstup statické perimetrie	12
6.3. Prahová a nadprahová testovací strategie	12
6.4. Kontrola spolehlivosti vyšetření.....	13
6.4.1. Kontrola falešně pozitivních odpovědí.....	14
6.4.2. Kontrola falešně negativních odpovědí	14
6.4.3. Kontrola fixace	14
6.5. Faktory ovlivňující perimetrii.....	14
7. Monokulární a binokulární vyšetření zorného pole.....	16
7.1. Integrované zorné pole	16
8. Zorné pole u řidičů motorových vozidel	18
8.1. Požadavky na vyšetření zorného pole řidičů v EU.....	18
8.1.1 Požadavky na vyšetření zorného pole řidičů v ČR.....	19
8.1.2. Vyšetření zorného pole řidičů v některých státech EU	20
8.2. Testovací strategie vyšetření zorného pole řidičů	21
8.2.1. Esterman test.....	22
9. Experimentální část	23

9.1. Metodika	23
9.1.1. Simulace defektů	27
9.1.2. Predikce binokulárního zorného pole z monokulárních měření	29
9.2. Výsledky	31
9.2.1. Časová náročnost monokulárního a binokulárního vyšetření zorného pole řidičů	31
9.2.2. Porovnání výsledků monokulární a binokulární perimetrie	33
9.2.3 Rozdíl binokulární sumace a reálného binokulárního zorného pole	36
10. Diskuse	37
11. Závěr	40
Seznam použité literatury	41
Seznam symbolů a zkratk	44
Příloha A: Výchozí data skupiny 1	45
Příloha B: výchozí data skupiny 2	46

1. Úvod

Zorné pole je soubor všech zrakových podnětů vnímaných při přímém pohledu vpřed bez pohybu hlavy a očí a při fixaci zraku na jeden bod. Je nedílnou součástí zrakových funkcí člověka a jeho omezení může mít negativní vliv na každodenní život. V minulosti se zorné pole vyšetřovalo primárně monokulárně, dnes jsou k dispozici také binokulární testovací šablony, které nemusí vyústit v identické výsledky.

Pomocí automatické perimetrie lze v současné době zajistit standardní hodnocení zorného pole vyšetřovaného. Testování monokulárního zorného pole hraje důležitou roli u pacientů s glaukomem. Testování binokulárního zorného pole je klinicky méně významné, ale nakonec může pomoci odhadnout reálné zorné pole vyšetřovaného a jeho funkční schopnost. Z těchto důvodů může být binokulární testování vhodné k posouzení úrovně neschopnosti z hlediska lékařsko-sociálního. Nejčastěji se s tím setkáváme v případech posouzení, zda dotyčný jedinec splňuje podmínky pro řízení motorových vozidel.

Binokulární testovací programy zorného pole má k dispozici celá řada automatických perimetrických přístrojů. Tyto programy však nejsou v klinické praxi rutinně využívány. U pacientů s glaukomem mohou napomoci vhodněji posoudit poruchy zraku v případě, že u pacienta byly při monokulárním testování zjištěny defekty zorného pole na obou očích odpovídajících stádiu pokročilosti onemocnění. Lokalizované oblasti detekující ztrátu zorného pole každého oka se mohou někdy překrývat, někdy však nikoliv. Je složité předvídat, jakým způsobem se budou kombinovat dvě odlišné nehomogenní zorné pole v jedno binokulární.

Z mnohých příkladů víme, že vzhled binokulárního zorného pole u pacientů s glaukomem byl lepší než by se očekávalo při testování monokulárně každým okem zvlášť. Důvodem může být skutečnost, že defekt glaukomového zorného pole jednoho oka může být pouze překryt odpovídajícím místem druhého oka, kde defekt chybí. Stupeň překrytí pro odpovídající místa zorného pole je často částečný, stupeň ztráty senzitivity je často asymetrický mezi oběma očima. Rovněž je obtížné vizuálně získat místo s nejlepší senzitivitou na každém oku a mentálně je spojit do jednoho obrazu. I přesto, že glaukom patří mezi nejčastější onemocnění vedoucí k poruchám zraku, v mnohých případech progresse ztráty zorného pole není dostatečná k tomu, aby nastala oboustranná slepota.

Hlavním cílem bakalářské práce je komparace výsledků monokulární a binokulární perimetrie u pacientů s glaukomem a u zdravých pacientů.

2. Vznik zrakového vjemu

Lidské oko je komplikovaný senzorický orgán, prostřednictvím kterého přijímáme 80 % všech smyslových informací. Je to naše nejdůležitější spojení s okolním světem. [1]

Oko funguje jako optický zobrazovací systém. Aby došlo k vytvoření obrazu, jednotlivé optické komponenty soustředí světelné paprsky na světlocitlivý detektor. Vidění však není pouze pasivní projekce obrazu na obrazovku. Vizualní informace jsou před odesláním do mozku k finálnímu zpracování obrazu “předzpracovány” světločivnou a neurální tkání sítnice. I přes pečlivé předzpracování odesílá oko do mozku 10x více dat než všechny ostatní smyslové orgány dohromady. Aby bylo možné toto obrovské množství dat zpracovat téměř bez zpoždění, zapojuje se současně 30 různých částí mozku. [1]

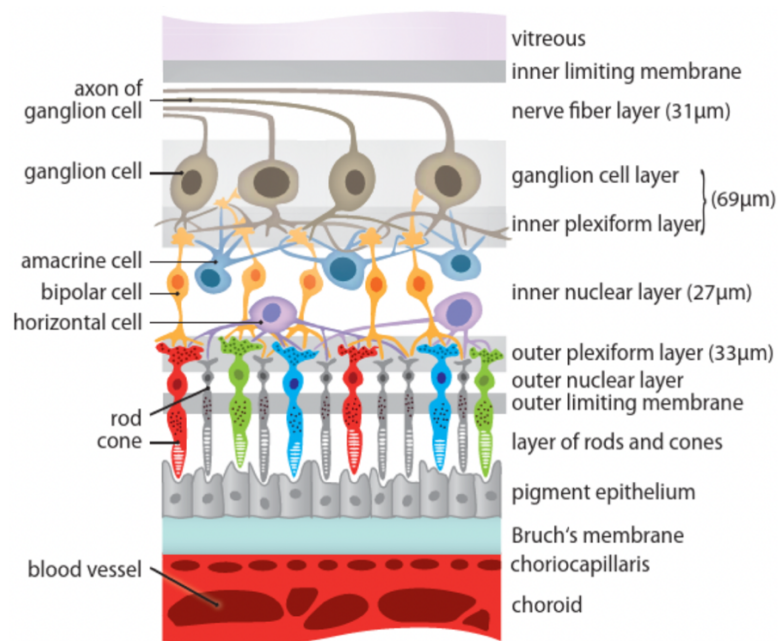
Světlo dopadající na oko se nejprve láme v rohovce, následně prochází přední komorou a přes zornici, která je tvořena otvorem v duhovce. Pro oko, jako optickou soustavu, tvoří duhovka clonu s proměnlivým vnitřním průměrem, který je možno modifikovat duhovkovými svaly (*sphincter a dilator pupillae*). Po průchodu duhovkou světlo vstupuje do oční čočky, jejíž průměr a tím i lomivost lze upravit v závislosti na vzdálenosti fixovaného objektu. Za čočkou prochází světlo sklivcem, a nakonec je detekováno sítnicí. Sítnice převádí světlo na neurální signály, které jsou následně přenášeny zrakovým nervem do zrakových center mozku, kde je vytvořen obraz. [1]

2.2. Sítnice

Vnitřní povrch oka je označován jako sítnice. Ta se dělí na dvě části: *pars caeca retinae* a *pars optica retinae*. *Pars caeca retinae* (slepá část) kryje zadní část řasnatého tělesa a neobsahuje světločivé elementy. *Pars optica retinae* se rozprostírá od *ora serrata* až po terč zrakového nervu. V této oblasti se dále nachází oblast nejostřejšího vidění – *makula*. Ve středu se makula prohlubuje ve *foveu* a dno fovey se nazývá *foveola*. [1,2]

Pars optica je tvořena deseti vrstvami (obr. 2.1). Na Bruchovu membránu cévnatky navazuje pigmentový epitel, následuje vrstva fotoreceptorů – tyčinek, které zajišťují skotopické vidění a čípků, které zajišťují fotopické vidění. Dále membrána limitans externa, zevní jádrová vrstva, zevní plexiformní vrstva, vrstva bipolárních buněk, vnitřní plexiformní vrstva, vrstva gangliových buněk, vrstva nervových vláken a membrana limitans interna [2]

V sítnici se nachází také další buňky významné pro její metabolismus a imunitní reakce. A to podpůrné buňky glie – Müllerovy buňky (uspořádané radiálně všemi vrstvami sítnice) a astrocyty (uspořádané kolmo v jednotlivých vrstvách); buňky horizontální, amakrinní a mikroglie. Makulární oblast má specifickou strukturu, obsahuje pouze čípky, které zprostředkovávají barevné vidění. Bipolární a gangliové buňky jsou zde odkloněné stranou a světelné paprsky dopadají rovnou na čípky. [2]



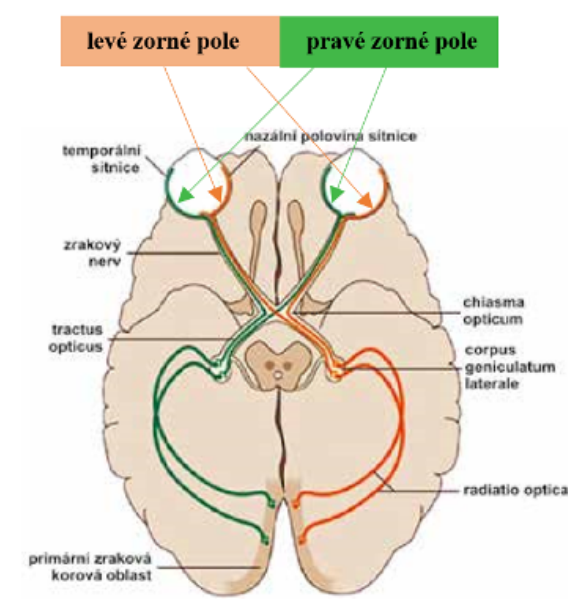
Obrázek 2.1: Vrstvy sítnice [1]

Světelné paprsky, dopadající na sítnici, jsou nejprve zachyceny fotoreceptory (1. neurony zrakové dráhy). Proteiny rhodopsin (tyčinek) a opsin (čípků) absorbují světlo a spustí změnu konformace, která vede k vytvoření hyperpolarizovaných senzoričkových potenciálů. Tyto signály jsou následně zpracovány bipolárními buňkami (2. neurony zrakové dráhy), horizontálními a amakrinními buňkami a převedeny do gangliových buněk (3. neurony zrakové dráhy). Ty vytváří akční potenciál, který se šíří zrakovým nervem dále do mozku. [2,3]

2.3. Zraková dráha

Zraková dráha (obr. 2.2) je tvořena axony gangliových buněk sítnice. Z oka vyběhává II. hlavový nerv (*n. opticus*) k *chiasma opticum*, kde se kříží axony z nazální poloviny sítnice. Dále pokračuje zraková dráha jako *tractus opticus*, který končí v *corpus geniculatum laterale* a odtud vede *radiatio optica* do primární zrakové korové oblasti, kde dochází k vytvoření obrazu. [1,2]

Levá a pravá polovina sítnice je spojena s odlišnými částmi zrakové kůry. Pokud je tedy narušena jedna strana zrakové kůry, lze stále používat informace od obou očí. [1]



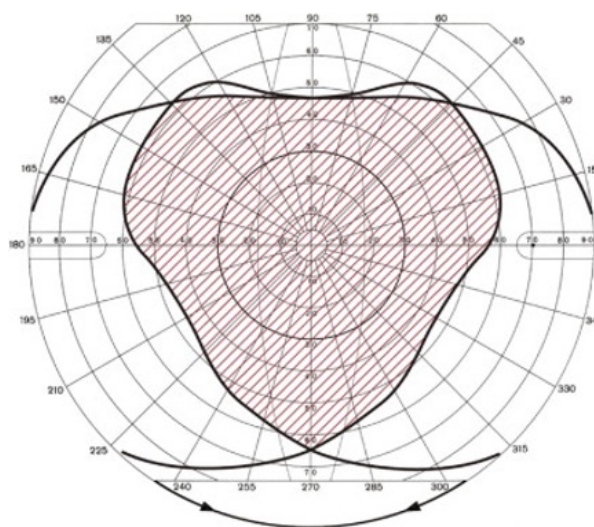
Obrázek 2.2: Příčný průřez zrakovou dráhou [4]

3. Zorné pole

Zorné pole (ZP) je soubor všech zrakových podnětů vnímaných při přímém pohledu vpřed bez pohybu hlavy a očí a fixaci zraku na jeden bod. Je nedílnou součástí zrakových funkcí člověka vzhledem k tomu, že omezené zorné pole má negativní dopad na každodenní život. [2,3,4,5]

Zorné pole jednoho oka se nazývá monokulární zorné pole. Jeho střed se nachází ve fixačním bodě reprezentovaném fovea centralis. Rozsah zorného pole je asymetrický a je omezen anatomickým uspořádáním obličeje. Vymezuje ho nos, čelní kost a lícni kost. Temporálně dosahuje 95° , nasálně 65° , superior 60° a 70° inferior. [2,3,4,5]

Při binokulárním vidění vzniká binokulární zorné pole (obr. 3.1), ve kterém se částečně překrývají obrazy pravého a levého oka. V tomto prostoru, vnímaném oběma očima, vzniká stereopické vidění. [3,5]



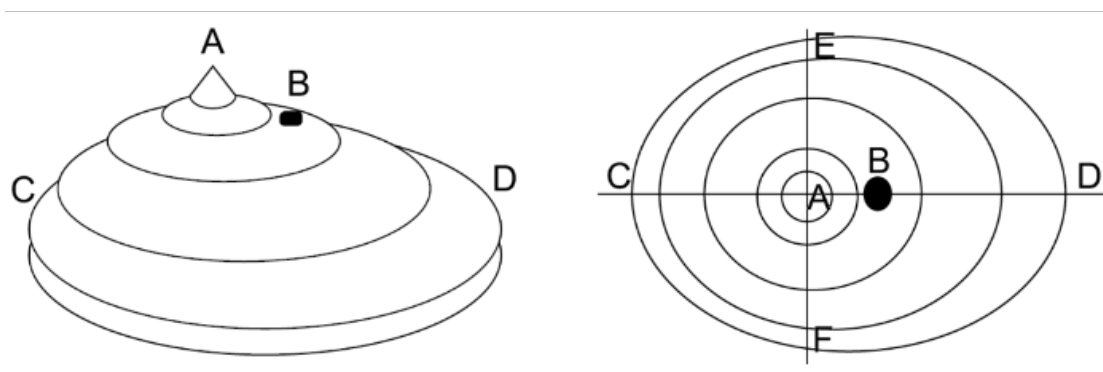
Obrázek 3.1: Binokulární zorné pole [6]

3.1. Citlivost sítnice

Rozsah zorného pole závisí také na intenzitě osvětlení. Mezi intenzitou osvětlení, kterou je daná osoba schopna vnímat, a citlivostí na světlo je inverzní vztah – čím nižší intenzitu světla osoba vnímá, tím vyšší má citlivost sítnice. Jednotkou prahové citlivosti je *dB* (decibel). Prahová citlivost je odlišná v různých oblastech na sítnici, závisí na podmínkách měření (okolní osvětlení, velikost stimulu a doba trvání) a klesá s věkem v důsledku

postupného úbytku nervových elementů sítnice a zkalení optických médií. Fyziologický pokles citlivosti sítnice začíná 20. rokem života a je až o 0,065 dB za rok. [3,4,5]

Za fotopických podmínek dosahuje prahová citlivost nejvyšších hodnot v centru zorného pole a směrem k periférii postupně klesá. Hodnoty se pohybují od 0 dB po 32 dB. 32 dB je normální hodnota prahové citlivosti ve fovee u 20letého člověka. Pro vizualizaci lze citlivost sítnice napříč zorným polem znázornit jako tzv. *horu vidění* (obr. 3.2). Křivky, spojující místa se stejnou prahovou citlivostí v zorném poli, se nazývají isoptery. [3,4,5]



Obrázek 3.2: hora vidění; nalevo: pohled z boku, napravo: pohled shora; A – fovea centralis, B – slepá skvrna, C – nazální hranice ZP, D – temporální hranice ZP, E – horní hranice ZP, F – dolní hranice ZP [4]

Odchytky od normálního kopce vidění poskytují cenné informace ohledně patologií v zorném poli. [5]

4. Poruchy zorného pole

Za výpadek v zorném poli je považována odchylka od normálního kopce vidění. Absolutní výpadek v zorném poli je taková oblast, kde vyšetřovaný není schopen registrovat ani stimul o maximální intenzitě osvětlení. Relativní výpadek je potom oblast, kde je citlivost sítnice snížena oproti normálním hodnotám. [4]

Změny v zorném poli mohou být monokulární (např. výpadky svazků nervových vláken, které mohou být způsobeny např. glaukomem) nebo binokulární, které se rozlišují na heteronymní (na opačnou stranu) a homonymní (stejnostranné). [4]

4.1. Hemianopsie a kvadrantopsie

Hemianopické výpadky (výpadky poloviny zorného pole) a kvadrantopsie (výpadky čtvrtiny zorného pole) ukazují na patologii zrakové dráhy, tou může být např. tumor, zánět, cévní patologie nebo trauma. [2,4]

4.2. Glaukom

Glaukom je progresivní, ireverzibilní neuropatie zrakového nervu charakterizována typickými defekty v zorném poli. V současnosti se po světě pohybuje přes 60 milionů osob s glaukomem a toto onemocnění je považováno za hlavní příčinu nevratné slepoty. [2,7]

Apoptóza gangliových buněk sítnice, ke které při glaukomu dochází, vede k morfologickým změnám na terči zrakového nervu a změnám ve vrstvě nervových vláken sítnice (RNFL). V důsledku těchto změn dochází ke vzniku defektů v zorném poli, v konečných stádiích až k úplné slepotě. Pro glaukom jsou charakteristické výpadky v centrálních 30° zorného pole, v pozdějších fázích onemocnění dochází ke koncentrickému zúžení zorného pole. Mezi typické změny patří rozšíření slepé skvrny, paracentrální skotomy a arkuátní (obloukovitý) skotom, šířící se nejčastěji od slepé skvrny nazálně. [1,2,4,7]

Rozlišujeme glaukom primární a sekundární. U primárního glaukomu není přítomno onemocnění, které by se vznikem glaukomové neuropatie přímo souviselo. Sekundární glaukom vzniká jako následek jiného očního nebo systémového onemocnění nebo úrazu. [1,2]

Podle nálezů v komorovém úhlu klasifikujeme glaukom s otevřeným komorovým úhlem a glaukom s uzavřeným komorovým úhlem (angulární). [2]

4.2.1. Diagnostika a kontrola progresu glaukomu

K diagnostice a kontrole progresu glaukomu se využívají techniky, které zkoumají strukturální změny, jako je změna tvaru papily zrakového nervu a funkční změny – změny zorného pole. [1]

Rizikovým faktorem, který podporuje vznik a progresi glaukomu je zvýšený nitrooční tlak. Za kritickou se považuje hodnota vyšší než 21 mmHg. [1]

5. Metody a principy vyšetření zorného pole

Vyšetření zorného pole, označované jako perimetrie, je základní metoda využívaná v oftalmologii. Patří mezi metody funkční diagnostiky, popisující funkční stav oka. Funkční stav je míra subjektivní schopnosti pacienta adekvátně reagovat na vnější zrakové podněty. Tento stav popisují zrakové funkce, mezi které patří také zorné pole. Vedle zobrazovacích a strukturálních diagnostických metod je funkční diagnostika základem pro stanovení a sledování patologických stavů a využívá se také k testování zrakových schopností, např. řidičů. Perimetrie je nejdůležitějším nástrojem v klinické praxi pro zhodnocení zrakových funkcí mimo foveu. [1,4,5]

5.1. Konfrontační zkouška

Konfrontační zkouška je jednoduchá vyšetřovací metoda, při které vyšetřující osoba srovnává zorné pole vyšetřovaného se svým vlastním. Vyšetřovaný má zakryté jedno oko, odkrytým okem fixuje oko vyšetřujícího a hlásí, kdy registruje pohyb. Vyšetřující pohybuje prstem z různých směrů z periferie k centru. Možné je tuto zkoušku provádět i binokulárně. Tato metoda vyšetření je velmi hrubá, avšak výhodou je možnost kontroly fixace pacienta. [2,4]

Konfrontační vyšetření zorného pole se využívá u dětí v předškolním věku, u pacientů s výrazně zhoršenou schopností spolupráce, případně u ležících či jinak hendikepovaných pacientů. [2,4]

5.2. Amslerova mřížka

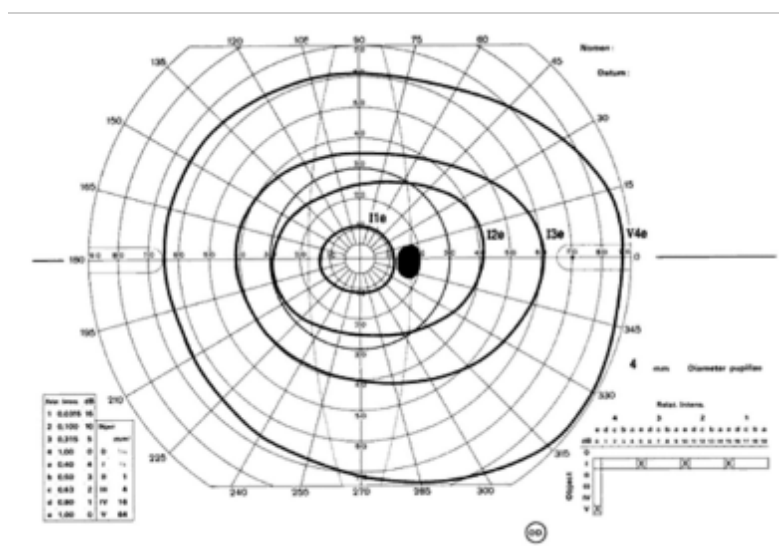
Amslerova mřížka slouží k diagnostice patologií v makulární oblasti. Monitoruje přibližně centrálních 10° zorného pole. Pacient je vykorigován na blízko a monokulárně hodnotí přítomnost metamorfopsií či skotomů v oblasti mřížky. Výhodou této metody je možnost sebekontroly pacienta v domácím prostředí. [2]

5.3. Kinetická perimetrie

Při kinetické perimetrii jsou vyšetřované osobě prezentovány pohybující se stimuly o dané velikosti, barvě a intenzitě osvětlení. Jejím výsledkem jsou tzv. izoptéry – linie spojující místa se stejnou prahovou citlivostí sítnice (obr. 5.1). [2,4]

Výsledek kinetické perimetrie velmi záleží na zkušenostech a dovednostech vyšetřující osoby. V některých případech je však vhodnější než perimetrie statická, přistupuje se k ní např. u pokročilých změn v zorném poli. Výhodou je možnost přizpůsobení tempa vyšetření dané osobě a možnost zopakování vyšetření v potřebných oblastech. [2,4]

Tato metoda vyšetření by mohla mít praktický význam u vyšetření zorného pole řidičů, jelikož se prezentované stimuly pohybují stejně jako registrované objekty při řízení. Nevýhodou je však poměrně obtížná diagnostika malých centrálních skotomů. [2,8]



Obrázek 5.1: Výsledek kinetické perimetrie [4]

6. Statická perimetrie

Statická perimetrie slouží ke kvantifikaci pacientovy citlivosti sítnice na osvit v celém zorném poli. V dnešní době je nejčastějším způsobem vyšetření zorného pole. Tato metoda využívá polokulovitou kopuli, na kterou jsou promítány malé světelné stimuly. [4,5]

Vyšetřovaný je posazen před kopuli se stabilizovanou hlavou. Pohled fixuje na bod ve středu kopule a stiskne tlačítko pokaždé, když vidí světlo. [4,5]

6.1. Parametry statické perimetrie

Stimuly prezentované při statické perimetrii a pozadí na které jsou promítány jsou vysoce standardizované, aby byla zajištěna vysoká reprodukovatelnost. Stimulus by měl být kulatý, bílý a pozadí jednolitě, také bílé. [4,5]

Běžně je používán stimulus o průměru $0,432^\circ$ (Goldmannův stimulus III). Tento průměr je dostatečně malý na to, aby zajistil detailní vyšetření zorného pole a zároveň dostatečně velký, aby ho registroval i vyšetřovaný s nedokonalou korekcí refrakce. Stimulus o této velikosti lze také bez problému použít k zmapování slepé skvrny. [4]

Jas pozadí se u běžných perimetrů pohybuje mezi 1 a 100 asb. Za standard je považován jas 31,5 asb, který představuje mezopické podmínky, při kterých jsou testovány tyčinky i čípky. Důležité je, aby vyšetřovací místnost byla zatemněná a nedocházelo tak k dopadání paprsků z okolí do kopule perimetru. [4]

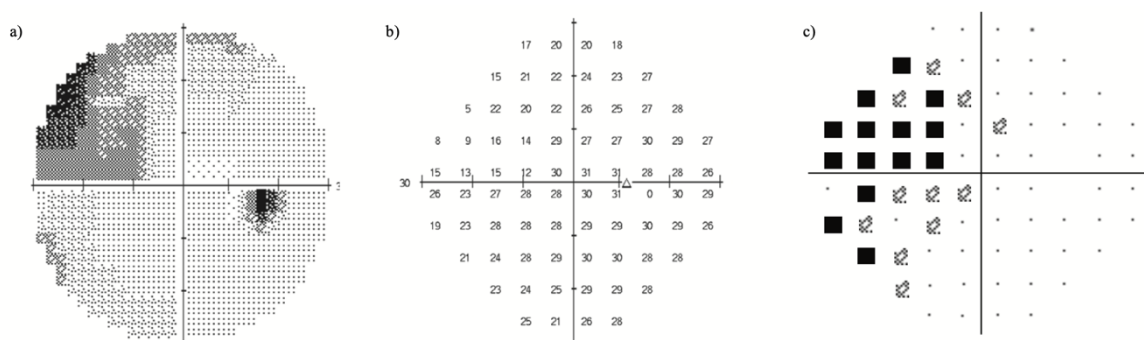
Viditelnost stimulu také výrazně ovlivňuje délka jeho trvání. Stimulus trvajících 0,002 s je asi dvakrát lépe registrován než stimulus trvajících 0,001 s. Avšak stimulus zobrazovaný po dobu 2 s je vidět stejně dobře jako ten, který je prezentován po dobu 1 s. U stimulů trvajících déle než 0,2 s by již mohlo docházet ke ztrátě fixace. Z tohoto důvodu se používají primárně stimuly o délce 0,1–0,2 s. [4]

Při vyšetřování je cílem získat hodnoty z co nejvíce bodů v zorném poli. Čím větší je hustota bodů, tím vyšší je přesnost vyšetření. Vysoký počet testovaných míst však prodlouží dobu testu, což má za následek únavu vyšetřovaného. Například aby bylo vyšetřeno celé zorné pole s rozestupem bodů 2° , bylo by za potřebí přibližně 4 800 podnětů. K vyšetření zorného pole s rozestupem 10° mezi podněty, by bylo potřeba cca 190 testovaných míst. Tato mřížka by byla však poměrně nepřesná zejména v centrální oblasti, která je pro běžný život velmi důležitá. Z tohoto důvodu existují různé testovací šablony s vysokou hustotou

testovaných bodů v oblasti vysokého zájmu a nízkou hustotou v oblastech nízkého zájmu. Rozložení testovaných bodů v zorném poli se nazývá rastr. [4,5]

6.2. Výstup statické perimetrie

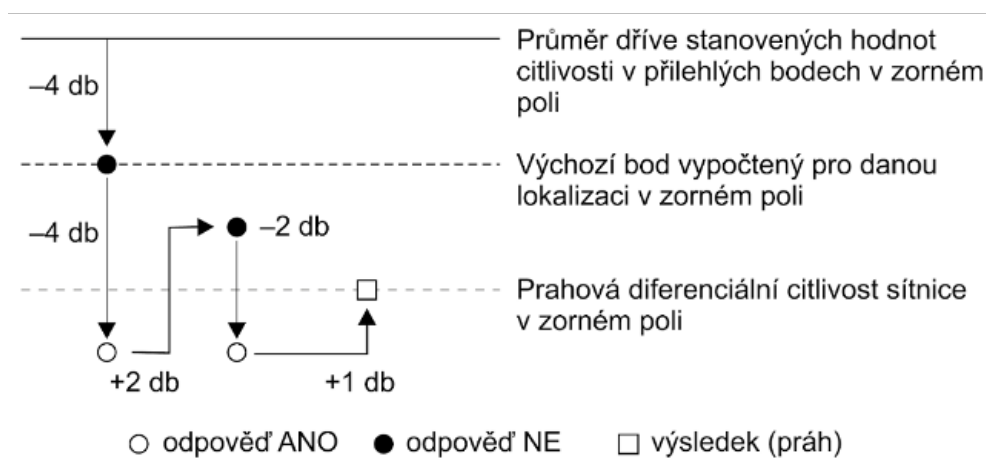
Výsledek statické perimetrie zobrazuje rozložení hodnot prahové citlivosti sítnice v jednotlivých bodech zorného pole. Většina perimetrů zobrazuje toto rozložení graficky, ve stupních šedi nebo prostřednictvím číselných hodnot v decibelech. Další variantou je zápis jako viděné body/relativní defekty/absolutní defekty v každém testovaném bodě zorného pole. [4]



Obrázek 6.1: Výstup statické perimetrie; a) ve stupních šedi; b) v reálných hodnotách, c) jako viděné body/relativní defekty/absolutní defekty [5]

6.3. Prahová a nadprahová testovací strategie

Při perimetrických vyšetřeních je využívána prahová nebo nadprahová testovací strategie. Prahová strategie (*full-threshold*) je přesnější, zjišťuje přesné hodnoty prahové citlivosti sítnice v každém testovaném bodě, ale zároveň časově náročnější než strategie nadprahová. Spočívá v nalezení nejslabšího stimulu, který je vyšetřovaný ještě schopen v testovaném místě v zorném poli registrovat. Nejčastěji se používá strategie *4-2-1 dB* (obr. 6.2). [4]



Obrázek 6.2: Schéma prahové testovací strategie 4-2-1 dB [4]

Při strategii nadprahové, označované také jako strategie screeningová, jsou vyšetřovanému prezentované stimuly o něco vyšším jasu, než je v daném místě normální hodnota. Jestliže je stimulus registrován, vyšetření je v tomto místě ukončeno a bod je označen jako viděný. V opačném případě následuje kontrola tohoto místa prezentací stimulu o maximálním jasu. Tím jsou defekty rozděleny na absolutní a relativní. [4]

Hojně využívána je dnes tzv. *rychlá prahová strategie*, jejíž výhodou je kratší vyšetřovací doba, ale zároveň poměrně vysoká spolehlivost nálezu. Prahové hodnoty citlivosti v testovaných bodech jsou během vyšetření odvozovány od hodnot naměřených v sousedních bodech a předem vypočítaného statického modelu, na jehož základě dokáže perimetr lépe vybrat jas počátečního stimulu. Některé programy zhodnocují také reakční čas vyšetřovaného, čímž dochází k dalšímu zkrácení vyšetřovací doby. [4]

6.4. Kontrola spolehlivosti vyšetření

Perimetrie je subjektivní vyšetřovací metoda, jejíž výsledky závisí na odpovědích pacienta, zda stimulus vidí či nikoli. Z tohoto důvodu je nutná kontrola spolehlivosti vyšetření. [1,4]

6.4.1. Kontrola falešně pozitivních odpovědí

Někteří pacienti se snaží, ať už vědomě či nevědomě, pozitivně ovlivnit výsledky testu. Motivací může být např. obava z neudělení oprávnění k řízení.[5]

Falešně pozitivní odpovědi mohou vznikat jako reakce na zvukové podněty. Kontrola těchto odpovědí je prováděna promítáním stimulů do slepé skvrny. Stimuly jsou promítány náhodně po sobě, aby si vyšetřovaný nezvykl na určité pořadí. [4,5]

6.4.2. Kontrola falešně negativních odpovědí

Falešně negativní odpovědi jsou monitorovány promítáním stimulů o vyšší intenzitě do míst, kde již byl dříve registrován stimulus o nižší intenzitě. [4]

6.4.3. Kontrola fixace

Předpokladem pro získání adekvátních výsledků je správná fixace vyšetřovaného. Kontrola fixace může být prováděna periodickým promítáním stimulů do slepé skvrny. Další možností kontroly fixace je tzv. *eye-tracking systém*. Ten zaznamenává jakoukoli změnu směru pohledu po prezentaci každého stimulu. Jeho výsledky se zobrazují v průběhu celého vyšetření na obrazovce. [4]

Pokud vyšetřovaný ztratí fixaci nebo mrkne ve chvíli, kdy mu je nabídnut stimulus, následuje zopakování prezentace stimulu v tomto testovaném bodě. [4]

6.5. Faktory ovlivňující perimetrii

Na kvalitu vyšetření zorného pole má vliv mnoho faktorů: únava, pozornost, motivace, postoj vyšetřované osoby k vyšetření, porozumění testu. Jelikož je vyšetření poměrně časově náročné, vyšetřovaný by se během něj měl cítit pohodlně. V místnosti by měla být příjemná teplota, pozice za perimetrem by měla být uzpůsobena individuálním potřebám vyšetřovaného a neměl by být rušen hlukem z okolí. [4]

Důležité je důkladné vysvětlení průběhu testu před jeho začátkem. Vyšetřovaného je nutno poučit, jak bude stimulus vypadat, kde se může objevit, jak dlouho bude vyšetření trvat

a že je nutno po celou dobu sledovat fixační bod. Je vhodné také zdůraznit, že v průběhu vyšetření je možno mrkat, aby nedocházelo k osychání rohovky. [4]

Až u 20 % pacientů není při prvním vyšetření zorné pole v normě. Zlepšení parametrů při opakovaném vyšetření je označováno jako tzv. *učící efekt*. Jako validní lze považovat až třetí vyšetření. [4]

Difuzní pokles senzitivity v celém rozsahu zorného pole je nejčastěji způsoben zkalením optických médií, špatnou korekcí refrakční vady během vyšetření nebo miózou. Průměr zornice by měl být alespoň 3 mm, aby nedošlo ke snížení prahové citlivosti sítnice. Tento pokles může dosáhnout až 4 dB u zornice o průměru 1,5 mm. [4]

7. Monokulární a binokulární vyšetření zorného pole

V minulosti se měření zorného pole obvykle provádělo zvlášť na každém oku, protože zorné pole jednoho oka kompenzuje zorné pole oka druhého. Monokulární perimetrie je klinicky významnější při detekci a sledování degenerativních onemocnění sítnice, jako je např. glaukom. [9,10]

Při monokulárním vyšetření zorného pole je druhé oko zakryto okluzorem, aby byla zajištěna ztráta citlivosti. Úplně tmavé okluzory zabraňují vnímání stimulů vyššího jasu zakrytým okem. Avšak není vhodné následně ihned vyšetřit oko zakryté, jelikož dojde k adaptaci tohoto oka na tmu a posunu prahových hodnot. [4,11]

Během vyšetření zorného pole s okluzí někteří pacienti mohou zaznamenat ztmavení způsobené binokulárními interakcemi, jako je *blankout* a *binokulární rivalita*. Blankout nastává, pokud obě oči současně zažívají jiné osvětlení. Oko ve tmě se může stát dominantním a může potlačovat vjem oka vyšetřovaného. Binokulární rivalita nastává, když jsou odpovídajícím oblastem sítnice prezentovány různé obrazy. V důsledku toho se splynutí stává nemožným a oči mezi sebou “soupeří” o dominanci tak, že je vnímán vždy pouze jeden monokulární obraz a druhý je potlačen. [11,12,13]

K testování zrakových schopností, např. při posuzování způsobilosti k řízení, se využívá jak monokulární, tak i binokulární perimetrie. Vzhledem k tomu, že při řízení jsou obě oči otevřené, předpokládá se, že pro bezpečnou jízdu je důležitější a více vypovídající binokulární zorné pole. Uznávaným testem vyšetření zorného pole řidičů, který je k dispozici ve většině moderních perimetrů, se stal Estermanův test. [5,10]

7.1. Integrované zorné pole

Další možností je odhad binokulárního zorného pole pacienta z jeho monokulárních měření. Počítačový software spojuje jednotlivé hodnoty citlivosti z levého a pravého zorného pole a vytváří mapu binokulárního zorného pole, tzv. *integrované zorné pole*. Hlavní výhodou je poskytnutí odhadu binokulárního zorného pole bez jakéhokoli dalšího testování nad rámec monokulárního vyšetření. [10]

Existují různé modely predikce binokulárního zorného pole z monokulárních měření. Nejlepší výsledky poskytují modely *Best location* – předpovědi založené na nejvyšší citlivosti

mezi očima v každém místě zorného pole a *Binocular summation* – předpovědi založené na součtu citlivosti mezi očima v každém testovaném bodu zorného pole. [14]

8. Zorné pole u řidičů motorových vozidel

Řízení motorových vozidel je v mnoha zemích preferovaným způsobem cestování, pro někoho dokonce jediná možnost dopravy, např. za zaměstnáním. Dopravní nehody jsou však jednou z nejčastějších příčin úmrtí a úrazů na světě. [15]

Více než 90 % informací, potřebných pro řízení motorového vozidla, přijímáme prostřednictvím zrakového systému. Bezpečná jízda vyžaduje dostatečný rozsah horizontálního zorného pole, aby byl řidič schopen vnímat auta předjíždějící ze strany a neporušené centrální zorné pole, aby byl schopen registrovat překážky před sebou.[5,8]

Důležité nejsou pouze metody vyšetření zorného pole, ale také kdy a jak často jsou tyto vyšetření prováděny.[15]

8.1. Požadavky na vyšetření zorného pole řidičů v EU

Evropské země se obecně řídí předpisy EU. Řídit motorové vozidlo může pouze osoba, která je držitelem platného řidičského oprávnění a je k řízení dostatečně zdravotně způsobilá. Každý žadatel o řidičské oprávnění je povinen podstoupit zdravotní prohlídku zahrnující také posouzení zrakové ostrosti a zorného pole. Při pochybnostech (např. na základě záznamů ve zdravotnické dokumentaci) nařídí posuzující lékař detailní vyšetření, zejména vyšetření zrakové ostrosti, zorného pole, vidění za šera, citlivosti na oslnění, vyšetření kontrastní citlivosti, diplopie a dalších zrakových funkcí, které mohou ohrozit bezpečnou jízdu. [15,16,17,18,19]

Řidičské průkazy jsou rozděleny do dvou skupin s různými zdravotními požadavky. *Skupina 1* – lehký provoz a *skupina 2* – těžký provoz. Skupina 1 zahrnuje motocykly, osobní automobily a traktory pro zemědělství a lesnictví. Skupinu 2 tvoří nákladní automobily, nákladní přívěsy nad 750 kg, autobusy a jiná přeprava cestujících. Tato práce se bude zabývat pouze řidiči skupiny 1. [15,20]

Dle aktuální směrnice EU z roku 2009 musí být rozsah horizontálního zorného pole řidičů skupiny 1 minimálně 120°, současně min. 50° napravo a 50° nalevo a min. 20° nahoru a 20° dolů. Patologie v centrálních 20° zorného pole vylučují způsobilost k řízení. Pokud je žadateli diagnostikováno progresivní zrakové onemocnění, oprávněn řídit motorové vozidlo je pouze pod podmínkou pravidelných odborných prohlídek. [19]

U řidičů skupiny 1 může být ve výjimečných případech řidičské oprávnění uděleno (na základě posouzení příslušným lékařským orgánem) i pokud nelze splnit minimální požadavky na zorné pole nebo zrakovou ostrost. [16]

Po jakémkoliv náhle vzniklé ztrátě zraku na jednom oku by mělo nastat vhodné adaptační období, během kterého není povoleno řídit. Po uplynutí této doby je řízení povoleno pouze na základě odborného vyšetření. [19]

Minimálními požadavky EU se řídí také státy Evropského sdružení volného obchodu (Švýcarsko, Norsko, Island, Lichtenštejnsko). [15]

Směrnice neposkytuje žádná doporučení ohledně pravidelných lékařských kontrol a o tom, jak by se mělo zacházet s těmi, kteří již požadavky nesplňují. O tomto si rozhoduje každý členský stát sám. Podle průzkumu z roku 2014, který provedla britská charitativní organizace pro bezpečnost silničního provozu BRAKE19, jeden z pěti řidičů oddaluje návštěvu oftalmologa poté, co zaznamenal problémy se zrakem. Řada států (např. Island) přenechává odpovědnost na samotného řidiče, aby hlásil jakékoliv zrakové problémy sám. Lékaři v těchto zemích nemají povinnost nahlásit osobu, která již nesplňuje požadavky na zrak. [15,16]

Některé země mají přísnější specifikace zrakových požadavků a liší se také postupy lékařských prohlídek a odborných vyšetření.

8.1.1 Požadavky na vyšetření zorného pole řidičů v ČR

V České republice vydává posudek o zdravotní způsobilosti praktický lékař na základě prohlášení posuzovaného, záznamů ve zdravotnické dokumentaci, případně dalších odborných vyšetřeních. Držitelé řidičského oprávnění skupiny 1, kteří nevykonávají tuto činnost za účelem povolání nejsou povinni účastnit se pravidelných lékařských prohlídek do 65 let věku. Lékařské prohlídky se tyto osoby musí zúčastnit v 65 letech a po dovršení 68 let pravidelně každé dva roky. Posuzující lékař může stanovit termín následující lékařské prohlídky dříve než v těchto lhůtách v případě progresivního onemocnění, které by při dalším vývoji mohlo ovlivnit bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. Příslušný úřad může také držiteli řidičského oprávnění nařídit, aby se podrobil přezkoumání zdravotní způsobilosti. [21,22]

Podle vyhlášky č. 277/2004 sb. zahrnuje lékařská prohlídka zjištění o zdravotním stavu posuzované osoby se zaměřením na nemoci, vady nebo stavy, které ovlivňují bezpečnost silničního provozu a u kterých lze řidiče uznat jako zdravotně způsobilého pouze

na základě odborného vyšetření oftalmologem. Mezi tyto stavy patří nemoci oka a očních adnex, které způsobují snížení zrakové ostrosti nebo změnu rozsahu zorného pole (např. glaukom). Dále sem patří závažné poruchy vidění za šera. [22]

Lékařská prohlídka také zahrnuje orientační vyšetření zrakové ostrosti, barvocitu a zorného pole. Binokulární zraková ostrost s korekcí musí být alespoň 0,5. Pokud je zraková ostrost menší než 0,7, jako zdravotně způsobilého lze řidiče uznat pouze na základě odborného vyšetření. V případě úplné funkční ztráty zraku na jednom oku nebo používání pouze jednoho oka musí být zraková ostrost s korekcí na tomto oku alespoň 1,0 (na základě odborného vyšetření 0,5) a zároveň tento stav musí trvat déle než 6 měsíců. Rozsah horizontálního binokulárního zorného pole musí být alespoň 120°, současně minimálně 50° nalevo a 50° napravo, rozsah vertikálního zorného pole musí být alespoň 20° nahoru a 20° dolů. Dále nesmí být přítomny žádné změny v centrálních 20° zorného pole. Pokud se vyskytnou změny v rozsahu zorného pole, zdravotní způsobilost může být udělena pouze na základě odborného vyšetření. [22]

Odborné vyšetření Oftalmologem je prováděno v rozsahu nutném pro zjištění stavů vylučujících zdravotní způsobilost k řízení. Metoda a princip vyšetření zorného pole řidičů v České republice není zákonem stanovena. Zorné pole je vyšetřováno primárně statickou perimetrií, využívají se speciální řidičské testy binokulární nebo monokulární. [22]

8.1.2. Vyšetření zorného pole řidičů v některých státech EU

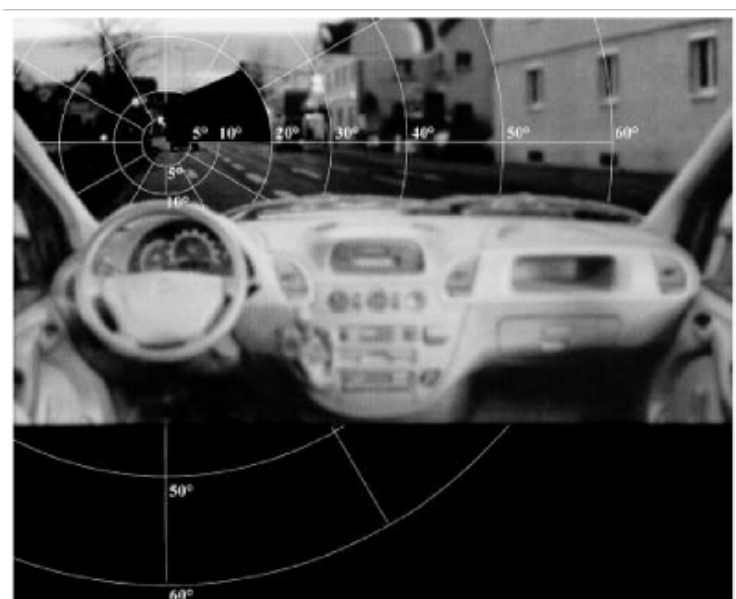
Většina evropských zemí nemá metodu a princip vyšetření zorného pole řidičů skupiny I zákonem stanovenou. Mnoho zemí spoléhá pouze na pacientovo subjektivní zhodnocení – “normální” a perimetrii neprovádějí, pokud k tomu neexistuje lékařská indikace, případně provádějí pouze orientační vyšetření zorného pole konfrontační zkouškou (např. Dánsko, Švédsko). Pokud je řidiči diagnostikováno progresivní zrakové onemocnění, neuspěje při konfrontační zkoušce, případně existují jiné pochybnosti o zorném poli, mělo by být provedeno detailní vyšetření zorného pole příslušným orgánem (Oftalmologem). Metoda a princip tohoto vyšetření není ve většině zemí definována. [15,16,22,23]

Ve Švédsku je detailní vyšetření prováděno prahovou perimetrií. Všechny testované body v centrálních 10° musí mít alespoň 20 dB a v centrálních 20° alespoň 10 dB. Periferní oblast je vyšetřena pomocí binokulárního programu Esterman. Více než dva sousední vynechané body v rozsahu horizontálních 120° a vertikálních 40° vylučují způsobilost k řízení. [15]

8.2. Testovací strategie vyšetření zorného pole řidičů

Měření zrakové ostrosti je poměrně jednoduché a přímočaré vyšetření, které však posuzuje pouze foveolární zrakové funkce. Periferní vidění, kvantifikované klinicky měřením zorného pole, tvoří velkou část zrakového vjemu. Přesné posouzení zorného pole ale vyžaduje kvalitní přístrojové vybavení.[15,18,24]

Konfrontační zkouškou jsou vyšetřovány především hranice zorného pole. Touto vyšetřovací metodou je téměř nemožné odhalit patologie v centrální oblasti. Na důležitost vyšetření centra zorného pole poukazuje obrázek 8.1. [2,8]



Obrázek 8.1: Malý paracentrální homonymní defekt zorného pole, který pokrývá prakticky celou šířku ulice a má tedy obrovský vliv na bezpečnost řízení [8]

Podle minimálních požadavků Evropské unie se u řidičů motorových vozidel nesmí v centrálních 20° zorného pole vyskytovat žádné patologie, z tohoto důvodu je v této oblasti nutné vyšetřit maximální počet testovaných bodů. [18,19]

Standardní metody testování zorného pole nebyly vyvinuty za účelem testování zrakových schopností řidičů, ale za účelem odhalení oční patologie. Později byly vyvinuty speciální řidičské testy, které se na testování těchto schopností zaměřují. [15]

8.2.1. Esterman test

Estermanův test byl vyvinut Benem Estermanem a stal se uznávaným testem vyšetření zorného pole řidičů, který je k dispozici ve většině moderních perimetrů. Obvykle se test provádí binokulárně, ale k dispozici jsou také monokulární verze tohoto testu. [5,25]

V některých zemích je tento test u řidičů motorových vozidel vyžadován zákonem, a proto jsou parametry testu jasně uvedeny. Test obsahuje 120 testovacích bodů, 24 bodů umístěných v centrálních 20° a 46 bodů v centrálních 30° zorného pole. Horizontálně dosahuje 160°, 30° superior a 60° inferior, což je oblast viděná přes čelní sklo automobilu. Každý bod je testován s intenzitou stimulu 1,000 asb na pozadí o intenzitě 31,4 asb. Procento viděných stimulů ku všem promítaným stimulům definuje Estermanovo skóre. Estermanovo skóre, potřebné k získání řidičského oprávnění se v jednotlivých státech liší. [5,18,25]

9. Experimentální část

Experimentální část bakalářské práce byla zaměřena na porovnání vyšetření zorného pole řidičů monokulárně a binokulárně. Pomocí statistické analýzy získaných dat byly ověřovány následující hypotézy:

Hypotéza 1: Vyšetření zorného pole binokulárním řídičským testem je časově stejně náročné jako vyšetření řidičů monokulární testovací strategií.

Hypotéza 2: Rozsah monokulárního zorného pole se u pacientů s pokročilým glaukomem ani u zdravých pacientů statisticky významně neliší od rozsahu binokulárního zorného pole.

Hypotéza 3: Rozložení ztráty simulovaného zorného pole podle výsledků monokulárních testů se procentuálně neliší od reálného výsledku binokulárního testu.

9.1. Metodika

Studie zahrnuje dvě skupiny pacientů. Do skupiny 1 bylo zařazeno 20 osob s fyziologickým očním nálezem a bez patologických změn v zorném poli. Do skupiny 2 bylo vybráno dvacet pacientů s různým typem glaukomového onemocnění jednoho nebo obou očí. Demografická data jednotlivých skupin jsou uvedena v tabulce 9.1.

Tabulka 9.1: Demografická data

	Skupina 1	Skupina 2
počet osob	20	20
Mužů	5	9
Žen	15	11
průměrný věk	30,66±11,11	74,46±8,86

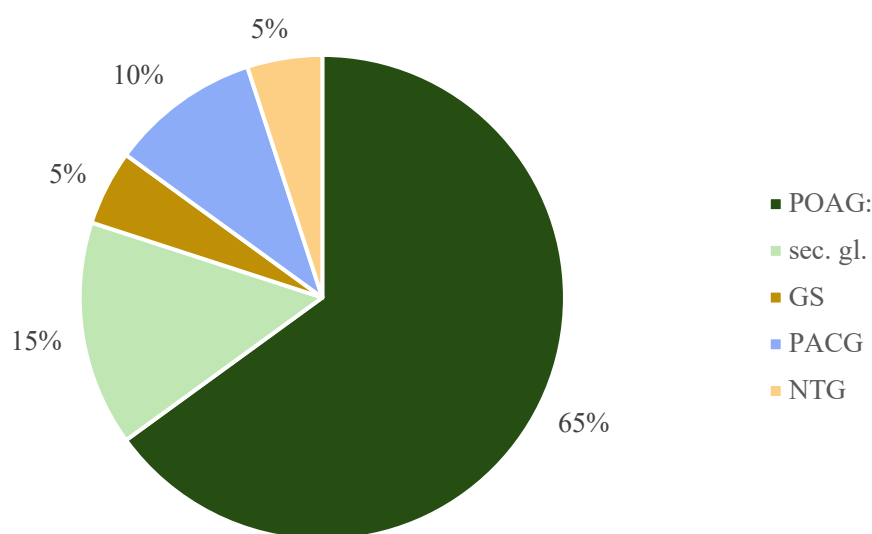
Inkluzivním kritériem pro zařazení pacientů do skupiny 2 bylo diagnostikované glaukomové onemocnění a hodnota vzorového a celkového defektu viz tabulka 9.2.

Tabulka 9.2: Hodnoty vzorového a celkového defektu u skupiny 2

	Rozsah hodnot	Průměr	Směrodatná odchylka
Vzorový defekt	0 až 17,59	7,82	4,67
Celkový defekt	-5,35 až 8,38	0,62	2,88

Nejčetněji byl mezi pacienty zastoupen primární glaukom s otevřeným úhlem (POAG), 13 osob (65 %), sekundární glaukom se vyskytl u tří osob (15 %), primární glaukom s uzavřeným úhlem (PACG) u dvou pacientů (10 %), suspektní glaukom (GS) u jednoho pacienta (5 %) a normotenzní glaukom (NTG) také u jednoho pacienta (5 %). Rozložení jednotlivých typů glaukomu znázorňuje obrázek 9.1.

Rozložení typů glaukomu:



Obrázek 9.1: Rozložení typů glaukomu u skupiny 2

Všechna měření probíhala od března do dubna 2022 v Privátní oční klinice JL v Praze. Všem pacientům zahrnutým do studie bylo vyšetřeno monokulární a binokulární zorné pole řídicským testem. Dále byl změřen nitrooční tlak, byla změřena objektivní refrakce a provedena optická koherenční tomografie makuly a papily zřakového nervu. Nitrooční tlak

byl měřen bezkontaktním tonometrem Canon TX-20. Byly provedeny tři měření, z nichž byla získána průměrná hodnota. Objektivní refrakce byla měřena auto refraktor keratometrem Tomey RC-5000. Vyšetření OCT bylo prováděno na přístroji OCT Avanti od firmy Optovue. Výstupem byly hodnoty průměrné tloušťky vrstvy nervových vláken sítnice RNFL (μm), c/d poměr, průměrná tloušťka Ganglion Cell Complex GCC (μm), lokální objem ztráty FLV (%) a celkovým objemem ztráty GLV (%).

Do skupiny 1 byly zařazeny osoby s průměrnou hodnotou nitroočního tlaku $15,05 \pm 2,62$ mmHg, průměrným RNFL $100,38 \pm 7,43$ μm , c/d poměrem $0,22 \pm 0,12$, průměrným GCC $99,65 \pm 6,99$ μm a lokálním a celkovým objemem ztráty GCC (FLV a GLV) do 9 % (viz příloha 1). U pacientů skupiny 2 byla průměrná hodnota nitroočního tlaku $14,43 \pm 4,67$ mmHg, průměrné RNFL $76,00 \pm 16,52$ μm , c/d poměr $0,24 \pm 0,24$, průměrné GCC $82,08 \pm 18,45$ μm . Lokální objem ztráty GCC (FLV) se pohyboval v rozmezí od 0 do 13,16 % a celkovým objemem ztráty GCC (GLV) od 0 do 33,57 % (viz příloha 2). Srovnání průměrných hodnot nitroočního tlaku a hodnot z OCT u skupiny 1 a skupiny 2 znázorňuje tabulka 9.3.

Tabulka 9.3: Srovnání průměrných hodnot nitroočního tlaku, RNFL, c/d poměru, GCC, FLV a GLV u skupiny 1 a skupiny 2

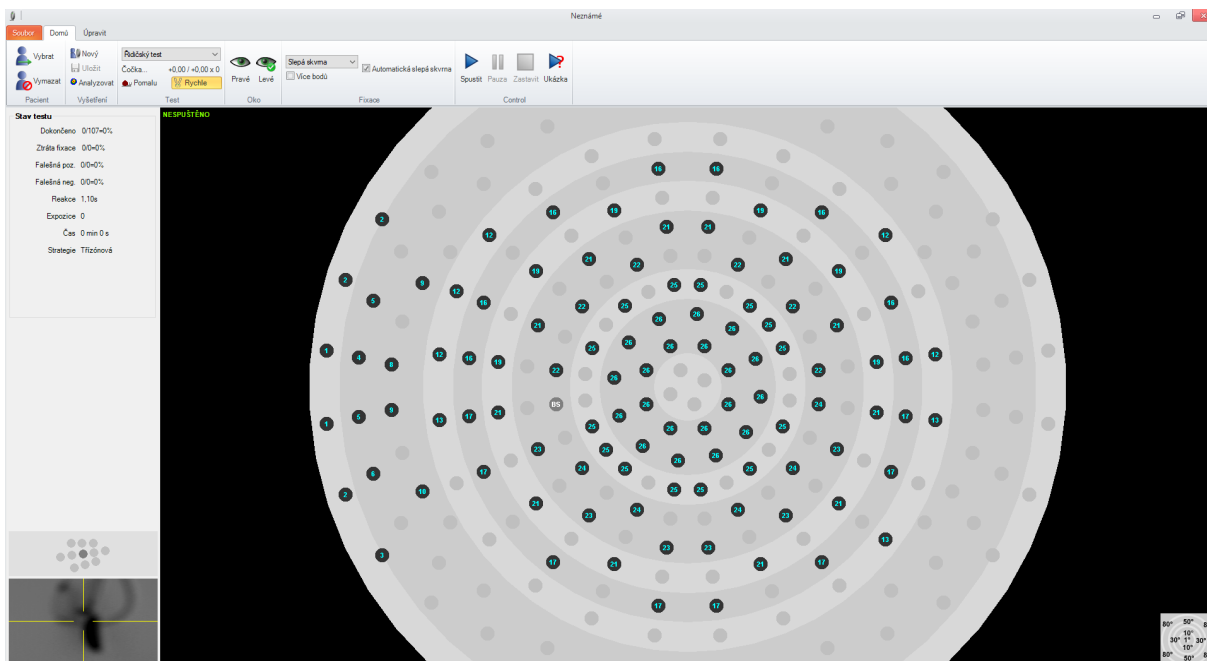
	NOT (<i>mmHg</i>)	RNFL (μm)	c/d poměr	GCC (μm)	FLV (%)	GLV (%)
Skupina 1	$15,05 \pm 2,62$	$100,38 \pm 7,43$	$0,22 \pm 0,12$	$99,65 \pm 6,99$	$0,38 \pm 0,38$	$1,65 \pm 2,28$
Skupina 2	$14,43 \pm 4,67$	$76,00 \pm 16,52$	$0,24 \pm 0,24$	$82,08 \pm 18,45$	$5,51 \pm 4,05$	$15,85 \pm 11,08$

Hodnoty jsou uvedeny jako aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka

Vyšetření zorného pole probíhalo na automatickém perimetru Medmont M700 pomocí řídičských testů monokulární a binokulární testovací šablonou. Každému vyšetřovanému byl před začátkem testu vysvětlen jeho průběh, byl poučen, jak bude stimulus vypadat, kde se může objevit a že je nutno po celou dobu vyšetření sledovat fixační bod, který v průběhu testu mění svou polohu. Vyšetření probíhalo bez korekce a bez respirátoru, který by mohl limitovat zorné pole. Vyšetřovaným byly podle potřeby poskytovány přestávky mezi jednotlivými měřeními.

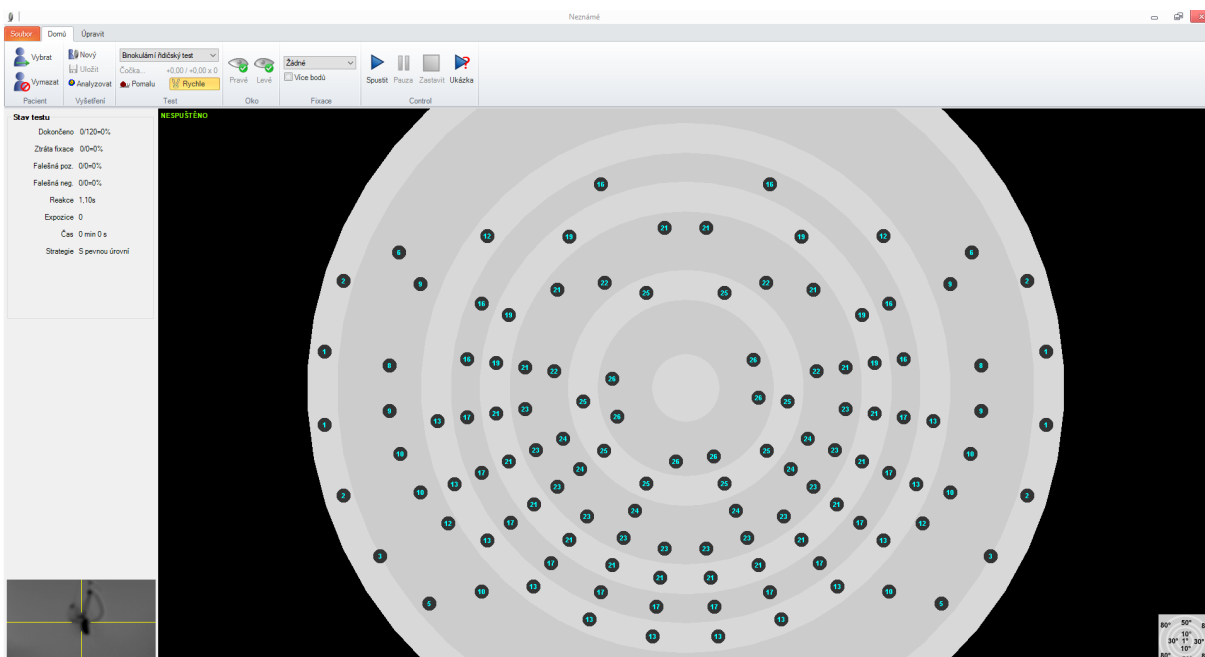
Monokulární řídičský test perimetru Medmont M700 testuje 107 bodů, v rozsahu zorného pole 50° nazálně, 80° temporálně, 40° nahoru a 40° dolů. Při vyšetření je

prezentováno 119-222 stimulů, probíhá 11-22 testů falešně pozitivních odpovědí, 12-26 testů ztráty fixace a až 10 ověření falešně negativních odpovědí. Na začátku testu byla vždy zvolena adjustance prahové hodnoty intenzity stimulu dle věku pacienta. Výstupem jsou hodnoty prahové citlivosti sítnice v decibelech. Rozložení testovaných bodů zobrazuje obrázek 9.2.



Obrázek 9.2: Testovací šablona monokulárního řídicího testu na perimetru Medmont M700, levé oko.

Binokulární řídicí test testuje 120 bodů, v rozsahu zorného pole 80° napravo, 80° nalevo, 40° nahoru a 50° dolů. V každém bodě je prezentován pouze jeden stimulus. Na základě pacientovi odpovědi je bod označen jako viděný či neviděný. Je prováděno 11-12 testů falešně pozitivních odpovědí, falešně negativní odpovědi testovány nejsou. Rozložení testovaných bodů zobrazuje obrázek 9.3.

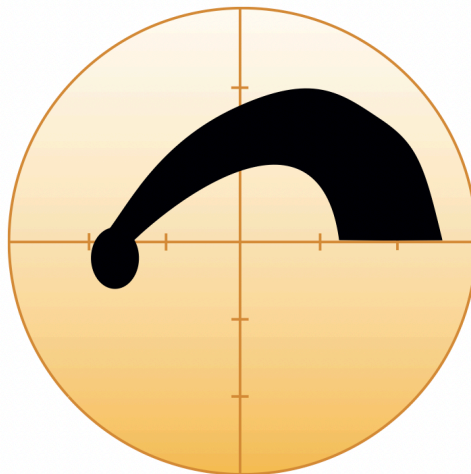


Obrázek 9.3: Testovací šablona binokulárního řídičského testu na perimetru Medmont M700

9.1.1. Simulace defektů

Původním záměrem byla realizace simulace monokulárního arkuátního skotomu u pacientů s fyziologickým nálezem testu zorného pole. Metodika simulace skotomu probíhala následovně: U dané osoby bylo nejprve vyšetřeno monokulární a binokulární zorné pole, následně byla stanovena stranová oční dominance, testem *hole in card*. Probandovi byly nasazeny čiré ochranné brýle, na nichž byla před dominantní oko individuálně vyznačena centrace na střed zornice (výšková a monokulární hodnota pupilární distance). Následně byl na tuto oční překreslen charakteristický arkuátní skotom (podle schématu z literatury “*Visual field testing for glaucoma – a practical guide*” – viz obrázek 9.4 [26]). Podoba i lokalizace skotomu a navozený subjektivní vjem nakresleným skotodem byly konzultovány se dvěma lékaři specializované glaukomové ordinace pracoviště OKJL. Správná orientace simulovaného skotomu byla zajištěna horizontální rovinou a předchozí stanovenou centrací. Schéma bylo umístěno vlastním středem na střed zornice dle vyznačené značky v předchozím kroku a orientováno horizontálně podle čar na stranici brýlí (viz obrázek 9.5). Následovalo vyšetření zorného pole s těmito brýlemi monokulárně na oku s defektem i binokulárně. Tímto způsobem proběhlo 4-5 měření, ale očekávaný skotom nebyl přístrojem v zorném poli detekován, případně byl zachycen pouze částečně. Tuto skutečnost přikládáme tomu, že fixní simulovaný skotom byl pro každého probanda nepřirozený, což vedlo k tendenci změny

polohy hlavy a pohledové osy v průběhu vyšetření, čímž byl výsledek testu znehodnocen. Narozdíl od glaukomových pacientů, kterým skotom vzniká postupně, ze začátku si ho často nejsou vědomi a při pohledech do stran zůstává stále na stejném místě v zorném poli. Z tohoto důvodu nebyla 3. skupina do finálního závěru studie zahrnuta.



Obrázek 9.4: Charakteristický arkuátní skotom v zorném poli u glaukomového onemocnění. [26]



Obrázek 9.5: Simulace arkuátního skotomu do zorného pole.

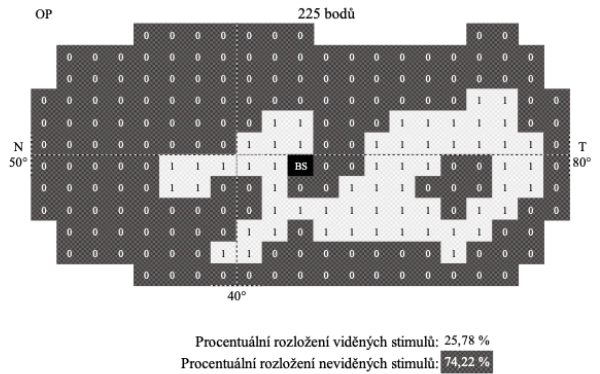
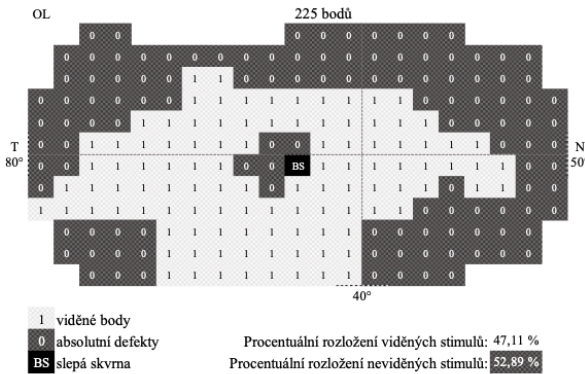
9.1.2. Predikce binokulárního zorného pole z monokulárních měření

Predikce binokulárního zorného pole probíhala prostřednictvím vlastní metodiky za využití programu MS Excel. Výsledky vyšetření monokulárních zorných polí byly přepsány do předem vytvořené šablony jako viděné/neviděné body v každém místě zorného pole. Následně bylo sumací korespondujících bodů z pravého a levého zorného pole vytvořeno binokulární zorné pole. Toto vypočítané binokulární zorné pole z monokulárních měření bylo porovnáváno s reálným zorným polem naměřeným binokulárním řidičským testem. V každém testovaném bodě byla určena shoda/rozdíl a následně bylo vypočítáno procentuální rozložení rozdílů v zorném poli (viz obrázek 9.6).

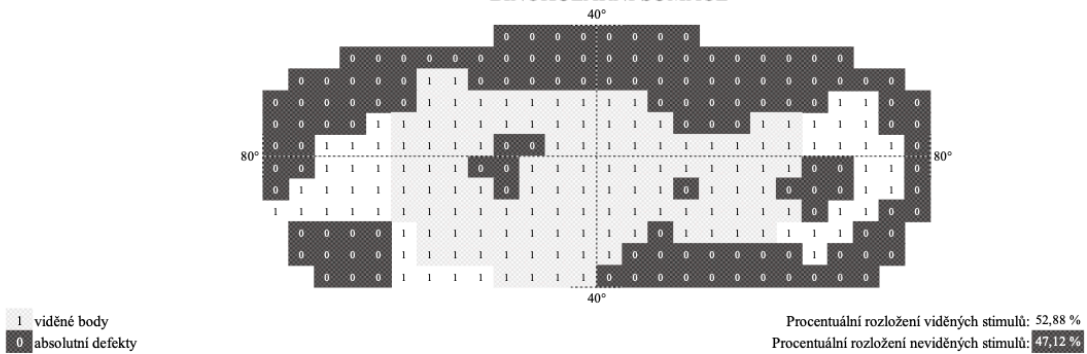
ID: 27

06.04.2022

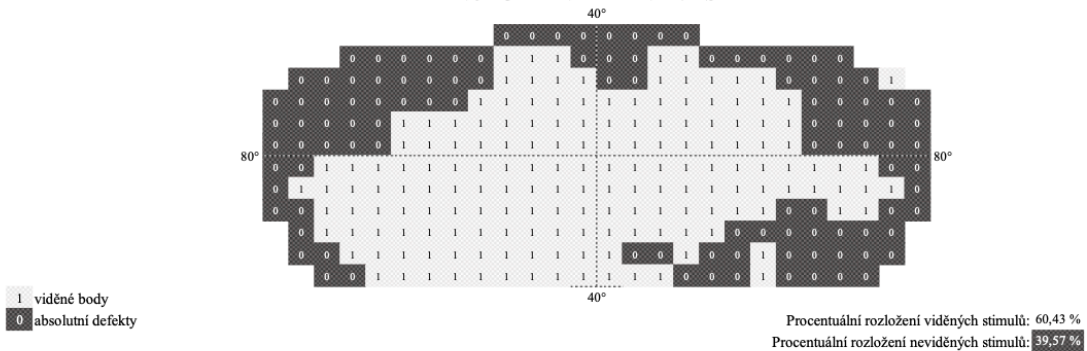
MONOKULÁRNÍ ZORNÉ POLE



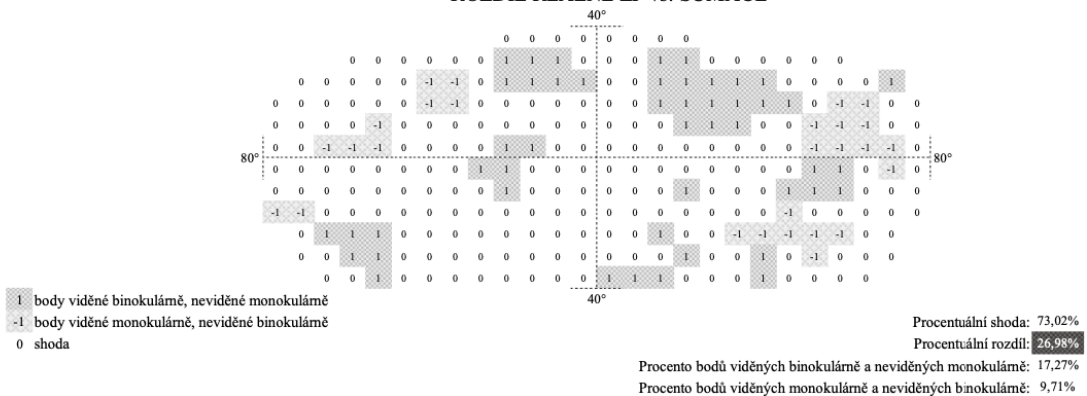
BINOKULÁRNÍ SUMACE



BINOKULÁRNÍ REÁLNÝ VÝSLEDEK



ROZDÍL REÁLNÉ ZP vs. SUMACE

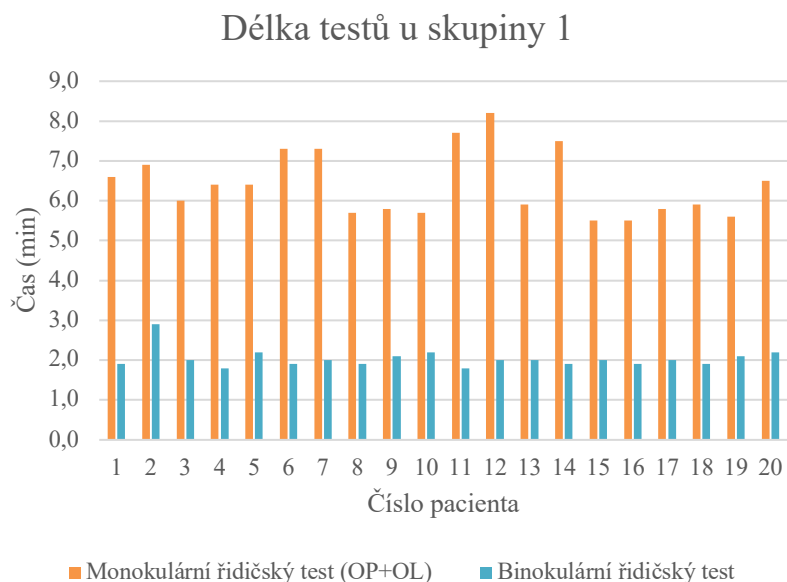


Obrázek 9.6: Vzorový protokol pacienta s glaukomem

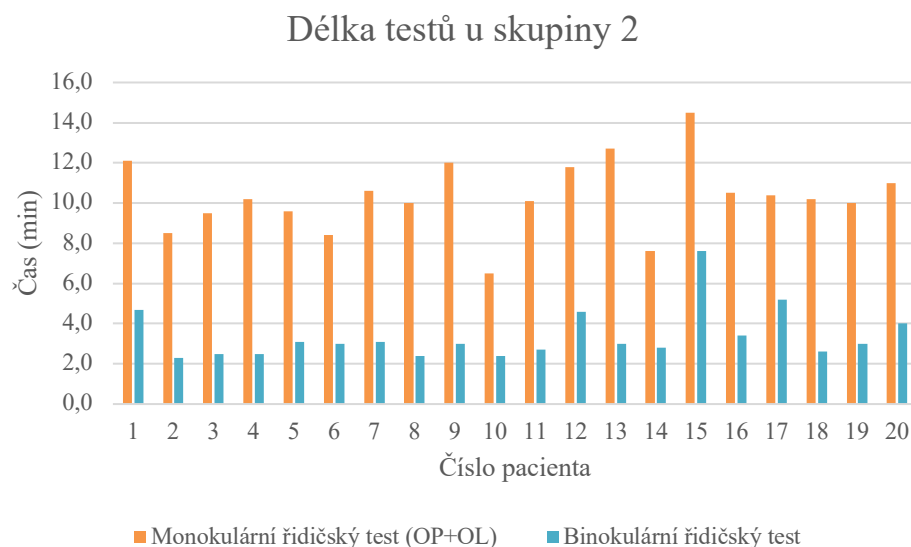
9.2. Výsledky

9.2.1. Časová náročnost monokulárního a binokulárního vyšetření zorného pole řidičů

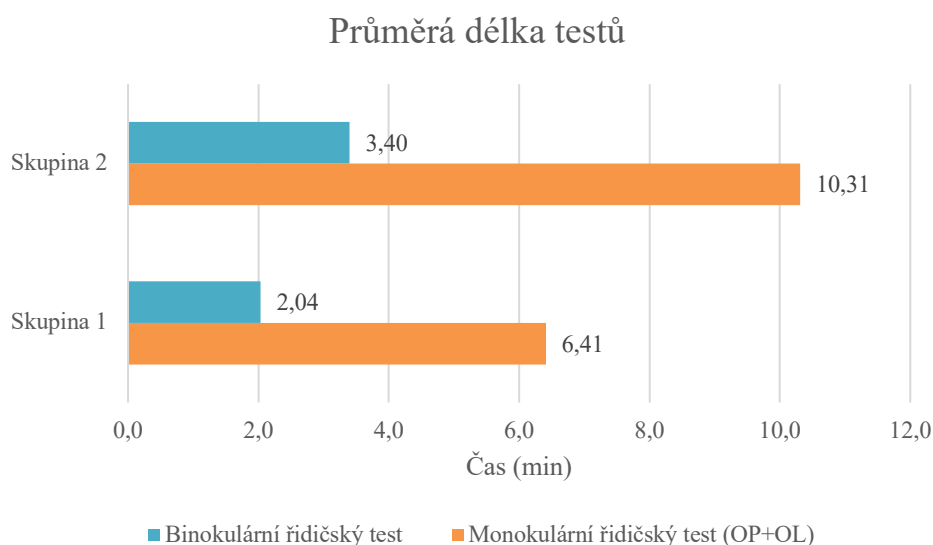
Prvním sledovaným parametrem studie byla časová náročnost monokulárního a binokulárního vyšetření zorného pole. Monokulární zorné pole bylo změřeno na pravém a levém oku a následně byly časy obou měření sečteny (byl započten pouze čistý čas měření, bez doby potřebné na výměnu okluzoru). Časy jednotlivých testů znázorňují obrázky 9.7, 9.8 a 9.9.



Obrázek 9.7: Časová náročnost monokulárního a binokulárního vyšetření zorného pole u skupiny 1



Obrázek 9.8: Časová náročnost monokulárního a binokulárního vyšetření zorného pole u skupiny 2



Obrázek 9.9: Průměrný čas monokulárního a binokulárního vyšetření zorného pole u skupiny 1 a 2

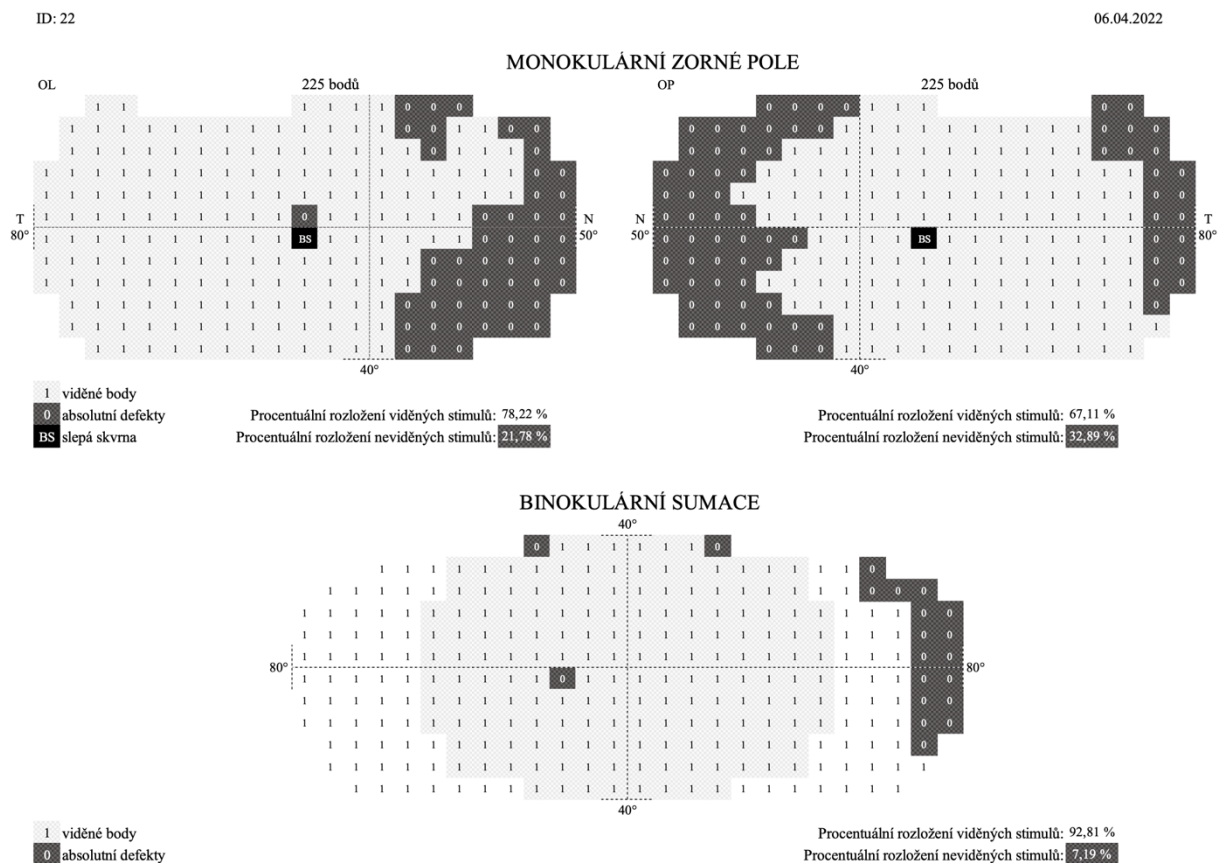
Výsledná hodnota *p-value* na 5% hladině významnosti byla u obou skupin $p < 0,001$. Z toho plyne, že se časy monokulárních a binokulárních řídicích testů u obou skupin statisticky významně liší a můžeme hypotézu 1 vyvrátit.

Průměrná délka monokulárního řídicího testu byla u skupiny 1 $6,41 \pm 0,80$ min a u skupiny 2 $10,3 \pm 1,77$ min. Průměrná délka binokulárního řídicího testu byla u skupiny 1 $2,04 \pm 0,23$ min a u skupiny 2 $3,40 \pm 1,26$ min. Z těchto hodnot vyplývá, že binokulární řídicí

test na perimetru Medmont M700 je u obou skupin přibližně 3x rychlejší než vyšetření monokulárně.

9.2.2. Porovnání výsledků monokulární a binokulární perimetrie

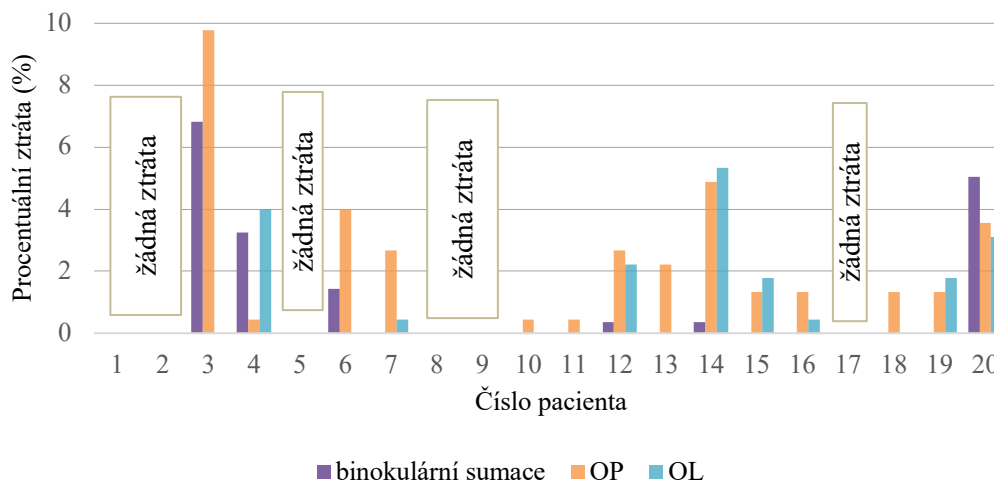
Při binokulárním vjemu dochází ke kompenzaci potenciálních skotomů zejména v centrální oblasti zorného pole. Vzorový příklad kompenzace defektů nazálního zorného pole binokulární sumací obou očí zobrazuje obrázek 9.10.



Obrázek 9.10: Zorné pole oka levého, pravého a binokulární zorné pole po sumaci těchto polí u pacienta s glaukomem

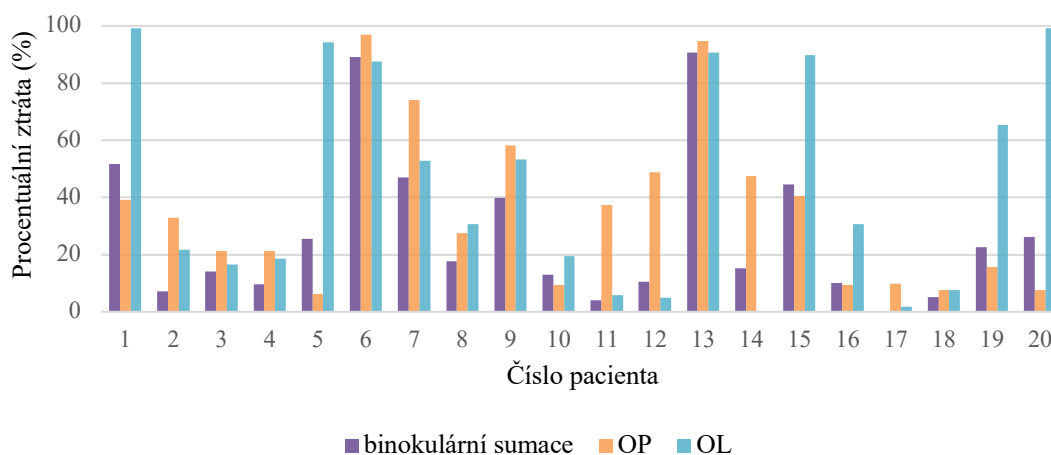
Obrázky 9.11 a 9.12 znázorňují procentuální ztrátu zorného pole při monokulárních měření a při binokulární sumaci u skupiny 1 a u skupiny 2.

Ztráta zorného pole u skupiny 1



Obrázek 9.11: Procentuální ztráta zorného pole při monokulárních měření (OP – oko pravé, OL – oko levé) a při binokulární sumaci u skupiny 1. U pacientů bez ztráty zorného pole monokulárně či binokulárně není zobrazena žádná hodnota.

Ztráta zorného pole u skupiny 2



Obrázek 9.12: Procentuální ztráta zorného pole při monokulárních měření a při binokulární sumaci u skupiny 2.

Porovnáme-li průměrnou hodnotu ztráty zorného pole na pravém a levém oku při měření monokulárními řídicími testy se ztrátou zorného pole při binokulární sumaci těchto měření, dochází u skupiny 1 ke zlepšení o 0,5 % a u skupiny 2 ke zlepšení o 12,7 % (viz tabulka 9.4).

Tabulka 9.4: Průměrné procentuální snížení ztráty zorného pole při binokulární sumaci oproti průměrným hodnotám ztráty zorného pole mezi pravým a levým okem u skupiny 1 a skupiny 2.

Snížení ztráty zorného pole při binokulární sumaci				
	Rozmezí hodnot (%)	Průměrná hodnota (%)	Směrodatná odchylka (%)	<i>p</i> (-)
Skupina 1	-1,91 až 4,75	0,52	1,40	0,35
Skupina 2	1,50 až 27,08	12,70	7,59	0,14

Hodnoty jsou uvedeny jako aritmetický průměr rozdílů průměrných hodnot ztráty zorného pole oka pravého a oka levého pro každou osobu a ztráty při binokulární sumaci. Záporné hodnoty značí zvýšení procentuální ztráty zorného pole při binokulární sumaci. *P-value* je uvedena na 5% hladině významnosti a určena dvouvýběrovým t-testem.

Z *p-hodnoty* plyne, že na 5% hladině významnosti není u skupiny 1 ani u skupiny 2 statisticky významný rozdíl v rozsahu monokulárního zorného pole a binokulární sumace.

Pokud porovnááme průměrnou hodnotu ztráty zorného pole na pravém a levém oku při měření monokulárními řídicími testy se ztrátou zorného pole při měření binokulárním řídicím testem, je u skupiny 1 průměrné zlepšení o 0,27 % a u skupiny 2 o 16,36 % (viz. tabulka 9.5).

Tabulka 9.5: Průměrné procentuální snížení ztráty zorného pole při měření binokulárním řídicím testem oproti průměrným hodnotám ztráty zorného pole mezi pravým a levým okem naměřených monokulárním řídicím testem u skupiny 1 a skupiny 2.

Snížení ztráty zorného pole při binokulárním měření				
	Rozmezí hodnot (%)	Průměrná hodnota (%)	Směrodatná odchylka (%)	<i>p</i> (-)
Skupina 1	-3,50 až 5,11	0,27	2,07	0,62
Skupina 2	-9,90 až 40,51	16,36	11,46	0,05

Hodnoty jsou uvedeny jako aritmetický průměr rozdílů průměrných hodnot ztráty zorného pole oka pravého a oka levého pro každou osobu a ztráty při měření binokulárním řídicím testem. Záporné hodnoty značí zvýšení procentuální ztráty zorného pole při měření binokulárním řídicím testem. *P-value* je uvedena na 5% hladině významnosti a určena dvouvýběrovým t-testem.

Z *p-hodnoty* plyne, že na 5% hladině významnosti není u skupiny 1 statisticky významný rozdíl mezi monokulárním a binokulárním zorným polem. U skupiny 2 je *p-hodnota* na hladině významnosti. Hypotézu 2 tedy nemůžeme statisticky potvrdit, pro druhou skupinu ale ani vyvrátit.

9.2.3 Rozdíl binokulární sumace a reálného binokulárního zorného pole

Rozložení viděných a neviděných bodů v zorném poli při binokulární sumaci a v zorném poli naměřeným binokulárním řidičským testem se liší, u skupiny 1 průměrně o 1,91 % a u skupiny 2 o 15,14 % (viz tabulka 9.6).

Tabulka 9.6: Průměrný procentuální rozdíl binokulární sumace a naměřeného binokulárního zorného pole.

Rozdíl binokulární sumace a naměřeného binokulárního zorného pole			
	Rozmezí hodnot (%)	Průměrná hodnota (%)	Směrodatná odchylka (%)
Skupina 1	0 až 11,87	1,91	2,97
Skupina 2	0 až 34,17	15,14	8,89

Hodnoty jsou uvedeny jako aritmetický průměr procentuálního rozložení rozdílů binokulární sumace a naměřeného binokulárního zorného pole v každém bodě zorného pole u každé osoby.

Hypotézu 3 je tedy na základě rozdílnosti průměrné hodnoty ztráty zorného pole při binokulární sumaci a ztráty při binokulárním měření možno vyvrátit.

10. Diskuse

Hlavním cílem bakalářské práce bylo porovnat výsledky monokulární a binokulární perimetrie. Průměrná délka monokulárního řídičského testu byla $6,41 \pm 0,80$ min u skupiny 1 a $10,3 \pm 1,77$ min u skupiny 2. Průměrná délka binokulárního řídičského testu byla $2,04 \pm 0,23$ min u skupiny 1 a $3,40 \pm 1,26$ min u skupiny 2. Z těchto hodnot vyplývá, že binokulární řídičský test na perimetru Medmont M700 je u obou skupin přibližně 3x rychlejší než vyšetření monokulárně. Zmíněnou mírou rozdílu a signifikantní odlišností na 5% hladině významnosti ($p < 0,001$) byla vyvrácena Hypotéza 1.

U 20 zdravých pacientů (skupina 1) došlo při binokulární sumaci k průměrnému snížení ztráty zorného pole o $0,52 \pm 1,40$ % oproti měření monokulárním řídičským testem. Při měření binokulárním řídičským testem došlo k průměrnému zlepšení o $0,27 \pm 2,07$ % oproti monokulárním měřením. Na 5% hladině významnosti není u skupiny 1 statisticky významný rozdíl.

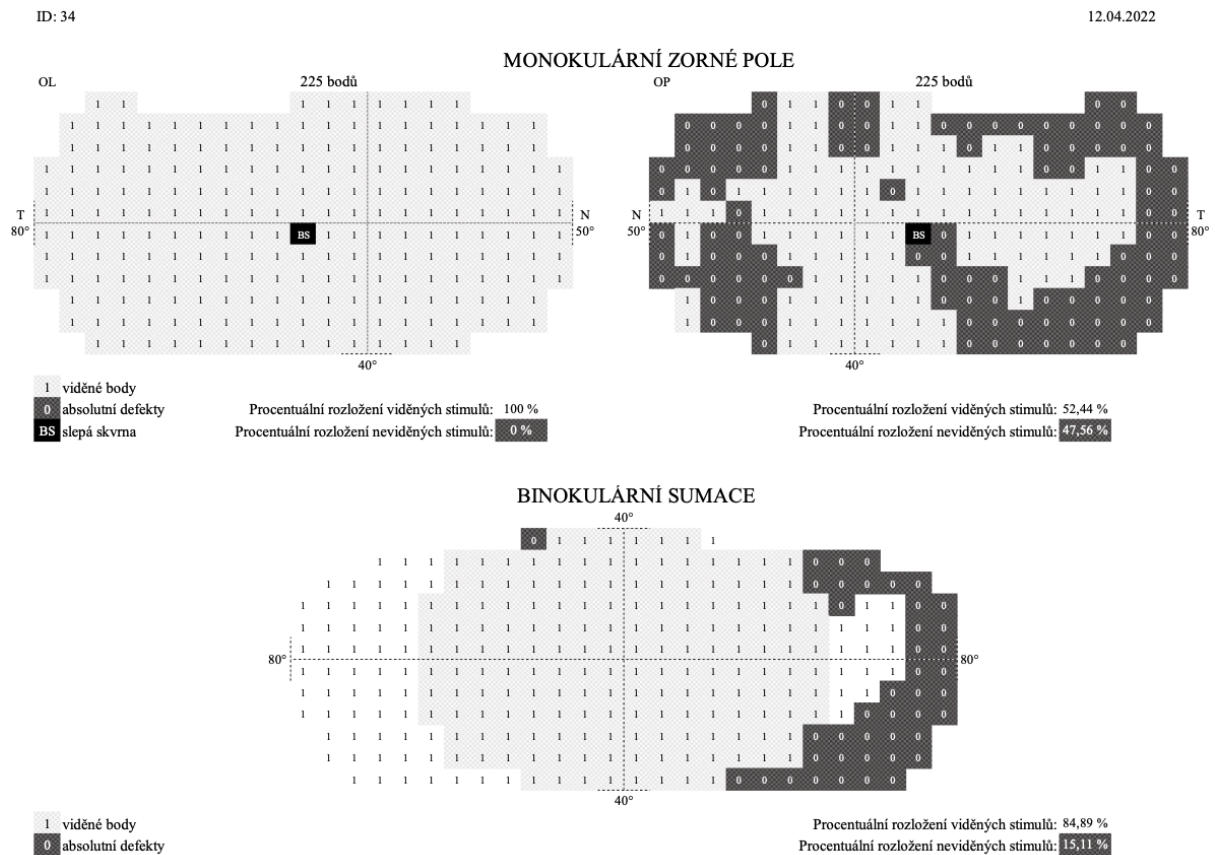
U 20 pacientů s glaukomem (skupina 2) došlo při binokulární sumaci k průměrnému zlepšení o $12,70 \pm 7,59$ % oproti monokulárním měření. Při měření binokulárním testem došlo k průměrnému snížení ztráty o $16,36 \pm 11,46$ % oproti měření monokulárním řídičským testem. Na hladině významnosti 5 % není u skupiny 2 statisticky významný rozdíl mezi výsledky monokulárních testů a binokulární sumací. Při porovnávání výsledků monokulárních a binokulárních testů byla u skupiny 2 p-hodnota řádově nižší než u skupiny 1 a rovnaala se hladině významnosti ($p = 0,05$). Hypotézu 2 tedy nemůžeme statisticky potvrdit, pro druhou skupinu ani vyvrátit. Subjektivním (numerickým) hodnocením se výsledky monokulárních a binokulárních testů, případně binokulární sumace významně liší, statisticky však ne.

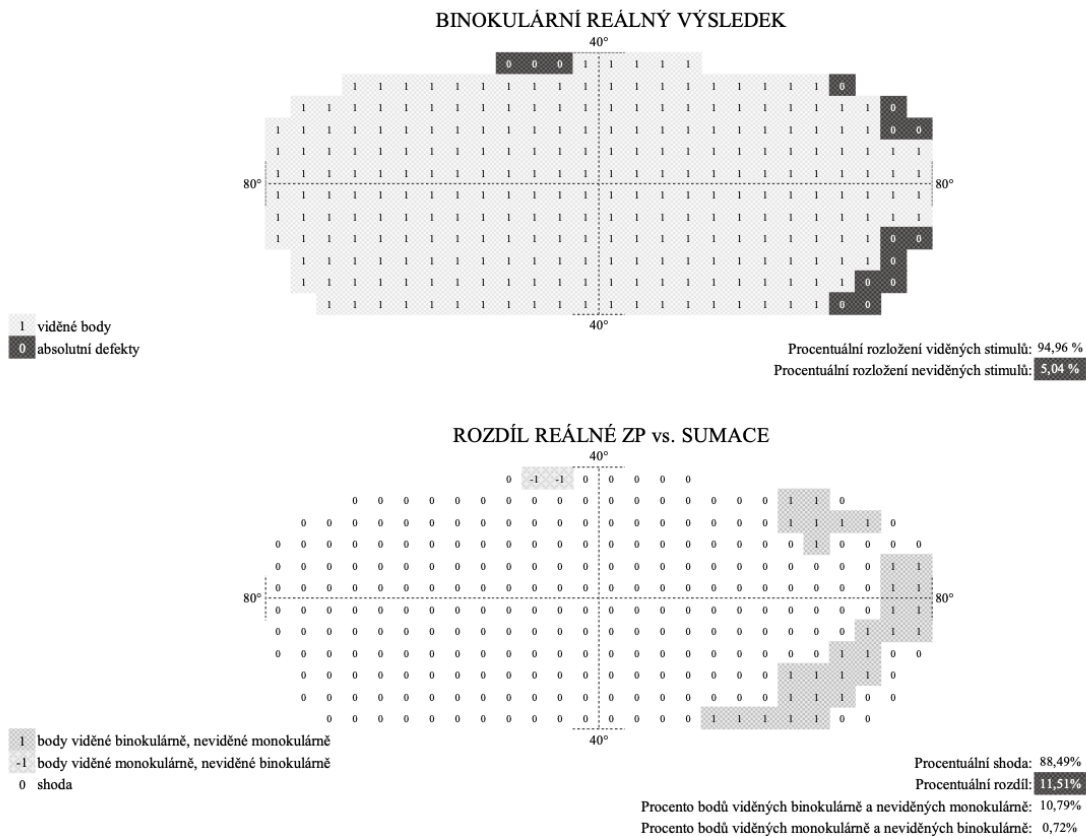
Rozložení ztráty binokulárního zorné pole naměřeného řídičským testem a ztráty binokulárního zorné pole vytvořeného sumací polí monokulárních se u skupiny 1 lišila o $1,91 \pm 2,97$ % a u skupiny 2 o $15,14 \pm 8,89$ %. Hypotézu 3 nebylo možné hodnotit statisticky. Rozdíl binokulární sumace a reálného zorného pole byl u každého pacienta určen tak, že byla v každém testovaném bodě určena shoda/rozdíl binokulární sumace a reálného zorného pole a následně bylo vypočítáno procentuální rozložení rozdílů v zorném poli. Z tohoto byla vypočítána průměrná hodnota pro skupinu 1 a skupinu 2. Hodnotili jsme rozdíl v rozložení neviděných bodů nikoli rozdíl v procentuální ztrátě zorného pole.

Binokulární řídičský test perimetru Medmont M700 je méně náročný než testy monokulární. Testuje 120 bodů v zorném poli, v každém bodě je prezentován pouze jeden

stimulus. Na základě pacientovi odpovědi je bod označen jako viděný či neviděný. Je prováděno 11-12 testů falešně pozitivních odpovědí, falešně negativní odpovědi testovány nejsou. Z tohoto důvodu mohou vznikat falešné skotomy v zorném poli. Například pokud vyšetřovaný omylem nestiskl tlačítko i když stimulus v zorném poli registroval, a tak chybně označil viděný bod jako neviděný. Jelikož tento test prezentuje v každém bodě stimulus pouze jednou, mohou být v důsledku falešně pozitivních odpovědí přehlédnuty reálné skotomy v zorném poli. Z tohoto důvodu není vhodné splnění požadavků na zorné pole řidičů posuzovat pouze na základě binokulárního řidičského testu.

Monokulární řidičský test testuje 107 bodů, při vyšetření je prezentováno 119-222 stimulů. Výstupem jsou hodnoty prahové citlivosti sítnice v decibelech. Při vyšetření je prováděno 11-22 testů falešně pozitivních odpovědí, 12-26 testů ztráty fixace a až 10 testů falešně negativních odpovědí. Omezením monokulárních řidičských testů je, že vyšetřují nazálně pouze 50° zorného pole, ale rozsah nazálního zorného pole je větší a při vyšetření binokulárně byl u některých osob defekt v temporální oblasti zorného pole jednoho oka pravděpodobně vykompenzován nazálním zorným polem oka druhého (viz obrázek 10.1).





Obrázek 10.1: Monokulární zorné pole, binokulární sumace a reálné zorné pole u pacienta s glaukomem, u kterého byl výpadek v temporální oblasti zorného pole pravého oka vykompenzován nazálním zorným polem oka levého. Rozdíl binokulární sumace a reálného zorného byl u tohoto pacienta 11,51 %.

11. Závěr

V teoretické části bakalářské práce bylo popsáno zorné pole, jeho poruchy a metody, pomocí nichž lze měřit. Speciální kapitola byla věnována statické perimetrii. Dále pak monokulární a binokulární perimetrii. Další část se zabývala požadavky na zorné pole řidičů motorových vozidel, obecnými nároky a zákonnými požadavky v zemích Evropské unie.

Experimentální část byla zaměřena na porovnávání monokulárního a binokulárního zorného pole. Jednalo se o porovnání ztráty zorného pole na pravém a levém oku při měření monokulárními řidičskými testy se ztrátou při binokulární sumaci těchto měření a se ztrátou při měření binokulárním řidičským testem. Dále byl porovnáván čas monokulárních a binokulárních řidičských testů a rozložení ztráty zorného pole při binokulární sumaci a při měření binokulárním řidičským testem.

Pomocí analýzy získaných dat a jejich statistickým zpracováním byly ověřovány 3 hypotézy. Výstupem Hypotézy 1 je tvrzení, že vyšetření zorného pole binokulárním řidičským testem není časově stejně náročné jako vyšetření řidičů monokulární testovací strategií. Hypotézou 2 jsme potvrdili, že rozsah monokulárního zorného pole se u zdravých pacientů statisticky významně neliší od rozsahu binokulárního zorného pole. U pacientů s pokročilým glaukomem nelze tento předpoklad potvrdit ani vyvrátit, protože signifikance je rovna hladině testované významnosti. Ověřováním Hypotézy 3 byla díky dosažení následujících výsledků vyvrácena shoda rozložení ztráty zorného pole při měření binokulárním řidičským testem oproti rozložení ztráty při binokulární sumaci monokulárních měření (rozdíl byl $1,91 \pm 2,97$ % u skupiny 1 a $15,14 \pm 8,89$ % u skupiny 2).

Seznam použité literatury

- [1] 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.
- [2] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. 2. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Maxdorf, [2021]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-704-4.
- [3] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [4] SKORKOVSKÁ, Karolína. *Perimetrie*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5282-2.
- [5] RACETTE, Lyne, Monika FISCHER, Hans BEBIE, Gábor HOLLÓ, Chris A. JOHNSON, Chota MATSUMOTO a Philip EARNHART. *Visual Field Digest: A guide to perimetry and the Octopus perimeter* [online]. 6th ed. Köniz, Switzerland: Haag-Streit, 2016 [cit. 2021-12-27]. ISBN 978-3-033-05854-5.
- [6] KAKIZAKI, Hirohiko, Naomi UMEZAWA, Yasuhiro TAKAHASHI a Dinesh SELVA. Binocular Single Vision Field. *Ophthalmology* [online]. 2009, 116(2), 364-364.e2 [cit. 2022-01-02]. ISSN 01616420. Dostupné z: doi:10.1016/j.ophtha.2008.08.046
- [7] PAOLI, Daniela, Luca CHITTARO, Paolo BRUSINI a Lorenzo MICHELIN. MyVisualField©Static Test The Visual Field test Performed with a Smartphone and a Virtual Reality visor. *Journal of Ophthalmology and Research* [online]. 2021, 04(01) [cit. 2021-12-27]. ISSN 26440024. Dostupné z: doi:10.26502/fjor.2644-00240028
- [8] SCHIEFER, U., R. HOFER, P. M. VISCHER a H. WILHELM. Perimetriebefund und Fahrtauglichkeit. *Der Ophthalmologe* [online]. 2000, 97(7), 491-497 [cit. 2021-12-27]. ISSN 0941-293X. Dostupné z: doi:10.1007/s003470070081
- [9] HIRASAWA, Kazunori, Kaoru KOBAYASHI, Asuka SHIBAMOTO, Houmi TOBARI, Yuki FUKUDA, Nobuyuki SHOJI a Enkelejda KASNECI. Variability in monocular and binocular fixation during standard automated perimetry. *PLOS ONE* [online]. 2018, 13(11) [cit. 2022-01-02]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0207517
- [10] CRABB, David P. a Ananth C. VISWANATHAN. Integrated visual fields: a new approach to measuring the binocular field of view and visual disability. *Graefes's*

- Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* [online]. 2004, 243(3), 210-216 [cit. 2022-01-02]. ISSN 0721-832X. Dostupné z: doi:10.1007/s00417-004-0984-x
- [11] WAKAYAMA, Akemi, Chota MATSUMOTO, Yoriko AYATO, Yoshikazu SHIMOMURA a José M. GONZÁLEZ-MÉIJOME. Comparison of monocular sensitivities measured with and without occlusion using the head-mounted perimeter imo. *PLOS ONE* [online]. 2019, 14(1) [cit. 2021-12-29]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0210691
- [12] BOLANOWSKI, Stanley J. a Robert W. DOTY. Perceptual “blankout” of monocular homogeneous fields (Ganzfelder) is prevented with binocular viewing. *Vision Research* [online]. 1987, 27(6), 967-982 [cit. 2021-12-29]. ISSN 00426989. Dostupné z: doi:10.1016/0042-6989(87)90012-5
- [13] TONG, Frank, Ken NAKAYAMA, J.Thomas VAUGHAN a Nancy KANWISHER. Binocular Rivalry and Visual Awareness in Human Extrastriate Cortex. *Neuron* [online]. 1998, 21(4), 753-759 [cit. 2021-12-29]. ISSN 08966273. Dostupné z: doi:10.1016/S0896-6273(00)80592-9
- [14] NELSON-QUIGG, Jacqueline M., Kimberly CELLO a Chris A. JOHNSON. Predicting binocular visual field sensitivity from monocular visual field results. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2000, 41(8). Dostupné z: doi:2212-2221
- [15] BRO, Tomas a Bertil LINDBLÖM. Strain out a gnat and swallow a camel? - vision and driving in the Nordic countries. *Acta Ophthalmologica* [online]. 2018, 96(6), 623-630 [cit. 2021-12-27]. ISSN 1755375X. Dostupné z: doi:10.1111/aos.13741
- [16] Visual standards for driving in Europe: A Consensus Paper. *European Council of Optometry and Optics*. 2017, , 14.
- [17] Directive 2006/126/EC of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on driving licences, as amended
- [18] INNERDAL, Cato, Julian Raffael EKSTRAND, Vibeke Dons WANKELE a Øystein Kalsnes JØRSTAD. Visual field requirements for driving in Europe: the risk of inaccurate interpretation of visual field findings when using the binocular Esterman programme. *Acta Ophthalmologica* [online]. 2019, 97(6) [cit. 2021-12-27]. ISSN 1755-375X. Dostupné z: doi:10.1111/aos.14071
- [19] Commission Directive 2009/113/EC of 25 August 2009 amending Directive 2006/126/EC of the European Parliament and of the Council on driving licences, as amended

- [20] GRUNDLER, Wolfgang, Hans STRASBURGER a Sergio A. USECHE. Visual attention outperforms visual-perceptual parameters required by law as an indicator of on-road driving performance. *PLOS ONE* [online]. 2020, 15(8) [cit. 2022-01-02]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0236147
- [21] Zákon č. 361/2000 sb., Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- [22] Vyhláška č. 277/2004 Sb., Vyhláška o stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel s podmínkou a náležitosti lékařského potvrzení osvědčujícího zdravotní důvody, pro něž se za jízdy nelze na sedadle motorového vozidla připoutat bezpečnostním pásem (vyhláška o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel), ve znění pozdějších předpisů
- [23] DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 16 dicembre 1992, n. 495 Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada. Dostupné z: normativa.it
- [24] WOOD, Joanne M. Aging, driving and vision. *Clinical and Experimental Optometry* [online]. 2002, 85(4), 214-220 [cit. 2022-03-29]. ISSN 0816-4622. Dostupné z: doi:10.1111/j.1444-0938.2002.tb03040.x
- [25] AYALA, Marcelo. Comparison of the monocular Humphrey visual field and the binocular Humphrey esterman visual field test for driver licensing in glaucoma subjects in Sweden. *BMC Ophthalmology* [online]. 2012, 12(1). ISSN 1471-2415. Dostupné z: doi:10.1186/1471-2415-12-35
- [26] BROADWAY, David C. Visual field testing for glaucoma – a practical guide. *Community eye health*. 2012, (25), 5. ISSN 0953-6833.
- [27] *Medmont M700 Automated Perimeter* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://medmont.com.au/m700-automated-perimeter/>

Seznam symbolů a zkratek

Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
<i>RNFL</i>	Mm	Tloušťka vrstvy nervových vláken sítnice
<i>GCC</i>	Mm	Tloušťka Ganglion Cell Complex
<i>FLV</i>	%	Lokální objem ztráty
<i>GLV</i>	%	Celkový objem ztráty
<i>NOT</i>	mmHg	Nitrooční tlak

Seznam zkratek

Zkratka	Význam
ZP	Zorné pole
EU	Evropská unie
POAG	Primární glaukom s otevřeným úhlem
GS	Suspektní glaukom
NTG	Normotenzní glaukom
OCT	Optická koherenční tomografie
OP	Pravé oko
OL	Levé oko
N	Nazálně
T	Temporálně
BS	Slepá skvrna
ŘT	Řidičský test

Příloha A: Výchozí data skupiny 1

ID	datum	rok narození	pohlaví (M/Ž)	aktivní řidič	PD bino (mm)	ARK	NOT (mmHg)	OCT:			čas ŘT:				
								RNFL (μ m)	c/d poměr	GCC (μ m)	FLV (%)	GLV (%)	mono (min)	bino (min)	
1	23.3.2022	1992	M	ano	64	OP	-3,50/-0,50x8	17	85	0,00	94	0,38	3,14	2,7	1,9
						OL	-3,50/-0,50x150	19	81	0,00	90	0,23	5,20	3,9	
2	23.3.2022	1984	Ž	ano	61	OP	-0,50	15	95	0,17	90	0,62	5,67	4,1	2,9
						OL	-0,25/-0,75x150	14	95	0,24	90	0,56	5,41	2,8	
3	24.3.2022	2000	Ž	ne	60	OP	-1,75/-0,50x140	18	103	0,27	104	0,17	0,20	3,2	2,0
						OL	-1,00/-0,75x12	16	103	0,30	102	0,15	0,15	2,8	
4	24.3.2022	2000	Ž	ano	63	OP	-1,00	13	94	0,21	95	0,48	1,71	3,3	1,8
						OL	-0,75/-0,50x60	14	98	0,28	99	0,63	0,84	3,1	
5	24.3.2022	1998	Ž	ne	62	OP	0,75/-0,25x135	16	105	0,28	107	0,19	0,24	3,4	2,2
						OL	0,00/-0,50x160	14	110	0,37	108	0,04	0,07	3,0	
6	24.3.2022	2000	Ž	ne	58	OP	0,00/-0,50x176	14	98	0,34	95	1,03	2,06	4,5	1,9
						OL	-1,25/-0,75x167	16	98	0,24	92	1,19	3,08	2,8	
7	24.3.2022	1998	Ž	ne	62	OP	0,00/-0,50x96	17	110	0,31	99	1,03	1,29	3,7	2,0
						OL	0,00/-0,50x85	17	111	0,31	99	0,92	1,07	3,6	
8	24.3.2022	2000	Ž	ano	62	OP	-1,00/-0,50x20	16	91	0,00	97	0,38	0,95	3,1	1,9
						OL	-0,75/-0,75x149	15	93	0,13	101	0,44	0,54	2,6	
9	24.3.2022	1979	Ž	ano	61	OP	0,50/-0,50x180	16	104	0,41	98	0,09	0,77	2,9	2,1
						OL	0/-0,50x65	16	103	0,26	96	0,18	1,22	2,9	
10	24.3.2022	1979	Ž	ano	62	OP	0,25	17	102	0,20	100	0,11	0,80	2,9	2,2
						OL	-0,25	17	105	0,18	103	0,05	0,50	2,8	
11	24.3.2022	2000	Ž	ne	57	OP	1,00/-0,25x120	18	103	0,19	111	0,06	0,07	3,0	1,8
						OL	1,00/-0,25x173	17	106	0,15	107	0,07	0,08	4,7	
12	11.4.2022	1998	M	Ano	65	OP	-2,75/-0,75x87	14	98	0,28	99	0,02	0,63	5,2	2,0
						OL	-3,25/-0,25x58	20	95	0,18	99	0,14	1,14	3,0	
13	11.4.2022	1977	M	Ano	54	OP	0,00/-0,50x7	15	96	0,39	86	0,44	8,86	3,1	2,0
						OL	0,25/-0,25x166	15	93	0,39	86	1,06	8,73	2,8	
14	11.4.2022	1970	M	Ano	62	OP	3,25	10	94	0,14	97	1,30	1,86	3,8	1,9
						OL	4,00/-0,50x94	10	97	0,07	100	0,15	0,38	3,7	
15	11.4.2022	2000	M	Ano	71	OP	-1,50/-0,50x110	11	105	0,14	102	0,00	0,04	2,6	2,0
						OL	-1,75/-0,25x34	11	105	0,04	104	0,00	0,00	2,9	
16	13.4.2022	2000	Ž	Ano	59	OP	0,50/-0,50x91	17	95	0,25	91	0,95	4,06	2,9	1,9
						OL	0,75/-1,00x93	15	95	0,26	91	1,03	4,26	2,6	
17	13.4.2022	1986	Ž	Ano	65	OP	-0,25/-0,50x175	13	112	0,30	112	0,22	0,16	2,8	2,0
						OL	0,75/-1,50x180	16	112	0,33	113	0,16	0,16	3,0	
18	13.4.2022	1966	Ž	ne	62	OP	0,50/-0,50x112	17	96	0,33	105	0,20	0,25	3,0	1,9
						OL	0,75/-0,25x95	18	96	0,38	106	0,24	0,25	2,9	
19	13.4.2022	1996	Ž	Ano	59	OP	-0,50/-0,25x106	9	100	0,30	100	0,06	0,05	2,8	2,1
						OL	-0,25/-0,50x076	9	110	0,25	98	0,10	0,12	2,8	
20	13.4.2022	2000	Ž	ne	60	OP	-0,25	15	109	0,00	111	0,00	0,00	3,1	2,2
						OL	0,50/-0,25x110	15	114	0,00	109	0,00	0,01	3,4	

Příloha B: výchozí data skupiny 2

D	datum (2022)	rok narození	pohlaví (M/Ž)	PD bino (mm)	ARK	OCT:					Čas ŘT:					vzor. defekt	celk. defekt
						NOT (mmHg)	RNFL (μ m)	c/d poměr	GCC (μ m)	FLV (%)	GLV (%)	mono (min)	bino (min)	Dg			
21	22.3.	1935	M	72	OP	0,75/-2,00x180	10	65	0,70	64	10,01	31,13	7,1	4,7	POAG	3,11	-2,56
					OL	1,25/-0,50x150	11	80	0,40	93	1,86	6,15	5,0	4,7	POAG	0	0
22	6.4.	1977	M	62	OP	-2,25/-1,00x15	11	66	0,33	68	10,13	29,19	4,6	2,3	sec. gl.	4,48	-1,09
					OL	-2,75/-0,75x75	28	63	0,45	66	5,66	31,21	3,9	2,3	sec. gl.	7,91	-0,03
23	6.4.	1947	M	67	OP	2,75/-0,75x110	17	84	0,43	84	4,27	11,04	3,8	2,5	POAG	5,08	0,92
					OL	3,00/-1,00x85	19	81	0,27	84	7,94	9,05	5,7	2,5	POAG	5,5	1,15
24	6.4.	1939	Ž	65	OP	0,75/-1,5x85	14	98	0,50	88	0,90	6,79	5,0	2,5	GS	4,98	-1,68
					OL	plan/-0,75x85	17	88	0,59	95	1,63	2,53	5,2	2,5	GS	4,16	-1,6
25	6.4.	1955	M	74	OP	0,50/-1,0/10	10	122	0,15	118	0,00	0,00	3,3	3,1	PACG	3,43	3,54
					OL	-1,0/-0,75x120	15	68	0,83	79	5,97	16,16	6,3	3,1	PACG	17,21	-2,68
26	6.4.	1946	Ž	67	OP	0,50/-0,50x130	12	62	0,89	67	9,53	27,76	4,0	3,0	PACG	14,84	-5,04
					OL	0,50/-1,0x85	15	58	0,88	66	9,56	28,79	4,4	3,0	PACG	16,30	-4,27
27	6.4.	1940	M	63	OP	0,50/-1,50x105	8	51	0,71	73	6,34	21,68	6,3	3,1	NTG	14,33	-1,61
					OL	1,0/-1,75x95	8	74	0,50	90	1,86	6,05	4,3	3,1	NTG	4,91	0,33
28	6.4.	1954	Ž	58	OP	1,75	19	102	0,40	98	0,36	0,94	4,6	2,4	POAG	2,72	2,26
					OL	2,00/-0,50x114	17	99	0,26	96	0,05	0,95	5,4	2,4	POAG	4,19	2,21
29	6.4.	1943	Ž	65	OP	0,00/-2,25x105	9	74	0,75	74	5,23	20,69	6,2	3,0	POAG	8,87	-0,51
					OL	-0,75/-2,25x65	11	63	0,63	78	4,92	16,78	5,8	3,0	POAG	4,77	0,18
30	21.4.	1953	Ž	65	OP	0/-0,75x170	18	99	0,01	94	0,95	2,21	3,2	2,4	POAG	8,14	1,46
					OL	0,5/-1x10	28	92	0,01	94	1,21	2,58	3,3	2,4	POAG	10,12	3,20
31	21.4.	1945	M	59	OP	0,5/-0,5x100	16	64	0,83	61	13,08	32,92	5,3	2,7	POAG	12,66	0,57
					OL	-3,25/-0,75x140	16	86	0,39	84	3,04	10,06	4,8	2,7	POAG	4,87	0,39
32	12.4.	1946	M	70	OP	0,00/-1,50x120	16	86	0,74	81	4,27	13,64	7,1	4,6	POAG	10,23	0,05
					OL	0,75/-1,50x105	17	101	0,50	101	0,40	0,49	4,7	4,6	POAG	3,55	1,43
33	12.4.	1942	Ž	62	OP	4,00/-3,50x175	15	76	0,78	78	6,59	16,02	5,0	3,0	POAG	13,91	-1,94
					OL	4,25/-3,00x15	12	75	0,43	74	7,06	19,70	7,7	3,0	POAG	11,04	-5,35
34	12.4.	1960	M	71	OP	0,75/-1,25x100	12	62	0,57	80	5,87	16,40	4,2	2,8	POAG	8,19	0,77
					OL	0,50/-0,50x10	11	100	0,05	101	0,06	0,31	3,4	2,8	POAG	2,24	3,64
35	13.4.	1944	M	67	OP	0,00	20	61	0,66	69	6,72	25,32	7,5	7,6	POAG	12,66	1,22
					OL	1,25/-1,00x95	20	56	0,73	70	7,18	24,06	7,0	7,6	POAG	17,59	0,15
36	13.4.	1946	Ž	62	OP	-2/-0,75x150	14	76	0,37	78	2,18	16,79	4,8	3,4	POAG	2,04	3,55
					OL	0,75/-1,25x100	8	49	0,27	62	6,67	33,57	5,7	3,4	POAG	6,02	1,84
37	13.4.	1945	Ž	61	OP	+0,5/-0,5x45	9	77	0,58	76	10,11	19,71	4,7	5,2	sec. gl.	6,18	3,11
					OL	+0,5/-1x175	14	72	0,73	68	11,33	26,46	5,7	5,2	sec. gl.	6,23	2,36
38	13.4.	1939	Ž	65	OP	-2/-0,50x60	7	59	0,30	63	11,85	31,63	5,4	2,6	POAG	9,30	7,58
					OL	-2/-0,50x60	12	56	0,32	72	9,13	22,84	4,8	2,6	POAG	6,21	4,15
39	13.4.	1946	Ž	64	OP	-1,5/-0,5x165	15	79	0,74	94	1,88	3,64	3,9	3,0	POAG	2,84	0,52
					OL	-1,75/-1,0x105	16	55	0,89	64	13,16	29,90	6,1	3,0	POAG	13,07	-3,54
40	13.4.	1947	Ž	64	OP	0,75	16	79	0,69	75	11,22	18,92	5,4	4,0	sec. gl.	4,46	1,7
					OL	0/0,50x137	14	82	0,50	163	0,11	0,11	5,6	4,0	sec. gl.	14,53	8,38