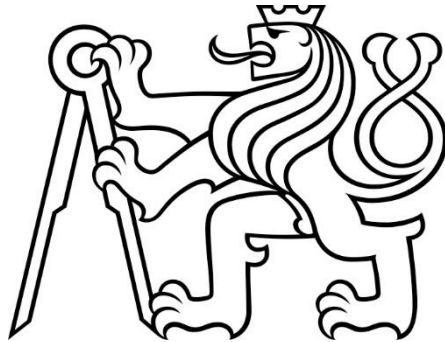


**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2022

**MARIE
TRNKOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů

Vybrané metody měření šíře zornice na souboru klientů optiky

Selected methods of pupil size measurement on a set of optics clients

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Marie Trnková

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Markéta Žáková Ph.D.

Kladno 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Trnková** Jméno: **Marie** Osobní číslo: **496249**
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:

Vybrané metody měření šíře zornice na souboru klientů optiky

Název bakalářské práce anglicky:

Selected methods of pupil size measurement on a set of optics clients

Pokyny pro vypracování:

Práce se bude zabývat anatomí a patologií pupily. Popíše její funkci v systému oka a v závislosti na okolním prostředí. Studentka vysvětlí metody měření šíře zornice, seřadí metody chronologicky, bude se zabývat rešerší efektivnosti a přesnosti těchto metod měření. Stanoví význam měření šíře zornice pro optometrii. V praktické části, na souboru probandů optiky, provede měření zornic vybranými metodami a jejich výsledky a přesnost měření vzájemně porovná a vyhodnotí.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kuchynka, Pavel a kol., Oční lékařství, Grada, číslo ISBN 978-80-247-5079-8, 2016, 903 s.
- [2] JIRÁSKOVÁ, Naďa, Neurooftalmologie: minimum pro praxi, ed. 1, Triton, 2001, ISBN 80-725-4177-3
- [3] OTRADOVEC, Jiří, Klinická neurooftalmologie, ed. 1, GRADA, 2003, ISBN 80-247-0280-0
- [4] BRISSON, Julie, Marc MAINVILLE, Dominique MAILLOUX, Christelle BEAULIEU, SERRES a Sylvain, Behavior Research Methods, ed. 1, ročník 45, číslo 4, 2013, Springer New York, 1554-3528

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Mgr. Markéta Žáková, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

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: Vybrané metody měření šíře zornice na souboru klientů optiky

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá metodami měření šíře zornice. Představuje význam měření šíře zornice a všechny dostupné metody pro její měření. V práci je popsána anatomie a patologické stavy zornice ovlivňující její šířku a fotoreakci. Popisuje funkci zornice v systému oka a v závislosti na okolním prostředí. V praktické části jsou porovnány naměřené hodnoty vybraných metod a zhodnocena přesnost jejich měření.

Klíčová slova:

Zornice, měření šíře zornice, mióza, mydriáza, duhovkové svaly

Bachelor's Thesis title: Selected methods of pupil size measurement on a set of optics clients

Abstract:

The bachelor thesis deals with methods of measuring pupil size. It presents the importance of measuring pupil size and all available methods for its measurement. The thesis describes the anatomy and pathological conditions of the pupil affecting its width and photoreaction. The work also discusses the function of the pupil in the eye system and its dependance on the environment. In the practical part, the measured values of selected methods are compared and the accuracy of their measurements is evaluated.

Key words:

The pupil, pupil size measurement, myosis, mydriasis, iris muscles

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala své vedoucí Mgr. Markétě Žákové Ph.D. za pomoc s výběrem tématu a vypracováním této bakalářské práce a Ing. Jakobovi Šebkovi za pomoc se statistickým zpracováním experimentální části.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Vybrané metody měření šíře zornice na souboru klientů optiky*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k 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	Zornice.....	2
2.1	Anatomie.....	2
2.1.1	Svaly duhovky	2
2.1.1.1	Inervace svalů duhovky.....	3
2.2	Funkce zornice	4
2.3	Šíře zornice	4
3	Fyziologie zornice	5
3.1	Reakce zornice na světlo a tmou.....	5
3.1.1	Aferentní dráha	5
3.1.2	Parasympatická eferentní dráha.....	6
3.1.3	Sympatická eferentní dráha	7
3.2	Reakce zornice na konvergenci	8
3.3	Reakce zornice na psychické a senzitivní podněty	8
4	Patologie zornice	9
4.1	Anizokorie	9
4.2	Poruchy pupilomotorického reflexu	10
4.2.1	Aferentní pupilární poruchy	10
4.2.2	Eferentní parasympatické pupilární poruchy.....	10
4.2.2.1	Parinaudův syndrom.....	11
4.2.2.2	Argyll-Robertsonův syndrom.....	11
4.2.2.3	Pupilotonie	11
4.2.2.4	Adieho zornice	12
4.2.3	Eferentní sympatické pupilární poruchy	12
4.2.3.1	Hornerův syndrom.....	13
5	Vyšetření zornice.....	14
5.1	Metody měření šíře zornice	14
5.1.1	Ruční pupilometry	14
5.1.1.1	Haabův pupilometr.....	14
5.1.1.2	Bernell MDEP	15

5.1.2	Mobilní aplikace	17
5.1.2.1	Reflex	17
5.1.2.2	Pupil Gauge	18
5.1.3	Autorefraktometry	18
5.1.4	Metody využívající infračervené světlo	19
5.1.4.1	NPI-200 pupilometr.....	19
5.1.4.2	Metrovision	21
5.1.4.3	Hitomiru® Pupilometr	22
5.1.5	Eyetrackery	23
5.1.5.1	Tobii Pro.....	24
5.1.5.2	Eyelink	26
5.1.6	Topografy a keratometry	26
5.1.6.1	OCULUS Keratograph 5M	27
5.1.6.2	Sirius.....	28
6	Experimentální část (výsledky)	29
6.1	Úvod do praktické části	29
6.2	Metodika	29
6.2.1	Měřené osoby	29
6.2.2	Pomůcky a postup měření	29
6.2.2.1	Metoda 1 - Haabův pupilometr	30
6.2.2.2	Metoda 2 - Pupil Gauge	30
6.2.2.3	Metoda 3 - Keratograph 5M.....	30
6.2.2.4	Metody statistické analýzy	31
6.3	Hypotézy	31
6.3.1	Nulové hypotézy	31
6.3.2	Alternativní hypotézy	31
6.4	Výsledky	32
6.4.1	Výsledky 1. metody	32
6.4.2	Výsledky 2. metody	33
6.4.3	Výsledky 3. metody	33
6.4.4	Statistická analýza nulových hypotéz.....	34
6.4.5	Alternativní hypotézy	37
7	Diskuse	39

8	Shrnutí	40
9	Závěr.....	41
	Seznam použité literatury	42
	Seznam symbolů a zkratek	45
	Seznam obrázků.....	46
	Seznam tabulek.....	47
	Seznam příloh.....	48

1 Úvod

Zornice je kruhový otvor, který propouští a reguluje množství světelných paprsků dopadajících na sítnici. Patologická šíře zornice a její reakce mohou ovlivnit schopnost oka vidět ostře za různých světelných podmínek. Tyto komplikace by mohly mít vliv na optometrické vyšetření a jeho výsledky.

Téma „*Vybrané metody měření šíře zornice na souboru klientů optiky*“ jsem si vybrala, jelikož se zornice a její reakce běžně v optometrické a oftalmologické praxi nevyšetřují. Proto jsem chtěla ve své práci upozornit na významnost vyšetření šíře zornice a představit dostupné metody pro toto vyšetření.

V úvodní části práce popisují anatomii zornice, její funkci a šíři. Dále se věnuji fyziologii zornice, kde popisují její reakce na různé podněty. Následující část práce představuje patologické stavy zornice. V poslední kapitole přibližují čtenáři všechny dostupné metody měření šíře zornice. Porovnání vybraných metod se věnuji v experimentální části mé práce, kde jsou metody posouzeny vzhledem k jejich efektivnosti a přesnosti.

2 Zornice

Zornice je kruhový otvor, který reguluje množství světla dopadajícího do oka. Díky tomu je velmi důležitou součástí našeho každodenního vidění.

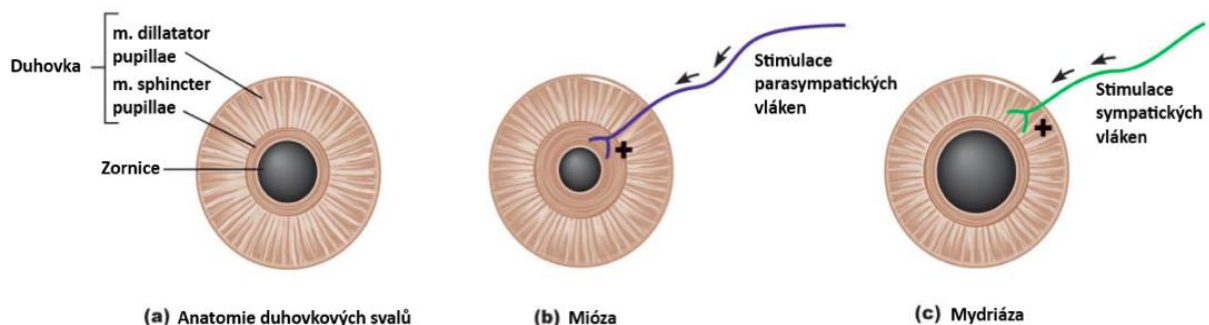
2.1 Anatomie

Zornice (*pupilla*) je kruhový otvor nacházející se mírně nazálně dolů od středu duhovky (*iris*). Zornice neustále mění svoji šíři. Změna šíře je ovlivněna dvěma antagonistickými hladkými svaly sfinkterem a dilatátorem nacházejícími se v duhovkovém stromatu. [1] [2]

2.1.1 Svaly duhovky

Musculus sphincter pupillae (sfinkter, svěrač zornice) je kruhový sval uložený blízko povrchu duhovkového stromatu obkružující pupilární okraj. Tloušťka sfinkteru se udává v rozmezí 0,75–0,80 mm. Při kontrakci svěrače zornice dochází k jeho zúžení nazývaném mióza (*miosis*). Zúžením zornice vystoupí do popředí pigmentový list duhovky a díky tomu ho lze spatřit jako černohnědý vrásčitý lem. Vnější část svalu se prolíná s druhým svalem dilatátorem, proto není příliš zřetelná. [3] [4]

Musculus dilatator pupillae (dilatátor, rozvěrač zornice) se skládá z radiálně uspořádaných vláken. Buňky dilatátoru nejsou úplně vyvinuty ve svalové vlákno je to tzv. myoepiteliální sval. Tyto svaly obsahují mimo jiné i pigment. Rozvěrač zornice začíná u vnějšího okraje duhovky a končí zhruba 2 mm od okraje zornice. Jeho kontrakce způsobuje rozšíření zornice zvané mydriáza (*mydriasis*). [3] [4] [5]



Obrázek 1: Anatomie a funkce duhovkových svalů [6]

Oba svaly zmíněné výše *musculus sphincter pupillae* a *musculus dilatator pupillae* se vyvíjí z neuroepitelu přesněji z předního listu okraje očního pohárku (pigmentového epitelu duhovky). Jako první vzniká sfinkter, dilatátor se tvoří až v posledních měsících těhotenství a na rozdíl od sfinkteru se neodděluje od předního listu okraje očního pohárku. [4]

2.1.1.1 Inervace svalů duhovky

Svaly duhovky jsou inervovány autonomním (vegetativním) nervstvem, které není ovlivněno naší vůlí. Na vegetativní nervové soustavě závisí několik důležitých procesů probíhajících v našem těle jako je činnost trávicí, vylučovací, dýchací, srdeční a cévní. Vegetativní nervový systém dělíme na dvě části parasympatikus a sympatikus, které jsou antagonistické stejně jako svaly duhovky. [1]

Inervaci *musculus sphincter pupillae* mají na starost tři úseky: parasympatická vlákna III. hlavového páru nervů – *nervus oculomotorius* a jejich nervová zakončení, presynaptické a postsynaptické útvary tvořící myoneurální spojení s postsynaptickými receptory acetylcholinového typu, a nakonec hladký sval (zornicový svěrač). Vyvolání vzruchu začíná uvolněním acetylcholinu z vezikul presynaptických cholinergních nervových zakončení. Postsynaptické cholinergní receptory jsou stimulovány vezikulami a jejich obsah je uvolňován do synaptické štěrbiny (mezibuněčný prostor synapse). Enzym cholinesteráza ukončuje působení parasympatického mediátoru (acetylcholinu) jeho hydrolýzou. Spojení acetylcholinesterázy je obsaženo nejen v *m. sphincter pupillae* a *m. ciliaris*, ale také v dalších očních tkáních jako jsou rohovkový epitel, cévnatka a sítnice. [3] [4]

Musculus dilatator pupillae je inervován vlákny sympatiku. Dilatace pupily začíná v ciliospinálním centru (Budgeho centrum) které se nachází mezi krční a hrudní míchou. Do tohoto centra přichází řídicí impulsy z diencefala, odkud poté pokračuje eferentní dráha do horního krčního ganglia (*ganglion cervicale superior*) skrze krční sympatikus. Z krčního ganglia dále vychází postsynaptická nervová vlákna kolem vnitřní krkavice (*arteria carotis interna*) do *plexus caroticus internus* a *plexus cavernosus*. Z kavernózní pleteně vznikají větve pro oko a oční orgány, do které pronikají skrze *fissura orbitalis superior*. Vlákna větví mají na starost dilataci zornice i inervaci cév. [4]

Z *plexus cavernosus* vychází i vlákna, která v jemném svazečku jdou ke Gasserovu gangliu a společně s první větví V. hlavového nervu (*nervus trigeminus*) vnikají do očníce. Poté s nasociliární větví *nervus trigeminus* (trojklaný nerv) vnikají do bulbu jako dlouhá ciliární vlákna a způsobují mydriázu. [4]

2.2 Funkce zornice

Hlavní funkcí zornice je regulace světla, které vstupuje do oka. Proto je někdy nazývána jako irisová clona. Světlo dopadá na sítnici, která potřebuje určité množství světla a tak, při mióze pupila zabraňuje oslnění. Naopak při nedostatku světla se mydriázou snaží na sítnici propustit co nejvíce světelných paprsků. K zúžení pupily dochází i při konvergenci zorných os, kde se oko fixuje na blízký předmět, a tak jsou odcloněny okrajové světelné paprsky a tím zornice snižuje chromatickou vadu oční čočky a zvyšuje hloubku ostrosti. Změna velikosti zornice nastává i jako reakce na psychosenzorické podněty, tj. bolest, strach či radost. Další důležitou funkcí zornice je koloběh a výměna nitrooční tekutiny ze zadní komory do přední komory. [4] [7]

2.3 Šíře zornice

Fyziologická šíře zornice je určena vzájemným poměrem sympatické a parasympatické inervace. V průběhu života je zornice závislá na více faktorech jako je věk, intenzita osvětlení, barvě duhovky, refrakci oka aj. U myopického oka bývá zornice širší než u hypermetropického oka. Velikost zornice se mění i v průběhu dne; po probuzení jsou zornice širší, zatímco během spánku se dle jeho hloubky zornice zužují. Zornice je úzká i v kómatu či v celkové anestezii. Při hypnóze, hysterickém nebo epileptickém záchvatu jsou zornice širší. V předsmrtné agónii se zornice zužují, v okamžiku smrti se opět rozšíří a několik dní po smrti se opět plynule zužují. [7] [8]

Jak už bylo řečeno, velikost zornice se mění celý život. Novorozenci mají úzké zornice, děti 4–6 let mají už širší zornice 4–5 mm. V dospělosti se šíře podle některých zdrojů udává 2–5 mm a dle jiných 2–8 mm. V pozdním věku se zornice opět zužují vzhledem k stáří a tím způsobenému ochabnutí svalů na 2–3 mm. [1] [8] [9]

3 Fyziologie zornice

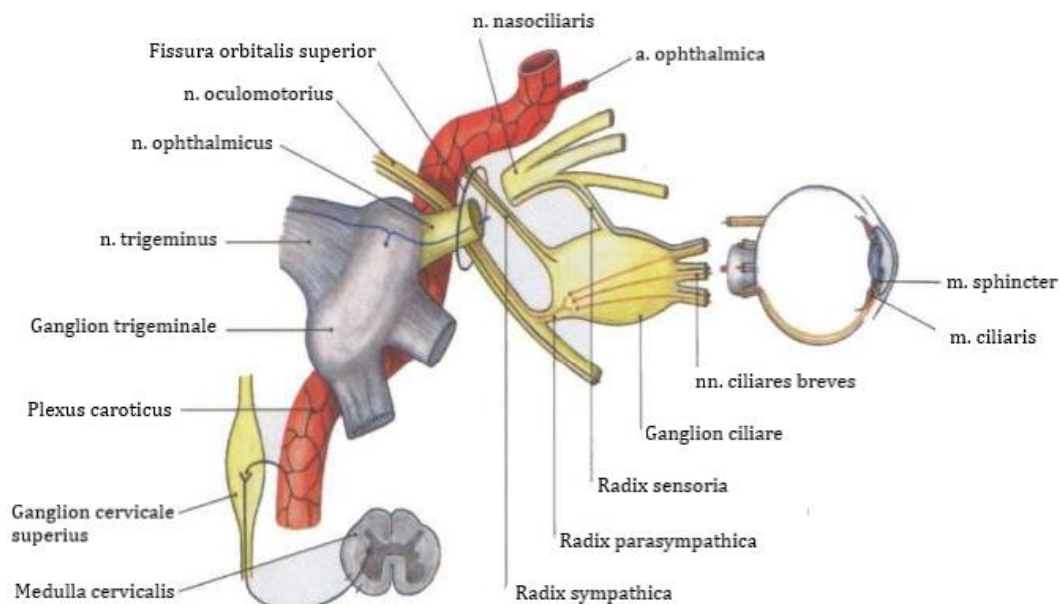
Tato kapitola se zabývá reakcemi zdravé (fyziologické) zornice na změny světelných podmínek, konvergenci a jiné podněty. Tyto reakce jsou zprostředkovány tzv. reflexním obloukem. Reflexní oblouk začíná v receptoru, pokračuje aferentní (dostředivou) dráhou, která vede nervový vzruch do mozku a odtud jde eferentní (odstředivou) dráhou do efektoru. Efektorem jsou v tomto případě duhovkové svaly, které zareagují na stimul receptoru – např. na změnu osvětlení. [5]

3.1 Reakce zornice na světlo a tmu

Pupilomotorický reflex (pupilární fotoreakce) je reakce zornice na světlo a tmu. Detailní popis částí pupilomotorického reflexu je uveden níže.

3.1.1 Aferentní dráha

Aferentní část pupilární fotoreakce je vedena senzoryckými vlákny druhého hlavového nervu – *nervus opticus* (n. II), která z asi 20 % tvoří vlákna pregenikulární části zrakové dráhy. Z makulární krajiny přichází velké množství axonů, proto dochází k nejvíce postižením zornicových reakcí současně s poklesem centrální zrakové ostrosti. Aferentní vlákna zornicové fotoreakce prochází optikem poté chiasmatem, kde se částečně kříží přes *tractus opticus* až před genikulát (*corpus geniculatum laterale*), u kterého se oddělují od senzoryckých vláken a nedochází tak k synapsi. Dráha pokračuje k pretektální oblasti (krajíně) na pomezí diencefala a mezencefala, kde končí oboustranně v pretektálních jádrech. Udává se, že v pretektální krajíně dochází k první synapsi fotoreakce (reflexu). Obě pretektální jádra jsou propojena mezi sebou se stejnostranným – Edinger-Westphalovo (EW) jádrem a druhostranným parasympatickým jádrem n. III pomocí interneuronů. Zde se dráha dělí na dvě části jedna jde k Edinger-Westphalovu jádru a druhá část se kříží na opačnou stranu cestou zadní komisury. Tímto se vysvětluje konsenzuální reflex, při kterém dochází k zúžení zornice neosvíceného oka. [3] [4] [10]



Obrázek 2: Průběh aferentní dráhy [11]

Dráha pro akomodaci prochází v přední části mezencefala přímo do vrstev *colliculus superior laminae quadrigeminae* a odtud pokračuje ke spodní části buněk Edinger-Westphalova jádra. [4]

3.1.2 Parasympatická eferentní dráha

Eferentní složka pupilomotorického reflexu je opatřena dvouneuronovou parasympatickou dráhou: neuron z EW jádra uloženého v mezencefalu vedoucí do *ganglion ciliare* a *nn. ciliares breves* z *ganglion ciliare* do *m. sphincter pupillae*. Fascikulární část n. III. ve středním mozku prochází skrze červené jádro (*nucleus ruber*) a corticospinální trakt (*tractus corticospinalis*) k interpedunkulárním cisternám. V *sulcus medialis cruris cerebri* ve *fossa interpeduncularis mesencephali* opouští okoohybný nerv střední mozek. V dorzomediální části n. III. jsou uložena pupilární vlákna, kvůli tomuto umístění jsou velmi zranitelná na vnější poranění, která by mohla vlákna utlačovat. V další části proniká v blízkosti *cessus clinoides posterior* tvrdou plenou (*dura mater*) n. III. Postupuje až do horní očníkové štěrbině (*fissura orbitalis superior*) skrz laterální stěnu kavernózní sinus (*sinus cavernosus*). V tomto místě se rozdělí na dvě větve horní a dolní, které vstoupí do očnice přes společnou šlachy okoohybných svalů (*anulus tendineus communis, Zinnii*). Preganglionární vlákna parasympatiky jdou nejprve s dolní větví a po její opuštění vstupují do ciliárního ganglia jako *radix brevis*. Dochází k synapsi a poté postganglionární vlákna prochází sklérou a jako *nn. ciliares breves* inervují *m. sphincter pupillae* a *m. ciliaris* (ciliární sval). [3] [10]

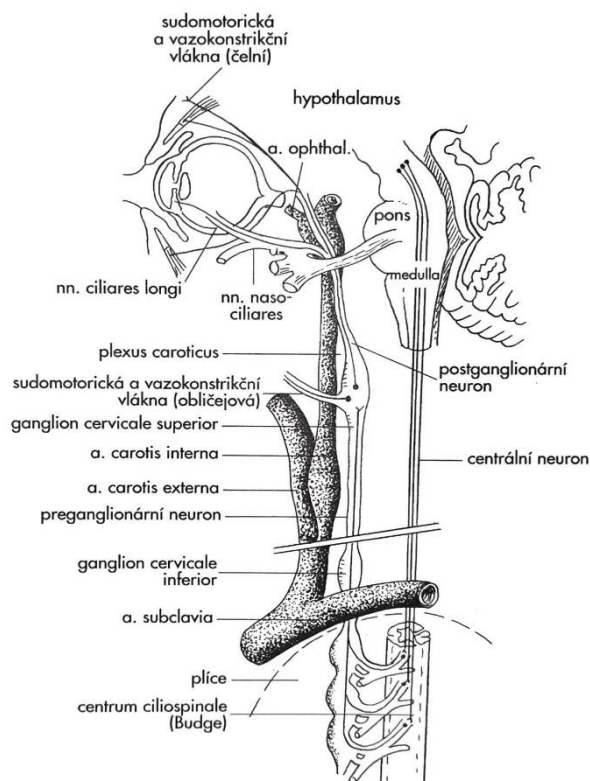
3.1.3 Sympatická eferentní dráha

Sympatická eferentní dráha je na rozdíl od parasympatické třineuronová:

- první neuron prochází do Budgeho centra z hypotalamu,
- druhý neuron z míchy skrze truncus sympatiku do *ganglion cervicale superius*,
- z ganglia vychází třetí neuron, který jde přes *ganglion ciliare* kolem vnitřní krkavice pokračuje k *nn. ciliares breves* do *m. dilatator pupillae*.

Tato dráha začíná prvním neuronem vycházejícím ze zadního hypotalamu, z kterého jdou descendentní vlákna probíhající mozkovým kmenem a míchou do Budgeho centra ve výši kraniálního sympatiku (C8-Th3). Druhý neuron opouští míchu ve výši Th1 a prochází podél páteře, odkud jde část v blízkosti plicních vrcholů a část se kříží s podklíčkovou tepnou. Preganglionární vlákna jdou až do lební báze v krčním gangliu (*ganglion cervicale superior*), kde se připojují k synapsi. Poslední postganglionární neuron se spojuje v periarteriální plexus *a. carotis interna* a připojují se k první (oftalmické) větvi n. trigeminus v sinus cavernosus. Větev trigeminu proniká horní orbitální fisurou (*fissura orbitalis superior*) do očníce, odkud pokračují sympatická vlákna k dilatátoru zornice jako *n. nasociliaris* a *nn. ciliares longi*. Zbylá vlákna postupují jako periarteriální pleteň *a. ophthalmica*, která inervuje slznou žlázu, Müllerův sval a vazomotorická vlákna. [3] [10]

Důležitou skutečností je, že se sympatické eferentní dráhy se nikde nekříží. Také, že tonus zornicového dilatátoru závisí na hladině katecholaminů tvořených sympatickým autonomním systémem a není závislý na množství světla či akomodaci. Adrenergní receptory, na které se váže katecholamin dělíme do čtyř kategorií: α_1 , α_2 , β_1 a β_2 . Alfa 1 receptory mají na starost stah hladkých svalů. Receptory alfa 2 zajišťují inhibici presynaptických nervových zakončení. Alfa adrenoreceptory jsou obsaženy v *m. dilatator pupillae*, jehož funkce je ovlivněna agonisty alfa receptorů. [10]



Obrázek 3: Průběh sympatické dráhy [3]

3.2 Reakce zornice na konvergenci

Při pohledu na blízký předmět oči konvergují, akomodují a zužují se. Jedná se o účelovou reakci, se záměrem zobrazení ostrého obrazu blízkého předmětu na sítnici. Reakci na blízký předmět zajišťují ventrální vlákna uložená v dorzálním mezencefalu. [3]

3.3 Reakce zornice na psychické a senzitivní podněty

Je fenomén, při kterém se drážděním sympatiku způsobí stah zornicového dilatátoru tzv. spastická mydriáza (iritace sympatiku). Nejčastěji se jedná o krátkodobou záležitost. Podněty, které reakci vyvolávají jsou emoce (strach, radost, šok, hněv), prudká bolest, orgasmus i záchvaty (epileptické, hysterické) apod. Krátkodobé podráždění sympatiku je příznakem celkově zvýšené tonicity sympatiku a je zpravidla oboustranné spolu s rozšířenou oční štěrbinou a zblednutím. Jednostranná iritace sympatiku naznačuje lézi na nějakém místě sympatické dráhy (více v kapitole Patologie zornice). [7]

4 Patologie zornice

4.1 Anizokorie

Anizokorie se projevuje nestejnými velikostmi zornic (viz obrázek 4). Je to celkem častý nález vyskytující se až u 15–20% populace. Anizokorie nemusí vždy znamenat patologický nález, o tom, zda je zornice patologická rozhodne zkouška zornicových reakcí na světlo a konvergenci. Rozdělujeme na dva typy patologickou a fyziologickou. [3] [7]

Fyziologická anizokorie – je asymetrie šířky zornic, která není spojená s poruchou fotoreakce či reakce na konvergenci. Běžný rozdíl zornic se udává od 0,3–1 mm. Fyziologická anizokorie je někdy patrná už od dětství a jsou i případy, kdy se tento typ anizokorie vyskytuje dědičně. [7] [12]

Patologická anizokorie, se rozděluje ještě na dva typy, podle toho, jak široká je postižená zornice vůči druhé zornici, která je zdravá. Tato postižená zornice správně nereaguje na světlo a konvergenci jako ta zdravá. Rozdělení je následující:

- I. Je-li patologická zornice užší je to příznakem iritidy (zánětu duhovky), Hornerova syndromu, Argyll-Robertsonova syndromu, či dlouhotrvající Adieho zornice. Adieho zornice je ze začátku onemocnění rozšířená, ale postupně se zužuje.
- II. Je-li patologická zornice širší naznačuje to úraz *m. sphincter pupillae*, Adieho tonickou zornici, případně parézu *n. oculomotorius* spojenou s ptózou a obrnou okohybných svalů. [12]



Obrázek 4: Anizokorie: větší mydriáza na pravém oku [13]

4.2 Poruchy pupilomotorického reflexu

4.2.1 Aferentní pupilární poruchy

Porucha aferentní dráhy pupilární fotoreakce způsobuje jak změnu šíře zornice, ale i změnu rychlosti fotoreakce a reakce na konvergenci. Defekt poruchy hodnotíme podle velikosti rozdílu šíře zornice zdravé a nemocné, tento rozdíl nazýváme relativní aferentní pupilární defekt (RAPD). Rozeznáváme čtyři stupně aferentního pupilárního defektu, vyšetření provádíme střídavým osvětlením zornic. Při prvním stupni se po osvětlení objeví pouze malý stah svalů, při druhém stupni je zornice bez fotoreakce, při třetím i čtvrtém stupni se zornice po osvětlení málo či více rozšíří. Přesné měření RAPD se realizuje předsazováním filtrů různé sytosti před jednu zornici a vyrovnáváním reakcí druhé postižené zornice s reakcemi první zornice. Defekt aferentní dráhy může být mimo poruchu zrakové dráhy způsoben i každou redukcí aferentních impulzů jako je makulární léze či amblyopie. [10]

4.2.2 Eferentní parasymptické pupilární poruchy

Poruchy eferentní sympatické dráhy se projevují na přímé a nepřímé (konsenzuální) zornicové reakci, ale i na šířce zornic. Zornice bývají mydriatické, vzhledem k inervaci zornicového svěrače parasymptickou eferentní dráhou. Léze způsobující tyto defekty se může nacházet na jakékoliv části dráhy od Edinger-Westphalového jádra až po m. sphincter pupillae. K zjištění polohy léze se používají klinické, radiologické i farmakologické testy. Léze vytváří tlak na vlákna v dorzálním mezencefalu, čímž dochází k jejich přerušení způsobující poškození zornicové reakce na světlo. Tato komprese se netýká ventrálních vláken zajišťující reakci na konvergenci, jelikož odstupují od dorzálního mezencefalu jinou cestou. Příčinou léze bývá především pineální tumor, ale může to být i hydrocefalus, metastáze v periaqueduktální oblasti, nebo roztroušená skleróza (*sclerosis multiplex*). [3]

Neurogenní defekty eferentní parasymptické dráhy se vyskytují izolovaně (postiženy jsou pouze parasymptická vlákna n. III.) nebo společně s dalšími příznaky obrny n. III. (ptóza horního víčka, porucha motility, diplopie při abdukci). Při izolované lézi je anizokorie viditelnější na světle než za šera, s tím lze najít i projevy porušené akomodace. Jak už bylo zmíněno výše vlákna *n. oculomotorius* mohou být porušena od EW jádra až po myoneurální spojení. [3] [10]

Při postižení jádra jednostrannou lézí je většinou postižen jeden až více okohybných svalů na stejné či protilehlé straně obličeje. Nitrooční svaly a *m. levator palpebrae superior* nebývají postiženy. Pokud léze postihne i mediální parasympatickou (parvocelulární) část EW jádra, zapříčiní oboustranné (někdy nesouměrné) poruchy reakcí zornice. [3] [10]

4.2.2.1 Parinaudův syndrom

Parinaudův syndrom se projevuje několika abnormalitami; obrnou vertikálního pohledu, širokými zornicemi, poruchami konvergence (konvergenčně-retrakční nystagmus), abnormalitami očních víček. Příčinou poruchy je léze vytvářející kompresi na dorzální mezencefalon a pretektální oblast. Vertikální pohledová obrna (obzvláště při pohledu vzhůru) je implikací tlaku na dorzální části centra pro vertikální pohled. Při pohledu vzhůru se také projevuje konvergenčně-retrakční nystagmus. Příčina nesouměrných, rozšířených zornic je pravděpodobně přetržení vláken v tractus opticus, které vedou dorzálními drahami do Edinger-Westphalových jader. Výjimkou jsou vlákna vystupující ze zrakového kortexu u těch neodchází k postižení, jelikož jdou jinou cestou. Nejpravděpodobnější etiologií Parinaudova syndromu je hydrocefalus nebo pineální tumor. Obzvláště u dětí hydrocefalus způsobuje oboustrannou incyklotropii způsobenou parézou n. VI. a stočení očí dolů. [3] [14]

4.2.2.2 Argyll-Robertsonův syndrom

Syndrom Argyll-Robertsonovy zornice se projevuje velmi úzkými a tvarově nesouměrnými zornicemi, většinou je postižení oboustranné. Zornice nereagují na světlo, ale jejich reakce na konvergenci je v pořádku. Při konvergenci se již miotická zornice zúží ještě více až pod 2 mm v průměru. Syndrom ovlivňuje i stroma duhovky: dochází k její atrofii a řídne. Příčinou těchto problémů je porucha propojení mezi pretektálními a Edinger-Westphalovými jádry. Etiologií syndromu je pravděpodobně nervová forma syfilis. [3]

4.2.2.3 Pupilotonie

Pupilotonie je závažná porucha eferentní parasympatické inervace. Jedná se o benigní afekci postihující pacienty mladšího a středního věku, obvykle ženy. Postižení je jednostranné vzácně oboustranné, zornice je mydriatická a nereaguje na světlo. Na štěrbinové lampě se dají pozorovat tzv. červovité pohyby, kdy části sfinkteru duhovky reagují každá jinak na světlo a okraj zornice se „vlní“. [3] [10] [14]

Název pupilotonie je odvozen od tonického stahu při pohledu do blízka, zornice se velmi pomalu tonicky zužuje, někdy stahy probíhají nárazově. Kontrakce trvá sekundy až minutu a výsledné zúžení zornice bývá větší než u zdravé zornice. Stejně pomalé je uvolnění stahu při pohledu do dálky. Pacienti mají obvykle problémy s rozmazaným viděním, obzvláště při pohledu do blízka a s oslněním. Při dlouhém trvání nemoci může dojít i k poruše akomodace. [3] [10] [14]

Příčina pupilotonie není přesně známa, ale může jít o zánět (virus herpes zoster, spalničky, plané neštovice), orbitální trauma, amyloidní dystrofie, diabetes mellitus, alkoholismus, gangliotida ciliárního ganglia a intoxikace trichlorethylenem, které způsobují tonickou zornici. Místo afekce se udává v oblasti v *ganglion ciliare* a/nebo *nn. ciliares breves*. Potíže způsobené mydriázou zornic lze zmírnit brýlemi s tmavými skly a potencionální poruchu akomodace lze řešit korekcí. [3] [10] [14]

4.2.2.4 Adieho zornice

Adieho zornice (Adieho syndrom) je charakterizovaná pupilotonií (zmněná výše) spojenou s hyporeflexií až areflexií šlachovitě-okosticovou dolních končetin, anhidróza a sklon ke kolapsům. Adieho syndrom může být dědičný, nebo je spojován s některými celkovými chorobami. [3] [14]



Obrázek 5: Adieho syndrom: oboustranná mydriáza zornic [15]

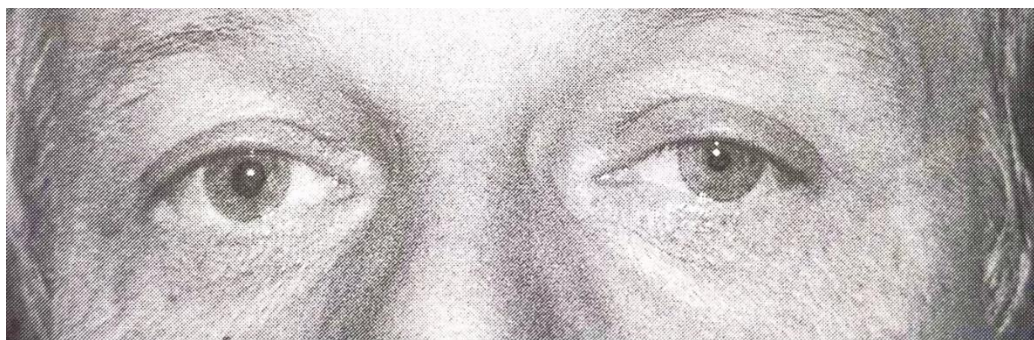
4.2.3 Eferentní sympatické pupilární poruchy

U pupilárních poruch eferentní sympatické dráhy dochází k poškození krčního sympatiku. Příznaky postižení je anizokorie, ptóza, anhidróza a možné vyšší postavení spodního víčka. Anizokorie je u eferentních sympatických poruch na rozdíl od poruch eferentní parasympatické dráhy výraznější za šera. Postižená je ta zornice, u které je menší odchylka velikosti zornice za tmy a za světla. Poruchy jsou někdy způsobené lézemi iritačními, které jsou buď krátkodobé, nebo předchází lézím zánikovým. [10]

4.2.3.1 Hornerův syndrom

Hornerův syndrom je syndrom, při kterém dochází k porušení eferentní sympatické dráhy na jakékoliv části celé tříneuronové dráhy. Léze eferentní sympatické dráhy můžeme rozdělit na centrální, preganglionární a postganglionární podle dříve zmiňovaných tří neuronů. U Hornerova syndromu se udávají tři hlavní příznaky tzv. Hornerova triáda: anizokorie, ptóza a anhidróza přilehlé části obličeje (viz obrázek 6). Patologická zornice je zúžená, jelikož eferentní sympatická dráha inervuje *m. dilatator pupillae*, proto nedochází k rozšíření zornice. Ptóza horního víčka je způsobená obrnou *m. levator palpebrae superior* (tarzálního svalu). Anhidróza se projevuje snížením pocením přilehlých částí, což může být jak celá polovina obličeje nebo jen polovina čela. [3] [14]

Hornerův syndrom je většinou spojen s velmi vážnými nemocemi. Pokud se jedná o lézi prvního neuronu (centrální léze) může to znamenat cévní mozkovou příhodu, nádor, nebo výjimečně těžkou osteoartritidu krční páteře. Léze preganglionární (druhého neuronu) je možným příznakem nádoru – karcinomu plic, metastázy, adenomu štítné žlázy, neurofibromu nebo u dětí lymfomu, metastáze či neuroblastomu. Podezření bychom mohli mít i na Pancoastův tumor, ale v tomto případě by měl pacient potíže i s bolestí paže. Dále na problémy s bolestí hlavy jako migréna, disekující aneurysma vnitřní karotidy, Hortonův syndrom (*cluster headache*), Raederův paratrigeminální syndrom, zánět středního ucha (*otitis media*), Tolosův-Huntův syndrom a *virus herpes zoster*. Hornerův syndrom může být i vrozený v důsledku trauma (např. při porodu). K zjištění přesné příčiny syndromu je důležité podrobné vyšetření pomocí neurologických, radiodiagnostických, farmakologických a dalších náležitých testů. [12]



Obrázek 6: Hornerův syndrom: miotická zornice a ptóza horního víčka levého oka [7]

5 Vyšetření zornice

U zornic se vyšetřuje tvar, šířka, lokalizace v duhovce, její reakce na světlo a konvergenci. Pro zjištění tvaru zornice a její lokalizace v duhovce nejsou žádné speciální metody, proto na vyšetření používáme šterbinovou lampu. Fotoreakci zornice vyšetřujeme pod difúzním osvětlením nebo stolní lampou. Pacientovi obě oči zastíníme a po několika sekundách střídavě jedno oko odkrýváme a druhé zakrýváme, tím vyšetříme přímou reakci zornic na světlo. Nepřímou (konsenzuální) reakci vyšetříme odkrýváním a zakrýváním pouze jednoho oka, zatímco na druhém (odkrytém oku) pozorujeme reakci. Šíře zornice se měří více metodami, kterým se budeme věnovat více níže. [7]

5.1 Metody měření šíře zornice

Měření šíře zornice se doporučují jako součást oftalmologického i optometrického vyšetření. Vyšetření je důležité, jelikož poruchy šíře zornice mohou omezovat pacienta v běžném životě. Špatné reakce zornice nebo stálá šíře zornice mohou způsobit oslnění prudkými změnami světla a tím omezit zrakovou ostrost. Mimo jiné poruchy šíře zornice a jejich reakcí mohou být příznakem vážných nemocí zmíněných výše – např. hydrocefalusu, tumoru, roztroušené sklerózy, syfilis, ale rovněž může být následkem jednostranného poranění oka, nebo prodělaného zánětu, který poškodil duhovkové svaly.

5.1.1 Ruční pupilometry

Ruční pupilometry jsou běžně dostupné pomůcky, které mohou být použity k měření šíře zornice bez nutnosti jakéhokoliv přístroje, programu a dalších technologií. Příkladem jsou pupilometry zmiňované níže.

5.1.1.1 Haabův pupilometr

Haabův srovnávací pupilometr je plastová lišta se škálou černých půlkruhů (viz obrázek 7), které začínají od 2 mm a po 0,5 mm stoupají až do 8 mm. Pupilometr se přikládá k temporální straně obličeje od daného oka. Pupilometrem pohybujeme postupně od nejmenšího půlkruhu, dokud nedojdeme k půlkruhu, který nám připadá stejně veliký jako zornice pacienta. [7] [16]



Obrázek 7: Haabův pupilometr [16]

5.1.1.2 Bernell MDEP

Bernell MDEP je kruhový ruční pupilometr (viz obrázek 8). Byl vyvinut v Massachusetts Drug Evaluation and Classification Program (MDEP) pod vedením Dr. Jacka Richmana. Je používán policisty pro měření šíře zornice, aby zjistili, zda jsou osoby pod vlivem drog. Ze zadní strany je uvedena očekávaná hodnota šíře zornice v odlišných světelných podmínkách. Pupilometr MDEP je kruhová plastová destička s bílými půlkruhy o různých velikostech od 1 mm do 10,5 mm. [17]



Obrázek 8: Bernell MDEP [17]

Podle instrukcí MDEP pupilometru uvedených na stránkách výrobce se měření provádí za tří světelných podmínek (světlo v místnosti, téměř úplná tma a přímé světlo). [16]

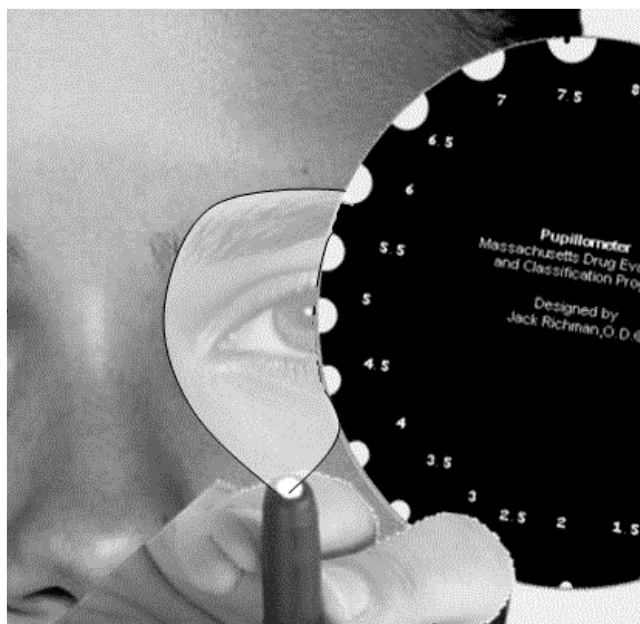
Tabulka 1: Velikostí šíře zornice pro odlišné světelné podmínky: [16]

Světelné podmínky	Šíře zornice (mm)
Světlo v místnosti	4,0 (průměrný rozsah: 2,5–5,0)
Téměř úplná tma	6,5 (průměrný rozsah: 5,0–8,5)
Přímé světlo	3,0 (průměrný rozsah: 2,0–4,5)

Vyšetřování ve světle místnosti: necháme pacienta zaměřit na bod za zkoušejícím (např. na promítaný optotyp). Poté přidržíme pupilometr u oka subjektu co nejbližší je možné, abychom zamezili případným nehodám nebo poškození oka pacienta. Otáčíme pupilometrem ve směru nebo proti směru hodinových ručiček, dokud nenajdeme bílý půlkruh, který se zdá být přibližně stejně velký jako zornice subjektu. Zkontrolujeme levé oko a poté pravé oko. [17]

Vyšetřování v tmavé místnosti: zatemníme místnost a počkáme 90 sekund, poté pokračujeme v měření velikosti zornice. K měření je potřeba i tužkové svítilny, kterou překryjeme naším prstem tak, aby se kolem ní objevila pouze načervenalá záře, která neovlivní velikost zornice, ale zároveň bude zornice viditelná. Opět změříme obě zornice a výsledky zaznamenejeme. [17]

Vyšetřování přímým světlem: tužkovou svítilnu přidržíme u oka pacienta tak, aby bylo osvětleno rovnoměrně celé oko, jak je znázorněno na obrázku 9. Přímé světlo necháme u zornice po dobu 15 sekund tak, abychom ověřili schopnost svalů udržet reakci zornice. Poté teprve měříme její šířku. Stejný postup zopakujeme na druhém oku a výsledky zapíšeme. [17]

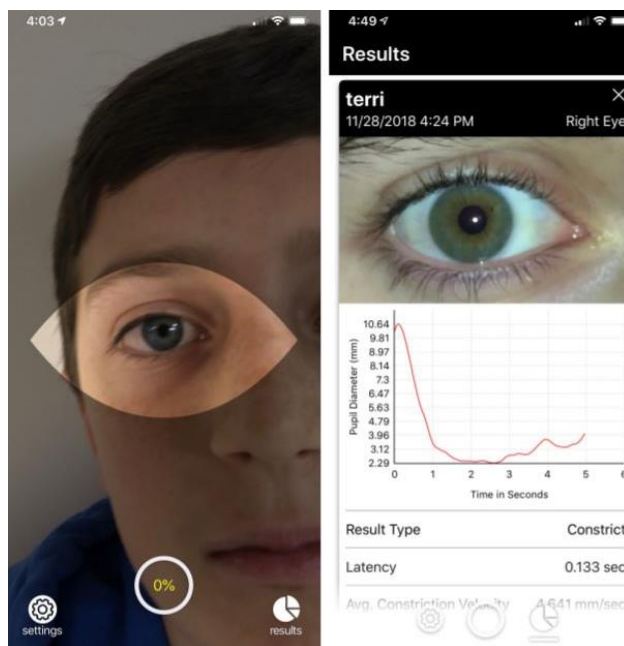


Obrázek 9: Vyšetřování v tmavé místnosti s MDEP pupilometrem [17]

5.1.2 Mobilní aplikace

5.1.2.1 Reflex

Reflex je aplikace pro iOS zařízení (zařízení značky Apple Inc.) vyrobena firmou Brightlamp Inc., která zajišťuje qPLR (*quantitative analysis of the pupillary light reflex* – „kvantitativní analýza pupilární fotoreakce“). Jeho hlavní funkcí je pořízení série snímků z interní kamery iOS zařízení, která je schopna zaznamenat odezvu pupilární fotoreakce (PLR). Tato reakce PLR je iniciována světelnou diodou (LED), která se nachází na zadní straně zařízení v těsné blízkosti fotoaparátu. S Reflexem lze provádět různé testovací změny včetně nastavení doby záznamu, doby záblesku a jasu. Časy pořízení testu jsou mezi 1 a 5 sekundami, jak je nastaveno v aplikaci. Doba zpracování je přibližně 1 sekunda pro maximální dobu záznamu (5 sekund). Jakmile je záznam doručen na zabezpečený server, dojde k sekvenci kroků pro zpracování a extrahování relevantních PLR informací. [18]



Obrázek 10: Vzor obrazovky mobilního zařízení při měření aplikací Reflex [18]

5.1.2.2 Pupil Gauge

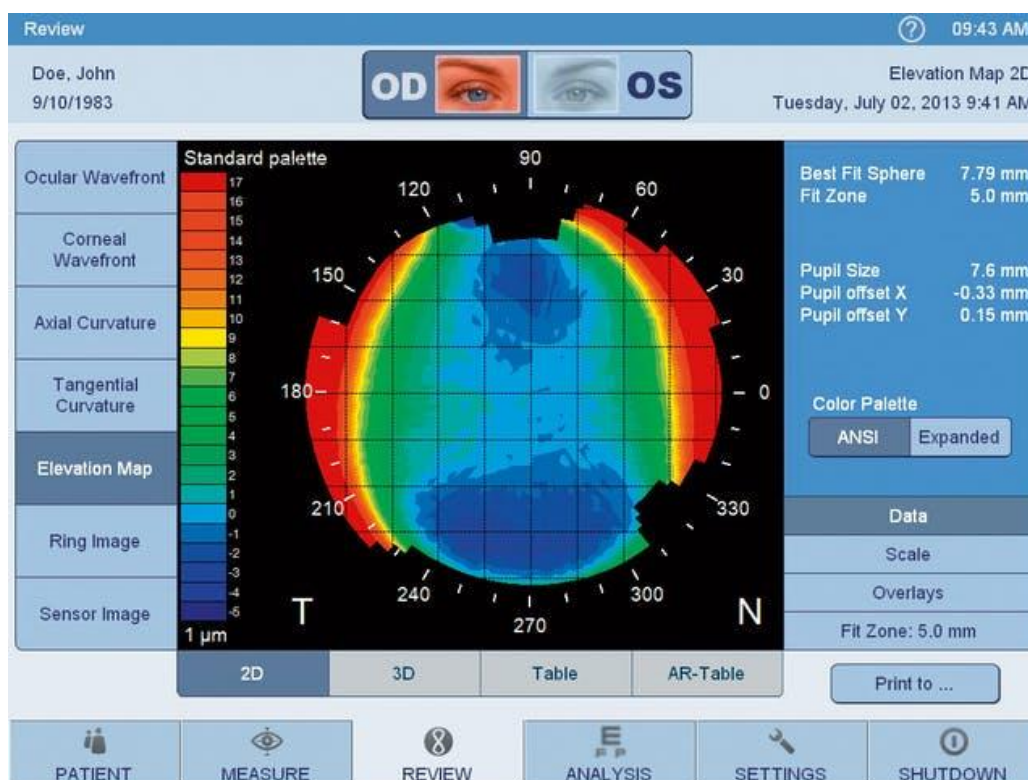
Pupil Gauge – Wadjet je aplikace vynalezená Omarem Solymánem, MD, PhD, FRCS. Momentálně je aplikace dostupná jak pro iOS zařízení, tak i pro Android zařízení. Horizontální průměr rohovky je asi 12 mm s úzkým rozsahem odchylky mezi normálně vyvinutými očima dospělých na základě několika epidemiologických studií používajících různé metody měření. Tato aplikace využívá této skutečnosti k výpočtu šíře zornice na základě pevně známé hodnoty horizontálního průměru rohovky 12 mm pro každé testované oko. V aplikaci se poté vyznačí horizontální průměr rohovky a okraje zornice, podle kterých je šíře zornice vypočtena.

5.1.3 Autorefraktometry

Všeobecně je autorefraktometr využíván k měření objektivní refrakce. Principem autorefraktometru je nejčastěji rozostřování kruhové značky (obrázek domečku, balónu aj.). Jiné pracují na principu skiaskopie a oftalmoskopie. V dnešní době přístroje obsahují dva světelné svazky. První světelný svazek osvětluje kruhovou (fixační) značku. Druhý světelný svazek je používán k měření. K osvětlení je využíváno infračervené světlo, které neovlivňuje refrakční stav oka a zároveň neovlivňuje šíři zornice, proto jsou některé autorefraktometry schopné měřit i velikost zornice. [19]

Příkladem takového autorefraktometru je Zeiss i.Profiler®plus, který umožňuje provést měření refrakce a dalších parametrů během 60 sekund na obou očích. Zeiss i.Profiler®plus je

kompaktní systém 4 v 1, který tvoří aberometr, autorefraktometr, rohovkový topograf ATLAS a keratometr. Přístroj i.Profiler®plus poskytuje měření vlnoplochy pomocí Shack-Hartmannova snímače s vysokým rozlišením a rohovkovou topografií. Vlnoplocha je měřena v 1500 bodech skrze 7 mm otvor zornice. Přístroj je možné dálkově ovládat prostřednictvím aplikace ZEISS i.Com mobile. Po měření jsou na obrazovce přístroje zobrazeny výsledky včetně velikosti zornice. Na obrázku 11 vidíme vpravo nápis „pupil size“, zde vidíme výsledek měření šíře zornice. [20]



Obrázek 11: Výsledky měření na přístroji i.Profiler®plus [20]

5.1.4 Metody využívající infračervené světlo

5.1.4.1 NPI-200 pupilometr

NPI-200 pupilometr značky The NeuroOptics je ruční, bezdrátové a snadno použitelné kvantitativní zařízení, které poskytuje objektivní údaje o velikosti zornice. Zařízení měří velikost i její reaktivitu. Používá kombinaci infračervené kamery, procesoru a světelného zdroje LED. Přístroj pomocí této kombinace osvětlení měří pupilární reakci, při infračerveném světle není zornice ovlivněna, a tak lze naměřit zornici při mydriáze a při osvětlení LED světlem dojde k její reakci miózu.

Výsledkem měření jsou jak velikost zornice, tak i číselné vyjádření pupilární reakce NPI (*neurological pupil index*). NPI vzniklo, aby reakce zornice mohla být vyjádřena podobným způsobem jako ostatní vitální funkce (puls, teplota, TK, saturace kyslíkem). Konečná data lze přenášet jak pomocí Bluetooth, tak i pomocí USB. [21]



Obrázek 12: NPI-200 pupilometr [21]

Tabulka 2: Posouzení hodnot NPI [21]

Naměřená hodnota (mm)	Posouzení výsledku
3,0–4,9	Normální reakce
<3,0	Abnormální reakce
0	Bez reakce/atypická reakce

5.1.4.2 Metrovision

Metrovision je značka systémů využívaných v neurooftalmologii a refrakční chirurgii. Pupilometrický test je k dispozici jako volitelná výbava v jejich systémech MonCv3, MonCvONE, MonColor a MonPackONE (viz obrázek 13). Tyto systémy jsou vybaveny blízkým infračerveným světlem a kamerou s vysokým rozlišením (940 nm), která umožňuje binokulární měření zornic i za úplné tmy. Poskytují přesné ovládání stimulačních parametrů včetně jasu a barvy. Systémy mají dvě metody měření, statickou pupilometrii a dynamickou pupilometrii. [22]



Obrázek 13: Metrovision pupilometr MonPackONE [23]

Statická pupilometrie se měří při přesně stanovených úrovních osvětlení. Přesnost měření velikosti zornice by měla být 0,1 mm. Okraj zornice je na snímcích zornic za daných osvětlení označen a je tak možné přesnost zkontrolovat. Výsledné snímky lze uložit i vytisknout. Úrovně osvětlení jsou následující:

- vysoce fotopické (100 cd/m²),
- málo fotopické (10 cd/m²),
- vysoce mezopické (1 cd/m²),
- nízko mezopické (0,1 cd/m²). [22]

Dynamická pupilometrie obou očí je získávána a zpracovávána v reálném čase opakovaným snímáním. Rychlost sběru snímku je standartní – 30 snímků za sekundu nebo až s rychlostí až 200 snímků za sekundu (s možností rychlého fotoaparátu). Průměrná odezva na následné vizuální podněty (záblesky světla) se kvantifikuje pomocí následujících parametrů:

- klidový průměr,
- amplituda zúžení,
- rychlosti konstriktce a dilatace,
- latence zúžení. [22]

5.1.4.3 Hitomiru® Pupilometr

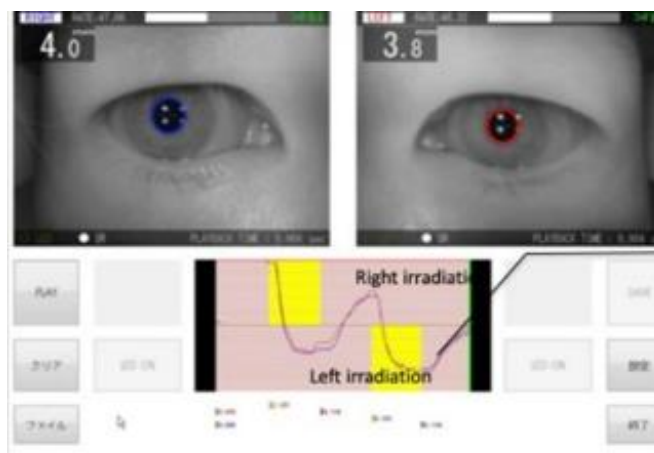
Hitomiru® pupilometr je zařízení vzhledově podobné přístrojům pro měření pupilární vzdálenosti (viz obrázek 14). Zařízení má světelné zdroje pro viditelné a infračervené světlo, společně s videokamerou, pomocí které je vytvořen videozáznam pro následné zhodnocení. Zachycená data jsou přeposlána do počítače, který je k Hitomiru® připojen. Data jsou analyzována a uložena pomocí přiloženého proprietárního softwaru. [24]



Obrázek 14: Hitomiru® pupilometr [24]

Viditelné světlo je používáno k odhadu reaktivity na světlo a infračervená světlo, které nestimuluje reaktivitu zornice, se používá k měření a sledování velikosti nebo průměru zornice. Infračervené senzory krátkého dosahu mimo jiné měří i vzdálenost mezi kamerou a zornicí, která je pak zahrnuta ve výpočtech závěrečné šíře zornice. Okraj zornice je detekován automaticky přístrojem. [24]

Na obrázku 15 můžeme vidět obrazovku s výslednými hodnotami měření. V levých rozích obou očí můžeme nalézt čísla 4,0 a 3,8 znázorňující naměřené hodnoty šíře zornice. Ve spodní části obrázku je vidět graf, ve kterém jsou zornice označeny barvami odpovídající barevným kroužkům v horní části. Pravá zornice je znázorněna modrým kroužkem a levá červeným. Na grafu jsou vyjádřeny reakce zornice, kdy při mióze jdou body grafu dolů a při mydriáze opět nahoru. [24]



Obrázek 15: Výsledky měření Hitomiru® pupilometru [24]

5.1.5 Eyetrackery

Eyetrackery jsou systémy používané například v psychologickém nebo marketingovém výzkumu. Využívají infračervené záření. Jsou schopné sledovat obě zornice zároveň. V eyetrackerech jsou mimo zdroje infračerveného světla zastavěné i kamery, které pořizují snímky. Rychlost sběru dat se obecně pohybuje od 60 do 1000 Hz. Algoritmy eyetrackerů na zpracování snímků pořízených kamerami, zároveň určují polohu pohledu a velikosti zornice. Osvětlení přístroje má dvě nastavení: měření zornice za tmy nebo za světla. Při nastavení za světla, jsou diody umístěny blízko kamery, zatímco pro druhé nastavení jsou dále od kamery. [25]

Binokulární sledování zornice je umožněno díky stavbě eyetrackerů. Většina z nich je totiž podobná normálním brýlím nebo brýlím využívaným pro virtuální realitu. Některé používají vzdálený sledovací box (3D virtuální „box“). Eyetrackery ve formě brýlí poskytují volné pohyby hlavy, což může způsobit méně přesná měření. Ostatní zařízení jsou omezená opěrkou brady a/nebo čela, což může přinést přesnější výsledky. Systémy se také liší velikostí obrazovky, rychlostí pořízení snímků a přenositelností. [25]

5.1.5.1 Tobii Pro

Tobii eyetrackery jsou vylepšenou verzí technologie dálkového sledování očí PCCR (*pupil center corneal reflection*). Jsou dva druhy Tobii eyetrackerů *screen-based* eyetrackery, a eyetrackery zmíněné výše, které vypadají jako normální brýle nebo brýle pro virtuální realitu a jsou nasazené přímo na hlavu pacienta (Tobii Pro Glasses 3, Tobii Pro Glasses 2), ty můžeme vidět na obrázku 16. *Screen-based* eyetrackery jsou malé přístroje vybavené kamerami a senzory, které snímají oko, z větší dálky (viz obrázek 17). Tyto eyetrackery se dají přidělat například na obrazovku počítače. Tobii nabízí několik screen-based eyetrackerů Tobii Pro Spectrum, Tobii Pro X3-120, Tobii Pro Nano, Tobii Pro X2-30/60, Tobii Pro TX300. [26]



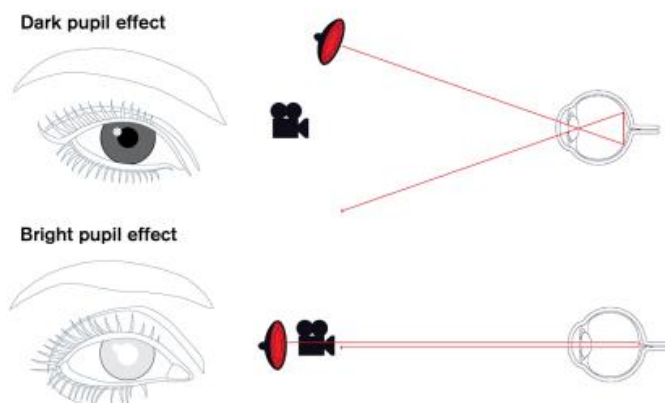
Obrázek 16: Tobii Pro Glasses 3 [27]



Obrázek 17: Tobii Pro Nano [28]

Existují dvě různá nastavení osvětlení, která lze použít při sledování očí a zornice: sledování očí při oslnění zornice (mióze), kde je světlený zdroj umístěn blízko optické osy zobrazovacího zařízení, a sledování zornice při mydriáze, kde je světlený zdroj umístěn mimo optickou osu. Obě metody osvětlení jsou znázorněny na obrázku 18.

Různé faktory mohou ovlivnit detekci zornice během vzdáleného sledování očí při použití každé z těchto dvou technik. Například při použití metody oslněné zornice ovlivňuje věk a okolní světlo velikost zornice, a tak mohou mít dopad na sledovatelnost oka. [29]



Obrázek 18: Nastavení osvětlení (nahore sledování zornice při mydriáze a dole při mióze) [29]

Většina Tobii eyetrackerů používá obě metody sledování zornice. Výjimkou jsou eyetrackery řady 50, TX300 a obě řady Tobii Glasses, které používají pouze sledování tmavé zornice. Eyetrackery, které během kalibrace používají sledování zornice při osvětlení i tmě, zpočátku vyšetření podrobují pacienta oběma metodám a pro skutečný záznam je zvolena metoda, která poskytuje nejvyšší přesnost. Během záznamu mohou tyto oční sledovače přepínat mezi sledováním jasných a tmavých zornic. Obraz očí zaznamenávaný senzorem eyetrackeru se používá k výpočtu parametrů pro úpravu algoritmů modelu oka. Model oka používaný Tobii eyetrackery poskytuje údaje o vzdálenosti mezi okem a senzorem, díky tomu firmware dokáže vypočítat velikost zornice měřením průměru zornice na obrázku a vynásobit ji faktorem měřítka. [29] [30]

5.1.5.2 Eyelink

Eyetracker EyeLink je založen na pořizování videa pomocí kamery, která pořizuje sérii snímků oka. Jak EyeLink 1000 Plus (viz obrázek 19), tak EyeLink Portable Duo používají jednotlivé kamery, které jsou schopny pořídit až 2000 snímků obou očí za sekundu. Během 3 ms od pořízeného snímku oka systémy EyeLink zjistí, kam na obrazovce se účastník dívá, a přenesou tyto informace zpět do počítače, který řídí prezentaci stimulu. Software pro sledování očí používá algoritmy pro zpracování obrazu k identifikaci dvou klíčových míst na každém ze snímků odeslaných kamerou pro sledování očí – střed zornice a střed odrazu rohovky. Odraz rohovky je jednoduše odrazem pevného zdroje světla (infračervené diody), který je umístěn vedle kamery, jak je znázorněno níže. Systém EyeLink také pomocí kombinace kamery a infračervených diod měří šíři zornice za tmy. [31]



Obrázek 19: EyeLink 1000 Plus [32]

5.1.6 Topografy a keratometry

Topografy jsou přístroje používané k vyšetření přední plochy rohovky. Součástí topografu je polokoule s LED diodami, které emitují infračervené světlo. Infračervené světlo, které se od rohovky odráží je snímáno speciální kamerou. Pomocí keratoskopu (Placidova disku) je analyzován povrch rohovky a vytvoří tzv. barevnou topografickou mapu, která znázorňuje na různých místech přední plochy rohovky její optické mohutnosti. Keratometry měří zakřivení přední plochy rohovky. Některé z těchto přístrojů zmíněných níže poskytují i měření šíře zornice. [19]

5.1.6.1 OCULUS Keratograph 5M

OCULUS Keratograph 5M je multifunkční přístroj pro optometrickou a oftalmologickou praxi. Využívá několika druhů osvětlení, bílé LED diody, modré diody pro fluo-obrazy a infračervené diody. Přístroj také využívá Placidova disku, který se skládá z několika koncentrických bílých a černých kružnic. Tyto kružnice se odrážejí na povrchu rohovky a umožňují například analýzu slzného filmu. Pomocí těchto osvětlení a jejich kombinací je přístroj schopen diagnostiky slzného filmu (výška slzného menisku aj.), meibomských žláz, propustnosti kyslíku kontaktních čoček a další. Program keratografu umožňuje uložení dat pacientů, naměřených hodnot, záznam videosouborů a obrazových souborů. Kromě jednotlivého pozorování videí a jednotlivých obrázků lze záznamy porovnávat se simulovanými fluo-obrazy změřeného oka. [33]



Obrázek 20: Keratograph 5M [34]

Keratograph má mezi svými testy také pupilografii, která měří fotoreakci zornice i její šířku. Přístroj nabízí rozličné možnosti pro určení reakce zornice: vyšetření reakce zornice s oslněním a bez něj, vyšetření pomocí dvou různých intenzit oslnění a přehledné grafické znázornění výsledků. Výsledné hodnoty obsahují změnu zornice v průběhu času; minimální, maximální a střední průměr zornice včetně standardní odchylky a možnost srovnání hodnot. [33]

5.1.6.2 Sirius

Přístroj Sirius kombinuje topografii pomocí Placidova disku se Scheimpflugovou tomografií předního segmentu. Sirius poskytuje informace o pachymetrii, elevaci, zakřivení a dioptrické síle obou povrchů rohovky. Všechna biometrická měření přední komory jsou vypočtena pomocí 25 řezů z rohovky. Rychlost měření snižuje účinek pohybu očí a vytváří vysoce kvalitní přesné měření. [35]



Obrázek 21: Sirius [35]

Kromě klinické diagnostiky předního segmentu jsou nejběžnější použití: refrakční chirurgie a operace šedého zákalu, k dispozici je modul pro výpočet IOL (*intraocular lens* – „nitrooční čočka“). Přístroj také umožňuje pokročilou analýzu slzného filmu jako je NIBUT (*Non Invasive Break-up Time*). Na základě dotazníku *Ocular Surface Disease Index* (OSDI), limbální a spojivkové hyperémie, analýzy Meibomských žláz, analýzy slzného menisku a osmolarity slz poskytuje celkové hodnocení klinického stavu pacienta pro komplexní diagnostiku onemocnění suchého oka. Objektívni vyšetření poskytují přesné měření průměru zornice. [35]

Sirius má vestavěný software pro měření pupilografie. Měření zornice ve skotopických (0,04 lux), mezopických (4 lux), fotopických (50 lux) podmínkách a v dynamickém režimu. Znalost středu a průměru zornice je zásadní pro mnoho klinických postupů, které se snaží optimalizovat kvalitu vidění. [35]

6 Experimentální část (výsledky)

6.1 Úvod do praktické části

Experimentální část práce se zabývala měřením šíře zornice na statickém množství osob pomocí tří různých metod. Pro první metodu byl použit Haabův pupilometr, pro druhou mobilní aplikace Pupil Gauge a pro třetí přístroj Oculus Keratograph 5M. Hlavním cílem práce je představit tyto metody a porovnat jejich výsledky měření v závislosti na světelných podmínkách.

6.2 Metodika

6.2.1 Měřené osoby

Měření probíhalo na FBMI ČVUT od ledna 2022 do dubna 2022. Celkem bylo měřeno 30 osob (60 očí) ve věkovém rozmezí od 19 do 26 let, jejichž věkový průměr činí 22,4 let. Ve vzorku měřených osob bylo 23 žen a 7 mužů. Demografická data jsou vynesena do tabulky 3. Výběr měřených osob byl náhodný.

Tabulka 3: Demografická data

Demografická data	Hodnota
Počet očí	60
Počet mužů	7
Počet žen	23
Průměrný věk	22,37±1,56 let

6.2.2 Pomůcky a postup měření

Měření probíhalo u každé osoby za konstantních podmínek a vždy bylo provedeno autorkou práce Marií Trnkovou. Měření začínalo na 1. umístění (křesle), kde se měřilo první a druhou metodou opakovaně při dvou odlišných osvětleních. Nejdříve při osvětlení a poté za snížených světelných podmínek. Při osvětlení byly rozsvícené všechny zářivky a intenzita osvětlení byla 1032 lux. Při snížených světelných podmínkách byla rozsvícena pouze polovina zářivek tak, aby byla pro vyšetření stále viditelná zornice. Intenzita osvětlení za snížených

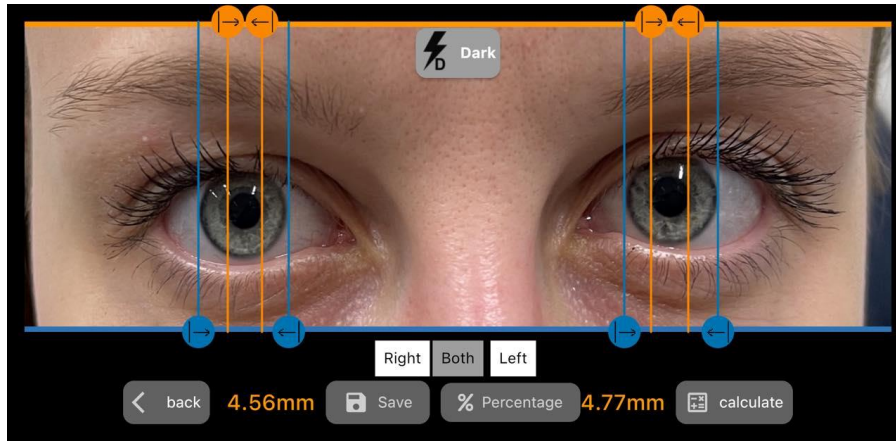
světelných podmínek byla 36,1 lux. Intenzity světla byly naměřeny pomocí luxmetru. Vždy byly zataženy okenní rolety tak, aby se mohly stejné podmínky aplikovat v kteroukoliv denní dobu. Poté se osoba přesunula na 2. umístění (křeslo u přístroje), kde se měřilo třetí metodou, která má vlastní osvětlení. Intenzita světla Keratographu 5M jsou daná přístrojem. Všechna měření byla opakována 10x.

6.2.2.1 Metoda 1 - Haabův pupilometr

Haabův pupilometr (viz kapitola 5.1.1.1) je ruční pupilometr. Tato srovnávací lišta na sobě má číselnou řadu a řadu půlkruhů odpovídajících určitému průměru v mm. Pupilometr se přiloží k pacientovu obličejí tak, abychom mohli porovnat černé půlkruhy s jeho zornicí, a tak určit její šíři.

6.2.2.2 Metoda 2 - Pupil Gauge

Druhá metoda je mobilní aplikace, která využívá kamery vestavěné v mobilním zařízení. V této aplikaci se pořídí fotka a v té se na obou očích pacienta vyznačí okraje rohovky a okraje zornice. Aplikace následně přepočte šíři zornice na základě předem stanoveného horizontálního průměru rohovky 12 mm.



Obrázek 22: Ukázka výsledků měření aplikace Pupil Gauge

6.2.2.3 Metoda 3 - Keratograph 5M

Keratograph je přístroj, který pracuje na základě Placidova disku a zároveň je vybaven IR a LED diodami. Pro tuto práci byla z jeho nabídky vyšetřeních použita pupilografie, která měří fotoreakci zornice i její šířku. Pupilografie je test, který se spustí a měří neustále zornici IR diodami bez osvětlení a poté každých 10 sekund prosvítí LED diodami pro fotoreakci zornice.

Následně po zastavení testu vytvoří graf a stanoví nejširší, nejužší a průměrnou hodnotu šíře zornice. Pro další zpracování byl použit nejširší průměr zornice pro hodnoty bez osvětlení a pro hodnoty za přímého světla byl použit nejmenší průměr zornice.

6.2.2.4 Metody statistické analýzy

Ve statistické analýze byl použit Shapiro-Wilkův Test, který rozhoduje, zda daný soubor hodnot náleží normálnímu rozložení. Pokud soubor hodnot náleží normálnímu rozložení byl jako další test použitý Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu se stanovenou hladinou významnosti (p) 3 %. V případě, že je hladina významnosti nižší než 3 %, lze nulovou hypotézu zamítnout.

Pokud soubor hodnot nenáleží normálnímu rozložení byl použit Párový Wilcoxon Sign Rank Test. Wilcoxon Signed-Rank test je neparametrický test, který porovnává data dvou závislých skupin.

6.3 Hypotézy

Před začátkem měření byly stanoveny hypotézy, které vychází z teoretických znalostí získaných z teoretické části této práce. Nulové hypotézy jsou stanoveny pro statistickou analýzu.

6.3.1 Nulové hypotézy

- **H₀₁** – rozdíl středních hodnot šíře zornice měřené 1. a 2. metodou při osvětlení je stejný.
- **H₀₂** – rozdíl středních hodnot šíře zornice měřené 1. a 2. metodou za snížených světelných podmínek je stejný.
- **H₀₃** – rozdíl přesnosti měření při osvětlení a za snížených světelných podmínek je stejný pro každou metodu.
- **H₀₄** – rozdíl přesnosti měření je mezi všemi metodami stejný.

6.3.2 Alternativní hypotézy

- **H_{A1}** – předpokládám, že rozdíl středních hodnot šíře zornice měřených 1. a 2. metodou při osvětlení se liší o více jak 0,50 mm.
- **H_{A2}** – předpokládám, že rozdíl středních hodnot šíře zornice měřených 1. a 2. metodou za snížených světelných podmínek se liší o více jak 0,50 mm.

- H_{A3} – předpokládám, že přesnost měření bude vyšší za snížených světelných podmínek než při osvětlení pro každou metodu.
- H_{A4} – předpokládám, že přesnost měření bude nejvyšší pro 3. metodu.

6.4 Výsledky

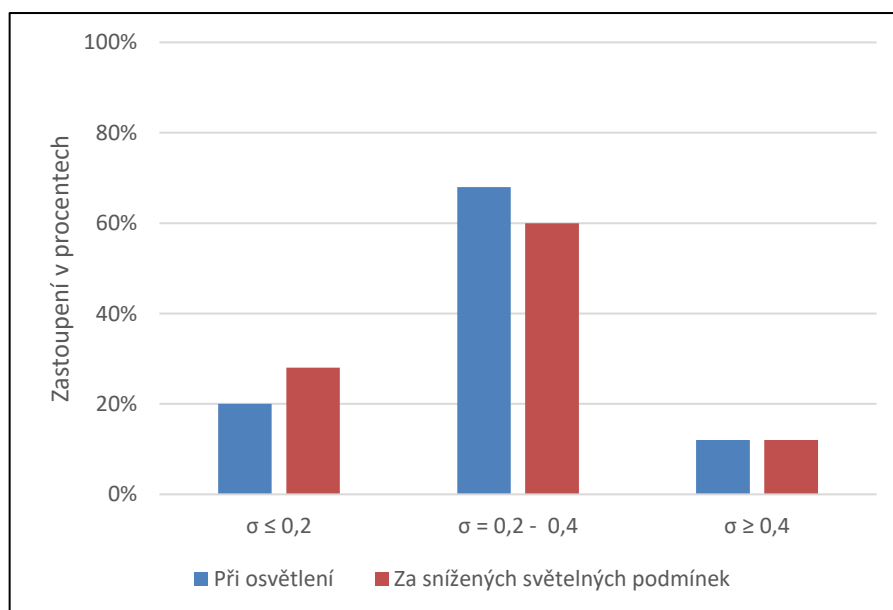
Výsledky byly vyhodnoceny na každém oku zvlášť, jelikož nikdo nemá stejně široké zornice. K vyhodnocení každé metody byly stanoveny 3 hladiny velikosti směrodatné odchylky:

1. $\sigma \leq 0,2$
2. $\sigma = 0,2 - 0,4$
3. $\sigma \geq 0,4$

Na základě těchto hladin je vidět, jak přesná byla daná měření pro každou metodu. Nižší směrodatné odchylky naznačují větší přesnost než ty vyšší směrodatné odchylky.

6.4.1 Výsledky 1. metody

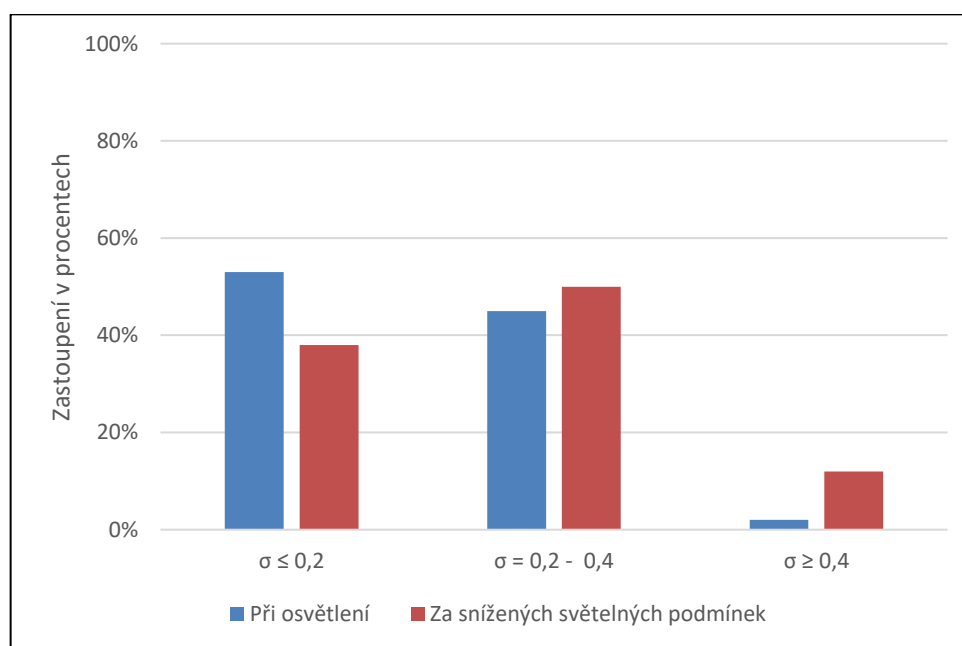
Z 60 očí byla první metodou naměřená směrodatná odchylka $\sigma \leq 0,2$ u 20 %, $\sigma = 0,2 - 0,4$ u 68 % a $\sigma \geq 0,4$ u 12 % při měření s osvětlením. Měřením za snížených světelných podmínek vyšla směrodatná odchylka $\sigma \leq 0,2$ u 28 %, $\sigma = 0,2 - 0,4$ u 60 % a $\sigma \geq 0,4$ u 12 %. Výsledky jsou na obrázku 23.



Obrázek 23: Zastoupení směrodatných odchylek měření první metody

6.4.2 Výsledky 2. metody

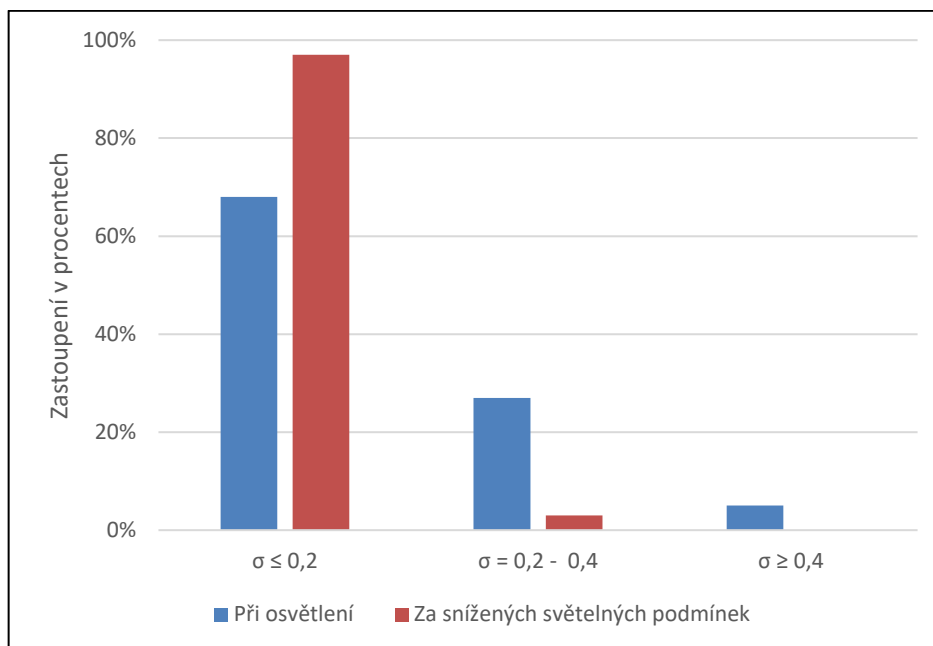
Druhou metodou byla z 60 očí naměřená směrodatná odchylka $\sigma \leq 0,2$ u 53 %, $\sigma = 0,2 - 0,4$ u 45 % a $\sigma \geq 0,4$ u 2 % při měření pod osvětlením. Za snížených světelných podmínek vyšla směrodatná odchylka $\sigma \leq 0,2$ u 38 %, $\sigma = 0,2 - 0,4$ u 50 % a $\sigma \geq 0,4$ u 12 %. Znázornění výsledků nalezneme na obrázku 24.



Obrázek 24: Zastoupení směrodatných odchylek měření druhé metody

6.4.3 Výsledky 3. metody

Třetí metodou byla naměřená směrodatná odchylka $\sigma \leq 0,2$ u 20 %, $\sigma = 0,2 - 0,4$ u 65 % a $\sigma \geq 0,4$ u 15 % při měření pod osvětlením. U snížených světelných podmínek vyšla směrodatná odchylka $\sigma \leq 0,2$ u 97 %, $\sigma = 0,2 - 0,4$ u 3 % a $\sigma \geq 0,4$ u 0 %. Lze zde vidět, že v porovnání s 1. a 2. metodou je zde nejmenší zastoupení větších směrodatných odchylek. Zastoupení je znázorněné na obrázku 25.

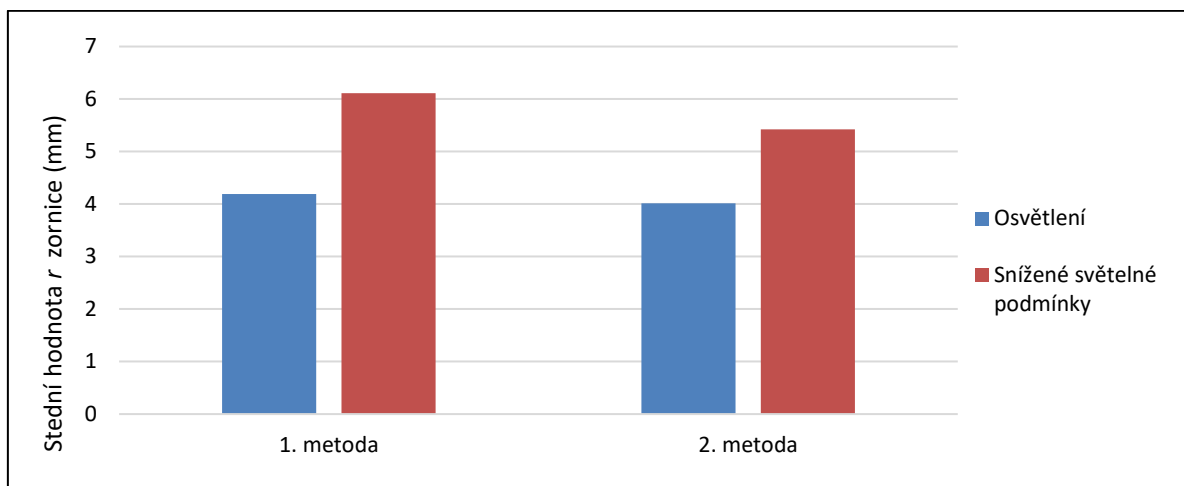


Obrázek 25: Zastoupení směrodatných odchylek měření třetí metody

6.4.4 Statistická analýza nulových hypotéz

Tato část se zabývá statistickým porovnáním měření tří metod na základě středních hodnot průměru zornice (šíře zornice) r a směrodatných odchylek. První dvě metody jsou porovnány na základě středních hodnot naměřených průměrů zornic, jelikož byly měřeny za stejných intenzit světla. Dohromady jsou všechny metody hodnoceny na základě směrodatných odchylek z důvodu odlišných světelných podmínek 3. metody.

Statistická analýza nulových hypotéz H_{01} a H_{02} byla provedena nejdříve za pomoci Shapiro–Wilkova Testu, který ověřil normálnost rozdělení naměřených středních hodnot průměru zornice. Všechny hodnoty měly normální rozdělení, a tak byl k analýze pro další postup zvolen Dvoupárový T-Test, u kterého byla stanovena hladina významnosti 3 %. U první nulové hypotézy H_{01} se porovnávaly střední hodnoty r zornice u 1. a 2. metody při osvětlení. V případě hypotézy H_{02} se tyto hodnoty porovnávaly za snížených světelných podmínek. Střední hodnoty obou metod jsou znázorněny na obrázku 26.



Obrázek 26: Střední hodnoty průměru zornice r naměřené 1. a 2. metodou

V případě hypotézy H_{01} hladina významnosti pro Dvoupárový T-test činí 0,000039 %, tedy výrazně nižší než 3 %. Statisticky tak vychází, že měření metodou 1. a 2. při osvětlení jsou rozdílná.

U hypotézy H_{02} je hladina významnosti pro Dvoupárový T-test činí 3,56 %. Jelikož je vyšší než 3 %. Statisticky vychází, že měření metodou 1. a 2. při snížených světelných podmínkách jsou stejná. Výsledky nalezneme v tabulce 4.

Tabulka 4: Výsledky nulových hypotéz H_{01} a H_{02}

Testování hypotézy	Hladina významnosti (%)	Nelze zamítnout / Zamítnuta
H_{01}	$P = 0,27$	Zamítnuta
H_{02}	$P = 9.1491103e-35$	Zamítnuta

K analýze nulových hypotéz H_{03} a H_{04} bylo nutné opět provést Shapiro-Wilkův Test, jelikož jsou založené na hodnotách směrodatných odchylek. Pro tyto hypotézy vyšlo nenormální rozdělení naměřených hodnot, a tak byl pro následnou analýzu zvolen Párový Wilcoxon Sign Rank Test. Stanovená hladina významnosti byla opět 3 %.

U hypotézy H_{03} byly porovnány směrodatné odchylky při osvětlení a za snížených světelných podmínek pro každou metodou zvlášť. Pro 1. metodu vyšla hladina významnosti 0,000001 %, statisticky směrodatné odchylky tedy nejsou stejné pro různá osvětlení. Výsledná hladina významnosti 2. metody je 0,6 %, statisticky tak opět vychází neshodné směrodatné odchylky. U 3. metody je hladina významnosti 0,32 %, zde nejsou stejné směrodatné odchylky. Jelikož byly u všech metod výsledné hladiny nižší než 3 % je celá hypotéza H_{03} zamítnuta. Výsledné hodnoty jsou v tabulce 5.

Tabulka 5: Výsledky nulové hypotézy H_{03}

Metoda	Hladina významnosti (%)	Nelze zamítnout / Zamítnuta
1. metoda	p= 0,00001	Zamítnuta
2. metoda	p= 0,6	Zamítnuta
3. metoda	p= 0,32	Zamítnuta

Hypotéza H_{04} předpokládá statistickou rovnost směrodatných odchylek všech metod. Pro tuto analýzu bylo nutné provést 3 testy pro každé osvětlení, tak aby byly porovnány všechny metody. Pro tuto analýzu byl opět použit Párový Wilcoxon Sign Rank Test se stanovenou hladinou významnosti 3 %. U 50 % měření vyšly nižší hladiny významnosti než 3 %. Ty byly zamítnuty, a proto je zamítnuta i celá nulová hypotéza H_{04} . Výsledné hodnoty hladin významnosti jsou v tabulce 6.

Tabulka 6: Výsledky hypotézy H_{04}

Světelné podmínky	Porovnávané metody	Hladina významnosti (%)	Nelze zamítnout / Zamítnuta
Při osvětlení	1. a 3.	p= 1,62	Zamítnuta
	2. a 3.	p= 3,19	Nelze zamítnout
	1. a 2.	p= 26,79	Nelze zamítnout
Za snížených světelných podmínek	1. a 3.	p= 0,0049	Zamítnuta
	2. a 3.	p= 9,6e-7	Zamítnuta
	1. a 2.	p=14,60	Nelze zamítnout

6.4.5 Alternativní hypotézy

- **Hypotéza H_{A1}**

U hypotézy H_{A1} předpokládám, že rozdíl středních hodnot šíře zornice měřených 1. a 2. metodou při osvětlení se liší o více jak 0,50 mm. Pro tuto hypotézu bylo zvoleno vyhodnocení na základě středních hodnot šíře zornice r naměřených 1. a 2. metodou při osvětlení. Při porovnání středních hodnot se lišily pouze o 0,18 mm, proto je hypotéza H_{A1} zamítnuta. Výsledky hypotézy H_{A1} se nachází v tabulce 7.

Tabulka 7: Výsledky alternativní hypotézy H_{A1}

Hypotéza	Kritérium	Výsledná hodnota	Nelze zamítnout / Zamítnuta
H_{A1}	0,50	0,18	Zamítnuta

- **Hypotéza H_{A2}**

U hypotézy H_{A2} předpokládám, že rozdíl středních hodnot šíře zornice měřených 1. a 2. metodou za snížených světelných podmínek se liší o více jak 0,50 mm. Pro tuto hypotézu bylo zvoleno vyhodnocení na základě středních hodnot šíře zornice r naměřených 1. a 2. metodou za snížených světelných podmínek. Výsledné střední hodnoty se lišily o 0,69 mm, proto hypotézu H_{A2} nelze zamítnout. Výsledné hodnoty hypotézy H_{A2} se nacházejí v tabulce 8.

Tabulka 8: Výsledek hypotézy H_{A2}

Hypotéza	Kritérium	Výsledná hodnota	Nelze zamítnout / Zamítnuta
H_{A2}	0,50	0,69	Nelze zamítnout

- **Hypotéza H_{A3}**

Pro hypotézu H_{A3} předpokládám, že přesnost měření bude vyšší za snížených světelných podmínek (SSP) než při osvětlení (O) pro každou metodu. Tato hypotéza je analyzována na základě střední hodnoty směrodatných odchylek měření. Pro to, aby mohla být zamítnuta musí být směrodatná odchylka za snížených světelných podmínek vyšší než při osvětlení. Hypotézu H_{A3} na základě výsledků v tabulce 9 nelze zamítnout.

Tabulka 9: Výsledné hodnoty alternativní hypotézy H_{A3}

Metoda	Směrodatná odchylka O	Směrodatná odchylka SSP	Nelze zamítnout / Zamítnuta
1. metoda	0,24	0,21	Nelze zamítnout
2. metoda	0,22	0,27	Zamítnuta
3. metoda	0,19	0,12	Nelze zamítnout

- **Hypotéza H_{A4}**

Hypotéza H_{A4} předpokládá, že přesnost měření bude nejvyšší pro 3. metodu. Hypotézu lze ověřit na základě středních hodnot směrodatných odchylek. Pokud u 3. metody vyjdou nejnižší střední hodnoty směrodatných odchylek u obou typů osvětlení, lze metodu považovat za nejpřesnější.

Hodnoty v tabulce 10 znázorňují, že 3. metoda má nejnižší střední hodnoty směrodatných odchylek při osvětlení (O) i při snížených světlených podmínkách (SSP). Hypotéza H_{A4} nelze zamítnout.

Tabulka 10: Střední hodnoty směrodatných odchylek všech měření

Směrodatné odchylky	1. metoda	2. metoda	3. metoda
Směrodatná odchylka O	0,24	0,22	0,19
Směrodatná odchylka SSP	0,21	0,27	0,12

7 Diskuse

Cílem experimentální části této práce bylo porovnání metod na základě jejich efektivnosti a přesnosti. Na základě výsledků statistické analýzy nulových hypotéz bylo možné potvrdit, že měření každou metodou jsou odlišná. První dvě nulové hypotézy potvrdily, že výsledné hodnoty průměru zornice naměřené první a druhou metodou jsou odlišné. Zbylé dvě hypotézy potvrdily, že se přesnosti metod liší nejen na základě jejich technologie, ale zároveň jejich schopnosti měřit za odlišných světelných podmínek.

Dále jsem se v této části zabývala alternativními hypotézami, kde jsem se ověřovala nepřesnosti měření použitých metod. U hypotézy H_{A1} a H_{A2} byly porovnány střední hodnoty naměřených průměrů zornic první a druhou metodou. Naměřené hodnoty se při osvětlení liší pouze o 0,18 mm, ale za snížených světelných podmínek se liší o 0,69 mm.

Hypotéza H_{A3} porovnávala přesnosti měření použitých metod na základě změn osvětlení. První a třetí metoda měří přesněji při snížených světelných podmínkách, zatímco druhá metoda měří přesněji při osvětlení.

U hypotézy H_{A4} bylo cílem porovnat přesnosti metod vůči sobě. Předpokládala jsem, že nejpřesnější metodou bude třetí metoda. Tato metoda má nejnižší střední hodnoty směrodatných odchylek, a tak se dá považovat za nejvíce přesnou.

Rozdíly měření a přesnosti metod byly způsobeny několika faktory. U první metody je to hlavně dané subjektivností, jelikož přesnost této metody spoléhá na zrak a odhad osoby provádějící měření.

Druhá metoda měla více faktorů, které mohly způsobit její nepřesnosti. Vzhledem k tomu, že jejím základem byly fotografie vytvořené mobilním prostředkem, její přesnost značně závisela na kvalitě kamery. Také vyhodnocení fotografií bylo prováděno ručně, a ne vždy vzhledem ke kvalitě fotografie byla zornice spolehlivě rozlišitelná. Dále aplikace prováděla přepočty průměru zornice na základě teoretické hodnoty horizontálního průměru rohovky, který nemusel vyhovovat rohovce každé z vyšetřovaných osob.

Třetí metoda byla objektivní a vyhodnocována pouze přístrojem. Přístroj dokázal díky infračerveným diodám rozlišit zornice dobře i za snížených světelných podmínek. U této metody vznikaly největší nesrovnalosti lidským faktorem – např. mrknutím v průběhu vyšetření.

8 Shrnutí

Teoretická část práce popisuje anatomii zornice, její funkci a šíři. Jsou zde také uvedené teoretické hodnoty její šířky. V další kapitole jsem se zabývala fyziologickými reakcemi zornice na světelné podmínky a jiné podněty, zde jsem podrobně vysvětlila celý průběh pupilomotorické reakce zornice. V kapitole Patologie zornice jsem popsala různé poruchy, které mohou ovlivnit jak šíři zornice, tak její schopnost reagovat. V poslední kapitole teoretické části jsem představila všechny dostupné metody měření šíře zornice od těch nejsubjektivnějších jako je Haabův pupilometr až po ty nejobektivnější jako je například Keratograph 5M.

Cílem mé praktické části bylo porovnat tři vybrané metody. První metoda Haabův pupilometr, druhá metoda mobilní aplikace Pupil Gauge a přístroj Keratograph 5M. Před samotným začátkem měření jsem si stanovila 4 nulové a 4 alternativní hypotézy. Z výsledků statistické analýzy nulových hypotéz vyplynulo, že naměřené hodnoty daných metod jsou odlišné.

Z alternativních hypotéz vyplývá, že střední hodnoty měření průměru zornice první a druhé metody se liší o 0,18 mm při osvětlení a při snížených světelných podmínkách o 0,69 mm. Na základě středních hodnot směrodatných odchylek se ukázalo, že první a třetí metoda měří přesněji za snížených světelných podmínek. Druhá metoda měří přesněji při osvětlení. V porovnání vůči sobě je na základě středních hodnot směrodatných odchylek nejpřesnější třetí metoda.

To, že je objektivní přístroj přesnější než subjektivní metody, není asi takovým překvapením v dnešní době, kdy se technologie neustále zdokonalují. I přesto by se na základě výsledků dalo říci, že zbylé dvě metody nejsou v porovnání s měřením na přístroji tak nepřesné a pro běžnou praxi mohou být také využitelné.

9 Závěr

Ráda bych kdyby se výsledky této práce staly inspirací a součástí běžné optometrické praxe. Metodami může být vyšetřena šíře zornice na obou očích a její fotoreakce. Tato vyšetření jsou důležitá pro zjištění několika patologií. Rozdíl mezi pravým a levým okem může naznačovat anizokorii a může být projevem vážných onemocnění mozku, také může být následkem jednostranného poranění oka nebo následkem prodělaného zánětu, který poškodil duhovkové svaly. Několik chorob se projevuje špatnými fotoreakcemi, což ovlivňuje pacientovu schopnost ostrého vidění během odlišných světelných podmínek. Metodami zmíněnými v této práci se dá měřit velikost zornice za různých světelných podmínek, fotoreakce zornice, a to jak její kvalita, tak i rychlost reakce. Případné odhalení patologie zornice může vést ke spolupráci s oftalmologem a dalšími lékaři. Tato spolupráce může kladně ovlivnit nejen zdraví samotného pacienta, ale může také vést k lepšímu propojení praxe oční optiky a lékařským zařízením.

Práce mě obohatila o spoustu nových znalostí týkajících se anatomie a patologie zornice. Díky tomu jsem se obeznámila i s velkou škálou technologií, která provádějí měření šíře zornice, ale i spousty jiných vyšetření. Naučila jsem se, jak se s vybranými přístroji a metodami pracuje.

V budoucnu bych se ráda této problematice nadále věnovala i ve spojení s oblastí marketingu, kde se tyto technologie využívají. Jedná se zejména o metodu Eyetrackerů, sloužící k pozorování pohybu oka a reakcí zornice. Na základě těchto reakcí se posuzuje kvalita a zpracování reklamy. Provedení studie na významnějším souboru osob plánuji realizovat během navazujícího studia.

Seznam použité literatury

- [1] AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-701-3362-7.
- [2] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka*. 1. vydání. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-701-3313-9.
- [3] JIRÁSKOVÁ, Nad'a. *Neurooftalmologie: minimum pro praxi*. 1. vydání. Praha: Triton, 2001. ISBN 80-725-4177-3.
- [4] SYKA, Josef, František VRABEC a Luboš VOLDŘICH. *Fyziologie a patofyziologie zraku a sluchu*. 1. vydání. Praha: Avicenum, 1981. Patologická fyziologie. ISBN 08-010-81.
- [5] LANGMEIER, Miloš, Otomar KITTNAR, Dana MAREŠOVÁ a Jaroslav POKORNÝ. *Základy lékařské fyziologie*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-526-0.
- [6] DROUAL, Robert. Chapter 10 - Sensory. In: *Modesto Junior College* [online]. Modesto Junior College: Pearson Education, inc., 2011 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: http://droualb.faculty.mjc.edu/Course%20Materials/Physiology%20101/Chapter%20Notes/Fall%202011/chapter_10%20Fall%202011.htm
- [7] OTRADOVEC, Jiří. *Klinická neurooftalmologie*. 1. vydání. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0280-0.
- [8] RIEBEL, Otto. *Vybrané kapitoly z oftalmologie*. 3. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n. p., 1980. ISBN 17-117-85.
- [9] ATCHISON, David A. a George SMITH. *Optics of the human eye*. 1. vydání. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000. ISBN 07-506-3775-7.
- [10] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [11] LOGAN, Bari, Patricia REYNOLDS, Scott RICE a Ralph HUTCHINGS. *McMinn's Color Atlas of Head and Neck Anatomy*. 3. vydání. Edinburgh: Elsevier, 2004. ISBN 978-0-7020-7017-4.
- [12] *Diagnostika a léčba očních chorob v praxi*. 3. vydání. Praha: Triton, 2004. ISBN 80-725-4536-1.
- [13] Anisocoria. In: *Wikimedia Commons* [online]. Wikimedia Commons, 2012 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z:

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Anisocoria.jpg&oldid=4666994>
17

- [14] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. 1. vydání. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [15] Adies. In: *Wikimedia Commons* [online]. Wikimedia Commons, 2011 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Adies.png&oldid=415933868>
- [16] MILLODOT, Michel. *Dictionary of Optometry and Visual Science*. 7. vydání. Edinburgh: Elsevier, 2014. ISBN 978-0-7020-2958-5.
- [17] Estimation of Pupil Size: Instructions for use of the Bernell MDEP Pupillometer. In: *Bernell* [online]. Mishawaka: Bernell Corporation, 2014 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <http://cdn.bernell.com/downloads/MDEP.pdf>
- [18] SCHULER, Jefferson, Ramya RAO a Kurtis SLUSS. Evaluation of Reflex and its Applications in Medicine. In: *Reflex* [online]. Indianapolis: Reflex, 2021 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: https://reflex-help-content.s3.amazonaws.com/EvaluationofReflexanditsApplicationsinMedicine_KS_RR_JS_V2.pdf
- [19] VESELÝ, Petr a Pavel BENEŠ. *Vyšetřovací metody v optometrii: a interpretace jejich výsledků v praxi*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-2071-0.
- [20] Automatická objektivní refrakce s přístrojem i.Profiler®plus. *Zeiss* [online]. Praha: Carl Zeiss spol., (nedatováno) [cit. 2021-12-26]. Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/vision-care/pro-lekare-ci-optometristy/produkty/pristroje-a-systemy-spolocnosti-zeiss/i-profiler-plus-automaticka-objektivni-refrakce.html#details>
- [21] Pupillometry. *Prospect Diagnostics Limited* [online]. Derbyshire: Lampson Design Ltd., 2021 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://prospectdiagnostics.co.uk/pupillometry/>
- [22] Pupillometry. *Metrovision* [online]. Pérenchies: METROVISION, 2020 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://metrovision.fr/mv-pu-notice-us.html>
- [23] MonPackOne PDF brochure: UNIVERSAL VISION STIMULATOR. In: *Metrovision* [online]. Perenchies: Metrovision, 2020 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://metrovision.fr/mv-pu-notice-us.html>
- [24] KOTANI, Joji, Hiroyuki NAKAO, Isamu YAMADA, Atsushi MIYAWAKI, Naomi MAMBO a Yuko ONO. A Novel Method for Measuring the Pupil Diameter and Pupillary Light Reflex of Healthy Volunteers and Patients With Intracranial Lesions Using a Newly Developed Pupillometer. *Frontiers in Medicine* [online]. 2021, **8** [cit. 2021-12-22]. ISSN 2296-858X. Dostupné z: doi:10.3389/fmed.2021.598791
- [25] BRISSON, Julie, Marc MAINVILLE, Dominique MAILLOUX, Christelle BEAULIEU, Josette SERRES a Sylvain SIROIS. Pupil diameter measurement errors as a function of

- gaze direction in corneal reflection eyetrackers. *Behavior Research Methods* [online]. 2013, **45**(4), 1322-1331 [cit. 2021-12-22]. ISSN 1554-3528. Dostupné z: doi:10.3758/s13428-013-0327-0
- [26] How do Tobii Eye Trackers work?. *Tobii Pro* [online]. Stockholm: Tobii AB, 2021 [cit. 2021-12-26]. Dostupné z: <https://www.tobii.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/how-do-tobii-eye-trackers-work/>
- [27] Tobii Pro Glasses 3. In: *Tobii Pro* [online]. Stockholm: Tobii AB, 2021 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-glasses-3/>
- [28] Tobii Pro Nano. In: *Tobii Pro* [online]. Stockholm: Tobii AB, 2021 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://www.tobii.com/product-listing/nano/>
- [29] Dark and bright pupil tracking. *Tobii Pro* [online]. Stockholm: Tobii AB, 2021 [cit. 2021-12-26]. Dostupné z: <https://www.tobii.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/what-is-dark-and-bright-pupil-tracking/>
- [30] Are pupil size calculations possible with Tobii Eye Trackers?. *Tobii Pro* [online]. Stockholm: Tobii AB, 2021 [cit. 2021-12-26]. Dostupné z: <https://www.tobii.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/is-pupil-size-calculations-possible-with-tobii-eye-trackers/>
- [31] About Eye Tracking. *SR Research: EyeLink* [online]. Ottawa: SR Research, 2021 [cit. 2021-12-26]. Dostupné z: <https://www.sr-research.com/about-eye-tracking/>
- [32] EyeLink 1000 Plus. In: *SR Research* [online]. Ottawa: SR Research, 2021 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://www.sr-research.com/eyelink-1000-plus/>
- [33] OCULUS Keratograph 5M: Topographer. In: *Birmingham Optical: The Optical Company* [online]. Wetzlar (Německo): OCULUS Optikgeräte GmbH, (nedatováno) [cit. 2021-12-26]. Dostupné z: <https://www.birminghamoptical.co.uk/content/uploads/2017/08/Oculus-Keratograph-5M-Full-Brochure.pdf>
- [34] OCULUS Keratograph 5M. In: *Oculus* [online]. Hradec Králové: OCULUS, 2021 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://www.oculus.de/cz/produkty/topografie/keratograph-5m/oculus-keratograph-5m/#c25710>
- [35] CSO TOMOGRAPH AND CORNEAL TOPOGRAPHER – SIRIUS. *Focus: Medical Care Technology Professional* [online]. Kowloon: Focus Mercantile (H.K.) Company Limited, Inc., 2017 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <http://focusetop.com.hk/products/optometric-hongkong/diagnostic/sirius/>

Seznam symbolů a zkratk

Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
<i>NPI</i>	mm	Číselné vyjádření pupilární reakce

Seznam zkratk

Zkratka	Význam
EW	Edinger-Westphalovo jádro
RAPD	Relativní aferentní pupilární defekt
MDEP	Massachusetts Drug Evaluation and Classification Program
qPLR	Quantitative analysis of the pupillary light reflex
PLR	Pupillary light reflex, pupilární fotoreakce
LED	Light-Emitting Diode, elektroluminiscenční dioda
IR	Infračervené záření
NPI	Neurological pupil index
TK	Krevní tlak
USB	Universal serial bus
3D	Třídídimenzionální, trojrozměrný
PCCR	Pupil center corneal reflection
IOL	Intraocular lens, nitrooční čočka
NIBUT	Non Invasive Break-up Time
OSDI	Ocular Surface Disease Index
O	Osvětlení
SSP	Snížené světelné podmínky

Seznam obrázků

Obrázek 1: Anatomie a funkce duhovkových svalů [6]	2
Obrázek 2: Průběh aferentní dráhy [11]	6
Obrázek 3: Průběh sympatické dráhy [3]	8
Obrázek 4: Anizokorie: větší mydriáza na pravém oku [13].....	9
Obrázek 5: Adieho syndrom: oboustranná mydriáza zornic [15].....	12
Obrázek 6: Hornerův syndrom: miotická zornice a ptóza horního víčka levého oka [7].....	13
Obrázek 7: Haabův pupilometr [16].....	15
Obrázek 8: Bernell MDEP [17]	15
Obrázek 9: Vyšetřování v tmavé místnosti s MDEP pupilometrem [17].....	17
Obrázek 10: Vzor obrazovky mobilního zařízení při měření aplikací Reflex [18].....	18
Obrázek 11: Výsledky měření na přístroji i.Profiler®plus [20].....	19
Obrázek 12: NPI-200 pupilometr [21].....	20
Obrázek 13: Metrovision pupilometr MonPackONE [23]	21
Obrázek 14: Hitomiru® pupilometr [24].....	22
Obrázek 15: Výsledky měření Hitomiru® pupilometru [24]	23
Obrázek 16: Tobii Pro Glasses 3 [27]	24
Obrázek 17: Tobii Pro Nano [28]	24
Obrázek 18: Nastavení osvětlení (nahore sledování zornice při mydriáze a dole při mióze) [29]	25
Obrázek 19: EyeLink 1000 Plus [32]	26
Obrázek 20: Keratograph 5M [34]	27
Obrázek 21: Sirius [35]	28
Obrázek 22: Ukázka výsledků měření aplikace Pupil Gauge	30
Obrázek 23: Zastoupení směrodatných odchylek měření první metody	32
Obrázek 24: Zastoupení směrodatných odchylek měření druhé metody	33
Obrázek 25: Zastoupení směrodatných odchylek měření třetí metody	34
Obrázek 26: Střední hodnoty průměru zornice r naměřené 1. a 2. metodou.....	35

Seznam tabulek

Tabulka 1: Velikostí šíře zornice pro odlišné světelné podmínky: [16].....	16
Tabulka 2: Posouzení hodnot NPI [21]	20
Tabulka 3: Demografická data	29
Tabulka 4: Výsledky nulových hypotéz H_{01} a H_{02}	35
Tabulka 5: Výsledky nulové hypotézy H_{03}	36
Tabulka 6: Výsledky hypotézy H_{04}	36
Tabulka 7: Výsledky alternativní hypotézy H_{A1}	37
Tabulka 8: Výsledek hypotézy H_{A2}	37
Tabulka 9: Výsledné hodnoty alternativní hypotézy H_{A3}	38
Tabulka 10: Střední hodnoty směrodatných odchylek všech měření	38

Příloha 2: Naměřená data praktické část – 1. metoda

Číslo pacienta	Oko	Měření 1	Měření 2	Měření 3	Měření 4	Měření 5	Měření 6	Měření 7	Měření 8	Měření 9	Měření 10
Pacient 1	P	6	5,5	6	6	5,5	6	6	5,5	6	5,5
	L	6	5	6	6	5	6	6	5	6	5
Pacient 2	P	4	4,5	4	4	4,5	4	4	4,5	4	4
	L	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5
Pacient 3	P	5	5,5	5	5	5,5	5	5	5,5	5	5
	L	6	5	6	6	5	6	6	5	6	5,5
Pacient 4	P	5	5,5	5	5	5,5	5	5	5,5	5	5,5
	L	5	5,5	4,5	5,5	5	4,5	5,5	5	4,5	5,5
Pacient 5	P	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6
	L	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6
Pacient 6	P	5,5	6	5,5	5,5	6	5,5	5,5	6	5,5	6
	L	5	4,5	5	5	4,5	5	5	4,5	5	4,5
Pacient 7	P	7	7,5	7	7	7,5	7	7	7,5	7	7
	L	7	6	7	7	6	7	7	6	7	7
Pacient 8	P	6	6,5	6	6	6,5	6	6	6,5	6	6
	L	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6
Pacient 9	P	7	6	7	7	6	7	7	6	7	6
	L	6,5	7	6,5	6,5	7	6,5	6,5	7	6,5	6,5
Pacient 10	P	6	6,5	6	6	6,5	6	6	6,5	6	6,5
	L	6	6,5	6	6	6,5	6	6	6,5	6	6
Pacient 11	P	6,5	7	6,5	6,5	7	6,5	6,5	7	6,5	6,5
	L	7	6	7	7	6	7	7	6	7	7
Pacient 12	P	7	7,5	7	7	7,5	7	7	7,5	7	7
	L	7	7,5	7	7	7,5	7	7	7,5	7	7,5
Pacient 13	P	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	L	5,5	6	5,5	5,5	6	5,5	5,5	6	5,5	5,5
Pacient 14	P	7	6,5	7	7	6,5	7	7	6,5	7	6,5
	L	6,5	7	6,5	6,5	7	6,5	6,5	7	6,5	6,5
Pacient 15	P	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	L	7	7,5	7,5	7	7,5	7	7	7,5	7,5	7,5
Pacient 16	P	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	L	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6,5
Pacient 17	P	6	6,5	6	6	6,5	6	6	6,5	6	6,5
	L	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Pacient 18	P	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	L	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Pacient 19	P	5,5	5,5	5	5,5	5,5	5	5,5	5,5	5	5,5
	L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Pacient 20	P	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	L	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Pacient 21	P	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6,5
	L	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Pacient 22	P	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	L	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Pacient 23	P	6	6	6,5	6	6	6,5	6	6	6,5	6
	L	6,5	6	6	6,5	6	6	6,5	6	6	6
Pacient 24	P	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	L	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Pacient 25	P	6	5,5	5,5	6	5,5	5,5	6	5,5	5,5	5,5
	L	5	5,5	5	5	5,5	5	5	5,5	5	5
Pacient 26	P	6,5	7	7	7	7	7	6,5	7	6,5	6,5
	L	6,5	7	7	6,5	6,5	7	7	7	7	6,5
Pacient 27	P	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	L	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Pacient 28	P	6	6,5	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6,5	6
	L	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Pacient 29	P	6	5,5	5,5	6	5,5	5,5	6	5,5	5,5	5,5
	L	5	5,5	5	5	5,5	5	5	5,5	5	5
Pacient 30	P	6	6,5	6,5	6	6,5	6,5	6	6,5	6,5	6
	L	6	6	6,5	6	6	6,5	6	6	6,5	6,5

Příloha 3: Naměřená data praktické část – 2. metoda

Číslo pacienta	Oko	Měření 1	Měření 2	Měření 3	Měření 4	Měření 5	Měření 6	Měření 7	Měření 8	Měření 9	Měření 10
Pacient 1	P	3,2	3,36	3,41	3,31	3,25	3,25	3,33	3,46	3,26	3,47
	L	2,96	3,67	3,41	3,36	3,8	3,71	3,13	3,36	3,21	3,46
Pacient 2	P	2,81	2,93	2,73	2,52	2,87	3,11	2,57	2,95	2,78	3,03
	L	2,77	2,92	2,52	2,56	2,65	2,8	2,63	2,66	2,74	2,73
Pacient 3	P	3,96	4,07	3,94	3,68	3,56	4,13	3,86	3,59	3,75	3,6
	L	3,37	3,72	3,73	3,62	3,69	3,57	3,7	3,67	3,5	3,8
Pacient 4	P	4,88	4,98	4,81	4,76	4,68	4,67	5,11	4,65	4,6	4,94
	L	4,72	4,75	5,06	4,9	4,81	4,94	4,68	4,72	4,71	4,73
Pacient 5	P	4,14	4,14	4,26	3,94	4,39	4,38	3,99	3,99	4,07	4,06
	L	3,83	4,02	3,84	3,89	3,98	4,09	4,28	4,16	4,06	4,11
Pacient 6	P	3,32	3,29	3,19	3,18	3,12	3,32	3,12	3,33	3,29	3,63
	L	3,14	2,96	2,75	2,91	2,83	2,86	3,01	2,86	2,97	3,22
Pacient 7	P	3,55	3,40	3,61	3,71	3,62	3,72	3,81	3,87	3,51	3,81
	L	3,46	3,56	3,40	3,48	3,67	3,61	3,54	3,58	3,45	3,63
Pacient 8	P	3,40	3,40	3,41	3,29	3,23	3,52	3,40	3,25	3,23	3,54
	L	3,24	2,90	2,86	3,00	3,30	3,30	3,30	3,21	3,17	3,46
Pacient 9	P	4,68	4,58	4,37	4,40	4,02	4,15	4,27	4,28	4,37	4,36
	L	4,58	4,34	4,11	4,41	4,14	4,30	4,12	4,37	4,16	3,99
Pacient 10	P	4,00	3,84	4,36	3,99	4,36	4,11	4,10	4,49	3,86	4,15
	L	3,91	3,88	4,36	3,91	4,02	3,84	4,11	4,22	3,78	3,98
Pacient 11	P	3,25	3,09	3,27	3,44	3,34	3,48	3,51	3,55	3,50	3,79
	L	3,65	3,27	3,42	3,50	3,37	3,28	3,65	3,41	3,58	3,44
Pacient 12	P	4,48	4,39	4,45	4,35	4,60	4,44	4,36	4,35	4,34	4,33
	L	4,31	4,18	4,14	4,31	4,49	4,31	4,34	3,96	3,99	4,18
Pacient 13	P	4,23	4,38	3,81	3,88	4,13	4,27	4,25	4,65	4,19	4,29
	L	3,92	4,00	3,74	3,81	3,96	4,30	4,27	4,29	3,80	4,34
Pacient 14	P	4,51	4,37	4,23	4,52	4,11	4,60	4,35	4,48	4,49	4,85
	L	4,79	4,71	4,47	4,30	4,30	4,22	4,00	4,33	4,72	4,84
Pacient 15	P	4,60	5,60	5,23	4,81	4,97	4,82	4,29	3,72	4,28	4,46
	L	4,89	4,44	4,31	4,78	4,25	4,29	4,36	4,22	4,33	4,21
Pacient 16	P	3,73	4,09	4,10	4,25	4,03	4,38	4,07	3,85	4,13	4,28
	L	4,00	3,74	3,87	4,06	3,77	3,89	4,13	4,13	3,99	4,28
Pacient 17	P	3,13	3,13	3,13	3,01	3,22	3,31	2,73	2,93	3,40	3,06
	L	3,30	3,37	3,51	2,77	3,10	3,32	2,38	2,85	3,13	3,12
Pacient 18	P	4,15	4,38	4,37	4,22	4,31	4,12	4,24	4,20	4,11	4,41
	L	4,09	3,93	4,21	4,52	4,08	4,50	4,44	4,04	4,39	4,24
Pacient 19	P	2,99	2,74	2,22	2,44	2,24	2,84	3,11	2,39	2,50	2,50
	L	2,81	2,87	2,79	2,44	2,30	2,87	2,64	2,67	2,66	2,22
Pacient 20	P	4,38	4,58	4,56	4,65	4,85	4,55	4,60	4,86	4,96	4,65
	L	4,85	4,90	4,77	5,17	5,24	5,40	5,38	4,94	5,24	5,27
Pacient 21	P	5,14	5,65	5,33	5,20	4,78	4,93	4,62	4,63	4,91	4,50
	L	4,65	4,79	4,77	4,99	5,06	4,62	4,65	4,45	4,97	4,81
Pacient 22	P	3,69	3,68	3,91	4,20	3,94	3,89	3,93	4,07	3,71	4,08
	L	4,39	4,07	4,04	4,27	4,09	3,98	4,13	4,00	4,13	3,57
Pacient 23	P	3,90	3,56	4,20	3,73	3,45	3,78	3,61	3,45	3,22	3,19
	L	4,25	3,80	3,83	3,96	4,04	4,15	3,87	3,86	3,63	3,72
Pacient 24	P	4,10	4,11	4,37	4,20	3,95	4,24	3,94	3,99	4,29	4,13
	L	3,89	4,03	4,13	4,11	3,93	4,00	3,86	3,78	4,25	3,72
Pacient 25	P	3,95	3,89	4,02	4,10	3,97	4,21	4,07	3,90	4,11	4,25
	L	3,80	3,42	3,55	3,28	3,59	3,70	3,94	3,92	3,49	3,91
Pacient 26	P	4,95	5,90	5,30	5,15	5,61	5,36	4,91	5,30	5,05	4,99
	L	5,00	5,51	6,17	5,21	5,55	5,91	5,75	6,11	5,51	5,70
Pacient 27	P	3,36	3,57	4,01	3,86	3,48	4,24	3,36	4,06	3,61	3,70
	L	4,15	4,06	3,32	3,50	3,35	4,20	3,94	4,02	3,72	4,30
Pacient 28	P	4,79	4,60	5,14	5,13	4,95	4,89	5,12	5,32	5,75	5,21
	L	4,55	4,64	4,98	4,91	4,51	4,60	5,00	5,08	5,25	4,82
Pacient 29	P	4,10	3,65	4,08	3,74	3,56	4,19	4,02	3,37	3,89	3,15
	L	3,43	4,48	3,98	3,34	4,32	4,31	4,05	3,87	4,09	4,20
Pacient 30	P	4,79	4,52	4,88	5,26	5,15	4,72	5,48	4,35	4,75	5,34
	L	5,00	5,15	4,66	4,87	5,35	5,40	5,12	4,78	4,45	5,31

Příloha 4: Naměřená data praktické část – 2. metoda

Číslo pacienta	Oko	Měření 1	Měření 2	Měření 3	Měření 4	Měření 5	Měření 6	Měření 7	Měření 8	Měření 9	Měření 10
Pacient 1	P	4,37	4,08	4,68	4,86	4,38	4,35	4,29	4,27	4,43	4,31
	L	4,96	4,96	5,10	5,04	4,89	4,94	4,73	4,73	4,82	4,84
Pacient 2	P	4,25	4,37	3,78	3,69	3,71	3,74	4,18	3,68	3,98	3,89
	L	3,82	3,88	3,45	3,45	3,90	3,95	3,80	3,83	3,62	3,65
Pacient 3	P	5,28	5,60	5,48	5,27	5,21	5,20	5,74	5,74	5,31	5,63
	L	5,56	5,37	5,50	5,82	5,17	5,66	5,43	5,57	5,23	5,43
Pacient 4	P	5,70	6,00	5,77	5,95	5,79	6,05	5,88	6,06	5,99	6,05
	L	6,13	5,77	6,05	5,85	5,73	6,06	5,78	6,13	5,71	5,97
Pacient 5	P	5,57	5,32	5,04	5,36	5,02	5,33	5,25	5,08	4,78	5,32
	L	5,28	5,41	5,13	5,31	5,23	5,08	4,92	5,05	4,84	5,02
Pacient 6	P	3,43	3,70	3,51	3,69	3,55	3,59	3,66	3,56	3,76	4,02
	L	3,45	3,37	3,38	3,23	3,41	3,38	3,40	3,48	3,57	3,69
Pacient 7	P	4,25	4,24	4,15	4,45	4,07	4,59	4,03	4,68	4,74	4,96
	L	4,36	4,58	4,10	4,60	4,29	4,22	4,24	4,51	4,46	4,94
Pacient 8	P	4,27	4,21	4,65	4,79	4,88	4,78	4,65	4,61	4,56	4,40
	L	4,07	4,03	4,49	4,55	4,60	4,47	4,12	4,58	4,52	4,47
Pacient 9	P	6,39	6,29	6,29	6,00	5,62	6,05	5,29	5,87	5,90	5,84
	L	6,21	5,96	5,78	5,98	6,15	5,78	5,57	5,48	5,32	5,61
Pacient 10	P	5,37	5,26	4,94	5,12	5,60	5,33	4,95	5,14	5,39	5,26
	L	5,64	5,61	5,53	5,38	5,67	5,53	5,00	5,56	5,47	5,38
Pacient 11	P	4,37	4,25	4,12	4,21	4,20	4,51	4,51	4,47	4,83	4,70
	L	4,26	4,08	4,19	4,15	4,03	4,35	4,65	4,30	4,58	4,82
Pacient 12	P	6,13	6,26	5,82	6,12	6,66	5,88	5,83	5,85	5,92	5,97
	L	6,31	6,65	6,33	6,40	6,35	6,31	6,19	6,26	6,18	6,31
Pacient 13	P	5,94	5,72	6,28	5,99	6,34	5,67	5,47	5,59	5,56	5,26
	L	5,81	5,79	6,02	5,87	5,64	5,96	5,67	5,38	5,67	5,66
Pacient 14	P	6,47	6,42	5,79	5,61	5,88	5,79	5,70	6,10	6,45	6,26
	L	6,80	6,76	6,51	6,38	6,70	6,72	6,57	6,62	6,52	6,49
Pacient 15	P	6,72	6,55	5,91	6,25	6,90	6,33	6,43	6,15	6,29	6,21
	L	6,55	6,68	5,78	6,14	5,98	6,28	6,18	6,06	6,61	6,20
Pacient 16	P	4,91	5,13	5,14	5,01	5,26	5,05	5,12	5,44	5,29	5,34
	L	5,45	5,43	5,77	5,62	5,42	5,60	5,63	5,63	5,75	5,89
Pacient 17	P	5,13	4,73	4,75	5,08	5,49	4,88	5,09	5,05	4,79	4,92
	L	5,26	4,82	4,99	5,05	5,26	4,78	5,02	4,87	5,18	5,17
Pacient 18	P	4,82	4,58	5,00	5,05	4,98	5,03	4,73	4,75	4,96	5,02
	L	4,80	5,26	4,85	5,20	4,98	4,99	4,66	5,01	4,77	5,23
Pacient 19	P	3,52	3,64	3,66	3,23	3,27	3,55	3,10	3,90	3,20	3,35
	L	3,83	3,85	3,09	3,59	3,62	3,28	3,68	3,14	3,68	3,43
Pacient 20	P	7,48	8,08	7,72	8,00	7,78	7,82	7,64	7,67	7,84	7,78
	L	7,76	7,75	7,88	7,57	7,92	7,80	7,54	7,87	7,74	7,92
Pacient 21	P	7,56	7,30	7,69	7,34	7,51	7,38	7,22	7,48	7,27	7,11
	L	7,00	6,94	6,80	6,89	7,05	6,35	6,44	6,18	6,36	6,64
Pacient 22	P	6,08	5,98	5,71	5,93	5,91	5,58	5,66	5,50	5,71	5,76
	L	6,88	6,77	6,18	6,28	6,59	6,04	6,44	6,33	6,36	6,61
Pacient 23	P	5,33	5,15	5,29	4,93	4,84	5,38	5,14	5,38	4,91	5,19
	L	5,62	5,73	5,45	5,10	5,58	5,06	5,32	5,10	4,91	5,55
Pacient 24	P	6,12	6,24	5,97	5,91	5,66	6,04	6,13	6,08	5,63	6,06
	L	6,50	6,46	6,89	6,33	5,78	6,43	6,27	6,78	5,98	6,06
Pacient 25	P	5,03	4,95	4,96	4,71	4,76	5,20	5,12	5,15	5,19	5,01
	L	4,71	4,59	4,43	4,32	7,63	4,48	4,64	4,78	4,96	4,52
Pacient 26	P	7,97	6,61	6,50	6,62	5,84	6,94	6,71	6,82	6,99	6,71
	L	6,82	7,27	7,17	7,22	6,64	6,66	6,72	6,85	6,91	7,01
Pacient 27	P	5,83	5,34	4,71	4,74	4,31	4,24	4,52	4,17	3,91	3,97
	L	6,05	6,02	5,42	4,69	4,70	4,63	3,83	4,34	4,09	4,22
Pacient 28	P	6,46	6,19	6,29	6,07	6,06	6,27	6,05	6,16	6,07	6,27
	L	6,58	6,20	6,39	6,07	6,01	6,78	6,07	6,37	5,95	6,20
Pacient 29	P	5,74	4,71	5,62	5,80	4,35	5,25	4,62	4,80	5,32	4,15
	L	6,00	5,98	5,67	6,03	4,80	4,24	3,99	4,78	5,19	5,22
Pacient 30	P	6,00	5,38	5,64	6,56	6,33	6,17	5,94	5,68	6,00	6,67
	L	5,51	6,09	6,45	5,84	6,19	5,77	6,04	6,31	5,89	6,31

Příloha 5: Naměřená data praktické část – 3. metoda

Číslo pacienta	Oko	Měření 1	Měření 2	Měření 3	Měření 4	Měření 5	Měření 6	Měření 7	Měření 8	Měření 9	Měření 10
Pacient 1	P	2,7	2,7	2,6	2,4	2,4	2,1	2,6	2,7	2,0	2,5
	L	4,4	4,3	4,3	4,3	4,2	4,0	4,1	4,1	4,1	4,0
Pacient 2	P	4,0	4,6	4,4	4,4	4,2	4,3	4,1	4,1	4,1	4,0
	L	4,0	3,9	3,6	4,1	4,3	4,2	4,1	4,0	4,0	3,9
Pacient 3	P	4,3	4,4	4,5	4,1	4,2	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0
	L	5,3	4,5	4,8	4,1	5,0	5,4	5,0	5,3	4,8	4,3
Pacient 4	P	3,6	3,9	3,6	3,9	3,9	4,1	4,2	3,9	3,7	3,7
	L	3,8	3,9	4,0	3,9	3,9	4,1	3,8	3,9	4,0	3,9
Pacient 5	P	4,3	4,5	4,3	4,1	4,1	4,1	4,0	3,9	4,0	3,9
	L	3,5	3,7	3,7	3,8	3,5	3,6	3,5	3,6	3,4	3,6
Pacient 6	P	3,4	3,1	3,3	3,1	3,1	2,8	3,1	3,1	2,8	2,8
	L	2,9	2,9	2,4	2,5	2,4	2,5	2,5	2,8	2,6	2,6
Pacient 7	P	4,1	4,0	3,9	3,2	3,2	3,5	3,6	3,9	3,9	3,4
	L	3,4	3,4	3,5	3,7	3,1	3,4	3,5	3,2	3,6	3,5
Pacient 8	P	3,3	3,3	3,1	3,0	3,1	3,3	3,1	3,1	3,2	3,1
	L	3,4	3,6	3,5	3,1	3,0	3,0	3,0	3,7	3,1	3,3
Pacient 9	P	4,9	4,6	4,5	4,7	4,6	4,7	4,6	4,5	4,6	4,5
	L	4,6	4,7	4,7	4,7	4,5	4,5	4,7	4,5	4,5	4,5
Pacient 10	P	3,3	3,3	3,0	2,9	3,2	2,8	3,2	2,9	3,1	2,9
	L	2,6	2,9	2,7	2,7	2,8	2,7	2,7	2,6	2,9	2,7
Pacient 11	P	4,1	4,1	4,2	4,0	4,1	4,2	4,0	4,1	4,0	3,9
	L	3,5	3,9	3,5	3,5	3,4	3,3	3,4	3,4	3,5	3,3
Pacient 12	P	5,1	4,8	4,6	4,6	4,5	4,6	4,3	4,5	5,0	4,4
	L	4,3	4,4	4,3	4,5	4,3	4,3	4,5	4,3	4,6	4,6
Pacient 13	P	3,9	3,6	3,6	3,8	3,8	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8
	L	3,4	3,4	3,4	3,5	3,3	3,3	3,3	3,4	3,3	3,3
Pacient 14	P	4,5	4,0	4,4	4,5	4,3	4,4	4,3	4,3	4,1	4,5
	L	4,4	4,4	4,3	4,4	4,4	4,2	4,3	4,4	4,3	4,2
Pacient 15	P	4,9	4,7	4,9	4,6	4,5	4,4	4,0	4,9	4,0	4,2
	L	4,4	4,6	4,9	4,5	4,6	4,6	4,9	4,3	4,2	4,4
Pacient 16	P	3,6	4,0	4,0	4,0	3,8	3,9	3,7	3,8	3,4	3,5
	L	4,1	4,1	4,1	4,1	3,9	3,9	4,0	3,8	3,7	3,9
Pacient 17	P	5,7	5,1	5,0	4,6	5,0	4,6	4,8	4,8	4,8	5,5
	L	4,8	4,4	4,7	4,4	4,6	4,5	4,7	4,7	4,4	4,4
Pacient 18	P	3,6	3,8	3,7	3,5	3,4	3,4	3,5	3,6	3,6	3,8
	L	3,2	3,2	3,1	3,3	3,4	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3
Pacient 19	P	3,4	3,5	3,8	3,8	3,7	3,5	3,4	3,5	3,6	3,9
	L	3,5	3,4	3,6	3,6	3,5	3,8	3,6	3,5	3,6	3,4
Pacient 20	P	4,5	4,3	4,2	4,3	4,1	3,8	4,0	3,8	4,0	3,8
	L	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,2	4,3	4,2	4,2
Pacient 21	P	5,5	5,3	5,0	5,9	5,0	5,7	5,7	5,1	5,3	5,9
	L	4,7	4,7	4,5	4,6	4,4	4,1	4,4	4,6	4,5	4,5
Pacient 22	P	3,5	3,9	3,8	3,9	3,3	3,6	3,9	3,9	3,4	3,5
	L	3,8	3,6	3,7	4,3	4,7	5,3	4,2	4,3	4,2	4,4
Pacient 23	P	3,8	3,8	4,0	3,9	3,8	3,8	3,6	3,6	3,6	4,4
	L	3,7	3,9	4,1	4,6	4,5	4,5	3,5	3,7	3,6	3,7
Pacient 24	P	4,7	4,9	4,9	4,7	4,7	4,7	4,7	4,6	4,7	4,6
	L	4,6	4,7	4,7	4,5	4,8	4,6	4,5	4,7	4,6	4,7
Pacient 25	P	4,1	4,0	3,9	3,8	3,9	3,7	3,8	3,5	3,6	3,9
	L	3,4	3,0	3,1	3,0	3,1	3,0	3,0	3,0	3,1	3,0
Pacient 26	P	4,3	4,2	4,4	4,5	4,5	4,3	4,5	4,2	4,6	4,2
	L	4,7	4,6	4,3	4,3	4,3	4,4	4,6	4,4	4,4	4,5
Pacient 27	P	4,0	4,4	4,1	3,9	4,2	4,3	4,1	4,0	3,9	3,8
	L	3,8	3,7	3,4	3,5	3,4	3,3	3,2	3,8	3,5	3,3
Pacient 28	P	4,0	4,0	4,1	3,8	4,0	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
	L	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	4,0	3,8	4,0	3,9	4,0
Pacient 29	P	4,7	5,0	4,2	4,7	4,8	5,0	4,9	4,3	4,8	4,3
	L	3,6	3,8	4,0	4,0	3,7	4,1	3,9	3,7	3,9	3,8
Pacient 30	P	5,2	5,1	4,9	5,0	4,8	4,9	4,8	5,0	5,1	5,1
	L	3,9	4,3	4,0	3,9	4,0	4,2	4,0	4,2	4,2	4,3

Příloha 6: Naměřená data praktické část – 3. metoda

Číslo pacienta	Oko	Měření 1	Měření 2	Měření 3	Měření 4	Měření 5	Měření 6	Měření 7	Měření 8	Měření 9	Měření 10
Pacient 1	P	6,7	6,9	6,5	6,6	6,5	6,5	6,8	6,8	6,9	6,7
	L	6,8	6,9	6,7	6,8	6,7	6,6	6,9	6,6	6,8	6,9
Pacient 2	P	6,2	6,5	6,3	6,3	6,3	6,2	6,2	6,3	6,3	6,2
	L	6,3	6,1	6,3	6,2	6,4	6,2	6,3	6,3	6,3	6,1
Pacient 3	P	6,6	6,7	6,8	6,4	6,6	7,0	6,6	6,6	6,5	6,4
	L	7,3	6,8	6,7	6,7	6,6	6,5	6,5	6,4	6,4	6,9
Pacient 4	P	6,3	6,4	6,5	6,5	6,4	6,4	6,5	6,5	6,4	6,3
	L	6,4	6,3	6,3	6,4	6,3	6,3	6,4	6,3	6,4	6,4
Pacient 5	P	6,8	6,9	6,7	6,5	6,6	6,8	6,5	6,4	6,4	6,4
	L	6,2	6,0	6,2	6,2	6,0	6,1	6,0	6,1	6,3	5,9
Pacient 6	P	5,7	5,4	5,7	5,5	5,5	5,7	5,8	5,6	5,2	5,4
	L	4,5	4,7	4,5	4,5	4,7	4,6	4,8	4,8	4,7	4,7
Pacient 7	P	6,9	6,9	6,7	6,8	6,4	6,4	6,6	6,7	6,5	6,7
	L	6,4	6,4	6,5	6,6	6,5	6,3	6,7	6,3	6,6	6,3
Pacient 8	P	5,5	5,3	5,4	5,2	5,4	5,6	5,3	5,4	5,4	5,2
	L	5,3	5,3	5,4	5,0	5,2	5,1	5,4	5,2	5,3	5,4
Pacient 9	P	7,1	7,1	6,9	7,1	7,0	7,1	6,9	6,9	7,0	6,9
	L	7,0	6,9	7,0	6,9	6,9	6,9	7,0	6,9	6,9	7,0
Pacient 10	P	5,5	5,8	5,6	5,7	5,6	5,5	5,8	5,7	6,0	5,5
	L	5,3	5,4	5,1	5,2	5,1	5,1	5,4	5,0	5,2	5,1
Pacient 11	P	6,4	6,4	6,5	6,5	6,5	6,4	6,5	6,4	6,5	6,5
	L	5,9	5,7	5,9	5,8	5,9	5,9	5,8	5,7	6,0	5,7
Pacient 12	P	7,3	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1	6,8	7,1	7,0	7,0
	L	6,9	6,8	6,9	6,8	6,8	6,7	6,8	6,7	6,7	6,9
Pacient 13	P	6,7	6,6	6,7	6,6	6,6	6,6	6,6	6,5	6,6	6,7
	L	6,4	6,4	6,3	6,4	6,3	6,4	6,4	6,3	6,3	6,3
Pacient 14	P	6,4	6,5	6,4	6,4	6,5	6,4	6,5	6,5	6,3	6,3
	L	6,7	6,6	6,7	6,6	6,6	6,5	6,4	6,7	6,4	6,5
Pacient 15	P	7,0	6,9	6,8	7,1	7,2	7,0	6,6	6,8	7,0	6,8
	L	7,3	7,0	7,3	7,2	7,3	7,2	7,4	7,2	7,1	7,1
Pacient 16	P	6,3	6,3	6,3	6,3	6,1	6,1	6,1	6,2	6,3	6,0
	L	6,6	6,6	6,6	6,3	6,3	6,3	6,4	6,4	6,2	6,5
Pacient 17	P	6,9	7,3	7,2	7,0	7,1	7,0	6,9	7,1	7,1	6,8
	L	6,9	6,8	6,9	6,7	6,9	6,8	6,7	6,8	6,6	6,7
Pacient 18	P	5,9	5,8	6,0	6,0	5,7	5,9	5,8	5,7	5,9	5,7
	L	5,7	5,7	5,6	5,8	5,8	5,9	5,9	5,7	5,7	5,8
Pacient 19	P	6,4	6,3	6,2	6,3	6,1	6,2	6,1	6,3	6,3	6,4
	L	5,9	6,0	6,0	6,0	6,0	5,9	6,1	6,0	6,0	5,9
Pacient 20	P	6,8	6,7	6,6	6,7	6,9	6,5	6,6	6,4	6,4	6,5
	L	6,9	6,7	6,9	6,8	6,8	6,9	6,8	6,9	6,8	6,7
Pacient 21	P	7,8	7,7	7,6	7,8	7,8	7,8	7,8	7,7	7,9	7,7
	L	7,2	7,4	7,4	7,4	7,4	7,3	7,2	7,2	7,3	7,1
Pacient 22	P	6,3	6,5	6,3	6,4	6,4	6,5	6,5	6,2	6,2	6,3
	L	6,5	6,4	6,6	6,3	6,5	6,4	6,4	6,2	6,3	6,3
Pacient 23	P	6,3	6,2	6,3	6,2	6,1	6,1	6,1	6,2	6,3	6,3
	L	6,1	6,3	6,2	6,0	6,1	6,2	6,0	6,2	6,2	6,2
Pacient 24	P	6,9	6,9	6,8	6,8	6,9	6,9	6,9	6,8	6,8	6,9
	L	6,6	6,9	6,8	6,8	6,9	6,8	6,9	6,7	6,7	6,9
Pacient 25	P	6,1	6,4	6,1	6,3	6,2	6,3	6,1	6,1	6,1	6,2
	L	5,7	5,3	5,4	5,6	5,4	5,3	5,4	5,5	5,4	5,4
Pacient 26	P	7,1	7,0	6,9	7,0	6,9	7,2	7,1	7,1	6,9	7,0
	L	7,5	7,4	7,4	7,3	7,2	7,1	7,4	7,5	7,1	7,3
Pacient 27	P	6,7	6,5	6,6	6,4	6,7	6,5	6,6	6,4	6,4	6,7
	L	6,1	5,8	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	6,0	6,1	6,1
Pacient 28	P	6,5	6,4	6,5	6,3	6,4	6,3	6,3	6,4	6,2	6,2
	L	6,2	6,3	6,3	6,2	6,2	6,4	6,2	6,4	6,3	6,3
Pacient 29	P	7,3	6,8	6,5	6,9	7,1	7,3	7,2	6,9	7,0	7,1
	L	6,4	6,0	6,3	6,0	6,2	6,4	6,3	5,9	6,1	6,1
Pacient 30	P	7,0	6,9	7,0	6,9	6,8	6,8	7,0	6,9	6,9	7,0
	L	6,5	6,6	6,4	6,5	6,4	6,4	6,4	6,6	6,5	6,5