

PROGRESSIVE MATERIALS AND OPTICS 2020

June 25th, 2020

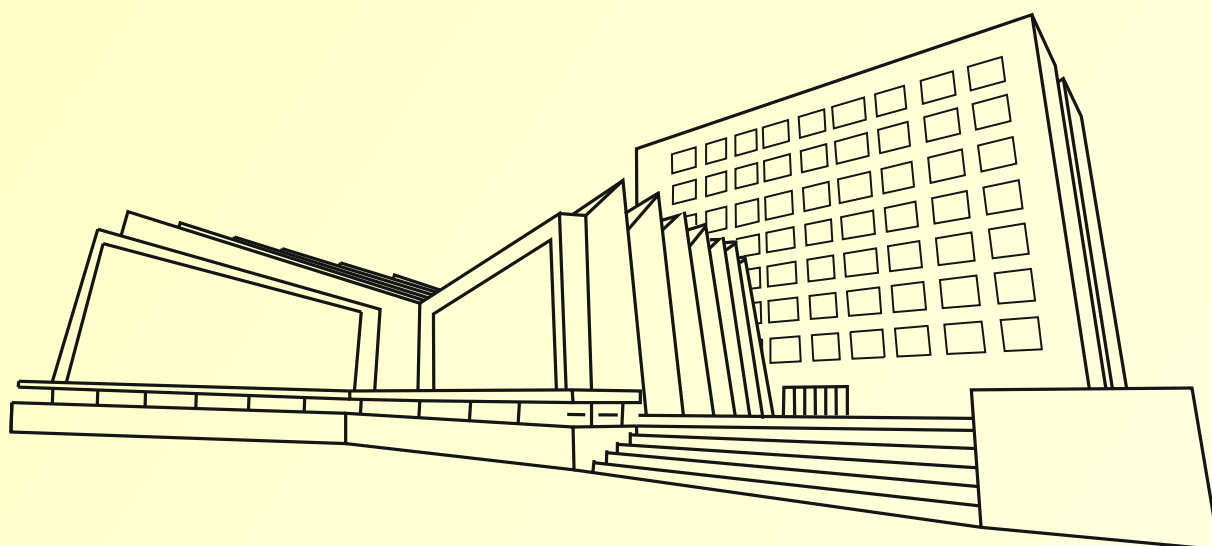
Czech Technical University in Prague

Faculty of Biomedical Engineering

Kladno, Czech Republic

Conference proceeding

ISBN 978-80-01-06769-7



PROGRESSIVE MATERIALS AND OPTICS 2020

**Editors: Písařík Petr, Remsa Jan, Mikšovský Jan, Urzová Jana, Král Jakub,
Žáková Markéta, Kučera Přemysl**

ISBN 978-80-01-06769-7

Publisher: Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering
Edition: 1.
Kladno 2020

Contact:

Czech Technical University in Prague
Faculty of Biomedical Engineering
Sítná sq. 3105
272 01 Kladno
Czech Republic
Petr Písařík
phone: (+420) 224 358 798
email: pisarpet@fbmi.cvut.cz

This workshop was supported by the Grant Agency of the Czech Technical University in Prague, grant No. SVK 49/20/F7.

PROGRESSIVE MATERIALS AND OPTICS 2020

Workshop Chair

- **Ing. Petr Písařík, Ph.D.** – CTU, Faculty of Biomedical Engineering, Kladno, Czech Republic, petr.pisarik@fbmi.cvut.cz

Co-Chairs and Organizing Committee

- **Ing. Jan Remsa, Ph.D.** - CTU Faculty of Biomedical Engineering, Kladno, Czech Republic, jan.remsa@fbmi.cvut.cz
- **Ing. Jan Mikšovský, Ph.D.** - CTU Faculty of Biomedical Engineering, Kladno, Czech Republic, jan.miksovsky@fbmi.cvut.cz
- **Mgr. Jana Urzová, Ph.D.** - CTU Faculty of Biomedical Engineering, Kladno, Czech Republic, jana.urzova@fbmi.cvut.cz
- **Mgr. Jakub Král** - CTU Faculty of Biomedical Engineering, Kladno, Czech Republic, jakub.kral@fbmi.cvut.cz
- **Mgr. Markéta Žáková** - CTU Faculty of Biomedical Engineering, Kladno, Czech Republic, marketa.zakova@fbmi.cvut.cz
- **Bc. Přemysl Kučera** - CTU Faculty of Biomedical Engineering, Kladno, Czech Republic, premysl.kucera@fbmi.cvut.cz

Table of contents

<i>Kamínková Denisa</i>	
Comparison of colour appreciation of men and women <i>Porovnání barevného vnímání mužů a žen</i>	9
<i>Šimánková Adéla, DiS.</i>	
Lenses and their marketing <i>Brýlové čočky a jejich marketing</i>	13
<i>Turoňová Natálie</i>	
Comparison and simulation of animal vision <i>Srovnání a simulace vidění živočichů</i>	20
<i>Zárybnická Michaela</i>	
Influence of stress on visual functions <i>Vliv stresové zátěže na zrakové funkce</i>	26
<i>Fařt Kateřina, Ing.</i>	
Eye optics with focus on optometrist's workplace in real practice <i>Oční optika se zaměřením na optometrické pracoviště v reálné praxi</i>	31
<i>Vacková Lucie, DiS.</i>	
The role of optometrist in a patient with diabetes <i>Role optometristy u pacienta s diabetem</i>	36
<i>Černý Denis</i>	
Measurement of visual acuity on different types of optotype <i>Měření vízu na různých typech optotyp</i>	41
<i>Leiderman Aleksandra</i>	
Standards of optometric examination in practice <i>Standardy optometrického vyšetření v praxi</i>	46
<i>Kaminský Filip</i>	
Mitigation glare by anti-reflective layer <i>Zmírnění oslnění antireflexní vrstvou</i>	55
<i>Matoušková Kateřina</i>	
Occurrence of secondary cataract in patients operated at the JL Eye clinic <i>Výskyt sekundární katarakty u nemocných operovaných na Oční klinice JL</i>	61

Laštovka Dominik	
Self-monitoring of intraocular pressure with iCare HOME tonometer <i>Self-monitoring nitroočního tlaku přístrojem iCare HOME</i>	67
Buřičová Gabriela, DiS.	
Effects of total corneal astigmatism on toric intraocular lens calculation <i>Vliv celkového astigmatismu rohovky na výpočet torické nitrooční čočky</i>	74
Králíčková Michaela	
Changes of Intraocular Lens Position induced by Nd:YAG Capsulotomy <i>Změny polohy nitrooční čočky indukované Nd:YAG kapsulotomií</i>	81
Šofrová Natálie	
Disposal and recycling of waste arising from the production, distribution and use of contact lenses <i>Likvidace a možnosti recyklace odpadů vzniklých při výrobě, distribuci a používání kontaktních čoček</i>	86
Tota Bojana	
Transport properties of contact lenses <i>Transportní vlastnosti kontaktních čoček</i>	90
Drdová Kateřina	
Evaluation of long-term efficacy of limbal relaxation incisions in cataract surgery <i>Zhodnocení dlouhodobé účinnosti limbálních relaxačních incizí při operaci katarakty</i>	96
Poláčková Soňa	
Influence of the result of the first operation on the calculation of the optical power of the intraocular lens for the second eye cataract surgery <i>Vliv výsledku první operace na výpočet optické mohutnosti nitrooční čočky při operaci katarakty druhého oka</i>	102
Březinová Kristýna	
The effect of eye exercises on refractive errors <i>Efekt očních cvičení při řešení refrakčních vad</i>	109
Jurásková Kristýna	
Visual ergonomics in office space <i>Vizuální ergonomie v kancelářském prostředí</i>	114

Langhammer Matěj	
Comparison of objective and subjective determination of astigmatism <i>Srovnání určení objektivní a subjektivní refrakce astigmatismu</i>	120
Keřková Barbora	
Occurrence of dry eye disease <i>Výskyt syndromu suchého oka</i>	127
Košťák Kryštof	
Prevalence and changes of refractive errors observed in pediatric patients of an ordinary ophthalmologic outpatient clinic <i>Výskyt a vývoj refrakčních vad u dětských pacientů sledovaných v běžné oftalmologické ordinaci</i>	132
Dusilová Tereza	
Examination of residual astigmatism after contact lens correction in praxis <i>Vyšetření zbytkového astigmatismu po aplikaci kontaktních čoček v praxi</i>	138
Chvalová Magdalena	
Examination of fusional reserves in praxis <i>Vyšetření fúzních rezerv v praxi</i>	144
Kuboňová Adéla	
Influence of artificial aniseikonia on vision <i>Vliv arteficiální anizeikonie na vidění</i>	150
Krotká Kateřina	
Suitability of application of the monovision method in presbyopic patients <i>Vhodnost aplikace metody monovision u presbyopických pacientů</i>	155
Pernicová Dominika	
Telemetry in Optometry <i>Telemetrie v Optometrii</i>	159
Bernášková Lucie	
Optometry and laser surgery <i>Optometrie a laserové operace</i>	166
Pilzová Lucie, DiS.	
Spasm of accommodation in myopic patients <i>Spasmus akomodace u myopických pacientů</i>	169

<i>Provazník Štěpán</i>	
Digital devices and effects on vision <i>Digitální zařízení a vliv na vidění</i>	176
<i>Škachová Kateřina</i>	
Reducing visual acuity using prismatic correction <i>Snížení zrakové ostrosti při využití prizmatické korekce</i>	182
<i>Vaňková Barbora</i>	
Requirements of individual read distance <i>Parametry individuální čtecí vzdálenosti</i>	187
<i>Vysušilová Adéla</i>	
Influence of change of individual parameters of progressive lens on vision <i>Vliv změny individuálních parametrů progresivní čočky na vidění</i>	191
<i>Katona Marcel</i>	
Dependency P.D. on individual parameters of adults <i>Závislost P.D. na individuálních parametrech dospělých osob</i>	196
<i>Čisláková Monika</i>	
Increased osmolarity of tear film and dry eye <i>Zvýšená osmolarita slzného filmu a suché oko</i>	200
<i>Frančová Karolína</i>	
Modern technologies and their effect on vision <i>Moderní technologie a jejich vliv na zrak</i>	201
<i>Kopřiva Vojtěch</i>	
The quality of the eye sight of the tennis officials <i>Kvalita zraku tenisových rozhodčích</i>	202

Porovnání barevného vnímání mužů a žen

D. Kamínková¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítňá 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: kaminkova.d@seznam.cz

Abstrakt. Cílem práce je shromáždění a zpracování informací týkajících se barvocitu, poruch barvocitu a zpracování metod pro jeho zjišťování, ať už současných, či dříve využívaných. V teoretické části této práci jsou také popsány jednotlivé části oka podílejících se na zrakovém vnímání, především sítnice s fotoreceptory, je zpracován princip barevného vidění a poznatky týkající se barev a jejich mísení. V práci je zpracován podrobný popis jednotlivých testů pro zjištění barvocitu, které mohou být jak laické, tak i odborné. Následně byly porovnány jejich výhody a nevýhody. Součástí práce je zpracování podmínek kvality barevného vidění pro přijetí do vybraných profesí jako např. strojevedoucí nebo pilot. V praktické části je používán vybraný test a pomocí něj jsou provedena vyšetření na barvocit. Byl vytvořen vlastní test na barevné vnímání a následně použit při vyšetření probandů. Ze zjištěných výsledků byly vyvozeny závěry.

1. Úvod

Zrak považujeme za nejdůležitější smysl. Seběmenší vada zraku může člověku způsobit problémy a omezení jak v osobním, tak v pracovním životě. Díky barvocitu jsme schopni vnímat kromě tvarů předmětů i jejich barvy a lépe si předměty můžeme představovat. [1]

Barvy ovlivňují naše pocity a prožívání. Barvy v nás mohou budit pocit strachu, ale i bezpečí, působit teple nebo studeně, ale mohou také ovlivňovat vnímání velikosti prostoru kolem nás. [1]

Čípky jsou fotoreceptory umístěné na sítnici, které nám umožňují barevné vidění. V oku jich máme kolem 6 milionů. V centrum sítnice se nachází žlutá skvrna (*Macula lutea*), místo nejostřejšího vidění, která obsahuje pouze čípky. Rozeznáváme tři typy čípku citlivé na různé vlnové délky světla: S čípek pro červenou barvu, M čípek pro barvu zelenou a L čípek pro modrou barvu. [1-9]

Toto téma jsem si zvolila kvůli blízké osobě s poruchou barvocitu pro červenou a zelenou barvu a její nepřijetí do práce na pozici, kde se musí podstoupit testy na barvocit. Také bych se ráda pokusila zjistit, jestli se vnímání barev liší u mužů a žen, hlavně kvůli tomu, že genderová problematika je v dnešní době poměrně často řešena.

V této práci se budu zabývat problematikou barvocitu a rozdílným vnímáním barev v závislosti na pohlaví. V teoretické části zpracuji shromážděné informace týkající se barevného vnímání, barvocitu, jeho poruch, vyšetření a problematiky osob s poruchou barvocitu u získání konkrétní pracovní pozice. V praktické části za pomoci testů vyšetřím barvocit na vybrané skupině osob. Následně budu pomocí mnou vytvořeného testu zjišťovat schopnost vyšetřovaných osob vnímat a zapamatovat si barvy a jejich různé odstíny. Závěrem chci z výsledků testování zjistit, jestli muži opravdu vnímají barvy rozdílně než ženy.

2. Experimentální část

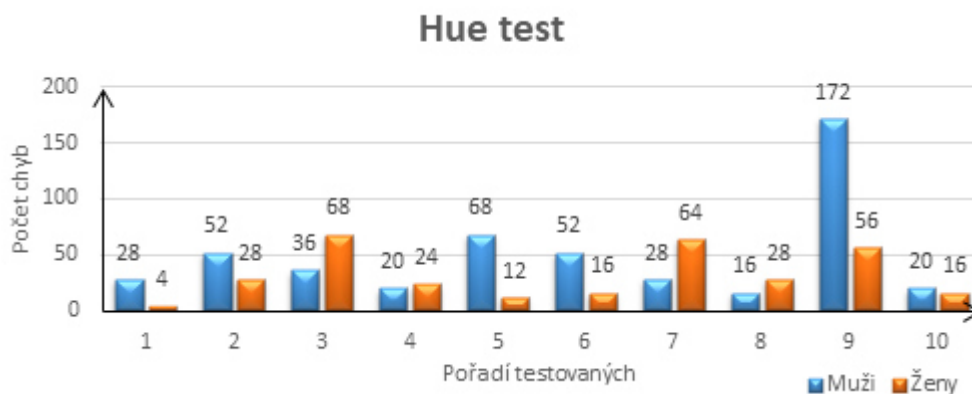
V experimentální části jsem porovnávala rozdílnost barevného vnímání u mužů a žen. K testování jsem využila Hue test, který jsem si našla na internetu <https://www.color-blindness.com/farnsworth-munsell-100-hue-color-vision-test/#prettyPhoto/2/>. Tento test jsem si vybrala z důvodu, že je lehce dostupný i s následným vyhodnocením. Pro testování jsem si zvolila 20 dobrovolníků, tedy 10 mužů a 10 žen. Dobrovolníky jsem volila ve věku 15-40 let. Od 15 let z důvodu toho, že studuji nelékařský obor a není v mé kompetenci měřit osoby mladších patnácti let. Osoby starší 40 let jsem neměřila, kvůli možnosti šedého zákalu. Postupem času se čočka zakaluje a začne ovlivňovat kvalitu barevného vnímání, což by mohlo narušit i testování. Déle jsem si také vybírala dobrovolníky, kteří netrpí poruchou barvocitu.

S testovanými dobrovolníky jsem se chtěla vždy sejít a vysvětlit jim princip testu, ale bohužel kvůli situaci COVID-19, která nastala, jsem musela testovaným Hue test zasílat s instrukcemi, jak mají v testu postupovat a jaké výsledky z něj potřebuji zaslat. Kvůli tomu, že jsem neměla kontrolu nad testovanými, je možné, že výsledky nemusí být provedeny za podmínek, které jsem měla stanovené, jako třeba správné světelné podmínky nebo doba testování, kdy člověk není unavený. Výsledky mohou být také ovlivněny přístupem testovaných. Myslím si, že kdybych měla možnost se s nimi sejít a kontrolovat je, testování by se více snažili a výsledky by byly kvalitnější. Ofocené výsledky jsem si uložila do Wordu a počet chyb zanesla do vytvořených tabulek v Excelu (tabulka č. 1). Po získání potřebného počtu dobrovolníků, jsem ze sloupců vytvořila graf (graf 1, 2) a testování vyhodnotila dle zadání.

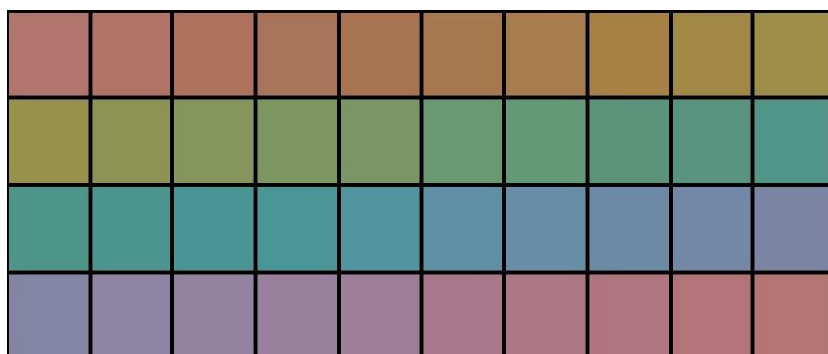
Tabulka 1. Výsledky z Hue testu

Pořadí testovaných	Muži	Ženy
1	28	4
2	52	28
3	36	68
4	20	24
5	68	12
6	52	16
7	28	64
8	16	28
9	172	56
10	20	16
Celkem chyb	492	316

Graf 1. Porovnání chybovosti testovaných



V druhé části testování jsem testovala pomocí barevného testu, který jsem si vytvořila (obrázek 1) a u kterého bylo za potřebí se s testovanými sejít. Kvůli tomu, jsem testování zahájila, až začátkem května. Test je vytvořen z barev různých odstínů, které jsem využila z krátkého Hue testu z internetu <https://www.xrite.com/hue-test>.



Obrázek 1. Vytvořený test

Tento test jsem si dvakrát vytiskla. Jeden jsem rozstříhala na jednotlivé barvy, ze kterých jsem dobrovolníkům náhodně vybrala osm odstínů a postupně jim je předkládala. Testování si museli odstín zapamatovat a následně ze vzorníku určit, o který odstín se jedná. Jako vzorník jsem použila druhý výtisk. Cílem tohoto testování bylo zjistit, jak jsou testovaní schopni si jednotlivé barevné odstíny zapamatovat a následně pomocí vzorníku jednotlivé barvy porovnávat a určit správnost předkládané barvy. U této práce se také ukázalo, jak je mozek schopný s jednotlivými odstíny pracovat a v jaké míře je schopný poznat nepatrné rozdíly mezi jednotlivými odstíny, když jsou barvy vedle sebe. Výsledek testování jsem opět vložila do tabulky (tabulka 2) a po získání potřebného množství výsledků jsem vše vyhodnotila. V tabulce je zanesen správný počet rozpoznaných barevných odstínů. Testování jsem se vždy snažila provádět za stejných světelných podmínek a nejlépe v době, kdy člověk nebyl unavený.

Tabulka 2. Výsledky z vytvořeného testu

Pořadí testovaných	Muži	Ženy
1	6	4
2	5	4
3	5	3
4	3	8
5	4	5
6	5	5
7	3	7
Počet správných odpovědí	31	36

Graf 2. Porovnání počtu správných odpovědí testovaných



Tabulka 3. Celkové vyhodnocení druhého testování

	Celkem správných odpovědí	Celkem možných správných odpovědí	Úspěšnost testování
Muži	31	56	55 %
Ženy	36	56	64 %

3. Vyhodnocení

U prvního testování, tedy za použití Hue testu, vyšlo mužům o 176 chyb více než ženám. Až na jednoho testovaného muže, který měl 172 chyb, se ostatní testovaní pohybovali od 4 do 68 chyb. Proto bych tedy řekla, že výsledky byly u žen i mužů podobné a nedá se říct, že by z tohoto testu vycházelo, že by muži vnímali barvy hůř než ženy. Je možné, že kdyby nenastala situace ohledně COVID-19, a měla jsem možnost být u testování, výsledky by mohly být lepší a mohla bych jich nasbírat více.

Z druhého testování mužům vyšla 55 % a ženám 64 % úspěšnost. Jak můžeme v tabulce č. 3 vidět, výsledky opět nejsou nikterak rozdílné.

Celkově bych testování vyhodnotila tak, že obě dvě pohlaví vnímají barvy stejně a že nejvíce záleží na snaze a pečlivosti testovaných osob, o čem jsem se přesvědčila u testování na mnou vytvořeném testu.

4. Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Mgr. Janě Urzové, Ph.D za vedení mé práce a za odbornou pomoc, kterou mi v průběhu práce poskytla.

5. Zdroje

- [1] ŠIKL, Radovan. *Zrakové vnímání*. 1. Praha: Grada, 2012. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3029-5.
- [2] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. 1. Praha: Maxdorf, [2018]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-580-4.
- [3] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. 1. Praha: Galén, 2006. Psyché (Grada). ISBN 80-7262-404-0.
- [4] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5636-3.
- [5] KUCHYŇKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2. Praha: Grada, 2016. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-5079-8.
- [6] DYLEVSKÝ, Ivan. *Základy funkční anatomie člověka*. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05249-5.
- [7] BASS, Michael a Virendra N. MAHAJAN. *Handbook of optics*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-0071498890.
- [8] ATCHISON, David A. a George SMITH. *Optics of the Human Eye*. Edinburgh: Elsevier Books, 2000. ISBN 0750637757.
- [9] JANSKÝ, Ladislav a Ivan NOVOTNÝ. *Fyziologie živočichů a člověka*. Praha: Avicenum, 1981.

Brýlové čočky a jejich marketing

A. Šimánková¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: simankovaadela@seznam.cz

Abstrakt. Bakalářská práce je věnována brýlovým čočkám a jejich marketingu v podmínkách českých provozoven očních optik. V teoretické části práce je popsán marketingový proces, který je součástí prodeje brýlových čoček v každé oční optice. Další částí je souhrnný popis základních vlastností brýlových čoček. Součástí je zpracování rozdělení brýlových čoček podle materiálu a podle optického účinku. Závěrečná kapitola teoretické části je věnována jednotlivým typům povrchových úprav brýlových čoček. V praktické části je navrženo zmapování českého trhu pomocí dotazníkového šetření. První typ dotazníku je vypracován pro zákazníky a je složen z deseti otázek zaměřených na prodej brýlových čoček v oční optice. Součástí praktické části práce je vyhodnocení vyplněných dotazníků a získané výsledky jsou zaneseny do grafů.

1. Úvod

Ve své bakalářské práci s názvem Brýlové čočky a jejich marketing bych se nejprve ráda zabývala marketingem a marketingovým procesem, který bych chtěla popsat z důvodu našeho budoucího povolání v oční optice, kde se budeme zabývat právě i prodejem brýlových čoček. Brýlové čočky už dlouhou dobu totiž patří k nejčastějšímu způsobu korekce refrakčních vad.

Cílem marketingového procesu je navázání kontaktu se zákazníkem, který se bude do oční optiky rád vracet nejen pro kvalitní brýlové čočky ale i pro naše odborné rady při výběru vhodných brýlových čoček, což je u každého člověka velice individuální.

V teoretické části bakalářské práce bych chtěla nastínit základní optické vlastnosti, jednotlivé rozdělení brýlových čoček podle materiálu a jejich optického účinku, a nakonec různé zušlechťovací povrchové úpravy brýlových čoček. V celé teoretické části bych se ráda pokusila vytvořit přehled základních věcí, se kterými bychom se mohli setkat při prodeji brýlových čoček našemu potencionálnímu zákazníkovi v oční optice.

Cílem teoretické části bakalářské práce je vytvoření podkladu pro mou praktickou část v bakalářské práci, kde bych chtěla důkladněji zmapovat český trh s brýlovými čočkami, k čemuž bych ráda využila i chystaný mezinárodní veletrh oční optiky, optometrie a oftalmologie. Zde bych si přála získat co nejvíce marketingového a propagačního materiálu jednotlivých firem, zajímavých fotografií a dalších cenných zdrojů, které bych mohla dále zpracovat. Ráda bych také provedla dotazníkové šetření mezi zákazníky oční optiky, kde bych chtěla respondentům položit několik otázek týkajících se brýlových čoček, abych si mohla utvořit přehled o znalostech zákazníků ohledně brýlových čoček.

2. Teoretická část

2.1 Pojem marketing

Definice marketingu zahrnuje společenský a manažerský proces, kterým uspokojuje jednotlivce či skupinu své potřeby a přání. V dnešní době pojmem marketing rozumíme nejenom nástroje, které jsou potřeba k uskutečnění prodeje jako jsou prodejní techniky nebo reklama, ale právě hlavně přání uspokojení potřeb zákazníka. Pokud dokáže specialista v dané firmě správně porozumět přání či potřebě zákazníka a tuto potřebu naplnit, tak poté dokáže dané výrobky snadněji, efektivněji a účinněji prodat než konkurence. Firma, v našem případě oční optika, dosáhne stanoveného cíle, což je dle mého názoru v současnosti nejenom úspěšný prodej se ziskem, ale také získání spokojeného a věrného zákazníka, který se bude rád do dané oční optiky vždy vracet. [1, 2, 4, 6]

2.2 Brýlové čočky

Brýlové čočky tvoří základ korekční optické pomůcky – dioptrických brýlí. Pomocí brýlových čoček je korigována refrakční vada ametropického nositele korekční pomůcky. Brýlové čočky můžeme

rozdělit do několika skupin. Základní typ čočky se rozlišuje podle toho, jak se po jejím průchodu dál šíří světlo, které do čočky přichází z nekonečna. Pokud se paprsky lámou a po průchodu čočkou se sbíhají do jednoho bodu, tak se jedná o čočku spojnou, tzv. spojku. Naopak pokud se paprsky rozbíhají, tak hovoříme o čočce rozptylné, rozptylce. [9, 11, 14-16]

2.3 Základní optické vlastnosti

V souvislosti s brýlovými čočkami si musíme nejprve popsat několik důležitých pojmů, které charakterizují optické prostředí, v kterém se světlo šíří, odráží nebo pohlcuje. Za základní optické vlastnosti se považuje index lomu, Abbeovo číslo, s ním související disperze světla, hustota a v neposlední řadě odrazivost, propustnost, absorpce. [15, 18, 19]

2.3.1 Index lomu n

Index lomu n je bezrozměrná fyzikální konstanta, jehož jednotka je 1. Index lomu n popisuje poměr rychlosti světla ve vakuu c a rychlosti světla vlnové délky λ v daném prostředí v . Rychlost šíření je závislá na vlnové délce λ procházejícího světla. Čím je tedy vlnová délka λ kratší, tím je rychlost šíření v nižší a naopak. Platí následující vztah:

$$n_{\lambda} = \frac{c}{v_{\lambda}}, \quad (2.1)$$

kde $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Takto definovaný vztah se nazývá absolutní index lomu optického prostředí pro světlo vlnové délky λ . Poměrem absolutních indexů lomů n_{λ} a n'_{λ} dvou prostředí dostaneme relativní index lomu:

$$\frac{n_{\lambda}}{n'_{\lambda}} \text{ resp. } \frac{n'_{\lambda}}{n_{\lambda}} \quad (2.2)$$

Pro naši optickou praxi má však význam relativní index lomu vzhledem ke vzduchu, což je poměr rychlosti $v_{0\lambda}$ světla ve vzduchu k rychlosti v_{λ} světla v daném prostředí. Právě pomocí relativního indexu lomu jsou totiž v praxi uváděny hodnoty optických materiálů v jednotlivých nákupních katalozích, které využíváme v očních optikách. [7, 8, 11, 14, 15, 17]

2.3.2 Abbeovo číslo V

Abbeovo číslo je bezrozměrná reciproká míra chromatické disperze značící poměr indexů lomů ve vzduchu ku střední disperzi optického média, která se matematicky vypočítá podle tohoto vzorce:

$$V = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}, \quad (2.3)$$

kde n_D je index lomu žluté heliové čáry D ($\lambda = 587,56 \text{ nm}$), n_F je index lomu modré vodíkové čáry F ($\lambda = 486,13 \text{ nm}$) a n_C je index lomu červené vodíkové čáry C ($\lambda = 656,27 \text{ nm}$). Abbeovo číslo je velmi důležité pro výpočet chromatické aberace, pod čímž si můžeme představit známé barevné lemy na periferii čoček, které vznikají na základě disperze tedy barevného odchýlení světla. Při vyšším Abbeovu čísle je disperze a chromatická aberace nižší a daný materiál s tímto Abbeovým číslem je vhodnější pro konstrukci brýlových čoček. [17-21, 24]

2.4 Rozdělení dle materiálu

Dříve se na trhu vyskytovaly pouze anorganické brýlové čočky neboli skleněné, minerální či silikátové. Teprve po druhé světové válce se začala uplatňovat výroba brýlových čoček z organického materiálu též zvané jako plastové nebo umělohmotné. S následným technickým vývojem dnes převažují brýlové čočky právě z organického materiálu, kterých je na trhu široké spektrum. [9, 23]

2.4.1 Anorganický materiál

Sklo je anorganická, amorfni a pevná hmota, která vznikla ochlazením taveniny, aniž by krystalizovala. Amorfní neboli beztvářá hmota znamená, že její částice nejsou uspořádány do pravidelné krystalové mřížky. Sklo vzniká poměrně rychlým ochlazením taveniny, takže částice

nestačí při vzrůstající viskozitě zaujmout pravidelnou prostorovou krystalickou strukturu. Sklo se tak podobá přechlazené kapalině s vysokou viskozitou. Sklo nemá pevný bod tání, pouze se zahříváním plynule snižuje jeho viskozita. Sklo je soustava metastabilní, zdánlivě stálá, kdy je přechod od kapalného skupenství k pevnému skupenství vratný. Jedná se o křehký a špatně vodivý materiál, který při vystavení prudkým teplotním změnám praská. Sklo je zkystalizovaná tavenina sklotvorných křemičitých oxidů s jednotlivými příměsemi taviv, které snižují vysokou teplotu tavení (asi 1800 °C). Následně je pomocí stabilizátorů zvyšována chemická stálost a odolnost vzniklého skla. [9, 12, 13, 18, 21, 23, 25, 26]

2.4.2 Organický materiál

První pokusy nahradit stávající monopol korunového skla v brýlích umělou hmotou nastaly ve 30. letech 20. století. Jednalo se o polymetylmetakrylát, zkráceně PMMA neboli plexisklo. Nejrozšířenějším materiálem na výrobu brýlových čoček jsou speciální čiré a pryskyřičné plastické hmoty patřící do skupiny allylových esterů, allyldiglykolkarbonátů. Tento organický materiál byl vyvinut původně pro vojenské účely v USA a byl pracovně nazván CR 39 (Columbia Resin 39) podle 39. vyhovujícího vzorku. Materiál CR 39 má velmi dobré optické a mechanické vlastnosti, a proto se tento materiál začal po válce hojně využívat i pro výrobu brýlových čoček. Díky pozdějšímu vývoji nových metod povrchových úprav za účelem vytvrzení, barvení a snížení odrazivosti daného materiálu byla pozice CR 39 v oboru oční optiky ještě více upevněna. Můžeme konstatovat, že dnes ve většině zemí již převládají na trhu plastové čočky z CR 39 nad původními minerálními brýlovými čočkami. [9, 18, 20, 21, 23, 25]

2.5 Rozdělení dle optického účinku

Jednoohniskové brýlové čočky patří k tradičnímu a základnímu sortimentu brýlových čoček. Do kategorie jednoohniskových brýlových čoček patří sférické, tórické, asférické nebo atórické brýlové čočky. Jednoohnisková sférická brýlová čočka je ohraničena dvěma opticky účinnými kulovými plochami a je využívána ke korekci rotačně symetrických sférických refrakčních vad, mezi které patří krátkozrakost, dalekozrakost či jednoduchá presbyopie. Sférická plocha je plocha s konstantním poloměrem zakřivení po celé ploše od středu otáčení až ke kraji. Jednoohnisková sférická čočka má stejnou okrajovou tloušťku po celém svém obvodu. Dle poloměrů křivosti sférických ploch můžeme určit, zda se jedná o spojku nebo rozptylku. Mezi víceohniskové brýlové čočky řadíme bifokální, trifokální a progresivní brýlové čočky. Rozlišují se dle počtu měřitelných fokál, ohnisek. Momentálně jsou ze všech víceohniskových brýlových čoček nejvíce preferovány právě progresivní brýlové čočky. Prvotní nápad brýlové čočky, která by nabízela korekci se spojitým gradientem měnících se lámavostí, vznikl na počátku 20. století v Americe. Tato myšlenka byla využita o 50 let později ve Francii díky vytvoření speciálních řízených obráběcích strojů, které dokázaly vyrábět i složité asférické plochy. Progresivní brýlové čočky jsou zhotoveny z jednoho materiálu a mají plynulý přechod z horní části do dálky přes koridor na střední vzdálenost až po spodní část čočky na blízko. Vše je plynulé a bez dělicí linie, což splňuje i estetické požadavky na vzhled brýlové čočky. Na spotřebitelském trhu má dnes každá firma dodávající brýlové čočky své zástupce u progresivních brýlových čoček, které se snaží neustále inovovat a co nejvíce vylepšovat se zdokonalováním technologií. I díky tomu se již na trhu vyskytuje několikátá generace progresivních čoček zhotovená přímo na míru zákazníkovi k jeho co největší spokojenosti. [7, 10, 16, 18, 19, 21, 23-25, 30-33]

2.6 Povrchové úpravy brýlových čoček

Všechny výše uvedené brýlové čočky lze vyrobit s různými povrchovými úpravami dle přání zákazníka. Tvrdění je jedna z nejstarších povrchových úprav na anorganické a organické čočky. Napomáhá prodloužení životnosti čočky a zároveň také slouží jako podklad pro další vrstvy. Minerální čočky nejsou odolné proti nárazu a plastové čočky jsou zase v porovnání s minerálními čočkami měkčí a jsou tak málo odolné proti poškrábání. Právě z těchto důvodů se snaží výrobci brýlových čoček opatřit brýlové čočky otěruvzdornými vrstvami, aby předešli poškrábání, a tak tento výrazný nedostatek odstranili. Nejrozšířenější způsob je právě tvrdění. Jedná se o zušlechťovací metodu, která spočívá v tom, že vyvoláme v čočce vysoké vnitřní či povrchové pnutí, způsobující

podstatné až desetinásobné zpevnění čočky a tím kýžené zvýšení odolnosti proti rozbití čočky úderem. Úkolem antireflexní vrstvy je snížení rušivých reflexů u brýlových čoček, protože odrazy na lámavých plochách způsobují ztrátu světla a jsou příčinou reflexů a parazitního světla. Zároveň antireflexní vrstvy slouží ke zvýšení propustnosti světla brýlovou čočkou. Účinek antireflexních vrstev je založen na interferenci světla. Část světla odrážející se na rozhraní vzduch/vrstva a část světla, která projde antireflexní vrstvou a odrazí se na rozhraní vrstva/optické médium spolu interferují a celková odrazivost se zmenší a pro určitou vlnovou délku světla je nulová. Antireflexní vrstvy se dnes nanášejí vakuovým napařováním, které splňuje vysoké nároky na přesnost nanášených vrstev a na optimální přilnavost, protože během procesu nedochází k povrchové kontaminaci nečistotami. Princip nanášení antireflexní vrstvy je stejný jako při vakuovém tvrzení. [7, 9, 18, 20-22, 25, 37]

3. Experimentální část

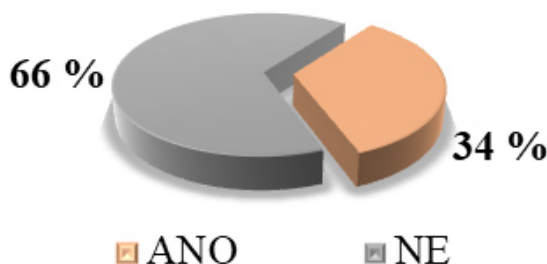
Praktickou část bakalářské práce jsem se rozhodla vypracovat formou dotazníkového šetření. Vytvořila jsem dva typy dotazníků zaměřené na brýlové čočky a jejich marketing. Cílem praktické části bylo získat dostatečné množství vyplněných dotazníků, abych po statistickém vyhodnocení získala co nejvíce podkladů, které by šlo využít v budoucí praxi v oboru oční optiky. První dotazník byl vypracován pro zákazníky oční optiky na základě znalostí, které jsem získala při zpracování teoretické části bakalářské práce. Předtím, než jsem začala dotazník hromadně rozdávat zákazníkům v oční optice, jsem provedla zkušební dotazníkové šetření. Jeho cílem bylo nejprve zjistit, zda je dotazník pro zákazníky dostatečně srozumitelný. Dotazník byl rozdán deseti zákazníkům za účelem získání jejich zpětné vazby. Po vyplnění zkušebních dotazníků byly provedeny nejen nepatrné stylistické úpravy dotazníků, ale u jedné otázky bylo poupraveno zadání, neboť se otázka zdála být pro zákazníky nejednoznačná. Po úpravách zkušebního dotazníku byl následně dotazník již předáván k plošnému vyplňování za účelem již vlastního dotazníkového šetření. Dotazník byl čistě anonymní a zákazníci ho v oční optice vyplňovali na jaře tohoto roku. Tento dotazník se skládal celkem z deseti otázek. Prvních devět otázek bylo uzavřených, poslední desátá otázka byla otevřená. Zákazníci se mohli sami rozhodnout, zda na tuto otázku odpoví a rozepíšou se, anebo ji nechají nevyplněnou. Celkem bylo vyplněno 100 dotazníků zákazníky oční optiky. Následně byly otázky v dotazníku statisticky vyhodnoceny a pro názornost zpracovány ve formě grafů.

Otázka č. 3 Při výběru brýlových čoček se rozhodujete dle:



Obrázek 1. Vyhodnocení otázky č. 3

Otázka č. 4 Vyhledáváte slevy na brýlové čočky?



Obrázek 2. Vyhodnocení otázky č. 4

Otázka č. 7 Chápete rozdíl v pojmech jednoohniskové, bifokální a progresivní brýlové čočky?



Obrázek 3. Vyhodnocení otázky č. 7

Otázka č. 8 Jste ochotni vyzkoušet novinky v oblasti brýlových čoček?



Obrázek 4. Vyhodnocení otázky č. 8

4. Diskuze

Třetí otázka v dotazníku byla zaměřena na rozhodování mezi cenou a kvalitou vybíraných brýlových čoček. Pouhých 5 % dotazovaných vybralo možnost, kdy rozhodovala při výběru brýlových čoček pouze cena nikoliv kvalita. Největší zastoupení představovala varianta, kdy se zákazník rozhoduje dle ceny i kvality zároveň. Jsem velice potěšena, že se zvedají nároky zákazníků i na kvalitu a doufám, že se do budoucna bude nárok na kvalitu jen zvyšovat.

Na grafickém znázornění otázky č. 4 můžeme vidět, že 66 % dotázaných nevyhledává slevy a 34 % dotázaných naopak slevy na brýlové čočky vyhledává. Domnívám se, že slevy vyžadují zákazníci, kteří mají horší finanční situaci či nemají vysoké nároky na kvalitu nabízeného zboží. Myslela jsem si, že nejvíce budou preferovat slevu senioři, ale naopak dle vyplněných dotazníků vyhledávají slevu všechny kategorie, a proto by bylo dobré se při marketingové otázce soustředit na všechny zákazníky. Jsem ráda, že výrazně převažuje skupina lidí, kteří nevyhledávají slevy a jsou pro ně při výběru brýlových čoček prioritní ostatní parametry.

Nejvíce vyrovnaně dopadla sedmá otázka, jak můžeme vidět na grafickém zpracování. Bohužel 51 % tázaných vyplnilo, že nechápu rozdíl v pojmech týkajících se rozdělení brýlových čoček podle optického účinku. Toto zjištění mě ještě více utvrdilo v tom, že je opravdu potřeba se při marketingu brýlových čoček zaměřit i na vysvětlení jednotlivých optických pojmů. I když jsem si při vypracování dotazníkového šetření původně myslela, že už toto nebude nutné, tak na základě této otázky zjišťuji, že je důležité pokračovat i v tomto směru marketingu.

V dotazu č. 8 jsem se zaměřila na zkoušení novinek u brýlových čoček. Velice mile mě překvapilo, že celých 83 % dotázaných rádo vyzkouší novinku a nechá si ji doporučit od odborníka. Dovolují si tak tvrdit, že zákazníci v oční optice spoléhají na odbornou způsobilost očních optiků a optometristů, za což jsem osobně velice ráda. U odpovědi, kde si respondenti vybrali, že si volí brýlové čočky, na které jsou zvyklí, převažuje věková kategorie 61 a více let. V dotazníkovém šetření se tedy jednalo hlavně o starší konzervativní zákazníky, kteří již nechtějí nic nového zkoušet a mají rádi určité své jistoty.

5. Závěr

V úvodní teoretické části mé bakalářské práce jsem se nejprve zaměřila na základní vysvětlení pojmu marketing, které je dle mého názoru důležité pro pochopení fungování marketingu v běžné praxi očního optika či optometristy v budoucím zaměstnání v jednotlivých očních optikách. Po této kapitole jsem se věnovala rozsáhlejší kapitole s názvem Brýlové čočky. V první podkapitole jsem vysvětlila základní optické vlastnosti, které se týkají právě brýlových čoček. V druhé podkapitole jsem se zaměřila na základní rozdělení brýlových čoček, a to podle materiálu, ze kterého jsou brýlové čočky vyrobeny. Můžeme ho rozdělit na materiál anorganický a organický, kdy v dnešní době převažuje při prodeji hlavně materiál organického původu. V následující podkapitole jsem rozdělila čočky podle optického účinku na jednoohniskové a víceohniskové brýlové čočky. V poslední části jsem popsala jednotlivé povrchové úpravy brýlových čoček. Myslím si, že toto je základ, který bychom měli znát pro naši budoucí praxi v tomto oboru.

Brýlové čočky a respektive celá brýlová korekce je nejčastější metodou při korekci refrakčních vad. Z pohledu na naše budoucí povolání nejen optometristy, ale i očního optika se jedná o jednu z důležitých prodejních složek našeho budoucího povolání. A právě z tohoto uvedeného důvodu jsem se ve své praktické části bakalářské práce dále věnovala marketingu brýlových čoček v oční optice a provedla jsem dotazníkové šetření zaměřené na marketingový průzkum o českém obchodním trhu brýlových čoček v oční optice.

Cíleně jsem sestavila dotazník s deseti otázkami, z nichž poslední otázka byla otevřená, abych mohla získat zpětnou vazbu od zákazníků a co nejvíce porozumět jejich přáním. Celkem se mého dotazníkového šetření zúčastnilo 100 respondentů. Na základě zjištěných informací z vyplněných dotazníků jsem následně provedla statistické vyhodnocení a vše zanesla do grafů. Z tohoto výzkumu mi vyplynulo, že je potřeba i nadále pokračovat ve vzdělávání ohledně jednotlivých pojmů z oboru oční optiky. Je důležité se soustředit při prodeji i na vysvětlení základních pojmů a nebrat jako samozřejmost, že zákazník již vše zná. Naopak většina respondentů uvedla, že ráda dá na názor odborníka, nechá si vše vysvětlit a poradit.

V rámci mé praktické části jsem chtěla dále osobně oslovit výrobce brýlových čoček, k čemuž jsem chtěla využít chystaný Mezinárodní veletrh oční optiky, optometrie a oftalmologie OPTA 2020, abych získala potřebné materiály. Bohužel z důvodu rizika nákazy probíhajícího onemocnění COVID-19 se veletrh v tomto roce neuskutečnil, proto jsem se rozhodla a vypracovala jsem krátký dotazník pro výrobce brýlových čoček v České republice. Pomocí dotazníkového šetření mezi výrobci brýlových čoček jsem měla možnost zjistit informace o marketingové stránce jednotlivých firem. Vzhledem k moderní době většina firem pracuje na svém marketingu a vylepšuje svoji nabídku brýlových čoček. Nejvíce mě však potěšilo zjištění, že se jednotlivé firmy soustředí i na odbornost očních optik a snaží se jim pomocí propagačních materiálů pomáhat v osvětě v oboru oční optiky a optometrie. Myslím si, že je potřeba s výrobcí brýlových čoček v tomto směru spolupracovat a během našeho budoucího zaměstnání v očních optikách neustále prohlubovat naše znalosti, získávat nové informace a vzdělávat se v našem oboru, abychom mohli poskytovat zákazníkům kvalitní služby.

6. Literatura

- [1] KOTLER, Philip a Gary ARMSTRONG. *Marketing*. 3., upr. vyd. Praha: Grada, c2004. ISBN 80-247-0513-3.
- [2] KOTLER, Philip a Gary ARMSTRONG. *Marketing management*. 10. rozš. vyd. Praha: Grada, c2001. Profesionál. ISBN 80-247-0016-6.
- [4] KOTLER, Philip a Gary ARMSTRONG. *Principles of marketing*. 14th. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2012. ISBN 978-0-273-75243-1.
- [6] KOTLER, Philip, Gary ARMSTRONG a Marc Oliver OPRESNIK. *Marketing: An Introduction*. 14th. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2019. ISBN 978-1-292-29486-5.
- [7] POLÁŠEK, Jaroslav a J. BALÍK. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1975. ISBN 06-004-75.
- [9] NAJMAN, Ladislav. *Dílenská praxe očního optika*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-701-3328-7.
- [10] RUTRLE, Miloš. *Brýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání

- pracovníků ve zdravotnictví, 2001. Učební text pro střední zdravotnické školy. ISBN 80-701-3347-3.
- [11] LEPIL, Oldřich. *Fyzika pro gymnázia: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology*. 3., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2002. Učební text pro střední zdravotnické školy. ISBN 80-719-6237-6.
- [12] MÜTZE, Karl, Bärbel NEHRLING a Johanna REUTER. *Brillenglasbestimmung*. 2. Berlin: Verlag Technik, 1970. Praktische Augenoptik. ISBN 3-7684-6067-3.
- [13] DIEPES, Heinz a Ralf BLENDOWSKE. *Optik und Technik der Brille*. 2. Heidelberg: Optische Fachveröffentlichung, c2005. ISBN 39-222-6934-6.
- [14] GOERSCH, Helmut. *Wörterbuch der Optometrie*. 3. Heidelberg: DOZ-Verlag, 2004. ISBN 978-3-922269-43-4.
- [15] NAJMAN, Ladislav. Základy brýlové optiky: 1. část. *Česká oční optika*. 2009, **50**(1), 60-66. ISSN 1211-233X.
- [16] DIEPES, Heinz. *Augenglasbestimmung*. Heidelberg: DOZ-Verlag Optische Fachveröffentlichung, 1999. ISBN 978-3-922269-25-0
- [17] SLÁVIKOVÁ, Andrea. Optické parametre optických materiálů. *Česká oční optika*. 2017, **58**(4), 18-21. ISSN 1211-233X.
- [18] Interní materiály firmy Essilor International, 1977. [cit. 2020-01-03].
- [19] KRÍŽEK, Milan. *Lexikon oční optiky*. Příloha časopisu *Česká oční optika*: Brýlová optika, 1999. [cit. 2020-01-03].
- [20] VRUBEL, Martin. *Technologie výroby brýlových čoček*. [s.l.], 2009. 92 s. Lékařská fakulta, Masarykova univerzita. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Sylvie Petrová.
- [21] BAŠTECKÝ, Richard. *Praktická brýlová optika*. Praha: R+H optik, 1997.
- [22] ŠIMOVIČ, Peter. Antireflexní úpravy a kontrola kvality. *Česká oční optika*. 2012, **53**(4), 46-49. ISSN 1211-233X.
- [23] WEISSOVÁ, Yvonna. Technické materiály. Přednáška VOŠZ a SZŠ Praha 1, Alšovo nábřeží 6. 2017. [cit. 2020-01-03].
- [24] NAJMAN, Ladislav. Základy brýlové optiky: 6. část. *Česká oční optika*. 2010, **51**(2), 36-39. ISSN 1211-233X.
- [25] ŘÍHOVÁ, Daniela. Technologie. Přednáška VOŠZ a SZŠ Praha 1, Alšovo nábřeží 6. 2017. [cit. 2020-01-03].
- [26] VESELÝ, Petr. Technologie výroby brýlových čoček: 1. část. *Česká oční optika*. 2013, **54**(1), 8-11. ISSN 1211-233X.
- [30] VESELÝ, Petr. Technologie výroby brýlových čoček: 4. část. *Česká oční optika*. 2013, **54**(4), 10-15. ISSN 1211-233X.
- [31] JALIE, M. *Ophthalmic lenses and dispensing*. 3rd ed. New York: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2008. ISBN 978-0-7506-8894-9.
- [32] MEISTER, Darryl a James SHEEDY. *Introduction to ophthalmic optics*. 3rd. ed. San Diego: Carl Zeiss Vision, 2000.
- [33] BENJAMIN, William. *Borish's clinical refraction*. 2nd edition. Philadelphia: Elsevier Inc., 2006. ISBN 978-0-7506-7524-6.
- [37] Interní materiály firmy Optika Čivice s.r.o. [cit. 2020-01-05].

Srovnání a simulace vidění živočichů

N. Turoňová¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítňá 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: natalina.turonova@gmail.com

Abstrakt. Článek se zabývá rozdíly mezi viděním člověka a vybraných druhů živočichů, a to konkrétně viděním včely, orla, žraloka, kočky a mouchy. První část je věnována popisu jednoduchého a složeného oka živočichů, jež se liší konkávním či konvexním tvarem, a tudíž jeden obraz je vzpřímený a druhý převrácený. Dalšími součástmi článku je popis rozdílů mezi jednotlivými druhy živočichů, ale i člověka. Zaměřuji se především na vnímání vlnové délky, zrakové ostrosti, zorného pole či vnímání jednotlivých

1. Úvod

Vidění všech živočichů není některým doposud zcela objasněno. Valná většina si myslí, že např. psi mají pouze vidět černobíle, podobně jsou na tom kočky a další savci. Tímto článkem bych ráda vyvedla nespočet lidí z omylu. Článek bude věnován popisu rozdílů vidění člověka a vybraných druhů živočichů, u kterých také popíšu rozdílnost mezi jednoduchým a složeným okem. Dále bude také popsán rozdíl mezi barevným vnímáním, zrakovou ostrostí a zorným polem u různých druhů živočichů.

2. Teoretická část

2.1 Jednoduché oko

Fotoreceptory jednoduchého oka jsou velmi primitivní. Často se shlukují do podoby složitějších orgánů a poté se nazývají očima. Jednoduché oči se také často označují jako ocelli, jenž umožňují vnímat jen směr a množství světla. Tyto útvary mohou měnit svou podobu, a to buď změnou na konvexní tvar, nebo vnořením se pod povrch a tím vzniká komorové oko. Shluk receptorů reagujících na světlo se pak označuje jako sítnice. Dostředivé výběžky receptorů mohou mít směr k přichozímu světelnému paprsku nebo mohou být naopak od něj odkloněné. V případě odkloněných receptorů dochází k vnímání světla pomocí odrazu od základní roviny pigmentových buněk, jenž formuje reflexní pozadí oka. Jak již bylo zmíněno, komorové oko umožňuje vnímat pouze směr a množství dopadajícího světla ale vytvoření obrazu je na velmi primitivní úrovni, téměř nulové. U dravců je zraková ostrost velmi důležitým znakem, a proto v průběhu vývoje vznikla v komorovém oku čočka. [1]

Nejvíce je vyvinuto komorové oko u hlavonožců, kde jsou navíc vyvinuty i víčka, ale i pupila, která dokáže pozměňovat svůj příčný rozměr. Hlavonožci tak dokáží usměrňovat množství přichozího světla. Navíc se u nich vyvinuly i okohybné svaly, tudíž mohou i akomodovat. Je tady jistá podoba s okem obratlovců, avšak z hlediska embryologie se zcela liší. Oko hlavonožců má přibližně 40 cm a množství fotoreceptorů na retině je přibližně 10^{10} , což je oproti člověku podstatně víc. V oku člověka jich je 10^8 . Vidění hlavonožců a obratlovců by tedy mělo být obdobné. [1]

2.2 Složené oko

V průběhu vývoje se oko komorové změnilo do podoby tzv. omatidia. Jakmile se tyto útvary sloučí v objemnější množství, vzniká složené oko. Tento zrakový útvar má původ z pohárků, jenž leží velmi blízko u sebe. Poté došlo k jejich oddělení pomocí vytáhlých pigmentových buněk, jež rozčlenily čirou kutikulu na tzv. korneoly. Takto vzniklý útvar se po sloučení většího množství zúžil a protáhl. V pohárku tak vznikl prostor naplněný rosolovitou hmotou, sklivcem. Následkem došlo ke kontaktu citlivých dostředivých výběžků fotoreceptorů vespod pohárku. V průběhu vývoje se začaly z rosolovité hmoty vytvářet krystalové jehly. Receptory reagující na světlo jsou uloženy ve dvou řadách a aby byla zajištěna jejich blízká vzdálenost, spojují je rabdomy a z horní části se do nich

zanořují jehlany. Množství fotocitlivých receptorů jednotlivých omatidií se označuje jako retinula. U vyspělejšího hmyzu existuje jen jednovrstevná řada fotoreceptorů. [1]

Složené oko je tedy útvar vzniklý z bohatého množství totožných, autentických nezávislých pohárkových očí, jež se změnily v omatidia. Často se tyto oči nazývají mozaikové, neboť obraz je složený z jednotlivých částí omatidií. Složené oko je známo dobrou registrací pohybu, naopak má ale poměrně špatnou zrakovou ostrost. Rozdíl mezi komorovým a složeným okem je postavení obrazu. Komorové oko má sítnici vydutou a obraz se tvoří převrácený, kdežto oko složené má konvexní sítnici a tvoří vzpřímený obraz. Složené oči najedeme u hmyzu a např. u měkkýšů. [1]

3. Praktická část

3.1 Vizualizace vidění orla

Zrak ptáků je jeden z nejvyvinutějších, neboť v porovnání s člověkem obsahuje jejich sítnice podstatně více čípků, a to až 1 milion na 1 mm². Orlí oko tedy vnímá barvy živěji než my. Světlo také orlí registrují daleko lépe, protože zapojují 4-5 druhů fotoreceptorů, což jim dodává schopnost vidět ve větším rozlišení. Obecně pro dravce je zraková ostrost velmi důležitá, protože právě díky ní jsou schopni zaregistrovat velmi malé hlodavce ze vzdálenosti až dvou kilometrů. Dokáží vidět až 4-5krát vzdálenější obraz než člověk. Vytvořený obraz orla je v centru nepatrně zvětšený a v periferii mírně rozostřený. [2, 3]

Oči orla jsou konvexního tvaru. Fungují stejně jako teleobjektiv, tedy zvětšují vzdálený předmět. Mezi jeho další přednosti patří zorné pole, jež dosahuje až 340°. [2]



Obrázek 1. Srovnání vidění člověka (vlevo) a orla

3.2 Vizualizace vidění včely

Včely mají složený typ očí. Složené oko je složeno z tisíce omatidií. Každá omatidie je schopná vidět pouze část celkového obrazu, proto je celkový obraz vnímán jako mozaika. Složené oko není schopno akomodovat, proto je jeho zraková ostrost velmi špatná. Mezi jeho přednosti ale spadá dobrá registrace pohybu. Opylovači, konkrétně včely, mají ve svých očích tři druhy buněk reagujících na světlo, obdobně jako u lidí, avšak jejich citlivost je rozdílná oproti člověku. Jsou schopny vnímat barvy v oblasti ultrafialové, modré a zelené. Červenou barvu tedy podstatná část včel nevnímá nebo je vnímána achromaticky. Včely rozeznávají každou rostlinu jinak, a to nejen podle zbarvení. V ultrafialové oblasti lze vidět na květinách různé vzory, které my nejsme schopni vnímat. Většinou je dochází k zvýraznění květinového centra, což je důležité pro nalákání včel. Můžou být ale i zvýrazněny jen tyčinky či pestík nebo celé okvětní lístky. [4, 5]



Obrázek 2. Srovnání vidění člověka (vlevo) a včely

3.3 Vizualizace vidění kočky

Rozdílné vidění mezi lidmi a kočkami spočívá v sítnici, respektive ve fotoreceptorech. Jak již bylo zmíněno dříve, tyčinky slouží k vidění za skotopických podmínek a čípky jsou důležité pro vnímání barev a vidění za světla. Jednoduše řečeno, čím více má daný živočich čípků, tím rozeznává bohatší oblast barev a čím víc má tyčinek, tím je jeho vidění ve tmě lepší. V sítnici koček je tyčinek podstatně více v porovnání s člověkem, naopak čípků je méně. Člověk má tyto počty tedy obráceně, proto my lidé rozeznáváme větší spektrum barev, ale vidění za tmy je pro nás horší. [6]

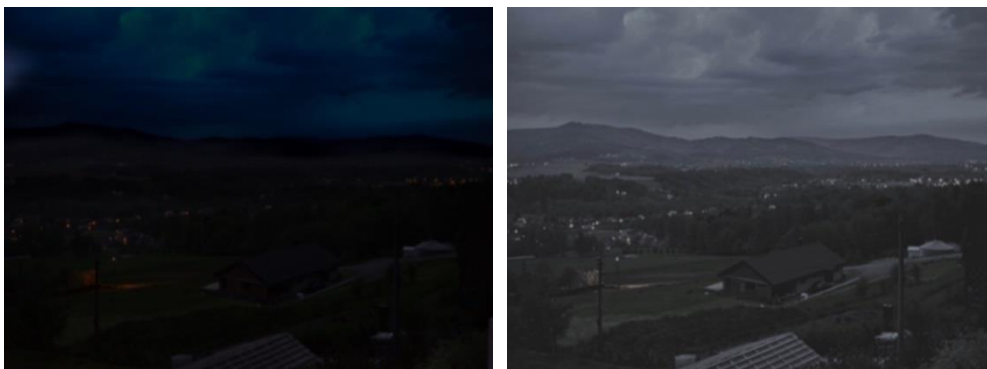
Zorné pole kočky je mírně širší a dosahuje 200° , kdežto lidé mají rozsah zorného pole 180° . Zraková ostrost koček je velmi slabá. Průměrný člověk dosahuje zrakové ostrosti 20/20, kdežto u koček nabývá hodnot 20/100–20/200, což znamená, že kočka musí být ve vzdálenosti 6 metrů, aby viděla stejně ostře jako člověk ze vzdálenosti 30-60 metrů. Kočky se tedy řadí mezi myopy. Schopnost vidět dobře na blízko má u koček výhodu, např. při chycení kořisti. [6-8]

Barevné vidění se od člověka také liší. Spousta lidí si myslí, že kočky nevnímají barvy, ale rozeznávají pouze odstíny šedi. Tento fakt však není pravda. Barevné vidění u koček odpovídá vidění barvoslepeho člověka. Vnímají odstíny modré a zelené, ale červená a růžová je pro ně matující. Tyto dvě barvy se jim jeví spíše v zelených odstínech a např. purpurová se jeví v odstínu modré. Kočky tedy nevidí tak bohaté barevné spektrum jako my a nasycenost barev je také slabší. [8, 9]

I když kočky nevidí drobné detaily a bohaté barvy, jejich výhoda je vynikající vidění za tmy, a to díky velkému množství tyčinek v retině. Kočky jsou schopné vnímat až $6\times$ méně světla než člověk. K nočnímu vidění jim napomáhá i struktura za sítnicí, jenž se nazývá tapetum lucidum neboli odrazová vrstva. Buňky odrazové vrstvy působí jako zrcadlo. Odražené světlo, které projde mezi tyčinkami a čípkami se odrazí od odrazové vrstvy a vrací se zpět k fotoreceptorům. Tato schopnost jim umožňuje zachytit i malé množství světla dostupného v noci, a to je také důvod, proč kočky v noci oči září. [6, 7]



Obrázek 3. Srovnání vidění člověka (vlevo) a kočky za světla



Obrázek 4. Srovnání vidění člověka (vlevo) a kočky za snížených světelných podmínek

3.4 Vizualizace vidění mouchy

Mouchy mají složené oči, které se skládají z tisíce malých očí. Díky tomuto složení se jejich obraz podobá mozaice. Dokáží velmi dobře registrovat pohyb, ale zraková ostrost nedosahuje vysokých kvalit, jelikož nemají schopnost akomodace. Nervový přenos mezi mozkem a očima je rychlejší než u lidí, a to až 10×. Proto není snadné mouchu chytit, neboť vnímá pohyb člověka pomaleji než on sám. Další výhodou je vypouklý tvar očí, což mouše přináší široké zorné pole. [10, 11]

Barevné vidění se much opět odlišuje, protože se u nich vyskytují rozdílné zrakové pigmenty než u lidí, pouze dva druhy. Jeden z nich vnímá žlutozelenou barvu a druhý modrou až ultrafialovou. Rozsah vlnových délek těchto barev však není tak široký jako u člověka. Moucha také nemá schopnost vnímat jednu z barev, a tou je červená. [10]

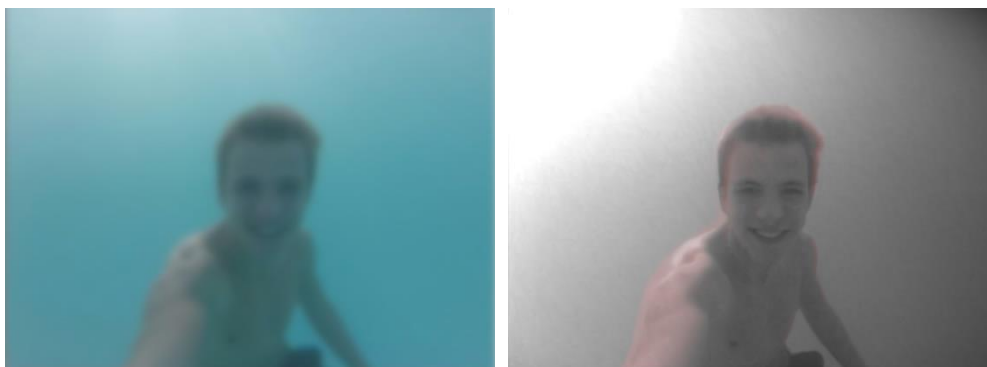


Obrázek 5. Srovnání vidění člověka (vlevo) a mouchy

3.5 Vizualizace vidění žraloka

Od doby, co se ví, že jsou u žraloků dobře vyvinuty smysly jako čich či elektrosenzorický systém, dlouho se předpokládalo, že jejich zrak je velmi špatný. Tento fakt však není pravda. Žraločí oči jsou umístěny laterálně na hlavě. Jeho podoba je velmi blízká lidskému oku. Také obsahuje základní struktury – rohovku, čočku, zornici či duhovku. Jeho sítnice obsahuje velké množství tyčinek, což je důležité při vidění za špatných světelných podmínek, čímž se vyznačuje mořské dno, a málo čípků, tudíž vnímají ne příliš syté barvy. Duhovka má schopnost stažení a roztažení v závislosti na dopadajícím světle, stejně jako je tomu u člověka. Většina ryb tuto schopnost postrádá. V sítnici u žraloka navíc nalezneme odrazivou vrstvu, jenž se označuje tapetum lucidum, stejně jako u koček. Úkolem této vrstvy je odrazit světelné paprsky zpět skrz sítnici. Jestliže zasvítíme v noci do žraločího oka, tak se reflex odrazí zpátky, proto budí dojem svítících očí. Za špatných světelných podmínek jsou schopni vidět obraz ve světlých odstínech. Žraločí oko je až desetkrát citlivější na slabé světlo než lidské oko. Další zajímavostí žraloků je přítomnost víčka neboli tzv. mžurky. Jsou to jediné ryby, u nichž se víčka vyskytují. Jakmile jsou v těsné blízkosti kořisti, zavírají je, aby ochránili své oči.

Zraková ostrost pod hladinou je mnohem lepší než vidění člověka pod hladinou, a to dokonce do vzdálenosti až 20 metrů. Zorné pole je poměrně široké vzhledem k postavení očí, avšak objevují se v něm i slepá místa, konkrétně za hlavou a přímo před ní. [12, 13]



Obrázek 6. Srovnání vidění člověka (vlevo) a žraloka

4. Závěr

V článku jsem popsala informace o vidění živočichů z hlediska anatomie jednoduchého a později i vyvinutějšího složeného oka. Jednoduché oko je velmi primitivní a dokáže vnímat pouze směr a množství dopadajícího světla, s výjimkou hlavonožců, kteří mají vyvinutou i čočku, tudíž mohou akomodovat. Složené oči velmi dobře registrují pohyb, mají konvexní sítnici a tvoří vzpřímený obraz. V praktické části jsem se pomocí grafických programů snažila vizualizovat rozdíly mezi viděním člověka a určitými živočišnými druhy. Úpravy proběhly poměrně úspěšně, avšak určitě ne stoprocentně. Chyby mohly nastat v mé nedokonalé znalosti grafických programů, ale také díky ne úplně probádané oblasti v rámci vidění živočichů.

Závěrem bych také dodala, že vidění živočichů by se dalo v běžném životě využít v různých oblastech, např. kamery či přístroje pro noční vidění.

5. Citace

- [1] ROSYPAL, Stanislav. *Nový přehled biologie*. Praha: Scientia. ISBN 80-718-3268-5.
- [2] Ohromující schopnosti dravých ptáků: Sokolí zrak a síla orlů. *Příroda*. 2017, 2010(11), 1.
- [3] What If Humans Had Eagle Vision? In: Live science [online]. 11 West 42nd Street, 15th Floor, New York: Future US, 2012, February 24. Dostupné z: <https://www.livescience.com/18658-humans-eagle-vision.html>
- [4] Včely a evoluce barev květů. *Vesmír* [online]. 2003, 8. 9. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2003/cislo-9/vcely-evoluce-barev-kvetu.html>
- [5] How bees see and why it matters. *Bee Culture* [online]. 2016, May 20 [cit. <https://www.beeculture.com/>]. Dostupné z: <https://www.beeculture.com/bees-see-matters/>
- [6] Kočičí zrak – jak vidí kočky? *Váš chovatel* [online]. 2019, 30.7. Dostupné z: <https://www.vaschovatel.cz/blog/614-kocici-zrak-jak-vidi-kocky.html>
- [7] Feline Vision: How Cats See the World. *Live science* [online]. 2013, October 16. Dostupné z: <https://www.livescience.com/40459-what-do-cats-see.html>
- [8] This Is How Cats See the World. *Wired* [online]. 2013, 16. 10. Dostupné z: <https://www.wired.com/2013/10/cats-eye-view/>
- [9] Vidí kočky barevně? *Krmení* [online]. 2019, 19. 4. Dostupné z: <https://krmeni.cz/vidi-kocky-barevne-96947>
- [10] Oko mouchy. *Pro život* [online]. Dostupné z: <https://pro-zivot.webnode.cz/co-vime-o-prirode-/oko-mouchy/>
- [11] Kolik očí mají mouchy. *School Press Club* [online]. 2015, 17. července. Dostupné z: <https://pro-zivot.webnode.cz/co-vime-o-prirode-/oko-mouchy/><https://www.schoolpressclub.com/clanky/10312-prirodovedne-okenko>

- [12] How do sharks see, smell and hear? *How stuff works* [online]. Dostupné z: <https://animals.howstuffworks.com/fish/sharks/shark-senses3.htm>
- [13] Shark senses. *Elasmodiver* [online]. Dostupné z: http://www.elasmodiver.com/shark_senses.htm

Změny zrakových funkcí při stresové zátěži

M. Zárybnická¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítňá 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: kaminkova.d@seznam.cz

Abstrakt. Tato práce se věnuje vlivu stresu a stresové zátěže na změnu zrakových funkcí. V teoretické části práci je nejdříve pojednáno o základní anatomické stavbě oka, tedy oční kouli a přídatných orgánech, následně je zmíněna také anatomie a fyziologie sítnice. Je popsána správná funkce oka a problémy, které mohou nastat v rámci zrakových funkcí. Důležitou součástí práce je zpracování problematiky stresu se zaměřením na možnosti jeho vlivu na funkci zrakového orgánu. Jsou popsány související jevy: odpařovací stres, oční reakce po výkonu, onemocnění suchého oka a oxidační stres. V rámci praktické části mé práce byly změřeny zrakové funkce u skupiny osob v klidovém stavu a v situaci stresového zatížení. Výsledky byly porovnány a statisticky zpracovány.

1. Úvod

Tato práce se zabývá problematikou vlivu stresové zátěže na zrakové funkce. Zmíněná skutečnost má vliv i na práci optometristy.

V úvodní kapitole teoretické části mé práce se budu věnovat anatomii zrakového orgánu – popíšu stavbu oční koule a přídatných orgánů, celá jedna podkapitola je věnována popisu sítnice. Další část mé práce je věnována správné funkci oka, která závisí na jeho schopnosti přijímat a zpracovávat energii ze světla v prostředí, vytvářet akční potenciály ve specializovaných nervových buňkách a přenášet tyto potenciály prostřednictvím optického nervu do mozku.

Dále popisuji jednotlivé zrakové funkce - vlastnosti, díky nimž zrakový aparát člověka funguje. Mezi tyto zrakové funkce patří zraková ostrost, barvocit, adaptace na světlo a na tmu, kontrastní citlivost, prostorové vidění, akomodace a konvergence a zorné pole. O kvalitě našeho vidění rozhoduje souhra a fungování těchto jevů. Tyto funkce lze ovlivnit vnějšími vlivy, např. stresem, kterému je věnována samostatná kapitola mé práce.

Poslední částí mé bakalářské práce je praktická část. Náplní této části je měření zrakových funkcí klientů ve dvou fázích. V první fázi měření budou změřeny vybrané pokusné osoby v době jejich naprosté duševní pohody a bez časové tísně. Druhá fáze měření bude spočívat v tom, že po uplynutí několika týdnů změřím stejnou skupinu lidí ve stavu stresu. U každého měření bude nejprve provedeno objektivní měření na autorefraktometru, kde se u každého klienta zaměřím na hodnoty objektivní refrakce a také nitrooční tlak a následně provedu subjektivní měření a zjistím blízký bod akomodační šíře. Všechny získané hodnoty zpracuji a u každé měřené osoby porovnám hodnoty zjištěné v první a druhé fázi měření. Závěrem je hodnocení praktické části a porovnání výsledků s částí teoretickou.

2. Teoretická část

Stres je jedním z velice často používaných pojmů a je považován za určitý fenomén naší doby. Proto je prospěšné poznat jeho příčiny, průběh i možnosti prevence, případně se seznámit i s výzkumnými trendy v této oblasti. [1,2]

I když sám termín stres a jeho vztah k pojmu zátěž není vymezován všemi badateli shodně, zpravidla se stres spojuje se situacemi obtížnými, ohrožujícími, významně narušujícími rovnováhu organismu a vyvolávajícími závažné změny v hormonálním, oběhovém i imunitním systému. Stresové situace jsou ty, v nichž dochází k výraznějšímu rozporu mezi expozičními a dispozičními faktory. Stres může v podstatě nastat, buď protože jsou působící podněty extrémně silné, případně obtěžující podněty překračují. [2, 3]

Člověk se s podněty zátěžové situace buď vyrovná, adaptuje se na ně, zvládne je běžnými adaptačními mechanismy, nebo proběhne stresová reakce v rovině biologické, psychologické či behaviorální. Ze skutečnosti, že zátěž je permanentním průvodním jevem lidského života, pak vyplývá životní důležitost efektivní adaptace, bez níž by život nebyl vůbec možný. Není proto divu, že vědecké studium adaptace na lidské životní podmínky představuje výzvu pro badatele různého vědeckého zaměření. Zátěž obecně je možno ještě dále diferencovat podle různých hledisek. Například podle délky působení (krátkodobou, dlouhodobou), podle emoční odezvy na příjemnou i nepříjemnou, podle intenzity či podnětů, na zátěž minimální, lehkou (mírnou), střední a těžkou (intenzivní, silnou). [2, 3]

3. Experimentální část

V praktické části své bakalářské práce jsem se věnovala měření zraku osob při stresové zátěži a porovnáváním zrakových funkcí v bez stresovém stavu a při stresu. Výsledky měření jsem shrnula do tabulek.

Měření probíhalo ve dvou fázích. V první fázi měření jsem změřila vybrané pokusné osoby v době jejich naprosté duševní pohody, bez časové tísně. Druhá fáze měření spočívala v tom, že jsem po uplynutí několika týdnů změřila stejnou skupinu lidí ve stavu stresu. Výsledky obou měření jsem následně porovнала. Téměř všechna měření byla prováděna na fakultě FBMI ČVUT v Kladně.

První fáze měření probíhala již koncem měsíce března, bohužel kvůli situaci, která v České republice nastala, jsem mohla použít do své práce pouze 20 ze 45 naměřených osob, ostatní nebylo možné změřit podruhé, tedy ve druhé fázi.

U každého měření jsem nejprve provedla objektivní měření na autorefraktometru, kde jsem se zaměřila u každého klienta na hodnoty objektivní refrakce a také nitrooční tlak a následně jsem provedla subjektivní měření.

Zjišťovala jsem blízký bod akomodační šíře, schopnost zaostření na Jaeger 1 na předem definovaný text a dále, zda jsou schopni pohodlně číst Jaeger 1 s korekcí 1,00.

Snažila jsem se vybrat nejdůležitější měření, kde by se rozdíl mohl projevit, také jsem se snažila dodržovat veškeré zásady, jak by se mělo u měření postupovat. Nejdříve jsem začínala u každého klienta měřením na autorefraktometru, kde jsem se soustředila především na hodnoty objektivní refrakce, klienta jsem poprosila, aby se posadil za přístroj, vydezinfikovala jsem před každým klientem přístroj především v místech, kde je potřeba, aby se klient opřel, a poté jsem jej poprosila, aby se opřel čelem a bradou o přístroj, pokud bylo potřeba, upravila jsem přístroj podle výšky klienta. Poprosila jsem každého klienta, ať se soustředí na obrázek a prováděla jsem vyšetření. Na tomto přístroji mě ještě zajímala hodnota nitroočního tlaku, takže jsem klienta upozornila, že během vyšetření ucítí fouknutí do oka, které může působit lehce nepříjemně. Fouknutí vzduchu oploští rohovku, přitom platí, že čím je nitrooční tlak vyšší, tím hůř lze rohovku oplostit.

Měření jsem v první fázi prováděla celkem na 45 osobách, bohužel jsem pro druhou fázi mohla využít hodnoty pouze 20 z nich. Každý člověk byl před započítím měření dotázán na svůj psychický stav, zda se cítí stresován či ne, opravdu tedy záleželo na vlastním posouzení dané osoby. Každého člověka jsem se ptala, jak aktuálně se cítí na stresové stupnici od 0 do 10, 0 je v naprosté klidové pohodě a 10 je největší stres. Říkala jsem jim také, ať situaci porovnají s největším stresem, který zažili. Dále jsem se dotazovala, co je v současné době stresuje nejvíce, nejčastěji se odpovědi týkaly zkoušek, které dotyčné čekaly, nebo osobní problémy, jako například rozchod s partnerem nebo současná situace v České republice. Pokud byla subjektem udávána hodnota do 5, snažila jsem se je stresovat uměle, např. časovou tísní, zvoněním mobilního telefonu apod. tuto variantu jsem musela absolvovat pouze u tří osob. Za konzultace ohledně stresu a jeho vyvolání děkuji MUDr. Tereze Urzové a Mgr. Kláře Kárníkové.

Tabulka 1. Subjektivní refrakce

Osoba	SR I. fáze	SR II. fáze
1.	-0,75 -0,50 -0,50 38°	-0,50 -0,25 -0,50 40°
2.	-0,25 +0,25	-0,50 +0,25
3.	+0,50 -0,25 170° +0,75 -1,00 170°	+0,50 -0,25 180° +0,75 -1,00 170°
4.	-1,50 -0,50 119° -2,00 -0,50 65°	-1,50 -0,25 120° -2,25 -0,50 67°
5.	-3,25 -0,25 171° -2,50 -0,25 103°	-3,50 -0,50 168° -2,50 -0,50 105°
6.	-4,00 -1,50 7° -4,50 -1,00 6°	-4,25 -1,00 6° -4,75 -1,00 6°
7.	-0,50 -0,50 -0,25 90°	-0,25 -0,25 -0,50 90°
8.	-2,00 -0,75 172° -1,25 -1,00 1°	-2,00 -0,50 175° -1,50 -1,00 1°
9.	-0,50 -0,50 -0,50 48°	-0,50 -0,75 -0,50 47°
10.	+0,75 -0,75 170° +1,00 -1,00 174°	+0,75 -0,75 170° +1,00 -1,00 174°
11.	-3,50 -3,25	-3,25 -3,0
12.	-0,25 +0,50	-0,25 +0,50
13.	-0,25 180° 180°	-0,25 180° 180°
14.	+0,25 -0,25	+0,75 -0,50
15.	-2,25 -1,25	-2,00 -1,25
16.	-3,50 -1,75 170° -3,50 -1,75 8°	-3,50 -1,75 170° -3,75 -1,75 7°
17.	-0,25 -0,25 80° -0,25 -0,25 40°	-0,50 -0,25 85° -0,50 -0,25 42°
18.	-0,25 -0,50 83° -0,50 -0,50 91°	-0,50 -0,25 86° -0,25 -0,50 91°
19.	-0,75 -0,75	-0,75 -0,75
20.	-0,25 -0,75 93° -0,50 -0,50 92°	-0,25 -0,75 93° -0,50 -0,50 92°

4. Diskuze

Během svého měření jsem došla k výsledku, že psychický stres nemá vliv na změny v uvedených hodnotách. Můj závěr vyplývá z toho, že hodnoty, které jsem u pokusných osob naměřila v době jejich naprosté duševní pohody, a později po uplynutí nějakého časového úseku při stresové zátěži, byly

téměř neměnné. Psychický stres nemá vliv na změnu naměřených hodnot, ale ovlivňuje stav oka jako orgánu, jak udávají praktici. Tímto chci poděkovat paní Bc. Haně Ouředníčkové za konzultace ohledně stresu.

Stres může způsobit zvýšení tělesného tlaku, což může vést k sekundární změně na cévách očního pozadí. U hypertenze se rozlišují s ohledem na její časový průběh tři stádia:

I. stádium, jedinou zjistitelnou známkou esenciální hypertenze je zvýšený krevní tlak.

II. stádium, je možné pozorovat změny na EKG a změny na očním pozadí

III. stádium, srdeční selhání, dušnost, výrazné změny na sítnici [4]

Stres může také působit na zvýšení hladiny kortizolu, což může vést až k sekundární změně na pigmentové vrstvě sítnice. Kortizol je nejdůležitější stresový hormon. Jeho hlavním cílem je mobilizace organismu při stresu, především jeho vlivem na energetický metabolismus. [5]

Stres může mít také vliv na změnu funkce štítné žlázy, tento stav může vést ke vzniku sekundárního exoftalmu, nebo dokonce poruše slzného filmu. Je potřeba znát u každého klienta anamnézu, léky a další zdravotní problémy a se vším počítat.

Psychický stres na zrakové funkce opravdu dopad nemá, jak mimo jiné plyne z mých měření. Z dostupné literatury plyne, že fyzický stres vliv má. Projevuje se ve formě přetížení zrakového aparátu do blízka a na PC (střední vzdálenost) má vliv na akomodační spasmus (CVS) a tím oko vykazuje změny hodnoty refrakce o -0,25 až -1,00 falešně. CVS (computer vision syndrome) syndrom počítačového vidění, je spojovaný s prací na počítači, tabletech, mobilních telefonech, sledování televize či čtení e-knih. Mezi symptomy CVS patří rozmazané vidění, bolest hlavy, astenopické potíže, diplopie, bolesti krční páteře, pocit suchého oka. Je velice důležité vědět, zda jsou tyto symptomy opravdu z práce na digitálním zařízení nebo se objevují téměř při každé práci na blízko. Zpracování této problematiky by už ale bylo nad rámec této práce. Nejčastějším symptomem, který se projevuje při časté a dlouhodobé práci na počítači, je akomodační nedostatečnost. V tomto stavu má pacient problém stimulovat akomodaci. V tomto období se dostávají presbyopické potíže, bývá to před 40. rokem věku, tedy prepresbyopie. [6] Fyzický stres ve formě přetížení může mít také vliv na často vznikajících foriích.

5. Závěr

Tato bakalářská práce byla věnována vlivu stresu na zrakové funkce. V teoretické části jsem se věnovala anatomii zrakového orgánu, správné funkci oka a problémech, které mohou nastat. Detailněji jsem se zaměřila na popis jednotlivých zrakových funkcí. Těžiště mé práce bylo zpracování problematiky stresu.

Měření hodnot v praktické části probíhalo v různých časech a většina byla provedena na fakultě FBMI ČVUT v Kladně. Měření začínalo již v období konce března, bohužel kvůli situaci, která v České republice nastala, jsem mohla použít do své práce pouze 20 ze 45 změřených osob, ostatní jsem nedokázala změřit podruhé, tedy ve druhé fázi.

V první fázi jsem subjekty měřila ve stavu naprosté duševní pohody a po uplynutí několika týdnů, jsem tyto subjekty měřila ve stavu stresu nebo alespoň v uměle navozeném stavu stresu, což bylo potřeba pouze u třech osob. Vždy to bylo na vlastní posouzení dané osoby, i přestože to bylo na většině objektivně vidět např. pocení rukou, nesoustředěnost....

Z výsledků měření provedených v průběhu praktické části mé práce se mi nepodařilo potvrdit vliv psychického stresu na zrakové funkce. Mnou naměřené hodnoty z první a druhé fáze měření se nijak statisticky výrazně neliší. Výsledky z posuzování vlivu psychického stresu na zrakové funkce potvrzují domněnky, že je vliv tohoto typu stresu minimální, možná žádný a zcela jistě v praxi optometristy zanedbatelný. Počet mých měření sice nestačí na úplné odmítnutí tohoto vlivu, nicméně mnou naměřené hodnoty to naznačují.

6. Seznam použité literatury

[1] BARTUŇKOVÁ, Staša. Stres a jeho mechanismy. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1874-6.

[2] NOVÁK, Tomáš. Jak bojovat se stresem. Praha: Grada, 2004. Psychologie pro každého. ISBN 80-247-0695-4.

- [3] PAULÍK, Karel. Psychologie lidské odolnosti. Praha: Grada, 2010. Psyché. ISBN 978-80-247-2959-6.
- [4] Psychika, stres a vysoký krevní tlak [online] 2019, Citováno dne 22.1.2019, Dostupné z <https://www.ulekare.cz/poradna-lekare/psychika-stres-a-vysoky-krevni-tlak-312759>
- [5] CHRONICKÝ STRES, PORUCHA FUNKCE KORTIZOLU A JEJÍ NÁSLEDKY [online] 2019, Citováno dne 22.1.2019, Dostupné z <http://www.edukafarm.cz/data/soubory//casopisy/Biotherapeutics%20-2018/10%20Stres%20Kortizol.pdf>
- [6] ROSENFELD, M. Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. Ophthalmic and Physiological Optics. Volume 31, Issue 5. September 2011. Pages 502-515.

Oční optika se zaměřením na optometrické pracoviště v reálné praxi

K. Fait¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítňá 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: kacka.rudolfova@seznam.cz

Abstrakt. Tato práce se zabývá založením oční optiky v reálné praxi. V teoretické části jsou popsány zákonné požadavky na založení oční optiky a možnosti podnikání v daném oboru. Další kapitola je zaměřena na optometristu a vyšetřovnu optometristy jako zařízení, které poskytuje zdravotnickou péči. Práce se zabývá legislativními požadavky na vybavení vyšetřovny optometristy a povinnosti při jejím zřízení a provozování. Praktická část práce se zabývá dodržováním legislativních norem v reálné praxi.

1. Úvod

Práce komplexně shrnuje všechny formální náležitosti, které musí budoucí podnikatel při založení oční optiky splňovat. Vymezuje optometrickou vyšetřovnu, co otevření optometrické vyšetřovny podnikateli přinese, i jaké formální a administrativní náležitosti musí splnit při jejím založení. Každá problematika obsahuje odkaz na zákon, který danou oblast reguluje.

2. Teoretická část

Cílem praktické části je provést dotazníkový výzkum, ve kterém zjistím, jak reálné optometrické pracoviště splňuje zákonné normy, technické vybavení a odbornost pracovníků. Provedu srovnání s ideálním stavem, a zhodnotím, aktuální stav vybraných optometrických pracovišť.

3. Experimentální část

Výzkumu se účastnilo 40 očních optik. Na trhu se můžeme setkat s řetězcem očních optik, několika pobočkami očních optik, které patří pod jednoho majitele nebo s jednou pobočkou patřící jednomu majiteli. V našem výzkumu jsou rovnoměrně zastoupeny všechny tyto kategorie, 32,5 % řetězců, 30% více poboček, 37,5% jedna pobočka. Vzhledem k předpokladu, že oční optika patří do živnosti vázané, nás zajímalo vzdělání majitelů očních optik. U očních optik, které mají jednu, nebo více poboček bylo zjištěno, že 81% majitelů těchto očních optik mají vzdělání v oboru (optik, optometrista). U řetězců očních optik byla situace rozdílná, vzhledem k velikosti a uspořádání společnosti jsme zjistili, že zaměstnanci, kteří dotazník vyplňovali, nedisponují informací o vzdělání majitele.

Součástí oční optiky může být vyšetřovna optometristy, v našem výzkumu jsme zjistili, že 65% očních optik má zřízenou vyšetřovnu optometristy. Z oslovených řetězců má vyšetřovnu optometristy zřízenou 69%, oční optiky mající pouze jednu provozovnu mají vyšetřovnu optometristy zřízenou v 67%, a nejméně je to u více poboček jednoho majitele 58%.

Dále jsme se zajímali o plnění legislativních norem v oslovených vyšetřovnách optometristy, výzkumu se zúčastnilo 26 očních optik..

Dotazníkem jsme zjišťovali vybrané legislativní normy. Optometrické pracoviště musí být registrované jako zařízení poskytující zdravotní péči. Z těchto 26 očních optik, 18 uvedlo, že jsou registrované jako zařízení poskytující zdravotní péči, žádná z nich neopověděla, že není registrována jako zařízení poskytující zdravotní péči a 8 z oslovených uvedlo, že tuto informaci nevědí. Můžeme říci, že 69% z oslovených je registrovaných jako zařízení poskytující zdravotní péči. U 31% nemůžeme s jistotou říci, jestli tuto informaci zaměstnanci očních optik pouze nemají k dispozici a oční optika je registrovaná, či nikoli. Dále nás zajímaly především tyto informace o vyšetřovně optometristy: kdo vyšetřuje – jaké má vzdělání, jaká je podlahová plocha, je umístěna u okna, jaká je

teplota a vlhkost vzduchu, vybavení, sanitární zařízení. Dále jsme zjišťovali osm informací o optometrické vyšetřovně, podrobný přehled vyjmenovaných legislativních norem a procento jejich splnění nalezneme v Tabulce č. 1. Můžeme vidět, že plnění jednotlivých norem se liší, procento splnění se pohybuje od 11,5% do 85%.

Tabulka: č. 1. Přehled legislativních norem

	Vyšetřovna optometristy:	podmínku splnilo% vyšetřoven	informaci nemáme k dispozici u %
1	má pouze kompetentní pracovníky	85 %	
2	má minimální podlahovou plochu 13 m ²	35 %	19 %
3	má přístup k dennímu světlu	54 %	
4	má přístup k větrání okny	54 %	
5	teplota vzduchu je minimálně 22	39 %	19 %
6	vlhkost vzduchu je v rozmezí 30-50%		100 %
7	má veškeré nařízené vybavení má veškeré nařízené vybavení s výjimkou vyšetření barvocitu	11,5% 77%	
8	má sanitární zařízení	77%	

4. Diskuze

Závěrem můžeme říci, že zjištěný stav o plnění vybraných legislativních norem ve vyšetřovnách optometristy, zřízených v očních optikách, není příliš uspokojivý. V tabulce č. 1. „Přehled legislativních norem“ vidíme, že žádná z vybraných legislativních norem není splněna stoprocentně na žádném pracovišti. Nejhuře dopadlo vyhodnocení o dodržování legislativních norem, ve smyslu umístění vyšetřovny optometristy, její rozměry, teplota a vlhkost vzduchu, umístění u okna atd., v této kategorii ani polovina vybraných vyšetřoven nesplňuje legislativní požadavky. Otázkou je, zda všechny uvedené požadavky jsou opravdu stěžejní pro kvalitní práci optometristy, tuto skutečnost si netroufám posuzovat.

Dalším požadavkem na vyšetřovnu optometristy, je potřebné vybavení a kompetentní pracovníci. Dle našeho výzkumu požadavek na kompetentní pracovníky splňuje 85% dotázaných vyšetřoven, toto procento na první pohled vypadá uspokojivě, co je však zarážející, je rozptyl, který je viditelný v jednotlivých organizačních uspořádáních. U očních optik, které provozují jednu nebo několik poboček, je procento kompetentních pracovníků ve vyšetřovnách optometristy 100%, což vypovídá o zodpovědném přístupu těchto majitelů. Mezi řetězci splňuje požadavek na kompetentní zaměstnance ve vyšetřovnách optometristy, jen něco málo přes polovinu vyšetřoven, konkrétně 55,5%, a toto číslo je opravdu neuspokojivé. Situace u povinného vybavení vyšetřovny optometristy je následující, veškeré vyjmenované povinné vybavení má pouze 11,5 % vyšetřoven optometristy. Na první pohled i toto číslo vypadá opravdu neuspokojivě, při důkladnějším zkoumání si ovšem můžeme všimnout, že

většina z vyšetřoven optometristy nesplňuje pouze jediné vybavení, Vyšetření barvocitu, pokud bychom toto vybavení opomněli, splňuje vyjmenované vybavení 77% vyšetřoven. Na povinné vybavení se můžeme podívat z hlediska jednotlivých organizačních struktur, oční optiky s jednou nebo více pobočkami, splňují veškeré vybavení vyjma vyšetření barvocitu u 94% případů, u řetězců 55,5% nesplňuje také povinné vybavení zrcadlový stolek a zrcadlo.

Za uspokojivý výsledek považuji závěr výzkumu o registraci vyšetřoven optometristy jako zařízení poskytující zdravotní péči. Nedostali jsme žádnou odpověď, že by některá z vybraných vyšetřoven optometristy vědomě nebyla registrovaná. U 31% jsme dostali odpověď, že tuto skutečnost neví. Vzhledem k tomu, že u mnoha dotazníků se nepodařilo zabezpečit, aby ho vyplňoval přímo majitel, domnívám se, že toto procento je způsobeno, jen nedostatečnou informovaností zaměstnanců, a doufám, že pokud by dotazníky měli možnost vyplňovat majitelé očních optik, dozvěděli bychom se, že tyto zbývající vyšetřovny optometristy jsou také registrované jako zařízení poskytující zdravotní péči.

5. Závěr

Zlepšení zjištěné situace v oblastech umístění vyšetřovny a potřebného vybavení, by mohly přinést důkladnější kontroly.

6. Seznam použité literatury

- [1] MAKALOVÁ, Danka. *Živnostenský zákon a prováděcí nařízení vlády s komentářem: úplné znění podle stavu k 1.1.2019*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2019. ISBN 978-80-88265-09-2.
- [2] KAMENÍK, Petr. *Živnostenský zákon: Zákon o živnostenských úřadech : komentář*. Praha: Wolters Kluwer, 2014. ISBN 978-80-7478-471-2.
- [3] KINDL, Milan. *Občanský zákoník: praktický komentář*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2019. ISBN 978-80-7380-742-9.
- [4] *Zákon o obchodních korporacích: zákon č. 90/2012 Sb. ze dne 25. ledna 2012*. Praha: Ústav práva a právní vědy, 2014. Právo a management. ISBN 978-80-87974-00-1.
- [5] Sbírka zákonů, č. 55/2011, vyhláška ze dne 1. března 2011, o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků, § 10, § 11, § 24, [online] citováno dne 19.10.2019, dostupné na internetu: <http://portal.gov.cz/app/zakony>
- [6] SZŠ MERHAUTOVA, Historie školy. [online] Brno: Karla Miloševičová citováno dne
- [7] SČOO, Vzdělávání očních optiků a optometristů, [online] citováno dne 30.10.2019, dostupné na internetu: <http://scoo.cz/vzdelavani>
- [8] Materiály pro akreditaci bakalářského studijního programu [online] citováno dne 30.10.2019 dostupné na internetu ><http://www.med.muni.cz/index.php?id=365><
- [9] Materiály pro akreditaci bakalářského studijního programu [online] citováno dne 30.10.2019 dostupné na internetu http://akreditace.inf.upol.cz/2004/B5345_Optometrie/B5345_Optometrie.pdf
- [10] Mezinárodní spolupráce [online] citováno dne 30.10.2019 dostupné na internetu <http://optometrie.fbmi.cvut.cz/zajisteni-oboru/mezinarodni-spoluprace/><
- [11] Bakalářský studijní program Biomedicínská a klinická technika zdravotnický obor Optika a optometrie [online] citováno dne 30.10.2019 dostupné na internetu <http://www.fbmi.cvut.cz/uchazeci/studium/bakalarsky-program/optika-a-optometrie><
- [12] Wikipedie [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Optometrie>
- [13] ŠEBEK, Pavel., článek Stránky Společenstva SČOO, časopis Česká oční optika, číslo 1/2010, ročník 51, ISSN 1211-233X
- [14] vyhláška č. 221/2010 Sb., vyhláška MZČR o technických a věcných požadavcích na vybavení zdravotnických zařízení, příloha č.1 a příloha č.2, [online] citováno dne 19.10.2019, dostupné na internetu: <http://portal.gov.cz/app/zakony>

- [15] RUTRLE, Miloš., *Přístrojová optika*. vydal Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2000, s. 189, ISBN – 80 – 7013 – 301 – 5
- [16] KUCHYNKA, Pavel, et al. *Oční lékařství*. 1. vydání. Grada, 2007. 266 s. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [17] Zákon č. 372/2011 Sb. Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách). *Zákony pro lidi: Sbírka zákonů* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-372>
- [18] Nestátní zdravotnické zařízení - krok za krokem, [online] citováno dne 3.11.2019, dostupné na internetu: <http://www.businessinfo.cz>
- [19] ŠEBEK, Pavel., článek Stránky Společenstva SČOO, časopis Česká oční optika, číslo 1/2010, ročník 51, ISSN 1211-233X
- [20] *Poplatky: místní poplatky, soudní poplatky, správní poplatky, některé další poplatky : redakční uzávěrka* .. Ostrava: Sagit, 1995. ÚZ. ISBN 978-80-7488-290-6.
- [21] LASÁK, Jan. *Zákon o obchodních korporacích, obchodní zákoník: srovnávací texty*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2013. ISBN 978-80-7357-346-1.
- [22] *Daňové zákony: úplná znění platná k ...* Praha: Grada, 1999. ISBN 978-80-271-2274-5.
- [23] Vyhláška č. 55/2011 Sb. Vyhláška o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. *Zákony pro lidi: Sbírka zákonů* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55>
- [24] *Zdravotní služby: redakční uzávěrka* .. Ostrava: Sagit, 2011-. ÚZ. ISBN 978-80-7488-363-7.
- [25] MACH, Jan. *Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování: Zákon o specifických zdravotních službách*. Praha: Wolters Kluwer, 2018. Praktický komentář. ISBN 978-80-7598-103-5.
- [26] KRÝSA, Ivo. *Zákon o ochraně veřejného zdraví: komentář*. Praha: Wolters Kluwer, 2016. Komentáře (Wolters Kluwer ČR). ISBN 978-80-7552-070-8.
- [27] HABERLAND, Tomáš., článek Foropter nebo refrakční brýle?, časopis Česká oční optika číslo 4/2009, str. 61, ročník 50, ISSN 1211–233X
- [28] SYNEK, M. a kol. *Podniková ekonomie*. 4.vyd. Praha: C.H.Beck, 2006. ISBN 80-7179-892-4.
- [29] RUTRLE, Miloš. Brýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology. 1. vyd. Brno: IDVPZ, 2001, 143 s. ISBN 80-701-3347-3.
- [30] Changing views on myopia. *British Journal of Ophthalmology* [online]. London, 1975 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1017404/?page=1>
- [31] DAVID GOSS, A. History of Optometry [online]. [cit. 2020-4-20]. Dostupný z: <http://www.opt.indiana.edu/people/faculty/graphics/goss/opthx.pdf>
- [32] *Thomas Young: Natural Philosopher* [online]. Cambridge: The Syndics of the Cambridge University Press, 1954 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=hHc6AAAAIAAJ&pg=PR3&lpg=PR3&dq=Wood,+A+a+Oldham,+F.:+Thomas+Young:+Natural+Philosopher.+Cambridge,+1954.+The+Syndics+of+the+Cambridge+University+Press&source=bl&ots=VBtCUNnyHQ&sig=ACfU3U0nmQxV5K331anb2mGY5kfF8P-0dA&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwiIh8y31fvoAhUK2KQKHTtQCtQQ6AEwAHoECAsQAQ#v=onepage&q=Wood%2C%20A%20a%20Oldham%2C%20F.%3A%20Thomas%20Young%3A%20Natura1%20Philosopher.%20Cambridge%2C%201954.%20The%20Syndics%20of%20the%20Cambridge%20University%20Press&f=false>
- [33] HAMZA, František. K dějinám českých mediků. *Městská knihovna v Praze* [online]. Praha: Spolek českých mediků, 1895 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mlp/view/uuid:d2b637c0-07f6-11de-88b9-0030487be43a?page=uuid:352aba10-07f8-11de-8896-0030487be43a>

- [34] Chilton's review of optometry: A Snapshot of Optometry Around the World. New York: Jobson Medical Information, 2009, č. 6. ISSN 0147-7633.
- [35] ADAM, Jan. *Osobnosti - Česko: Ottův slovník*. Praha: Ottovo nakladatelství, 2008. ISBN 978-80-7360-796-8.
- [36] Česká oční optika: Historie brýlí. Brno: Společenstvo českých optiků a optometristů, 03,04-2008, 01-2009, č. 2. ISSN 1211-233X
- [37] Hermann von Helmholtz, *GERMAN SCIENTIST AND PHILOSOPHER. ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA* [online]. L. Pearce Williams [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Hermann-von-Helmholtz>
- [38] JEŘÁBKOVÁ Andrea., článek Ambulance optometristy a legislativa, časopis Česká oční optika číslo 4/2014, str. 28-32, ročník 55, ISSN 1211-233X
- [39] DVOŘÁK, Tomáš. *Akciová společnost*. Praha: Wolters Kluwer, 2016. Vědecké monografie (Wolters Kluwer ČR). ISBN 978-807-4789-618.
- [40] JOSKOVÁ, Lucie, Markéta PRAVDOVÁ a Eva DVOŘÁKOVÁ. *Nová společnost s ručením omezeným: právo, účetnictví, daně*. 3. vydání. Praha: Grada Publishing, 2018. Právo pro praxi. ISBN 978-80-271-0872-5.

Role optometristy u diabetického pacienta

L. Vacková¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítňá 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: wackowka@gmail.com

Abstrakt. Cílem je popsat onemocnění diabetes mellitus a jeho vliv na oko. Zaměřila jsem se na objektivní refrakci u klienta s diabetem 1. typu v rozmezí 4-6 hodin a v závislosti na hodnotě glykémie. Naměřené hodnoty jsem porovnávala a vyhodnotila je.

Teoretická část je rozdělena do tří kapitol. První kapitola se zabývá diabetem a jeho rozdělením, popisují zde jeho vývoj a léčbu, dále je přidán i popis základních pojmů.

Popsáno je několik přístrojů, které jsou nejen pro život s cukrovkou nezbytnou součástí, ale i usnadňují lidem s diabetem každodenní život. Následuje rozbor diabetické diety a všeobecné komplikace obou typů diabetu. V dalších kapitolách se zabývám anatomií oka, očními komplikacemi diabetu a refrakcí u diabetického pacienta. V neposlední řadě jsou zde shrnuty osobní zkušenosti s diabetem. Praktická část se zabývá popisem podmínek, za jakých bylo prováděno objektivní měření klienta s diabetem 1. typu, porovnáním naměřených hodnot a jejich samotným vyhodnocením závislosti hladiny glykémie na refrakční stav oka klienta.

1. Úvod

Pokud se jedná o komplikace způsobené diabetem, oční komplikace patří mezi nejzávažnější. Tento projekt s názvem „Diabetes mellitus a jeho vliv na oko“ se zaměřuje zejména na oční komplikace při diabetu, jejich vývojem a následnou léčbou. Nedílnou součástí je i podrobný popis diabetu, jeho rozdělení a popis i jiných, než očních komplikací. Diabetes, jakožto jedno z civilizačních onemocnění dnešní doby je nutno brát velmi vážně.

Ať už samotný záchyt onemocnění, jeho průběh, komplikace s ním spojené a zejména kvalitní kompenzaci.

2. Teoretická část

Diabetes rozdělujeme na dva typy. Významně se od sebe liší příznaky, komplikacemi, ale i léčbou. Nezávisle na typu cukrovky však dochází k závažným poškozením oka vlivem nestálé či vysoké hladiny glukózy v krvi. U diabetu se projevují poškození téměř ve všech částech oka, jak na předním, tak i na zadním segmentu. Jakékoliv odchylky od fyziologické stavby a funkce oka mohou vést k zhoršení vize při různých hodnotách glykémie, snižování kontrastní citlivosti, v některých případech až k dvojitému vidění.

Mezi časté oční komplikace diabetu patří například katarakta, která se projevuje snížením nebo ztrátou čirosti oční čočky. V této práci se zabývám zejména metabolickou kataraktou, která je způsobena díky poruše metabolismu sacharidů.

Jakožto nejzávažnější oční komplikace při diabetu, která může vést až k oslepnutí je diabetická retinopatie. U tohoto onemocnění dochází k poškození cév vlivem hyperglykémie. U diabetické retinopatie rozlišujeme tři typy: neproliferativní, proliferativní a diabetickou makulopatii, která u pacientů s diabetem vede k praktické slepotě.

Mezi významné komplikace u diabetu se řadí i změny vize, hlavně proto, že se pacient s diabetem s touto komplikací setkává každý den, někdy i několikrát během dne. Pokud je diabetik špatně kompenzován, projevuje se u něj změna refrakce díky neustálé hladině glukózy v krvi.

Diabetes je doprovázen hojným počtem onemocnění, postihující celý organismus a po dlouhých letech jeho působení dochází k morfologickým i funkčním změnám v různých orgánech. Bohužel těmto změnám se kromě jiného nevyhne ani orgán zraku. Z tohoto hlediska je velmi důležitá spolupráce lékařů z různých oborů. Ve vyspělých zemích je diabetes mellitus nejčastější příčinou slepoty ve věku do 65 let.

Katarakta neboli šedý zákal postihuje oční čočku. U tohoto onemocnění dochází ke změně průhlednosti čočky a tím se u pacienta zhoršuje kvalita vidění. Katarakta může být buď vrozená, nebo získaná. Získaná je způsobená buď traumaty, věkem, farmaky, chemickými látkami a v neposlední řadě metabolickými změnami, jako je například galaktosémie nebo cukrovka. Toto onemocnění se řeší chirurgicky a to odstraněním zakalené čočky a jejím nahrazením buď to čočkou kontaktní, nebo nitrooční. Katarakta způsobená diabetem je dvojího typu: pravá diabetická katarakta a senilní katarakta u diabetiků.

a) Pravá diabetická katarakta postihuje obě oči, k této kataraktě dochází díky vyšší hladině glukózy v čočce. Samotná příčina katarakty je ta, že se glukóza mění na sorbitol a ten způsobuje změnu hydratace a zakalení čočky. Pravá diabetická katarakta vzniká už v nižším věku než jiné typy šedých zákalů. Tento typ katarakty je subkapsulární a zákal se tvoří ve formě vloček.

b) Senilní katarakta se objevuje u diabetiků až 10x častěji a daleko dříve, než u zdravých lidí.[2]

Diabetická retinopatie, jakožto onemocnění sítnice vyvolává změny ve struktuře a stavbě buněk sítnice. Dochází k poškození malých cév díky vysoké hladině cukru v krvi. Rozvoj onemocnění zásadně ovlivňuje délka trvání cukrovky. Pokud je diagnostikován diabetes mellitus 1. typu, diabetická retinopatie nebývá zpravidla objevena dříve, než po pěti letech od záchytu. V případě diabetes mellitus 2. typu bývá velmi často retinopatie přítomna již při zjištění cukrovky. První známkou při diabetické retinopatii jsou mikroaneuryzmata. Následným prasknutím poškozených kapilár dojde k tzv. mikrohemoragii, neboli k drobnému krvácení, které se může objevit v kterékoliv vrstvě sítnice. Poté dochází k prosakování a tvorbě zánětlivých výpotků (exsudátů) s lipoproteiny. Diabetickou retinopatii rozdělujeme na formy proliferativní a neproliferativní. [4][5]

a) Neproliferativní – mezi základní příznaky patří mikroaneuryzmata, flebopatie, vatovitá ložiska, hemoragie a intraretinální změny drobných cév. Dále se dělí na počínající, středně pokročilou a těžkou. Neproliferativní diabetická retinopatie je velmi závažný a rizikový stav.



Obr. 1.1: Neproliferativní DR

b) Proliferativní – zde se objevuje neovaskularizace na sítnici, na terči zřetelného nervu, může dojít k odchlípení sítnice, které vznikne buď tržlinami, nebo trakcí; dělí se na počínající, vysoce rizikovou a pokročilou s komplikacemi; u proliferativního typu dochází k tzv. neovaskulárnímu sekundárnímu glaukomu, toto onemocnění je velmi bolestivé a hůře léčitelné, nakonec dochází k oslepnutí pacienta a často musí dojít k odstranění celého bulbu (enukleace). [1]



Obr. 1.2: Proliferativní DR

c) Diabetická makulopatie – zde dochází ke zhoršení pacientova vidění, zejména díky chronickému onemocnění cév, kdy selhává jejich funkce. Sítňicové kapiláry a mikroaneuryzmata prosakují. Dochází k zesílení sítnice a v oblasti makuly se nacházejí tvrdá ložiska. Na počátku onemocnění pacient nevnímá žádné příznaky, ty se objeví až když je zasažena fovea. Sítnice se musí laserově ošetřit a díky tomu lze zlepšit vidění a zastavit nález na očním pozadí. Z hlediska patologie a kliniky se dělí na fokální makulární edém, difúzní makulární edém, ischemickou diabetickou makulopatii, smíšenou formu diabetické makulopatie a panretinální edematózní kapilaropatii. [1] [3]



Obr. 1.3: Makulární edém

Příznaky diabetické retinopatie jsou u diabetiků komplikované. V čase, kdy by byl indikován terapeutický zásah, diabetici nemají žádné subjektivní potíže. U diabetu 2. typu se nejdříve projeví zhoršené vidění a snížený vizus. Pokud jde o diabetika 1. typu, dochází ke snížení vízu a krvácení do sklivce. [1]

3. Experimentální část

V experimentální části byla měřena refrakce u klienta s diabetem. Klient byl měřen v různých časových intervalech během dne a při různých hodnotách glykémie. Měření při podobných hodnotách glykémie bylo provedeno několikrát, abych poté mohla zjistit, jaká je závislost refrakce na výši glykémie. Dále i na základě mé praxe v oboru a v souvislosti s vlastní zkušeností, byla vytvořena příručka pro optometristy, kde je uvedeno, na co si mají při optometristickém vyšetření klienta s diabetem dát pozor, popřípadě jak lze při refrakci odhalit možného pacienta s diabetem.

Objektivní vyšetření oka jsem prováděla pomocí autorefraktometru za stejných světelných podmínek, jako se provádí subjektivní vyšetření refrakce a to při celkovém osvětlení 300 (500) lx. Tato hodnota je důležitá pro kvalitní vyšetření zraku. Je tedy důležité vytvořit dostatečné osvětlení zorného pole a prostoru okolo vyšetřovaného, z důvodu výskytu možné nežádoucí proměnlivé adaptace zraku na různé hodnoty osvětlení. Je také velmi důležité, aby pacient nebyl oslňován ať už přímo nebo odrazem od okolních ploch.

Klient s diabetem v ordinaci optometristy

- 1) Vždy s klientem důkladně probereme anamnézu! (celkovou, rodinnou, oční)
- 2) Je nutné se vyptat na všechna celková onemocnění, užívané léky, popř. na onemocnění v rodině.
- 3) Pokud je klient diabetik, je nutné zjistit, zda chodí na veškeré pravidelné kontroly, zda je kompenzován a zda má již nějaké komplikace způsobené diabetem.
- 4) Vše si pořádně zaznamenejte do karty klienta a vždy klienta seznámte s následujícím vyšetřením.
- 5) Zeptejte se klienta na glykémii. Nikdy nevyšetřujte klienta v hypoglykémii nebo hyperglykémii!
- 6) Pokud se klientovy odpovědi při vyšetření refrakce budou lišit v rychlém sledu za sebou nebo budou klientovy odpovědi nejednoznačné či zmatené, uvědomte si, že vyšetření refrakce u diabetika je komplikovanější než u běžného klienta.
- 7) V takovém případě je nutné se s klientem dohodnout na kompromisu a pro něj nejpohodlnější refrakci.

8) Může nastat situace, kdy se Vám do ordinace dostaví klient, který ještě neví o tom, že může mít diabetes. Pravděpodobně vyřešíte refrakci a za pár dnů se klient vrátí, že na danou refrakci nevidí. Je nutné klienta přeměřit, a pokud jsou hodnoty odlišné, je důležité ho informovat a odeslat k obvodnímu lékaři.

9) Nikdy klientovi diabetes ani jiná onemocnění nediodagnostikujte a vždy ho odešlete k příslušnému lékaři!

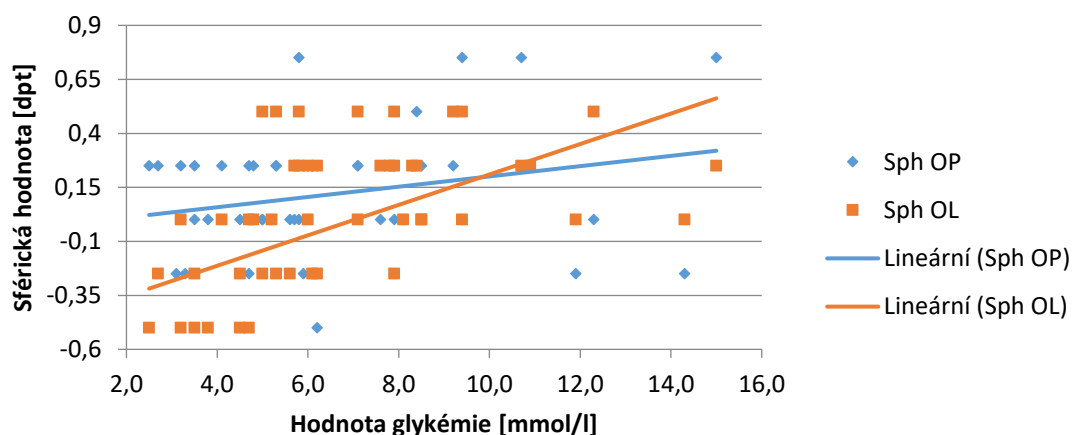
10) Pokud je klient správně kompenzován a nemá žádné komplikace, mělo by vyšetření proběhnout jako u zdravého klienta.

4. Výsledky a diskuze

Měření probíhalo 4x denně za různých hodnot glykémie a při různých časech. Docházelo také k odlišnosti, zda bylo měření uskutečněno před nebo po jídle. Vyšší hodnoty před jídlem mohou být způsobeny aplikováním nižší hodnoty dlouhodobého inzulínu, nebo větším časovým rozestupem mezi jídly. Ráno hodnoty glykémie nedosahovaly vyšších hodnot než 8 mmol/l. V dopoledních a odpoledních hodinách se hodnoty pohybovaly ve vyšších hodnotách. Glykémie i hodnoty měření refrakčního stavu očí byly vždy měřeny v určitém časovém rozmezí. První hodnoty byly zjišťovány od 8:00 do 9:30, dopolední hodnoty pak od 10:40 do 12:40. Hodnoty po obědě byly časově od 13:10 do 15:15 a poslední hodnoty pak od 16:00 do 17:00.

Na následujícím grafu jsou již znázorněny výsledky měření refrakčního stavu očí v závislosti na výši glykémie. Pro lepší přehlednost jsem grafy rozšířila o lineární spojnice trendu. Hodnoty byly změřeny a následně dány do tabulky. Poté byly porovnány hodnoty cukru v krvi s hodnotami sférickými, cylindrickými a sférickým ekvivalentem. U všech třech grafů vyšlo, že se zvyšující se hodnotou glykémie, se ve většině případů zvyšovaly i jednotlivé hodnoty refrakčního stavu očí, což v mém případě vychází jako opak, než udává literatura. Z dostupných zdrojů vím, že pokud dochází k hyperglykémii, mělo by oko myopizovat. V případě snížení glykémie naopak hypermetropizovat.[6] [7]

Zda jsou změny větší či menší může být způsobeno různými faktory a zejména skutečností, jak je diabetik kompenzován a jak dlouho cukrovku má.



5. Závěr

V závěru je nutné vyzdvihnout, že diabetes mellitus je v poslední době velmi důležité a zajímavé téma. Velké množství článků a publikací se zabývá právě touto tematikou, zejména diabetickými komplikacemi. V případě, že již klient diabetes má, klade se důraz na kvalitní kompenzaci a pravidelné kontroly, aby mohlo dojít ke komplikacím co nejpozději. Bohužel ani při kvalitní kompenzaci se dřív, či později pacient komplikacím zcela nevyhne. Stále se bohužel setkáváme s případy, kdy pacienti s diabetem nedbají rad lékařů a u takovýchto pacientů se mohou komplikace rozvinout do velmi vážných stádií. Vzhledem k tomu, že oko bývá cukrovkou často a velmi zasaženo, jsou nutné pravidelné kontroly u oftalmologa, ať už z hlediska kontroly změn zrakové ostrosti, kontroly očního tlaku či diabetických změn na sítnici.

6. Seznam použité literatury

- [1] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [2] REMINGTON, Lee Ann a Lee Ann REMINGTON. Clinical anatomy and physiology of the visual system. 3rd ed. St. Louis, Mo.: Elsevier/Butterworth Heinemann, c2012. ISBN 978-1-4377-1926-0.
- [3] SOSNA, Tomáš. Diabetická retinopatie: diagnostika, prevence, léčba. Druhé, přepracované vydání. Praha: Axonite CZ, 2016. Medicinae peritus. ISBN 978-80-88046-05-9.
- [4] KANSKI, Jack J a Brad BOWLING. Clinical ophtalmology: a systematic approach. 7th. Edinburgh: Elsevier Saunders, 2011. ISBN 978-0-7020-4093-1.
- [5] SHIH, K Co, K S-L LAM a L TONG. A systematic review on the impact of diabetes mellitus on the ocular surface. 2017, 7(3), e251-e251. DOI: 10.1038/nutd.2017.4. ISSN 2044-4052. Dostupné také z: <http://www.nature.com/articles/nutd20174>
- [6] Česká oční optika: Refrakční stav oka ve vztahu k očním a celkovým chorobám. Praha 1: EXPO DATA spol. s r.o., 2016, 57(1/2016). ISSN ISSN 1211-233X.
- [7] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.

Měření vízu na různých typech optotypů

D. Černý¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: cernyden@fbmi.cvut.cz

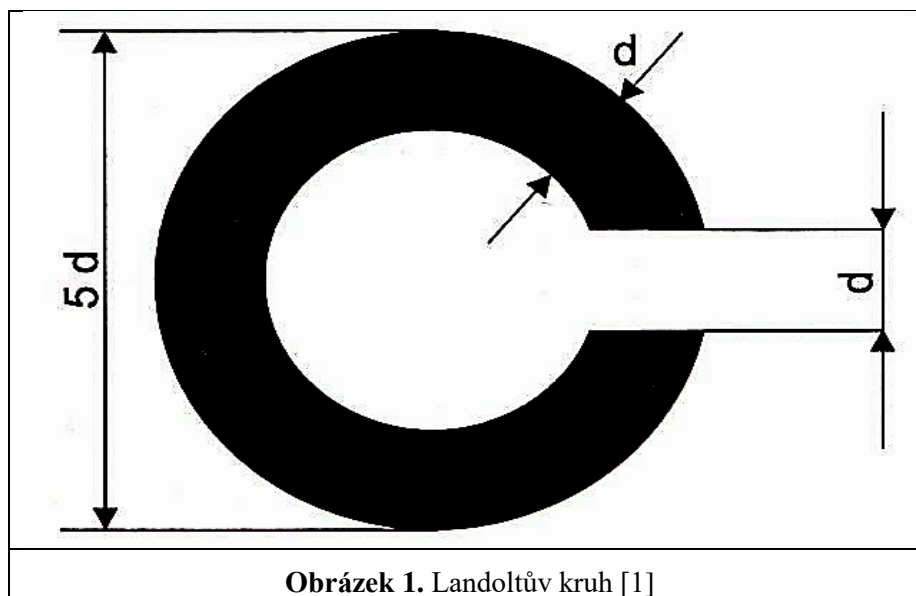
Abstract. Tato práce se zabývá různými typy optotypů. Cílem je porovnání naměřených hodnot vízu, pohodlí vyšetřovaného, kvality kontroly vyšetřujícího a komunikace mezi vyšetřovaným a vyšetřujícím. Zaměřuje se především na Snellenův optotyp, Pflügerovy háky a Landoltovy kruhy. Každý vyšetřovaný bude změřen na každém optotypu. Výsledky měření budou doprovázeny subjektivním zhodnocením vyšetřovaného – jak se cítil, jak pochopil vyšetřujícího, jak se mu odpovídalo, na jakém řádku začal mít problémy atd. Podobné zhodnocení provede i vyšetřující. Výsledky měření, subjektivního vnímání vyšetřovaného a zhodnocení práce vyšetřujícího na každém optotypu povedou k odpovědi, který optotyp je nejvhodnější k měření zrakové ostrosti. Přínosem této práce jsou nejen nové zkušenosti vyšetřujících, ale mohou také změnit jejich rozhodnutí, na kterém optotypu budou v budoucnosti měřit. A to i do konce života.

1. Úvod

Zrak je pro člověka nejdůležitějším smyslem. Zprostředkovává nám přes 80 % všech vnímaných informací. Proto je důležité o zrak pečovat a snažit se zachovat co nejlepší zrakovou ostrost. Dnes je vyšetření zrakové ostrosti základním vyšetřením nejen u optometristů, ale i očních lékařů. K jejímu zjištění slouží různé typy optotypů. Mezi nejpoužívanější se dnes řadí Snellenův optotyp, ale zapomínat by se nemělo ani na Pflügerovy háky nebo Landoltovy kruhy. [4]

Pokud chceme dosáhnout co nejlepší zrakové ostrosti, musíme dodržet správné podmínky při vyšetření. Mezi ně patří i správně zvolený optotyp, který bude vyhovovat vyšetřovanému i vyšetřujícímu. Důležitá je i komunikace mezi nimi. Všechny optotypy slouží ke stejnému účelu, ale s každým se pracuje trochu jinak a každý má jiné vlastnosti. [4]

Landoltův kruh (viz Obr. 1) lze považovat za nejobjektivnější vyšetřovací znak vůbec a je též jako jediný normovaný znak předepsán pro mezinárodně uznávané znalecké účely. Kritérium a samotná koncepce Landoltova kruhu nám umožňuje získat velice seriózní a lze říci, že ty nejobjektivnější výsledky. Je jako jediný normovaný znak určen pro mezinárodně uznávané znalecké účely. Jedná se o vyšetřovací znak v podobě kružnice, resp. mezikruží s výřezem, jakousi šterbinou. Tato šířka šterbiny, resp. mezery a současně i tloušťka čáry znaku, je 1/5 celkové velikosti znaku. Můžeme si jej tedy dobře představit jako znak vepsaný do čtvercové sítě o velikosti 5d x 5d. U takového znaku je výsledek subjektivního posouzení a vyhodnocení orientací zmíněné šterbiny mezikruží v minimální míře ovlivňován smyslem a povědomím pro tvar i schopnost vnímat důvěrně známé písmeno „C“. Jistá neoblíbenost tohoto znaku u nás je možná poplatná tušeným komplikacím při domlouvání se se zkoušenou osobou. Pokud však je šterbina nabízena v obvyklých pozicích dole (6), vlevo (9), vpravo (3), nahoře (12), resp. v mezipolohách dole vlevo (7:30), dole vpravo (16:30), nahoře vpravo (13:30) a nahoře vlevo (10:30) a ponecháme, aby se vyšetřovaná osoba inspirovala číselníkem na hodinách, potíže s domlouváním obvykle vymizí. Statisticky je dána přibližně pouze 12,5 % pravděpodobnost, že orientaci šterbiny ve správné poloze člověk spíše uhádne, aniž by ji skutečně rozeznal. [1,2]



Setkáváme se proto ještě stále se Snellenovými a Pflügerovými háky (viz Obr. 2). Přestože popularita těchto znaků upadá, stále se s nimi můžeme hojně setkat. U klasických Snellenových háků se v porovnání s Landoltovými kruhy uplatní penalizační faktor v hodnotě 0,87 na celkovém čtvercovém rozměru. Nelze zde tedy uplatnit představa vepsaného znaku do mřížky $5y \times 5y$. Tato mřížka má podobu $(5y \times 0,87) \times (5y \times 0,87)$. Pflügerovy háky jsou pak dále zredukovány na obdélníkový základ výšky k šířce 5:3, přičemž střední část tří horizontálních ramen, vytvářející poměrně věrný obraz klasického písmene E, je dále o $1/5$ zmenšena. Tyto znaky nejsou zcela určitě tak dokonalé, jak tomu je u předešlého Landoltova kruhu a existují pouze čtyři základní poziční možnosti, jak znak nabízet. Pravděpodobnost uhodnutí se tedy zvyšuje na 25 % a je zde proto uplatněn penalizační faktor 0,87. [1,2]

Používají se s oblibou zejména pro určování vizu dětí, analfabetů, nebo cizinců, kteří neznají místní jazyk. Jako pomůcky pak poslouží ruční napodobenina znaku, kterou vyšetřovaná osoba natáčí do směru, který vizuálně snímá z optotypů. [1]



Nedostatků u Snellenových optotypů je více. Patří mezi ně fakt, že změna velikosti písmen mezi řádky není pravidelně progresivní. Nestejná písmena nemají stejnou obtížnost čitelnosti, což vyvrací fakt minima cognobíle. Na řádku není konstantní počet písmen. To vede k nestejnému chybovému skóre a vysokokontrastní písmena nereprezentují situaci každodenního života. [2]

2. Experimentální část

Experimentální část této práce je zaměřena na samotné měření a výzkum. Jsou zde zaznamenány a graficky znázorněny hodnoty nejvyšších dosažených hodnot vízu pro tři typy optotypů, naměřené nezávisle na sobě. Prvním optotypem je klasický Snellenův optotyp, který za testové znaky využívá vybraná velká tiskací písmena abecedy. Vybranými písmeny se rozumí písmena mezinárodní abecedy, která je shodná s anglickou abecedou. Nenajdeme zde proto písmena s háčky (Č, Ď, Ň, Ř, Š, Ť, Ž), čárkami (Á, Ê, Í, Ó, Ú, Ý) a spřežky (CH). Druhým je optotyp se znaky v podobě Pflügerových háků, tedy znaku připomínajícího velkého tiskacího E ve čtyřech základních polohách – vpravo, vlevo, nahoře, dole. Třetím a posledním je optotyp, který vízus měří pomocí Landoltových kruhů, tedy znaku, který připomíná velké tiskací C. To je natočené do jedné z osmi možných poloh - 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°.

Součástí práce je také výzkum, hodnotící faktory a podmínky během vyšetření. Tabulky a grafická zobrazení zde znázorňují nejen spokojenost a obtížnost vyšetření z pohledu vyšetřovaných osob, ale také problematiku kontroly a pocity z vyšetřovaných osob během vyšetření z pohledu vyšetřujícího. Hodnocení je formou známek jako ve škole (1 = nejlepší/žádné problémy, 5 = nejhorší/velké problémy). Aby byl vyšetřovaným osobám poskytnut co nejlepší přehled o tom, co přesně hodnotí a jak to mají hodnotit (kde se nachází hranice mezi známkami), probíhala tato klasifikace formou dialogu mezi vyšetřovanou osobou a vyšetřujícím. Tak mohlo být vynaložené maximální úsilí pro nejpresnější výsledky výzkumu. Části hodnocené z pohledu vyšetřujícího vycházely především z jeho pocitů a názorů během měření. Hodnotily nejen měření, ale i samotné vyšetřované osoby.

Motivací je ověření, zda Snellenův optotyp je skutečně nejvhodnější a nepříjemnější pro obě strany. Nejen pro měření zrakové ostrosti, ale také z hlediska přijetí vyšetřovanými osobami a kvalitou kontroly naměřených hodnot vyšetřujícím. Porovnáván proto bude s Pflügerovými háky a Landoltovými kruhy pro následující hypotézy:

Hypotéza 1: Na hladině významnosti 5 % je Snellenův optotyp přesnější než ostatní optotypy.

Hypotéza 2: Na hladině významnosti 5 % je Snellenův optotyp z hlediska práce, kontroly a komunikace mezi vyšetřovanou osobou a vyšetřujícím přijatelnější a vhodnější než ostatní optotypy.

3. Výsledky a diskuse

Po získání, zapsání, znázornění a vyhodnocení nasbíraných dat během výzkumu byly spočítány průměrné hodnoty vízu, kterých bylo na jednotlivých typech optotypů dosaženo. Obdobným procesem byly stanoveny také celkové výsledné známky pro jednotlivé optotypy, které byly spočítané z průměrů všech částí výzkumu, které dané optotypy hodnotily. Tyto dosažené výsledky výzkumu znázorňuje tabulka níže (viz Tab. 1). Těchto výsledků bylo dosaženo naměřením 22 osob ve věku 18 – 62 let. Průměrný věk osob činil 38 let.

Tabulka 1: Výsledky výzkumu

	Vízus Průměr ± Směr. odchylka	Celková známka Průměr ± Směr. odchylka
Snellenův optotyp	1,40 ± 0,25	1,05 ± 0,07
Pflügerovy háky	1,37 ± 0,22	1,35 ± 0,19
Landoltovy kruhy	1,25 ± 0,17	1,57 ± 0,23

Podle výsledků v Tabulce 1 lze říci, že nejvyšších hodnot vízu bylo dosaženo na Snellenově optotypu, což podle T testu na hladině významnosti 5 % prokazuje Hypotézu 1 tohoto výzkumu. Nicméně Pflügerovy háky dosáhly horšího výsledku pouze o 0,03. Rozdíly mezi těmito dvěma optotypy byly v malém množství případů vyšetřovaných osob. Landoltovy kruhy z hlediska naměřených hodnot vízu dopadly podle očekávání nejhůře. I přesto výsledná hodnota není nízká a lze ji považovat za více než kvalitní. Lze tak konstatovat, že Hypotéza 1, která stanovovala, že naměřené hodnoty vízu budou dosahovat nejvyšších hodnot na Snellenově optotypu, byla T testem na hladině významnosti 5 % prokázána.

Celková známka jednotlivých optotypů, která byla stanovena z dílčích částí výzkumu, nabízí pohled, jak byly měření a práce s daným optotypem vnímány jak z pohledu vyšetřovaných osob, tak z pohledu vyšetřujícího. Snellenův optotyp dosáhl takřka čisté jedničky, jelikož ve čtyřech částích výzkumu ze šesti dosáhl čistého hodnocení 1,00. Lze tak stanovit, že jak pro vyšetřované osoby, tak pro vyšetřujícího je skutečně nejvhodnější a nejpřijatelnější. Toto téměř jednoznačné hodnocení prokazuje pomocí T testu na hladině významnosti 5 % Hypotézu 2. Ta stanovovala, že z hlediska práce, kontroly a komunikace mezi vyšetřovanou osobou a vyšetřujícím je Snellenův optotyp nejvhodnější a nejpřijatelnější pro obě strany.

Jedničku obdržely také Pflügerovy háky. Není sice tak čistá jako u Snellenova optotypu, i přes to však také tento optotyp lze označit za vyhovující pro obě strany. Pouze v několika málo individuálních případech je opravdu potřeba zvolit raději Snellenův optotyp.

Landoltovy kruhy těsně nedosáhly na hodnocení za jedna. Jedná se o jediný typ optotypu, který si tak odnáší celkové hodnocení v podobě dvojky. Jeho zařazení mezi optotypy pro nejkvalitnější měření vízu nevyhovovalo největšímu počtu vyšetřovaných osob. Největší problémy činil starším osobám a osobám s vyššími hodnotami cylindrů. Hodnocení těchto optotypů bylo potvrzeno horším výsledkem T testu na hladině významnosti 5 %. V případě Landoltových kruhů byly výsledky také potvrzeny článkem „*Porovnání zrakové ostrosti mezi Landoltovými kruhy a čísly*“ od K. Rohsneidera, A. R Spittlera a M. Bacha [3]. Jejich závěrem bylo, že naměřené hodnoty vízu na Landoltových kruzích byly v průměru o jeden řádek horší než u čísel.

Výsledky měření a výzkumu T testem na hladině významnosti 5 % prokázaly obě hypotézy, které pro tuto práci byly stanoveny. Pro prokazatelné výsledky však bylo získáno příliš málo dat. Z tohoto důvodu by bylo vhodné v budoucnu výzkum zopakovat s větším množstvím naměřených osob. Případně lze na tuto práci navázat podobným výzkumem. Například zkoumáním rozdílů naměřených hodnot vízu na jednotlivých typech optotypů a refrakcí stanovenou autorefraktometrem nebo jinou objektivní refrakcí.

4. Závěr

Cílem této práce bylo ověření, zda je správné a oprávněné, že v dnešní době dává většina zrakových vyšetřoven přednost Snellenovu optotypu, který jako vyšetřovací znaky používá velká tiskací písmena mezinárodní abecedy. Jestli by nebylo vhodnější a přesnější místo písmen za vyšetřovací znaky využívat Pflügerovy háky nebo Landoltovy kruhy. Součástí výzkumu však nebylo jen měření hodnot vízu, ale také hodnocení pohodlnosti a problematiky měření a práce na jednotlivých typech optotypů. Hodnocení probíhalo nejen z pohledu vyšetřujícího, ale zúčastnili se i jednotlivé vyšetřované osoby.

Vyšetřované osoby hodnotili pohodlí, které během vyšetření pociťovali. Rozumí se tím náročnost spolupráce s vyšetřovaným, tedy snadnost/obtížnost ve čtení řádků optotypu nahlas. Dále hodnotili samotné znaky jednotlivých optotypů. Poukázali, zda jim nejvíce vyhovovalo vyšetření na písmenech Snellenova optotypu, Pflügerových hácích nebo Landoltových kruzích. Poslední hodnocení poté udělili samotnému přístupu vyšetřujícího. Konkrétně jeho schopnosti vysvětlit jim, jak jednotlivé znaky optotypů správně číst a zajistit mu tak kvalitní kontrolu.

Vyšetřující hodnotil případnou problematiku kontroly vyšetřovaných osob. Je tím myšleno, zda pro něj představovalo problém při jednotlivých typech optotypů správně a rychle posoudit, zda vyšetřované osoby čtené znaky skutečně čtou, nebo jen hádají. Dále vyšetřující hodnotil samotné vyšetřované osoby. Tedy vnímání, jestli jednotlivé osoby nemají během vyšetření nějaký problém. Například, pokud potřebují více času na určení orientace a tak správného přečtení znaku optotypu. Případně jsou-li schopni číst např. Landoltovy kruhy stejně rychle a bezproblémově jako písmena Snellenova optotypu. Nakonec vyšetřující hodnotil své pocity z vyšetřovaných osob z pohledu přesvědčení, zda dostatečně vysvětlil způsoby čtení jednotlivých znaků optotypů. Jinými slovy, pokud má během měření ze strany vyšetřované osoby očekávat nějaké problémy a na co má dávat pozor.

Z takto naměřených dat a udělených hodnocení lze stanovit, že obě hypotézy, stanovené pro tuto práci, byly pomocí T testu na hladině významnosti 5 % prokázány. Hypotéza 1 stanovovala, že na hladině významnosti 5 % Snellenův optotyp dosáhne nejpresnějších výsledků, tedy naměření nejvyšších hodnot vízu, kterých jednotlivé vyšetřované osoby jsou schopné dosáhnout. Snellenův optotyp dosahoval nejvyšších výsledků s průměrnou hodnotou vízu 1,40. Nejnížší hodnotě odpovídají Landoltovy kruhy,

kteřé v průměru dosáhly hodnoty vízu 1,25. Pflügerovy háky na Snellenův optotyp ztrácejí pouze 0,03, jelikož na nich naměřená průměrná hodnota vízu činila 1,37.

Z hlediska hodnocení vyšetřovanými osobami a vyšetřujícím docházelo již k mírně větším rozdílům mezi jednotlivými optotypy. Nejlépe opět dopadl používanější a širší veřejnosti známý Snellenův optotyp. Jeho celková známka, která se skládá ze šesti samostatně hodnocených částí výzkumu, je 1,05. To znamená, že v jeho hodnocení se jen ojediněle objevovala jiná známka než jednička, čímž byla T testem na hladině významnosti 5 % prokázána Hypotéza 2. Ta stanovovala, že Snellenův optotyp na hladině významnosti 5 % bude z hlediska práce, kontroly a komunikace mezi vyšetřovanou osobou a vyšetřujícím nejpříjemnější pro obě strany. Pflügerovy háky a Landoltovy kruhy dopadly podle očekávání hůře. Konečné hodnocení Pflügerových háků je 1,35 a konečné hodnocení Landoltových kruhů je 1,57.

Ze získaných dat bylo pomocí T testu na hladině významnosti 5 % prokázáno, že aktuálně nejpoužívanější a nejzažitéjší Snellenův optotyp má tuto pozici oprávněně. Zbylé dva zkoumané optotypy však nedopadly v hodnocení širší veřejnosti nejhůře. Nicméně v tomto výzkumu padlo rozhodnutí, že měření pomocí písmen je pro vyšetřované osoby nejpříjemnější, nejjednodušší a nejpřirozenější. T testem na hladině významnosti 5 % bylo také prokázáno, že i z pohledu vyšetřujícího je práce na Snellenově optotypu nejvíce vyhovující. Nicméně o Pflügerových hácích a Landoltových kruzích bylo prokázáno, že ani práce s nimi není obtížná.

Důvodem menších rozdílů mezi optotypy a ziskem poměrně podobných výsledků je bezesporu nízký počet naměřených osob. Výsledky této práce proto nelze považovat za definitivní. Dalším důvodem může být nedokonalé sepsání rešerší, jelikož pro tuto práci nebylo nalezeno a využito zdroje stejného nebo více podobného zaměření.

V každém případě, pokud není pro vyšetřujícího problémem pracovat s různými typy optotypů, mohl by se co nejvíce přizpůsobit jednotlivým vyšetřovaným osobám. Jestliže bude vědět, že by daná osoba uvítala více měření spíše například na Pflügerových hácích, měl by jí toto přání splnit.

5. Seznam použité literatury

- [1] M. Ruttle, Přístrojová optika, Brno 2000, ISBN – 80-7013-301-5
- [2] J. Mencák, Zraková ostrost, BP, Masarykova univerzita, Brno 2009
- [3] K. Rohrschneider, A. R Spittler, M. Bach, Vergleich der Sehschärfenbestimmung mit Landolt-Ringen versus Zahlen, Springer Medizin, Ophthalmologe (2019) 116: 1058
- [4] D. Černý, Měření vízu na různých typech optotypů, BP, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, 2020

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Petru Písaříkovi, Ph.D. za odborné vedení, vstřícnost, rady a připomínky, díky kterým jsem mohl vytvořit tuto bakalářskou práci.

Standardy optometrického vyšetření v praxi

A. Leiderman¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: leiderman761@gmail.com

Abstrakt. Tato práce pojednává o standardech vyšetření v optometrické praxi. Úvod se zabývá kompetencemi optometristy v České republice a ve světě, potom pojednává o podmínkách nutných k účinnému provedení vyšetření. Dále se zabývá zrakovými funkcemi a jejich vyšetřením, průběhem a podmínkami jednotlivých testů. V praktické části se zabývám postupem a testy, které jsou používány v praxi nejvíce. Práce ukazuje jaké postupy, metody a testy používají optometristé v České republice.

1. Úvod

Optometrie v České republice je mladá profese, což je jeden z důvodů menších kompetencí než v mnoha vyspělých zemích světa s delší historií tohoto oboru. S ohledem na širší rozsah kompetencí je optometrie jako celek více řízena legislativou, v níž jsou uvedené vícečetné podmínky pro vyšetření optometristou. Přesto lze ale konstatovat, že se optometrie v Evropě a České republice úspěšně vyvíjí. Jedním z počátečních kroků, který k tomu přispěl, je Evropský diplom optometrie, jenž se snažil sjednotit kompetence v rámci Evropy. Jedna z neustálených věcí je základní postup vyšetření, která optometrista provádí. V některých zemích, také v České republice, jsou doporučeny určité kroky vyšetření. Tento postup ale bohužel není standardizován, takže se každý optometrista řídí vlastním postupem získaným dlouhou praxí. Proto také klienti dostávají rozdílné informace. Optometristé pracují jak v optikách, tak i na klinikách, kde často pomáhají a provádějí vyšetření na vyšší úrovni s využitím dalšího množství testů. Vidění je komplexní a skládá se z několika částí, jež lze vyšetřit pomocí řady testů a přístrojů. Nejběžnější vyšetřovanou zrakovou funkcí je zraková ostrost a binokulární vidění. Proto je důležitá standardizace vyšetřovacího postupu, podle něhož má optometrista provádět základní baterie testů za standardních podmínek, pro vyšetření binokulárních funkcí. Informace získané z této baterie testů by měly stačit ke zjištění, zda je třeba u daného klienta pokračovat s další sérií testů. Tento projekt se zabývá i podstatnými zrakovými funkcemi, jejich úlohou ve vidění a vyšetřovacím postupem. Na základě těchto informací je navržena baterie testů a postup, jakým by měl optometrista postupovat, aby zjistil vše nezbytné o vidění, a to s ohledem na časovou náročnost a problematiku každého klienta.

2. Výzkum

Pro danou problematiku jsem si vybrala kvantitativní sociologický výzkum, který se formou dotazníkového šetření zabývá postupem. Dotazník byl zpracován online pomocí služby společnosti Survio. Dotazník obsahuje 25 otázek, rozřazovací otázky a otázky týkající se refrakčního postupu jedince. Dotazník byl sdílen pomocí sociálních sítí. Výzkum trval 12 dní, během nichž se podařilo získat 47 odpovědí z celkového počtu 92 rozeslaných dotazníků.

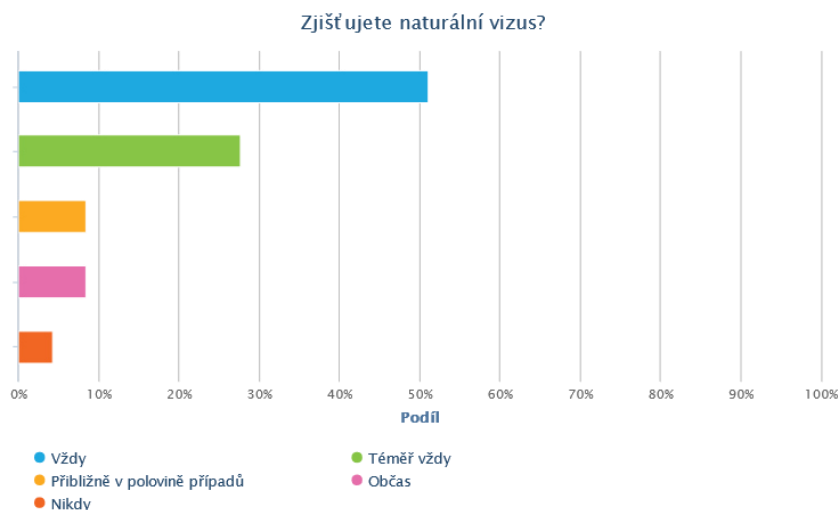
2.1 Výsledky

Dotazníkového šetření se zúčastnilo 47 lidí, z toho má 76,6 % dosažené bakalářské nebo magisterské vzdělání, 10,6 % tvořili oční optici (SŠ nebo VOŠ) a 6,4 % byli oční optici se vzdělávacími kurzy optometrie. Celkem ve 85,1 % respondentů vykonává praxi v oční optice, 21,3 % na oční klinice nebo v oftalmologické ambulanci a jenom 2,1 % působí v aplikačním centru. Místo výkonu praxe může ovlivňovat postup vyšetření, dalším faktorem může být délka vykonávané praxe. Největší skupina dotázaných – až 63,8 %, se věnuje optometrické praxi 1-5 let, zbytek tvoří 36,2 %

První otázka je vlastně první krok každého vyšetření, a to anamnéza. Anamnézu můžeme odebírat dvěma způsoby, a to ústně, nebo písemně (formou dotazníků). Bez ohledu na to, že obě metody mají

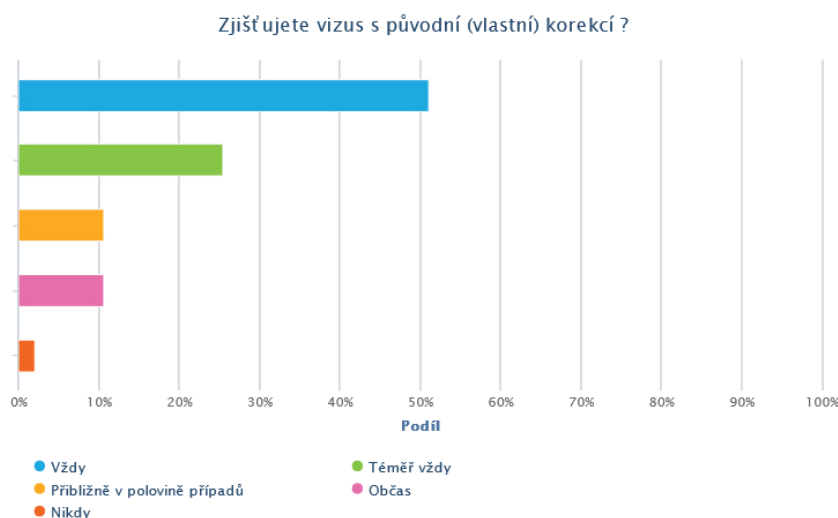
svoje pozitivní i negativní stránky, 91,5 % respondentů odebírá anamnézu jenom ústně, zbylých 8,5 % používá obě metody.

Druhou otázkou a dalším krokem ve vyšetřovacím postupu je zjištění naturálního vizu. Naturální vizus představuje základ pro subjektivní refrakci a podle výzkumu ho zjišťuje 78,8 % vždy anebo téměř vždy a 12,8 % nikdy anebo občas (graf č. 1).



Graf č. 1: Otázka č. 2 naturální vizus

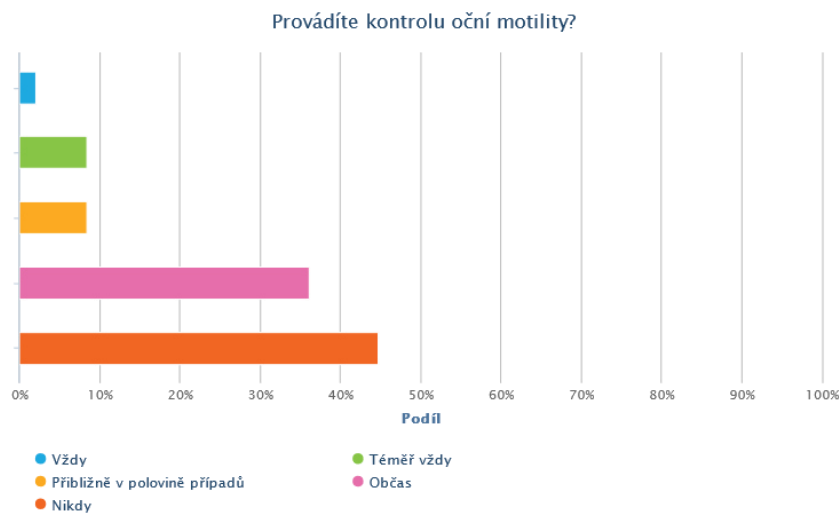
Třetí otázkou a krokem je zjištění habituální zrakové ostroty neboli vizu v původní korekci. Stejně jako u zjištění naturálního vizu, můžeme říct, že zjištění vizu s původní korekcí je součástí standardního postupu vyšetření. Bez ohledu na to, 12,7 % respondentů zjišťuje vizus občas nebo nikdy (graf č. 2).



Graf č. 2: Otázka č. 3 vizus s původní (vlastní) korekcí

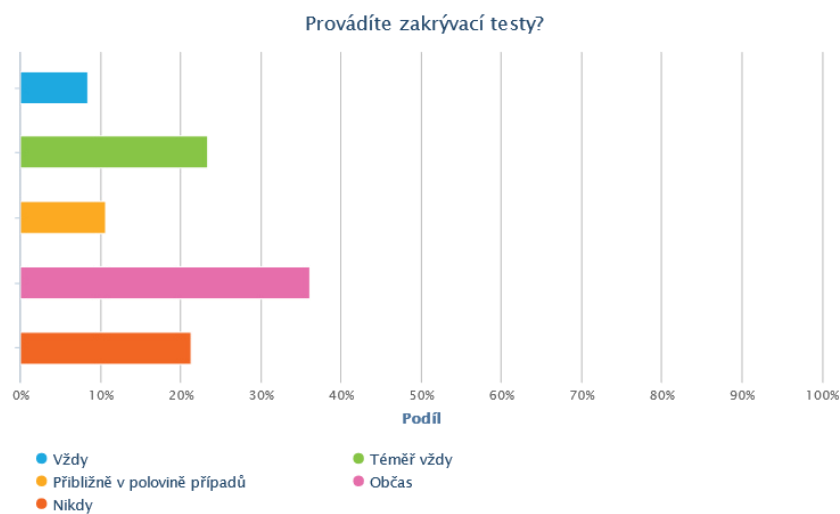
V případě otázky číslo pět 80,9 % korespondujících nikdy anebo občas provádí kontrolu oční motility (graf č. 3).

Graf č. 3: Otázka č.5 kontrolu oční motility

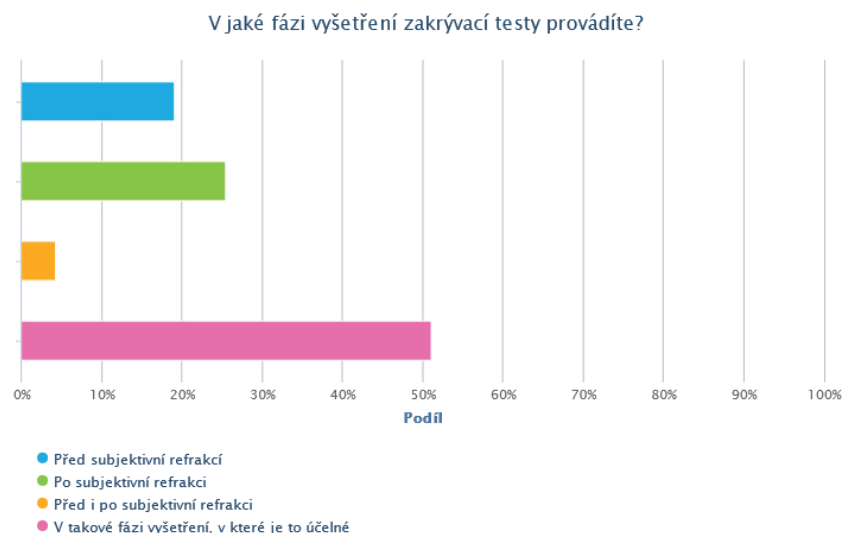


Otázky číslo 6 a 7 se věnují zakrývacím testům. Největší část respondentů, a to 36,2 % provádí zakrývací testy jenom občas a nikdy 21,3 % korespondentů (graf č. 4).

Graf č. 4: Otázka č. 6 zakrývací testy



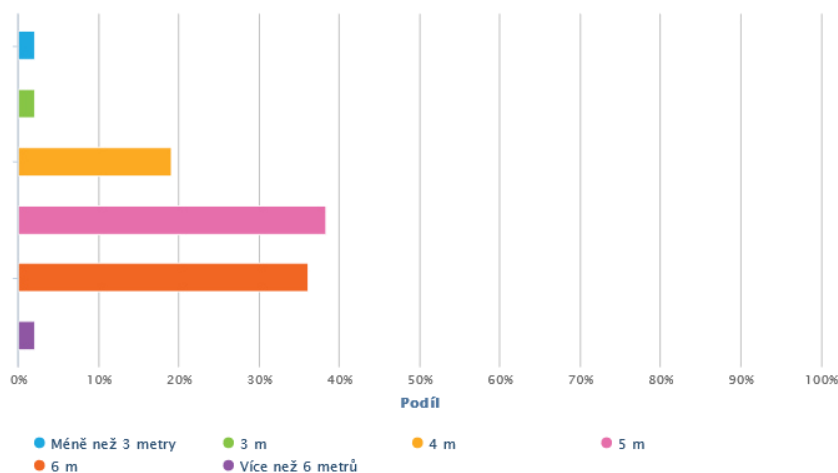
Často se provádějí na začátku vyšetření, ale není podmínkou, v praxi před subjektivní refrakcí provádí 19,1 %, nejvíce se provádějí v takové fázi, v které je účelné ve 51,1 % (graf č. 5).



Graf č. 5: Otázka č. 7 fázi vyšetření zakrývací testy

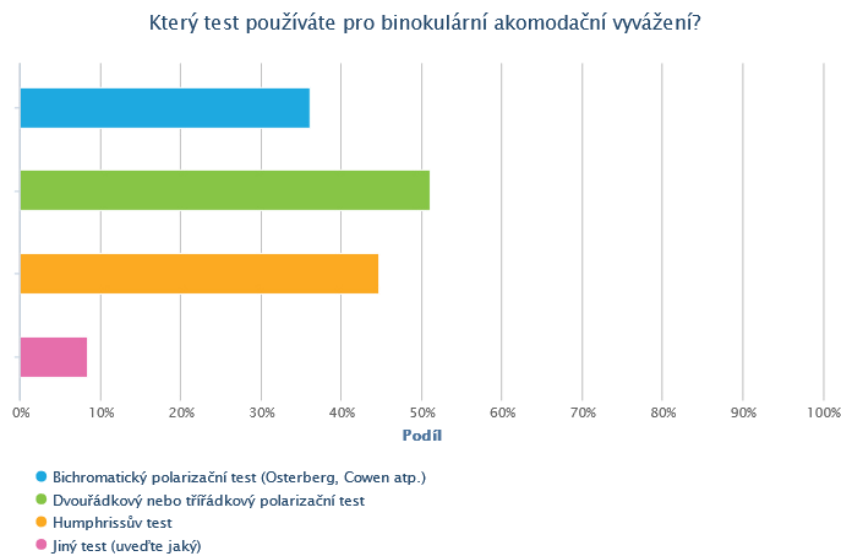
Následující krok představuje subjektivní refrakce na dálku. Pro tento postup je důležitá vyšetřovací vzdálenost. 74,5 % respondentů vyšetřuje na akceptované vzdálenosti 5-6 m, zbylých 25,4 % vyšetřuje na kratší vzdálenosti (graf č. 6).

Jaká je vyšetřovací vzdálenost na dálku ve vaší vyšetřovně (ve vyšetřovně se zrcadly uvádějte celkovou /zdvojnásobenou/ vzdálenost)?



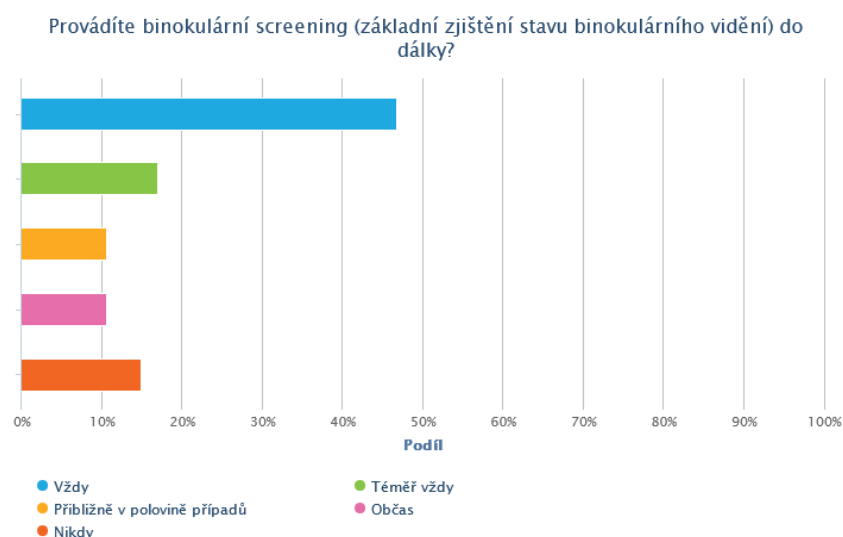
Graf č. 6: Otázka č. 8 vyšetřovací vzdálenost

Finálním krokem subjektivní refrakce je binokulární akomodační vyvážení. V teoretické části už byly uvedeny některé z používaných metod. V praxi se používají v téměř stejné míře 51,1 %, 44,7 % a 36,2 % a jenom 8 % nepoužívá a ni jednu metodu (graf č. 7).



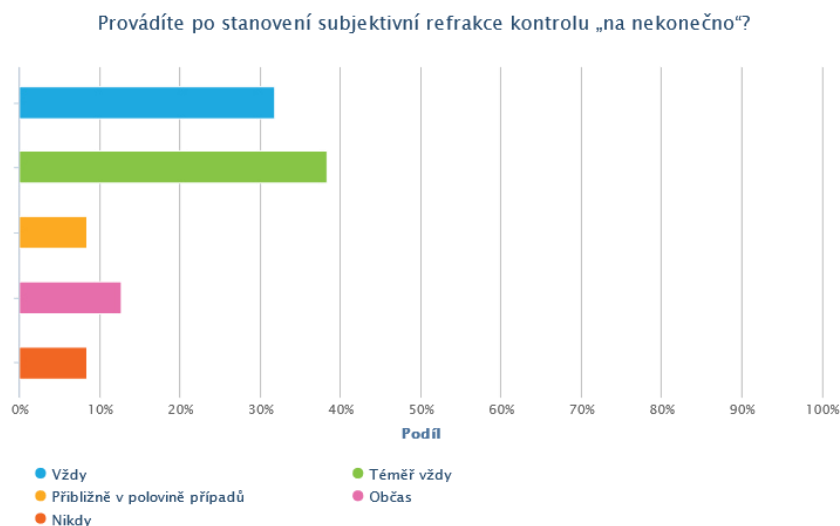
Graf č. 7: Otázka č. 9 binokulární akomodační vyvážení

Kontrolu na „nekonečno“ provádí 70,2% respondentů (graf č. 8).



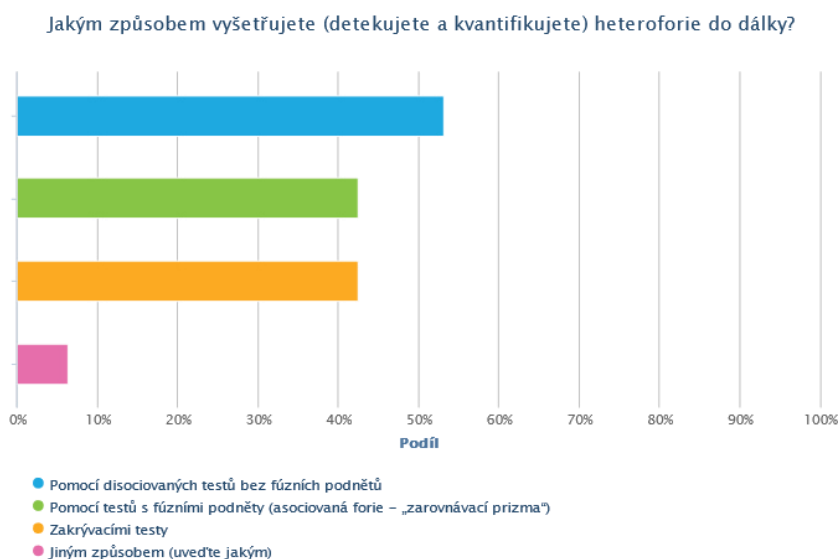
Graf č. 8: otázka č. 10 - „kontrola na nekonečno“

Binokulární screening můžeme zahrnout mezi standardní kroky vyšetření. Bez ohledu na symptomatiku. 46,8 % respondentů provádí screening vždy, 14,9 % nikdy takové vyšetření neprovádí (graf č. 9).



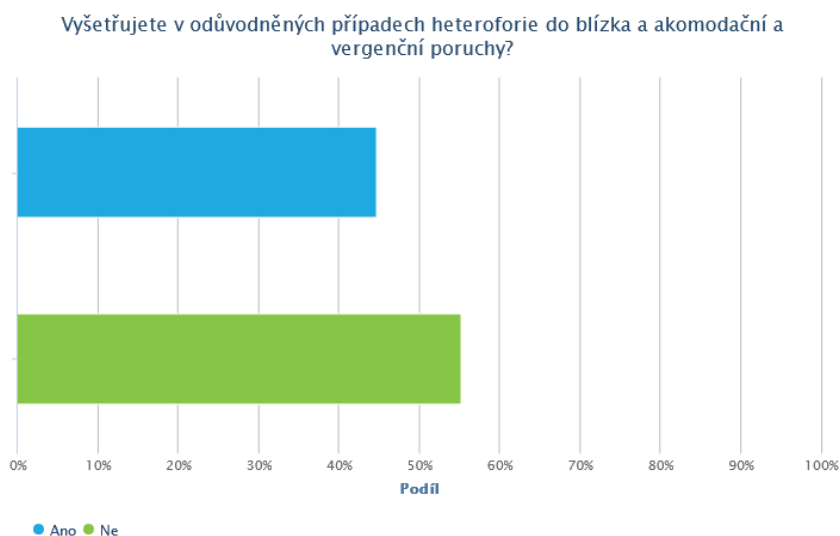
Graf č. 9: Otázka č. 11 binokulární screening

V průběhu screeningu můžeme zjistit přítomnost binokulární poruchy. Jednou z poruch, s níž se setkáváme, je heteroforie. Dnes existuje velké množství metod pro detekci a kvantifikování heteroforie. 6,4 % korespondentů se vyjádřilo, že heteroforii nedetektuje. Metody se používají skoro ve stejné míře, ale o něco převládá metoda disociovaných testů bez fúzního podnětu. Používá ji 53,2 % respondentů (graf č. 10).



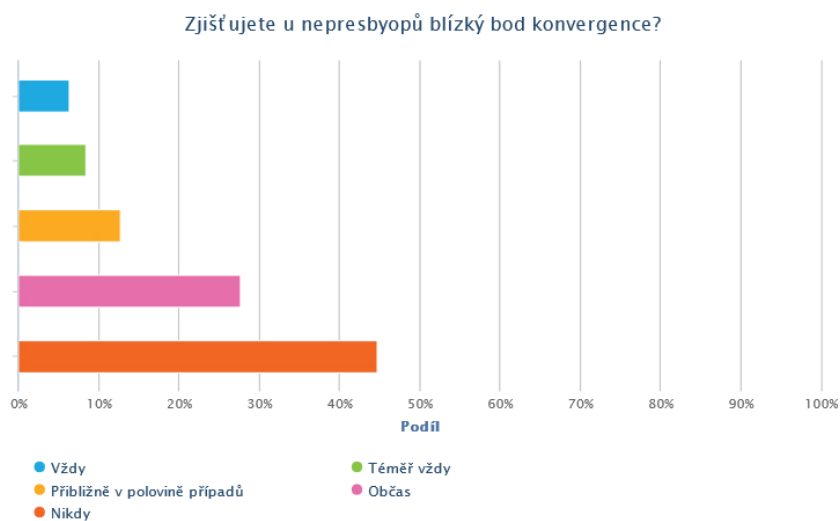
Graf č. 10: otázka č. 12 - způsoby vyšetření heteroforie do dálky

V dnešní době, stále více lidí pracuje na blízké vzdálenosti. A proto nárok na kvalitní vyšetření akomodačních a vergenčních poruch a heteroforie na blízko vzrůstá. Ale bohužel 55,3 % respondentů nevyšetřuje dané poruchy (graf č. 11).

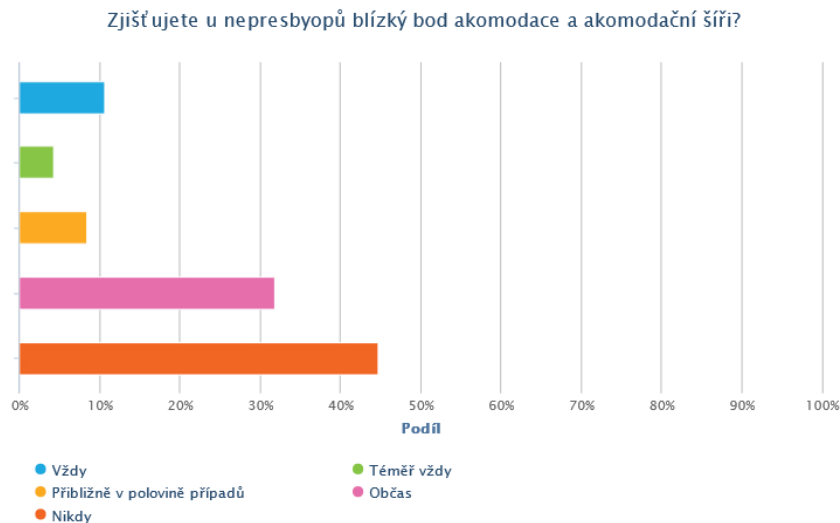


Graf č. 11: Otázka č. 13 vyšetření heteroforie na blízko a akomodační a vergenčních poruch

Pro základní porozumění dané problematice potřebujeme hlubší vyšetření bez ohledu na věk. U obou otázek, které se věnují zjišťování blízkého bodu konvergence a akomodace, a akomodační šíře, bylo zjištěno, že více než 70 % respondentů nikdy nebo občas zjišťovalo danou problematiku (graf č. 12, 13).



Graf č.12: Otázka č. 14 blízky bod konvergence



Graf č. 13: Otázka č. 15 blízký bod akomodace a akomodační šíři

V případě, že zaznamenáme heteroforii, kterou chceme vyřešit, potřebujeme provést další testy, jako jsou AC/A poměr a fúzní rezervy. Obě vyšetření provede méně než 34 % respondentů.

Existují další doplňkové testy, kterými můžeme vyšetřovat další zrakové funkce. Používáme dané testy, pokud je k tomu určitý důvod, ale i v těch případech se zřídka používá.

Otázka č. 16 zní: Vyšetřujete v odůvodněných případech kontrastní citlivost? Celkem 85,1 % odpovědělo záporně. Otázka č. 17 se týkala kontroly barvocitu, daný test by provedlo 31,9 % respondentů. Na otázku č. 18 celkem 74,5 % respondentů uvedlo, že používá v odůvodněných případech Amslerovu mřížku. Doplňkovou informací, která může sloužit v dalších metodách je oční dominance. Nikdy nebo občas ji zjišťuje 59 % respondentů, dalších 25,5 % ji zjišťuje vždy nebo téměř vždy.

3. Závěr

Práce se věnovala zjištění standardu v optometrické praxi, jednotlivým testům a kvantitě jejich používání v České republice. Dnes existují poměrně vysoké nároky na kvalitu a komfort vidění. Kvůli tomu narůstají nároky na práci optometristů, aby mohli uspokojit klienta, ale také aby proces vyšetření byl krátký a účinný. K velkým rozdílům ve vyšetřovacím procesu může dojít mezi Českou republikou a některými dříve jmenovanými vyspělými zeměmi, a to kvůli legislativním normám. Proto se začátek práce věnuje porozumění tomu, kdo je vlastně optometrista a jaké je jeho postavení v České republice. Pro sestavení minimální baterie testů k použití v budoucí praxi je potřeba pochopit, co je zrak a jeho složky a jak vlastně každá ovlivňuje vidění. Proto se větší část teorie věnuje shrnutí zrakových funkcí a jejich vyšetřovacích metod. Aby metody měly význam, musejí se provádět při dodržení podmínek. V běžné praxi nepoužíváme všechny metody a testy. Na základě teorie je navržen základ refrakčního postupu a jeho možnosti. Pomocí dotazníku jsme zjistili, které testy se používají v praxi, zjistili jsme, že větší množství mladých optometristů se věnuje více problematice binokulárního vidění. Avšak, mnoho testů není prováděno nebo je prováděno v malé míře. Práce může posloužit jako pomocné vodítko při stanovení vlastního postupu, který se i navzdory tomu bude měnit, rozvíjet a zkvalitňovat časem a získanými zkušenostmi.

Seznam použité literatury

- [1] Prevalence and risk factors of near decompensated heterophoria in a population of university students. *Act Ophthalmologica* [online]. 2011, 15 December 2011, 89(s248) [cit. 2020-05-26]. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2011.320.x. Dostupné z:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1755-3768.2011.320.x>
- [2] General binocular disorders: prevalence in a clinic population. *Ophtal. Physiol. Opt* [online]. 2001, 2001, 21(1), 70-74 [cit. 2020-05-27]. Dostupné z:
https://www.academia.edu/4412024/General_binocular_disorders_prevalence_in_a_clinic_population
- [3] Accommodative anomalies among schoolchildren in Abia State, Nigeria - research. *African Vision and Eye Health* [online]. 2019, 78(1), 1-7 [cit. 2020-05-27]. DOI: 10.4102/aveh.v78i1.465. ISSN 2413-3183. Dostupné z:
<https://journals.co.za/content/journal/10520/EJC-197574ab58>

Zmírnění oslnění antireflexní vrstvou

F. Kaminský¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: filipkaminsky5@gmail.com

Abstract. Hlavním cílem této práce je rozebrat problematiku oslnění zrakového systému a možnosti jeho zmírnění. V práci jsou stručně popsány světelné veličiny související se zrakovým vjemem, jako je světelný tok, svítivost, jas a osvětlení, zrakové vnímání a adaptační mechanismy oka. Dále se zabývá rozdělením oslnění, faktory, které ho ovlivňují, vlivem na zrakovou ostrost, způsoby měření oslnění a jeho zmírnění. V dalších kapitolách je rozebrána problematika intraokulárního rozptylu, dělení, možnosti kvantifikování a souvislosti s oslněním. V poslední části je stručná charakteristika antireflexní vrstvy a popis povrchové úpravy EyeDrive. Motivací k vypracování práce je zjištění, zda speciální antireflexní vrstvy jsou účinné proti oslnění, nebo je to pouze reklamní taktika. Pokud se potvrdí jejich účinnost, můžou být tyto speciální antireflexní vrstvy řešením pro určité profese (řidiči, piloti) a taky pro tu část populace se zvýšenou citlivostí na oslnění. V praktické části je měřena zraková ostrost probandů pro tři různé případy – bez oslnění, s oslněním a s oslněním s předseznamnou čočkou se speciální antireflexní vrstvou EyeDrive. Výsledky ukázaly, že průměrný vizus bez oslnění je 1,31, s oslněním je 1,14 a s oslněním s čočkou EyeDrive je 1,22. Dále byla hodnocena zraková pohoda probandů. Dvě třetiny probandů byli spokojeni s čočkou s povrchovou úpravou EyeDrive. Světlo ze zdroje oslnění už nebylo „rozlité všude“, ale bylo jasně ohraničené a přestali je pálit oči. Naopak jedné třetině probandů přišla nepohodlná. Převážně jim vadila zbytková jantarová barva a někdy odlesky a halo efekt.

1. Úvod

V dnešní době je v našem okolí spousta zdrojů umělého světla, mobily, monitory počítačů, zářivky, pouliční osvětlení nebo světlomety automobilů. Tyto a spousty dalších zdrojů světla se mohou i za normálních podmínek stát zdrojem oslnění. Oslnění je nepříjemný stav, který negativně ovlivňuje náš zrak, prostorové vnímání, schopnost se soustředit, psychické rozpoložení a při některých činnostech může být i nebezpečný pro život náš či okolí, když nás „oslepi“ i na pár minut.

Nebezpečný se stává především u určitých profesí, řidiči, strojvedoucí, piloti, lékaři nebo příslušníci ozbrojených složek. I přes správně provedené měření zrakové ostrosti, správně zhotovené brýle si někteří jedinci stěžují na neostře vidění, únavu očí a někdy až dvojité vidění, aniž by věděli, že možnou příčinou může být oslnění. Příčinou by mohlo být oslnění způsobené intraokulárním rozptylem. Intraokulární rozptyl je způsoben nehomogenitami v prostředí oka v interakci s dopadajícím světlem. Hodnota intraokulárního rozptylu v oku narůstá s věkem, zraněními oka nebo patologiemi oka.

Základní vyšetření zrakové ostrosti tento problém neodhalí, proto bylo vyvinuto několik metod, jak změřit intraokulární rozptyl v oku.

Jaká je spojitost mezi oslněním a intraokulárním rozptylem? Jak měřit vliv oslnění ve vyšetřovacích optometristů? Jde ovlivnit míra oslnění pomocí brýlových čoček se speciální antireflexní vrstvou, nebo je to jen marketingový tah výrobců? Na základě rešerše z dostupných zdrojů a výzkumů se pokusím na tyto otázky odpovědět.

Toto téma jsem si vybral, abych zjistil, zda speciální antireflexní vrstvy dokáží zmírnit vliv oslnění na zrakovou ostrost a zvýšit pohodlí jedinci při vystavení oslnění.

2. Teoretická rešerše

Oslnění je o nepříjemný stav zraku způsoben jasným, který naruší zrakovou pohodu. Zraková pohoda je příjemný psychologický stav, při kterém zrakový systém plní optimálně své funkce.

Nachází-li se v pohledovém směru oka příliš velké jasy nebo velké rozdíly jasů, které převyšují meze adaptability zraku, vzniká oslnění. Oslnění negativně narušuje funkci zrakového systému, což se projeví

znesnadněním, až zhoršením vidění. Oslnění může být způsobeno přímo světelným zdrojem nebo odrazem světla od povrchů s vysokým koeficientem odrazivosti.

S přibývajícím věkem je oslnění nepříjemnější, může vést k zhoršení zrakového vjemu, snížení kontrastní citlivosti, halo efektu a astenopickým potížím (bolest hlavy, pálení očí).

Faktory ovlivňující oslnění zrakového systému jsou oční onemocnění či oční patologie (katarakta, glaukom, věkem podmíněná makulární degenerace, rohovkové záněty a další), intraokulární rozptyl a věk. Vliv mají i drogy a alkohol.

K měření oslnění nebo citlivosti na oslnění se používají tři metody. První spočívá v měření zrakové ostrosti bez oslnění a s oslněním, druhý měří citlivost na kontrast bez oslnění a s oslněním a třetí měří množství intraokulárního rozptylu.

Jednou z možností zmírnění oslnění jsou povrchové úpravy čoček a filtry. Účinnost barevných filtrů je individuální a proto není jasné, jestli jsou funkční, nebo se jedná o placebo efekt. Nejdůležitější povrchovou úpravou je antireflexní vrstva. [1, 2, 3, 4, 5]

Antireflexní vrstvy jsou tenké vrstvy napařené ve vakuu na povrch materiálu čočky za účelem odstranění rušivých odrazů od přední a zadní plochy čočky. Nanášejí se na minerální i plastové čočky. Při dopadu světla na rozhraní, pokud světlo nedopadá kolmo na rozhraní, projde pouze část světla a část světla se odrazí. Odražené světlo se nezapojí do zobrazování a je to světelná ztráta neboli ztráta informací. Na každém rozhraní, skel(plast)-vzduch, tato ztráta tvoří 4–5 %. Na obrázku 1.1 je znázorněno kolik světla projde čočkou vlevo bez antireflexní vrstvy a vpravo s antireflexní vrstvou. Rozdíl činí 9-10 % v propustnosti čočky. [6, 7]



Obrázek 1.1 Grafické znázornění propustnosti a odrazivosti čočky bez antireflexní vrstvy a s antireflexní vrstvou [7]

Tento odraz světla je nepříjemný pro nositele brýlí, zároveň narušuje estetický dojem. Od přední plochy čočky se mohou odrážet zdroje světla z okolí, pouliční lampy, zářivky, monitor počítače a odraz na čočce pak může zakrýt oči nositele brýlí.

Zadní plocha čočky se chová jako duté zrcadlo, zdroje světla za uživatelem se na zadní ploše zobrazí a tím naruší zrakové vnímání, sníží kontrast a může zapříčinit oslnění. Tento stav je nepříjemný, omezující a může vést k bolestem hlavy, narušení zrakové pohody, zmenšení zorného pole, snížení zrakové ostrosti a dalším astenopickým potížím. Zvláště závažný je tento problém u řidičů za šera, v mlze, nebo v noci. Intenzita tohoto jevu závisí na indexu lomu materiálu brýlové čočky. S rostoucím indexem lomu jsou odrazy výraznější. [6, 7]

EyeDrive

Brýlové čočky s povrchovou úpravou EyeDrive® a technologií Reflect Control od firmy Essilor jsou řešením pro lidi s vyšší citlivostí vnímání oslnění. Tento typ čočky byl vyvinut pro řidiče, protože snižuje oslnění zrakového aparátu až o 90 % (obrázek 1.2). Téměř 48 % lidí vnímá odlesky světla a oslnění při řízení za zhoršených světelných podmínek. EyeDrive byl speciálně navržen pro vidění bez námahy během dne i v noci bez ohledu na počasí. Technologie Reflect Control redukuje odrazy světla na brýlových čočkách, minimalizuje obtěžující odlesky z různých světelných zdrojů a výrazně zvyšuje kontrast i za špatných světelných podmínek. [6, 7, 8]

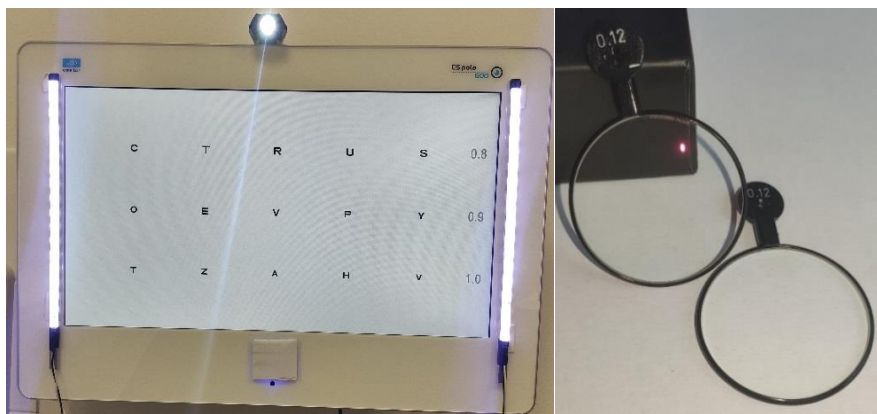


Obrázek 1.2: Ukázka oslnění bez Eyedrive a s Eyedrive [8]

3. Výzkum

V experimentální části bakalářské práce se zabývám vlivem oslnění na zrakovou ostrost, vlivem antireflexní povrchové úpravy EyeDrive na zmírnění oslnění a vylepšení zrakové ostrosti. Hlavním cílem experimentu bylo dokázat vliv antireflexní vrstvy EyeDrive na zmírnění oslnění.

Věková kategorie probandů, kteří se zúčastnili pokusu, byla od 21 do 70 let. Měření probíhalo na polarizovaném LCD optotypu CS Pola600 od Firmy Essilor. Na strany optotypu byly vertikálně nalepeny LED pásky a na vrchní část do středu byl přidán bodový zdroj světla. Tato soustava sloužila jako zdroj oslnění. Na obrázku 8.1 je tato soustava zobrazena. Hodnoty jasu LED pásek ve vzdálenosti jeden metr byly ~ 18500 cd a hodnoty bodového zdroje byly $\sim 150\,000$ cd. Pokus byl měřen na vzdálenost 6 m. V této vzdálenosti měla oslňující soustava jas ~ 4250 cd, to odpovídá osvětlení 120 lx.



Obrázek 1.3: LCD optotyp CS Pola600 se zapnutou soustavou a zkušební čočky s povrchovou úpravou EyeDrive

K měření byly zapotřebí i speciální předsádky (obrázek 1.3) s plastovými čočkami EyeDrive, indexem lomu $n = 1,6$ a nulovou dioptrickou hodnotou, vložené do objímek z vyšetřovací sady.

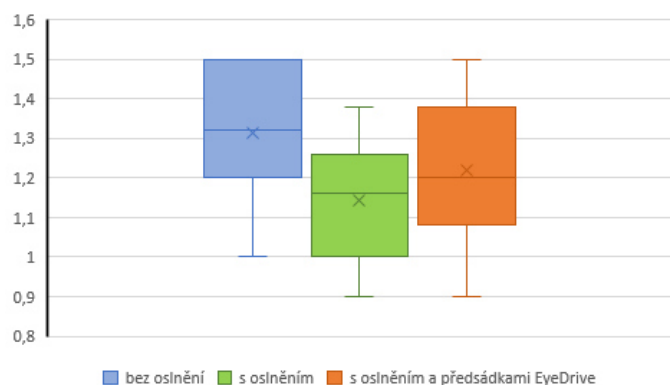
obrázek

Pokus sloužil ke kvantifikaci zrakové ostrosti bez oslnění, s oslněním a s oslněním s předsádkami s EyeDrivem. Podmínky pro vyšetření byly nastaveny pro každé měření stejně. Měření postupovalo po určitých krocích: anamnéza, objektivní refrakce, naturální vizus, sférocylindrická refrakce, binokulární vyvážení, test na pravé nekonečno, určení vizu s optimální korekcí bez oslnění, s oslněním a s oslněním a předsazenými předsádkami s EyeDrivem. Na konci vyšetření vyjádřili probandi svoji subjektivní spokojenost s čočkou EyeDrive.

4. Výsledky

Vzorek tvoří 16 žen a 14 mužů ve věku od 21 do 70 let (průměr 33,8 roku $\pm$ 14,2 roku).

Na obrázku 1.4 jsou v grafu vyneseny data zrakové ostrosti všech 30 osob účastnících se pokusu bez ohledu na věk. Porovnávány jsou hodnoty vizu bez oslnění, s oslněním a s oslněním s předsazenými objímkami s čočkami s povrchovou úpravou EyeDrive. Z obrázku 1.4 je vidět, že oslnění má vliv na zrakovou ostrost. U všech měřených osob nastal pokles zrakové ostrosti s oslněním proti zrakové ostrosti bez oslnění. Na obrázku 1.4 je křížkem označena průměrná hodnota vizu, která ve sloupci bez oslnění je 1,31, ve sloupci s oslněním 1,14 a s oslněním s předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive je 1,22. Z obrázku 1.4 je patrný nárůst hodnot zrakové ostrosti při použití předsádek s povrchovou úpravou EyeDrive.

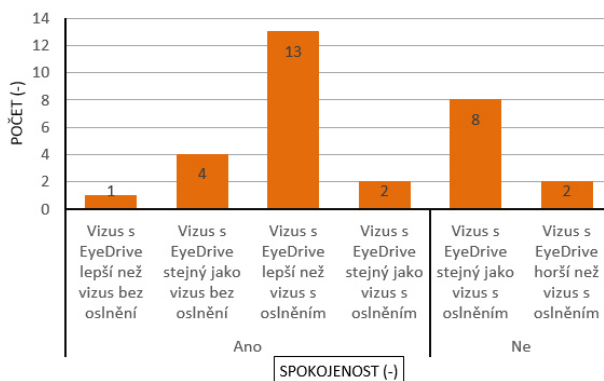


Obrázek 1.4 Graf obsahující porovnání hodnot vizu bez oslnění s oslněním a s oslněním s předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive

U třinácti osob se vizus zlepšil oproti vizu s oslněním, ale nenavýšil se na hodnotu vizu bez oslnění. U čtyř měřených osob hodnoty zrakové ostrosti bez oslnění a s oslněním s předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive byly shodné a u jedné ženy byl vizus při oslněním s předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive nejlepší ze všech třech hodnot. U deseti osob se hodnoty vizu s oslněním a s oslněním s předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive nezměnily a u zbývajících dvou probandů byl vizus s oslněním a předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive nejnižší.

Na otázku spokojenosti byly dvě možnosti odpovědi. Odpověď ano vyjadřuje spokojenost klienta. Časté doplňují odpovědi: nepálí mě tolik oči při pohledu do zdroje oslnění, světlo není tak ostré, jsou lépe vidět obrysy světla atd. Klienti často chválili i jantarovou zbytkovou barvu čoček EyeDrive, která byla podle jejich slov příjemná. Druhá odpověď, která se dala zaškrtnout, byla ne. Klientům vadila jedna společná věc a to odlesky čoček EyeDrive, které byly podle nich velmi rušivé.

Na obrázku 1.5 je graf, v kterém jsou zaznamenány odpovědi všech třiceti osob na otázku spokojenosti. Modrá část představuje klienty spokojené s čočkou EyeDrive, tudíž odpověděli ano a oranžová část ukazuje klienty, kteří odpověděli ne. Z třiceti osob odpovědělo dvacet ano a deset ne.



Obrázek 1.5 Graf spokojenost v závislosti na dosaženém vizu s EyeDrive

Na obrázku 1.5 je v sloupcovém grafu zobrazeno rozložení osob podle odpovědi na spokojenost. Ta část probandů, co odpověděla ano je rozdělena do čtyř skupin a druhá skupina, která zaškrtnula ne, je rozdělena do dvou skupin. Skupiny se dělí v závislosti na dosaženém vizu při oslnění s předádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive.

5. Diskuze

Na základě zadaných cílů práce byl oboustranným párovým T-testem na hladině významnosti 5 % a 1 % potvrzen signifikantní vliv čočky s povrchovou úpravou EyeDrive na zrakovou ostrost při oslnění neboli zlepšení kvality vidění s čočkou s povrchovou úpravou EyeDrive při oslnění zrakového systému. V této práci byla taky zkoumána spokojenost a subjektivní názor probandů na povrchovou úpravu EyeDrive. 67 % probandů bylo s čočkou spokojeno a z nich se u 90 % navýšila hodnota vizu s předázenými čočkami s povrchovou úpravou EyeDrive nad hodnotu vizu s oslněním. Propagační materiály tvrdí, že čočky EyeDrive dokáží zmírnit oslnění až o 90 %. To se v této práci nepodařilo dokázat, ale byl potvrzen signifikantní vliv na zlepšení zrakové ostrosti při oslnění.

Další porovnávané hodnoty byly hodnoty zrakové ostrosti bez oslnění a s oslněním. I tato data byla statisticky zpracována oboustranným párovým T-testem na hladině významnosti 5 % a 1 %. Výsledky potvrdily výrazný vliv oslnění na zrakovou ostrost.

Předchozí studie, které dodržovaly, až na drobné odchylky, stejné podmínky při měření zrakové ostrosti potvrdily také výrazný vliv oslnění na zrakovou ostrost u probandů ve věkové kategorii od 20 do 81 let. Všechny naměřené hodnoty vizu byly porovnávány i vůči věku probandů. Pro porovnání a zjištění závislosti hodnot vizu a věku byl použit Pearsonův korelační koeficient. Jeho hodnoty byly záporné, což znázorňuje nepřímou závislost dat, tedy s přibývajícím věkem klesá zraková ostrost bez oslnění, s oslněním i s oslněním s předázenými čočkami s povrchovou úpravou EyeDrive.

Tyto výsledky jasně naznačují, že oslnění negativně ovlivňuje naši zrakovou ostrost po celý den, ale také ukazují, že jsou možnosti, jak omezit vliv oslnění na zrakový aparát člověka.

6. Závěr

V teoretické části práce jsem popsal pojmy světlo a světelné veličiny související s oslněním, zrakové vnímání, adaptace zrakového systému, oslnění, rozptyl světla a antireflexní vrstvy. Tyto pojmy jsou důležité pro porozumění problematice s oslněním a jeho zmírněním.

Hlavním cílem práce bylo popsat problematiku oslnění, faktory ovlivňující oslnění a možnosti zmírnění vlivu oslnění na zrakový systém. Oslnění je nepříjemný stav, při kterém je narušena činnost zrakového systému. Faktory ovlivňující citlivost na oslnění jsou věk, míra intraokulárního rozptylu a patologie či onemocnění oka. Vliv oslnění lze zmírnit pomocí úpravy prostředí, výběrem svítidel, nebo použitím povrchových úprav čoček.

Dále jsou v práci popsány metody měření oslnění pomocí zrakové ostrosti a kontrastní citlivosti. Tyto metody se v dnešní době nepoužívají během standartního vyšetření, protože žádná není plně potvrzená. Pomocí de Boerovy klasifikační stupnice je možné hodnotit vliv oslnění subjektivně.

V poslední kapitole teoretické části je zpracovaná charakteristika antireflexní úpravy EyeDrive používané v experimentální části.

V praktické části bakalářské práce jsem provedl komparaci dosažených vizu s brýlovými čočkami s antireflexní povrchovou úpravou a čočkami Ormix 1,6 s povrchovou úpravou EyeDrive od firmy Essilor. Měření se zúčastnilo třicet plně vykorigovaných osob. Součástí práce je statistické zpracování naměřených hodnot vizu, které potvrdily signifikantní vliv oslnění na zrakovou ostrost a signifikantní vliv čočky Ormix 1,6 s povrchovou úpravou EyeDrive na zmírnění oslnění zrakového systému.

V experimentální části bylo, z důvodu vládních a univerzitních nařízení, provedeno měření 30 osob, než původně plánovaných 50. Ze stejných důvodů musel být experiment prováděn na dvou pracovištích. I když bylo vybavení i prostory bezmála identické, mohlo to ovlivnit měření. Ale i přesto má práce nadějně výsledky a je tu velký potenciál v jejím pokračování.

7. Literatura

- [1] HABEL, Jiří. Základy světelné techniky (2): Zrak a vidění (1. část). Světlo. 2008, 2008(5), 53-55, ISSN 1213-0560
- [2] HABEL, Jiří a Karel DVOŘÁČEK, 2013. Světlo a osvětlování. 2013. Praha: FCC public. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [3] HABEL, Jiří a Petr ŽÁK. Elektrické světlo 1. Praha, 2011, 207 s. Skripta. ČVUT V Praze.
- [4] KLÁPOVÁ, Kristýna, 2019. Vliv oslnění na vyšetření zrakové ostrosti. Kladno. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Prof. Ing. Jiří Novák, Ph.D.
- [5] ROZSÍVAL, Pavel, c2006. Oční lékařství. Praha: Galén. ISBN 80-726-2404-0.
- [6] KRPATA, František, 2005. Aplikovaná optika. Vyd. 2. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT. ISBN 80-010-3335-X.
- [7] RANDULOVÁ, J., Sklo a plasty jako materiály brýlových čoček, povrchové úpravy brýlových čoček, 2010, Brno, Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně
- [8] KRUMLOVÁ, Michaela, 2015. EyeDrive®: předváděcí prezentace. Praha.

Výskyt sekundární katarakty u nemocných operovaných na Oční klinice JL

K. Matoušková¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: matouka6@fbmi.cvut.cz

Abstrakt. Cílem práce bylo analyzovat počet provedených Nd:YAG kapsulotomií ve vztahu ke konkrétním typům nitroočních čoček (IOL) a celkovému počtu provedených operací. Analýza se zabývá především modely SA60AT a MA50BM. Do souboru jsou zahrnuty i modely SN60WF a SN6AT, avšak výsledky nemají takovou validitu, jako u prvních dvou modelů, z důvodu nedostatečného množství dat za sledované období. Data byla získána z Oční kliniky JL. Průměrná hodnota výskytu sekundární katarakty je 7,66% a průměrná doba mezi operací katarakty a Nd:YAG kapsulotomií je $53,41 \pm 30,20$ měsíců. Na operaci sekundární katarakty přišly častěji ženy než muži.

1. Úvod

Operace katarakty je jednou z nejčastějších operací v medicíně. Doposud nebyl nalezen žádný způsob, jak tvorbě katarakty zabránit, ani možnost léčby bez chirurgického zákroku. [1]

V dřívějších dobách se vyskytovalo mnoho pooperačních komplikací z důvodu velkých incizí. Od dob zavedení fakoemulzifikace a měkkých nitroočních čoček už nenastává takové množství problémů, díky vedení incizí malých. Nejčastější pooperační komplikací je sekundární katarakta, u které rozlišujeme 2 formy, proliferací a fibrózní. Její vznik je závislý na několika faktorech, a to hydrodisekci kortexu, implantaci IOL do pouzdra, velikosti CCC, biokompatibilitě IOL, maximálním kontaktem IOL se zadním pouzdem a ostrým okrajem IOL, který zabráňuje epitelovým buňkám proniknout za nitrooční čočku. [2, 3]

Na Oční klinice se implantují především 4 modely IOL, a to SA60AT, MA50BM, SN60WF a SN6AT, které jsou dodávány od firmy Alcon. První dva uvedené modely čoček jsou implantovány ve větší míře než druhé dva typy, z důvodu plné úhrady zdravotní pojišťovnou.

1.1. Nitrooční čočky Acrysof

Acrysof IOL jsou čočky vyrobené firmou Alcon. Hydrofobní akrylát s obsahem vody do 0,5 %, ze kterého jsou čočky vyrobeny, nabízí biokompatibilitu a adhézní vlastnosti, které poskytují přilnavost k zadnímu pouzdru čočky, a filtr proti UV záření, kde je 10% T cut off pro vlnovou délku 398 nm pro +10 D a 400 nm pro +30 D. Velikost optiky je standardně 6 mm pro většinu typů IOL, pro všechny D. Celková velikost je do 13 mm. IOL je kompatibilní pro mikroincizi 2,2 až 2,8 mm. Acrysof IOL mají patentovanou konfiguraci stableforce (modifikované L- haptiky), která zajišťuje axiální i refrakční stabilitu čočky v kapsule a zatlačení optické části čočky k zadnímu pouzdru. Refrakční index IOL je 1,55. [4, 5]

SN60WF neboli Acrysof IQ je asferická, jednokusová, bikonvexní, anteriorně asymetrická IOL. Asferická aberace je umístěna na přední straně čočky. IOL obsahuje žlutý filtr, který slouží k zablokování průniku části modrého spektra na sítnici. Sférické aberace mohou snížit kvalitu obrazu, zejména v situacích s nízkým kontrastem nebo při dilataci pupily. Acrysof IQ se vyznačují negativní sférickou aberací, která kompenzuje pozitivní aberaci průměrné rohovky, což přispívá ke zlepšení jasnosti (kontrastní citlivosti) a snížení aberace. Zbytková průměrná oční sférická aberace očí implantovaných SN60WF je přibližně -0,1 μm . Ve srovnání se sférickou IOL ukázala Acrysof IQ statisticky významnou redukci sférické a celkové aberace vyšších řádů. [4, 5, 6]

SA60AT je čirá, sférická, monofokální, bikonvexní, jednokusová, anteriorně asymetrická IOL. Sférická aberace je stejná jako u Acrysof IQ a to -0,1 μm . Studie porovnávající SA60AT a SN60WF dochází k závěru, že mezi IOL nejsou nalezeny významné rozdíly, jde-li o lom světla. V kvalitě vidění rozdíly

však zaznamenány byly, a to ve fotopických a mezopických podmínkách a při aberacích vyššího řádu. [5, 7]

MA50BM je čirá, monofokální, bikonvexní, tříkusová IOL. Na rozdíl od ostatních čoček má průměr optiky 6,5 mm a zadní zakřivenou optiku. Po celém obvodu IOL prochází ostrá hrana tzv. square edge. Sférická optika je akrylátová, avšak haptiky jsou z PMMA. Tento model má angulaci haptik 10°. [8]

SN6AT neboli Acrysof IQ Toric je jednokusová IOL se žlutým chromoforem pro blokaci části modrého spektra procházejícího na sítnici. Přední část optiky je sférická, zadní torická. Na čočce jsou zobrazeny axiální značky, které označují směr strmé osy cylindru. V dnešní době je k dispozici sedm modelů čočky: SN6AT3, SN6AT4 - T9, které se od sebe liší cylindrickou hodnotou. [9, 10]

2. Experimentální část

Experimentální část se zabývá analýzou počtu provedených Nd:YAG kapsulotomií ve vztahu k typu implantované čočky a celkovému počtu provedených operací. K analýze byla poskytnuta data doc. MUDr. Jánem Leštákem, CSc. MBA, která vychází z činnosti Oční kliniky JL. V práci byla použita data pacientů, kteří přišli na Oční kliniku JL jak na operaci katarakty, tak na operaci sekundární katarakty. K analýze souboru a grafickému zobrazení byl použit program Microsoft Excel 2016.

2.1. Charakteristika souboru pacientů

Analýza obsahuje 97 pacientů, z toho 61 žen (62,9 %) a 36 mužů (37,1 %). Do souboru bylo zahrnuto 125 očí, kde se vyskytla a byla operována sekundární katarakta v období 28.2.2019 – 1.3.2020. Průměrný věk pacientů v době operace byl u mužů $74,8 \pm 7,92$ let a u žen $73,6 \pm 8,44$ let. Průměrný věk celkového souboru je $74,02 \pm 8,28$ let. Data jsou zobrazena v tabulce 1.

Tabulka 1: Soubor pacientů

	počet	počet očí	minimální věk	maximální věk	průměrný věk	odchylka
Ženy	61	81	51	89	73,6	8,44
Muži	36	44	53	88	74,8	7,92
Celek	97	125	51	89	74,02	8,28

Za uvedené období byla nejčastěji implantována MA50BM, a to 50 pacientům. Tabulka 2 obsahuje data nemocných, kterým byl voperován různý typ IOL buď na jedno či na obě oči. Dvěma pacientům, u kterých se vyskytla PCO na obou očích, byl do každého oka implantován jiný model čočky. Tito jedinci jsou zařazeni v tabulce 2 pod kategorií jedno oko, nikoliv obě oči.

Tabulka 2: Počet pacientů

Model IOL	Pohlaví	Počet pacientů	Jedno oko	Obě oči
SA60AT	ženy	24	16	8
	muži	9	7	2
MA50BM	ženy	26	18	8
	muži	24	20	4
SN60WF	ženy	8	6	2
	muži	3	2	1
SN6AT	ženy	4	3	1
	muži	1	1	0

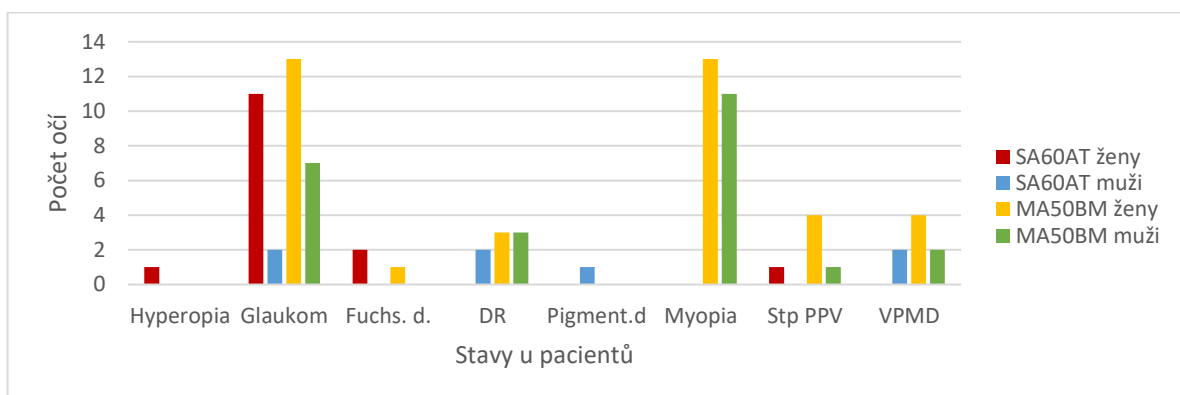
U 28 pacientů se projevila PCO na obou očích a u 69 pouze na jednom oku. Celý soubor v tabulce 3 udává, jaký počet konkrétních typů IOL bylo implantováno pacientům za sledované období. Do 43 očí byla implantována IOL SA60AT, 62 očí IOL MA50BM, 14 očí IOL SN60WF a pouze 6 očí IOL SN6AT. Tabulka 3 ukazuje procentuální zastoupení modelů implantovaných IOL. Spočítáme-li

procentuální zastoupení, vyjde nám, že nejčastěji implantovaná IOL MA50MB je zastoupena až v 49,6% případu. Druhá nejčastěji implantovaná IOL se implantuje v o něco menší míře, a to v 34,4%.

Tabulka 3: Četnost implantovaných modelů IOL

Model IOL	Pohlaví	Počet IOL	Celý soubor	Procentuální zastoupení IOL (%)
SA60AT	ženy	32	43	34,4
	muži	11		
MA50BM	ženy	34	62	49,6
	muži	28		
SN60WF	ženy	10	14	11,2
	muži	4		
SN6AT	ženy	5	6	4,8
	muži	1		

U celkového souboru pacientů se vyskytovalo 98 předoperačních komorbidit. Nejedná se o komplikace, nýbrž o stavy, které mohly usnadnit vznik sekundární katarakty. V grafu 1 jsou zaneseny hodnoty pouze pro modely SA60AT a MA50BM. U těchto modelů je četnost stavů 84. Nejčastěji se u nemocných vyskytuje glaukom, který byl indikován u 33 pacientů z udávaných 84, a myopia, která se vyskytla ve 24 případech. V mnoha případech, jako je glaukom, Fuchsova dystrofie (Fuchs. d.), myopia, stav po pars plana vitrektomii (stp PPV), se tyto stavy vyskytují častěji u žen. Naopak diabetická retinopatie (DR) či pigmentová degenerace (pigment. d.) má vyšší zastoupení u mužů. V grafu 1 si lze všimnout, že MA50BM se implantuje častěji do očí s již zmíněnými stavy. Je to tím, že tento model nitrooční čočky má větší optický i celkový průměr než SA60AT, z toho důvodu se implantuje do myopických očí nebo očí s poruchou na sítnici, kde se v budoucnu očekává laserový výkon. [11]



Graf 1: Typy stavů u pacientů

Porovnání časového intervalu mezi operacemi katarakty a operacemi Nd:YAG laserové kapsulotomie je obsaženo v tabulce 4.

Průměrná doba, uvedená v měsících, mezi jednotlivými operacemi je u prvního v tabulce zapsaného modelu IOL u žen $48,1 \pm 26,70$ a u mužů $70,4 \pm 22,59$. Celková průměrná doba od operace u SA60AT je $53,8 \pm 27,48$.

U druhého modelu je interval u žen $62,5 \pm 40,14$, u mužů $45,6 \pm 21,67$ a celková průměrná doba $54,6 \pm 34,22$. U jedné pacientky s implantovanou IOL MA50BM došlo k provedení Nd:YAG laserové kapsulotomie po 3 měsících a u jednoho pacienta po 4 měsících. Takto krátká doba mezi jednotlivými operacemi není zcela obvyklá a mohla být způsobena stavem pacientů. Žena má DR a byla po zákroku pars plana vitrektomie, muž má také DR a myopii.

Celková průměrná doba mezi operacemi katarakty a PCO zahrnující hodnoty SA60AT a MA50BM je $54,27 \pm 31,64$ měsíců. Pokud by byly zařazeny hodnoty všech modelů IOL, poté by celková průměrná doba mezi operacemi byla $53,41 \pm 30,20$ (viz tabulka 5).

Tabulka 4: Doba mezi operací katarakty a Nd:YAG laserové kapsulotomie uvedena v měsících

Model IOL	Pohlaví	nejnižší	nejvyšší	Průměrná hodnota
SA60AT	ženy	11	105	48,1
	muži	33	109	70,4
MA50BM	ženy	3	172	62,5
	muži	4	101	45,6
SN60WF	ženy	15	107	45,4
	muži	44	55	51
SN6AT	ženy	36	73	54,6
	muži	50	50	50

Jako další se nabízí porovnání získaných dat s hodnotou z produktových listů firmy Alcon. Produktový list uvádí nízký výskyt sekundární katarakty minimálně 3 roky (36 měsíců) po operaci. [5] Za tímto účelem byly spočítány následující hodnoty uvedeny v tabulce 8. Průměrná hodnota měsíců mezi operací katarakty a sekundární katarakty u všech čtyř modelů IOL je $53,41 \pm 30,20$. Procentuální výskyt PCO vztažený k průměrnému počtu operací za dobu 3 let od operace katarakty je 1,90%.

Tabulka 5: Průměrné hodnoty měsíců od operace

Roky	Počet operací	Procentuálně (%)	Průměrná hodnota	odchylka
< 3 roky	31	24,8		
≥ 3 roky	94	75,2	53,41	30,20
celkem	125	100		

Celkový procentuální výskyt PCO je 7,66%. Roční průměrný počet operací byl vypočítán jako průměrná hodnota ze součtu posledních 9 let (2011- 2019) implantací konkrétních typů nitroočních čoček, z důvodu častější implantace všech 4 modelů IOL. Vzhledem k tomu, že modely SN60WF a SN6AT nejsou tak často implantovány, jejich hodnoty nemají takovou vypovídající schopnost jako modely SA60AT a MA50BM.

Tabulka 6: Procentuální výskyt PCO vztažený k průměrnému počtu operací

Typ IOL	Součet IOL 2011-2019	Roční průměrný počet operací	Počet provedených Nd:YAG kapsulotomií	Procentuální výskyt PCO
SA60AT	6087	676	43	6,36%
MA50BM	6060	673	62	9,21%
SN60WF	1525	169	14	8,26%
SN6AT	1007	112	6	5,36%
Celkem	14679	1631	125	7,66%

3. Diskuse

Výskyt sekundární katarakty se v literatuře pohybuje od 5% do 50% po 1 roce až 5 letech. [2, 12, 13] Výskyt PCO v souboru pacientů za sledované období byl 7,66%, což koresponduje s výsledky z literatury. Průměrná doba mezi operacemi katarakty a PCO je $53,41 \pm 30,20$ měsíců. Na základě výsledků se ukazuje, že hodnoty se drží na horní hranici udávané literaturou. Sledovala-li by se problematika a sbíraly-li by se data v budoucnu nadále, mohly by být hodnoty a odchylky přesnější. Procentuální zastoupení PCO u jednotlivých modelů IOL je poté u jednokusového modelu SA60AT 6,36%, tříkusového modelu MA50BM 9,21%, jednokusového modelu SN60WF 8,26% a jednokusového modelu SN6AT 5,36%. Analýza Ursell et al. ukazuje, že jednokusové IOL Acrysof jsou

spojeny se signifikantně nižším rizikem Nd:YAG laserové kapsulotomie a incidencí PCO oproti jiným IOL. Pětiletý výzkum dochází k závěru výskytu PCO u Alcon Acrysof IOL na 7,1%. [13] Studie Mahtab et. al. se zmiňuje u Alcon Acrysof IOL o výskytu PCO v 7,3% případů po 18 měsících. [14] Dle studie Mian et al. je uvedena míra Nd: YAG laserové kapsulotomie, kde u tříkusové IOL a jednokusové IOL byla míra 1,2% a 2,1% po 6 měsících, 2,8% a 5,9% po 12 měsících a 3,6% a 7,5% po 24 měsících. [15] Podíváme-li se na výsledky naší analýzy, tak procentuální výskyt PCO vztažený k průměrnému počtu operací za dobu 36 měsíců od operace katarakty je pouze 1,9%.

Jedna z příčin vyššího výskytu PCO u tříkusového modelu IOL v analyzovaném souboru může být způsobena implantací IOL do očí s vysokým stupněm myopie, či očí stp. již provedených nitroočních operacích. [11]

U žen byl výskyt sekundární katarakty častější než u mužů, kdy na Nd:YAG laserovou kapsulotomii přišlo 62,9% pacientek a pouze 37,1% pacientů. Častější výskyt PCO u žen uvádí i studie Eballe et al. či studie Ninn- Pedersen and Bauer. [11, 16, 17]

4. Závěr

Celkový procentuální výskyt PCO je 7,66% u sledovaných Alcon Acrysof IOL. Tato hodnota se pohybuje u spodní hranice udávané literaturou. Průměrná doba mezi operacemi katarakty a PCO je $53,41 \pm 30,20$ měsíce, která se naopak drží na horní hranici z literatury.

Procentuální výskyt PCO u modelu MA50BM je 9,21%, což je vyšší hodnota, nežli uvádí studie Mian et al.. [15] Může to být způsobeno častou implantací IOL do očí s vysokým stupněm myopie, či očí stp. po již provedených nitroočních operacích. Jedním z důvodů, proč se tento typ operuje nejčastěji z uvedených 4 modelů je, že optický průměr čočky je větší než ostatní modely IOL, či se implantují do očí s poruchou na sítnici, kde se v budoucnu očekává laserový zákrok.

Naopak u modelu SA60AT vyšel procentuální výskyt PCO 6,36%. Procenta jsou nižší než uvádí již zmíněná studie. [15] Vzniku sekundární katarakty lze předejít i v průběhu operace katarakty, a to kvalitou práce odvedenou chirurgem.

Hodnoty SN60WF a SN6AT nemají tak vypovídající schopnost, jako první dva uváděné modely IOL. Za daný časový interval nemáme k dispozici dostatečné množství dat. Důvodem je, že tyto modely IOL nejsou plně hrazeny pojišťovnou a pacient si musí nitrooční čočky doplácet. Pro přesnější pohled na výskyt sekundární katarakty u těchto modelů je nutno nasbírat do budoucna více dat a sledovat delší období.

Na operaci sekundární katarakty na Oční kliniku JL přišly častěji ženy než muži. Pacientky přichází v dřívějším věku, a to ve věku $73,6 \pm 8,44$ let, pacienti poté v $74,8 \pm 7,92$ letech. Dle různých studií a této analýzy lze vyvodit závěr, že s dobou od provedené operace katarakty stoupá i výskyt PCO.

5. Citace

- [1] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. Praha: Maxdorf, [2018]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-580-4.
- [2] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [3] CHAN, Elsie, Omar A R MAHROO a David J SPALTON. Complications of cataract surgery. *Clinical and Experimental Optometry* [online]. 2010, 93(6), 379-389 [cit. 2020-01-04]. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2010.00516.x. ISSN 08164622. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1444-0938.2010.00516.x>
- [4] *Vyhodnocení pooperačního předozadního posunu čoček AcrySof Single-piece v čase a posouzení jeho vlivu na výslednou refrakci* [online]. [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-ofthalmologie/2014-1/vyhodnoceni-pooperačního-predozadního-posunu-coček-acrysof-single-piece-v-case-a-posouzení-jeho-vlivu-na-výslednou-refrakci-48670>
- [5] *Produktový list Alcon: S/IOL/ACF/OM/190308/CZ*. 2019.
- [6] [online]. [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: [online]. [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://www.myalcon.com/professional/cataract-surgery/intraocular-lens/acrysof-iq-monofocal-iol/biomaterial>

- [7] HABIBOLLAHI, Alireza, Hassan HASHEMI a Shiva MEHRAVARAN. Contralateral comparison of visual outcome of AcrySof IQ and SA60AT intraocular lenses. *Canadian Journal of Ophthalmology* [online]. 2010, 45(3), 259-263 [cit. 2020-04-08]. DOI: 10.3129/i09-263. ISSN 00084182. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008418210800109>
- [8] HAYASHI, K, M YOSHIDA a H HAYASHI. Correlation of higher-order wavefront aberrations with visual function in pseudophakic eyes. *Eye* [online]. 2008, 22(12), 1476-1482 [cit. 2020-04-09]. DOI: 10.1038/sj.eye.6702921. ISSN 0950-222X. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/6702921>
- [9] *Toric IOLs* [online]. [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: https://eyewiki.aao.org/Toric_IOLs#Available_Toric_IOLs
- [10] *Product Information: AcrySof® IQ Toric IOLs* [online]. [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.myalcon.com/professional/cataract-surgery/intraocular-lens/acrysof-iq-toric-iol/specifications>
- [11] Odborná konzultace s doc. MUDr. Jánem Leštákem CSc, MSc, MBA, LLA, DBA, FEBO, FAOG
- [12] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [13] URSELL, Paul G., Mukesh DHARIWAL, Katarina MAJIRSKA, Frank ENDER, Shoshannah KALSON-RAY, Alessandra VENERUS, Cristiana MIGLIO a Christine BOUCHET. Three-year incidence of Nd: YAG capsulotomy and posterior capsule opacification and its relationship to monofocal acrylic IOL biomaterial. *Eye* [online]. 2018, 32(10), 1579-1589 [cit. 2020-05-09]. DOI: 10.1038/s41433-018-0131-2. ISSN 0950-222X. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/s41433-018-0131-2>
- [14] *Comparative incidence of posterior capsular opacification in AcrySof and PMMA intraocular lenses* [online]. Hyderabad, Pakistan [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: http://www.ijo.cn/en_publish/2009/2/200902012.pdf
- [15] MIAN, S I. Nd: YAG capsulotomy rates after use of the AcrySof acrylic three piece and one piece intraocular lenses. *British Journal of Ophthalmology* [online]. 2005, 89(11), 1453-1457 [cit. 2020-05-13]. DOI: 10.1136/bjo.2005.067405. ISSN 0007-1161. Dostupné z: <http://bjo.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bjo.2005.067405>
- [16] EBALLE, Andre, Guy Patrick ELLA, KOKI GODEFROY, Andin VIOLA, Assumpta BELLA a EBANA COME. Secondary cataract: an epidemiologic and clinical survey at the Yaounde Gynaeco-obstetric and Paediatric Hospital. *Clinical Ophthalmology* [online]. [cit. 2020-05-08]. DOI: 10.2147/OPHTH.S19929. ISSN 1177-5483. Dostupné z: <http://www.dovepress.com/secondary-cataract-an-epidemiologic-and-clinical-survey-at-the-yaounde-peer-reviewed-article-OPHTH>
- [17] NINN-PEDERSEN, K. a B. BAUER. Cataract patients in a defined Swedish population 1986-1990. *Acta Ophthalmologica Scandinavica* [online]. 1997, 75(5), 551-557 [cit. 2020-05-13]. DOI: 10.1111/j.1600-0420.1997.tb00149.x. ISSN 13953907. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0420.1997.tb00149.x>

6. Poděkování

Poděkování patří doc. MUDr. Jánovi Leštákovi CSc. MBA za cenné rady, zkušenosti a data, která byla přínosná k vypracování článku.

Self-monitoring nitroočního tlaku přístrojem iCare HOME

D. Laštovka¹

¹České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítná 3105, Kladno 272 01, Česká republika

E-mail: lastovkad@seznam.cz

Abstrakt: V práci je objasněna problematika glaukomu ve vztahu k nitroočnímu tlaku. Je popsán mechanismus tvorby a odtoku nitrooční tekutiny. Jsou zde uvedeny jednotlivé metody používané k jeho měření. Část práce se zabývá rizikem denních výkyvů nitroočního tlaku a jeho vlivem na progresi glaukomu, v této souvislosti upozorňuje na vhodnost 24-hodinového monitoringu nitroočního tlaku. Pro experimentální část práce byly stanoveny 2 hypotézy: H1: Hodnoty získané pomocí iCare HOME tonometru jsou srovnatelné s hodnotami, které získáme pomocí bezkontaktního (air-puff) tonometru. H2: iCare HOME tonometr je vhodným přístrojem k self-monitoringu nitroočního tlaku. Pro jejich potvrzení byly provedeny 2 studie. První se zaměřila na porovnání iCare HOME tonometru a air-puff tonometru. V druhé bylo zkoumáno využití iCare HOME tonometru k self-monitoringu nitroočního tlaku a následné hodnocení naměřených výsledků v aplikaci iCare CLINIC. Získané výsledky obou studií a jejich zpracování obě hypotézy potvrdily.

1. Úvod

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

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

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

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

Cílem práce bylo zjistit, jak významnou roli může hrát self-monitoring nitroočního tlaku při sledování a hodnocení jeho výše v rámci screeningu normální populace.

Teoretická část práce se věnuje základní problematice glaukomu, nitroočního tlaku a jejich vzájemného vztahu. Dále se zabývá jednotlivými screeningovými metodami, které se využívají k měření nitroočního tlaku včetně přístrojů, které slouží k jeho self-monitoringu.

Pro experimentální část práce byly stanoveny 2 hypotézy:

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

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

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

2. Teoretická část

Glaukom

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

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

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

Nitrooční tlak (NOT)

Nitrooční tlak je tlak uvnitř oka a je přímo závislý na dvou faktorech. Prvním faktorem je rychlost a množství sekrece nitrooční tekutiny, která je produkována sekrečním epitelem ve výběžcích řasnatého tělíska. Druhým faktorem je schopnost odtoku nitrooční tekutiny z oka do krevního řečiště. V době, kdy je poměr mezi sekrecí a odtokem roven, tak je hodnota NOT v pořádku. Pokud dojde k nerovnováze mezi sekrecí a odtokem nitrooční tekutiny, způsobené zvýšením/snížením sekrece nebo odtoku nitrooční tekutiny, tak dojde k nárůstu nebo poklesu hodnoty NOT. [5]

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

Self-monitoring NOT

Monitorování NOT je důležité při diagnostice, screeningu a léčbě glaukomového onemocnění. Důležité je sledování denní křivky NOT, kdy se provádí nejméně 12 měření v průběhu celého dne. Denní křivka znázorní jednotlivé výchyly NOT během dne. Čím větší jsou výchyly, tím je riziko vzniku poškození zrakového nervu pravděpodobnější. Velikost NOT se může měnit během dne, ale i v závislosti na ročním období. Za normální výchyly NOT jsou považovány hodnoty vychýlení maximálně o 2-6(8) mmHg, větší rozptyl hodnot je u pacientů s glaukomem až 10 mmHg. Nitrooční tlak nabývá nejvyšších hodnot v ranních hodinách. [4, 6, 7, 8]

Monitoring NOT je možné provádět všemi dostupnými tonometry, ale ne všechny jsou pro to vhodné. V dnešní době již na trhu existují přístroje určené přímo k self-monitoringu NOT. Jednou z možností je iCare HOME tonometr, pomocí kterého si pacient sám provádí jednotlivá měření NOT v předepsaných intervalech. [4, 8, 9]

3. Experimentální část

3.1 Porovnání iCare HOME tonometru s air-puff tonometrem

Zkoumaný soubor

Zkoumaný soubor byl tvořen 13 ženami (43,33 %) a 17 muži (56,67 %) v různých věkových kategoriích. Průměrný věk v době kontroly byl u žen $52,77 \pm 18,62$ let a u mužů $55,18 \pm 19,57$ let.

Metodika

Před vyšetřením byl klient podroben osobní a oční anamnéze, následně mu byl nejprve změřen NOT pomocí přístroje Topcon TRK – 2P (auto kerato-refrakto tonometru), který je vybaven air-puff tonometrem. U každého klienta byla pomocí přístroje provedena tři po sobě jdoucí měření NOT, která byla zprůměrována ve výslednou hodnotu NOT.

Následně byl klientovi vysvětlen postup měření NOT pomocí přístroje iCare HOME tonometru. Poté bylo provedeno měření NOT, nejprve OP a následně i OL. Na každém oku bylo provedeno 6 po sobě jdoucích měření, která se poté pomocí softwaru zprůměrovala ve výslednou hodnotu NOT.

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

Použité přístroje při studii

Air-puff tonometr

Je založený na principu bezkontaktní aplanace centrální části rohovky působením tlakového pulzu vzduchu o rychlosti 1-3 m/s, kdy dojde k oploštění rohovky. Průměr oploštěné části rohovky je $3,6 \pm 0,2$ mm, kterého je dosaženo v době 5-8 ms. S pulzem vzduchu je ještě vyslán infračervený paprsek, který se po aplanaci rohovky odráží zpět do přístroje, kde dopadá na systém fotodiod, které vytvářejí elektrický signál. Hodnota NOT je dána výší maxima světelného signálu ze vzniklé aplanací plošky. Přístroj je bezkontaktní a není potřeba anestetizovat rohovku. (obr. 1) [11,12]

iCare HOME tonometr

Tonometr je tvořen kovovou komorou s magnetickou cívkou a malou sondou, která je na svém konci zaoblená. Sonda vložená do komory, je magnetizována pomocí elektrického proudu. Při aktivaci měření se polarity cívký změní, což má za následek posun sondy dopředu směrem k rohovce. Pokud je přístroj vzdálen 4-8 mm od oka, dojde ke zpomalení a odrazu sondy od rohovky zpět do komory. Zpětná síla sondy je zaznamenána pomocí senzorového systému propojeného s elektromagnetickou cívkou. Senzor zaznamenává rychlost zpomalení a indukci vyvolanou pohybující se sondou v magnetické cívce. Pomocí procesoru přístroje jsou naměřené hodnoty převedeny na hodnotu NOT v mmHg. Celková kinetická energie sondy je velice nízká, přibližně 1 μ J, a pouze malý zlomek energie se absorbuje v oku. (obr.1) [10, 12, 13]



Obrázek 1: Topcon TRK – 2P (vlevo), iCare HOME tonometr (vpravo)

Výsledky

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

Průměrný naměřený NOT air-puff tonometrem byl u pacientů $15,03 \pm 3,11$ mmHg (v rozmezí 10-24 mmHg). Pomocí iCare HOME tonometru byl průměrný naměřený NOT $14,93 \pm 3,46$ mmHg (v rozmezí 8-25 mmHg). Pro přehlednost byla data zaznamenána do tabulky 1.

Tabulka 1: Naměřené hodnoty NOT

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

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

Tabulka 2: Rozdíl hodnot NOT

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

Při statistickém porovnání obou přístrojů byla tato hypotéza H1 potvrzena. Hodnoty NOT získané pomocí iCare HOME tonometru jsou na 5% hladině významnosti srovnatelné s hodnotami naměřenými pomocí air-puff (bezkontaktního) tonometru, kdy mezi hodnotami nebyl nalezen statisticky signifikantní rozdíl ($p = 0,868$). Průměrný rozdíl NOT byl mezi iCare HOME a air-puff tonometrem $1,133 \pm 0,947$ mmHg. Tato data jsou zaznamenána v tabulce 3.

Tabulka 3: Statistické hodnoty

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

3.2 Self-monitoring pomocí přístroje iCare HOME tonometr

Zkoumaný soubor

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

Metodika

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

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

Po dokončení self-monitoringu NOT, každý proband vyplnil dotazník, zaměřený na práci s iCare HOME tonometrem. Naměřená data byla přenesena do aplikace iCare CLINIC, ve které se naměřená data uloží do karty pacienta a je zde umožněna následná práce s naměřenými daty.

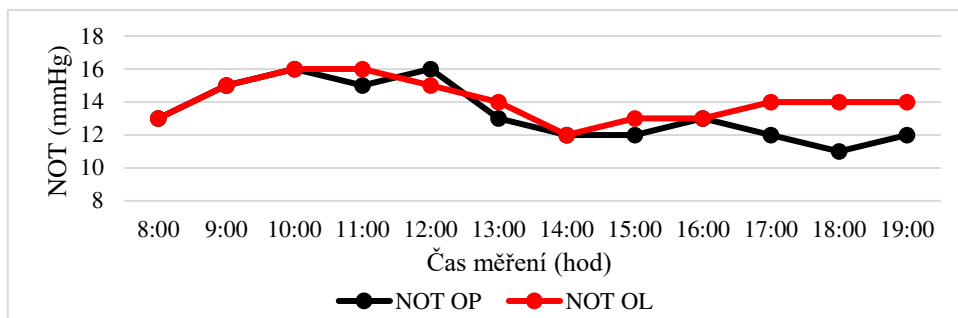
Výsledky

Všichni probandi zahrnutí do studie měli průměrné hodnoty NOT odpovídající fyziologickému stavu. (tabulka 4)

Tabulka 4: Hodnoty NOT všech probandů

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

Z každého měření byl vytvořen graf denní křivky NOT (graf 1) a tabulka, do které byl zaznamenán průměrný, minimální a maximální NOT probanda (tabulka 5).

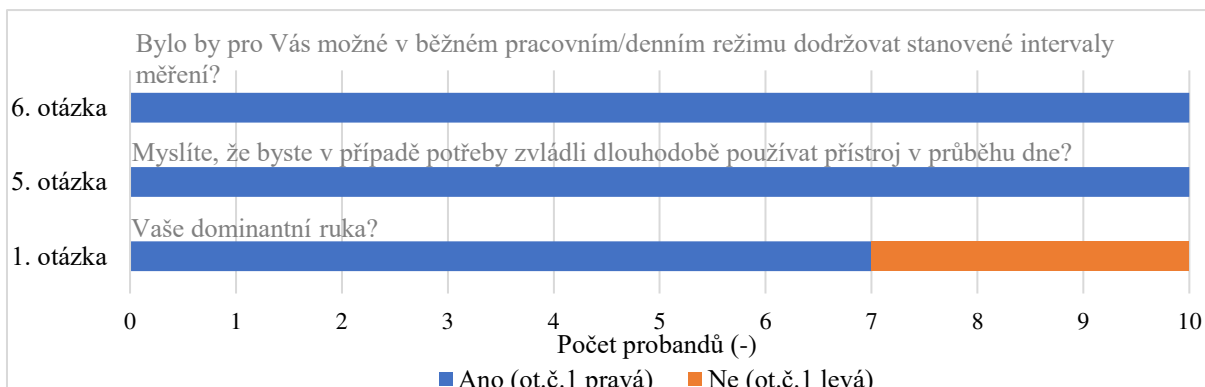


Graf 1: Vzorová křivka self-monitoringu NOT probanda

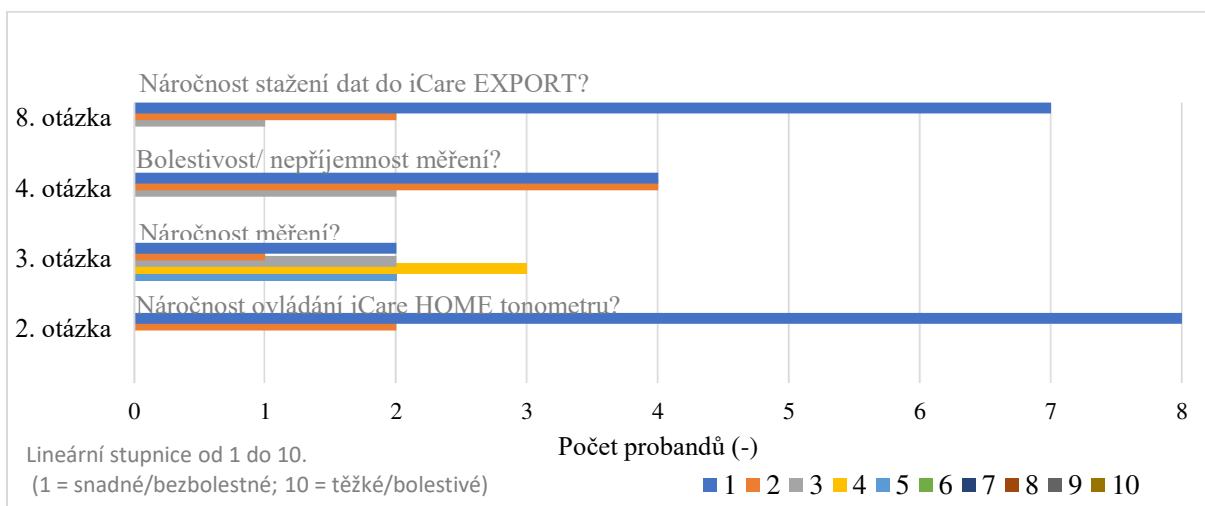
Tabulka 5: Vzorová data self-monitoringu NOT probanda

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

Po doměření self-monitoringu byly získány hodnoty NOT a také pomocí dotazníku zpětná vazba o měření od každého probanda. Každý proband používal při měření trochu jinou metodu držení přístroje. 60 % probandů více vyhovovalo měření obou očí jejich dominantní rukou a 40 % vyhovovalo měřit NOT OP rukou pravou a OL rukou levou. Z naměřených výsledků a odpovědí probandů bylo pozorováno, že probandovi s dominantní rukou pravou se hůře měří oko levé. Všechny odpovědi získané pomocí dotazníku byly zaznamenány do grafu 2 a 3.



Graf 2: Graficky znázorněné odpovědi dotazníku



Graf 3: Graficky znázorněné odpovědi dotazníku

4. Diskuze

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

V souvislosti s tímto zjištěním jsem se zabýval dvěma studiemi, které v minulosti řešily podobnou problematiku. První studie s názvem Vliv rohovky na měření nitroočního tlaku tonometry ICARE PRO a ORA byla publikována v roce 2019 F. Pluháčkem, A. Unzeitigovou, K. Marešovou a J. Rybářem v České a slovenské Oftalmologii. Studie byla zaměřena na porovnání iCare PRO tonometru s ORA (Ocular Response Analyzer) a GAT. Výsledkem této studie byl zjištěno, že iCare PRO tonometr vykazoval srovnatelné výsledky s GAT, ale výsledky porovnání ORA s iCare PRO srovnatelné nebyly. Druhá studie byla provedena v roce 2013 Bc. Pavlou Schveinerovou na Přírodovědecké fakultě University Palackého v Olomouci v rámci diplomové práce Srovnání metod měření nitroočního tlaku. V této práci byl porovnán iCare PRO tonometr s air-puff tonometrem a Goldmanovým aplanačním tonometrem. Tonometr iCare PRO měří NOT na stejném principu jako iCare HOME tonometr, ale je určen k měření NOT oftalmologem nebo optometristou. Ve studii bylo zjištěno, že air-puff a iCare Pro tonometr nemají shodné výsledky NOT, ale pomocí iCare PRO a GAT byly naměřeny shodující se hodnoty NOT. [14, 15]

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

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

Stanovenou hypotézu také potvrzuje studie z roku 2017, kterou provedla Jeanne J. Ogle v Singapuru pod názvem Home self-monitoring of intraocular pressure using the ICare home rebound tonometer. Předmětem výzkumu bylo zjistit, zda pacienti mohou provádět přesné a spolehlivé domácí monitorování NOT pomocí iCare HOME tonometru. Bylo potvrzeno, že pacienti s glaukomem mohou provádět přiměřeně přesnou vlastní tonometrii pomocí iCare HOME tonometru. [16]

5. Závěr

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

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

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

6. Literatura

- [1] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. Praha: Maxdorf, [2018]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-580-4.
- [2] LEŠTÁK, Ján. *Metody diagnostiky transneuronální degenerace ve zrakové dráze = Methods of diagnosis transneuronal degeneration in the visual pathway*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. 30 stran. Habilitační přednášky; 8/2015. ISBN 978-80-01-05713-1.
- [3] KASCHKE, Michael, Karl-Heinz DONNERHACHE a Michael Stefan RILL. *Optical devices in ophthalmology and optometry: technology, design principles, and clinical applications*. Weinheim: Wiley-VCH, c2014. ISBN 978-3-527-41068-2.
- [4] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [5] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 9788023989069.
- [6] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. Praha: Grada, 2004. ISBN isbn80-247-0786-1.
- [7] TERMÜHLEN, Julia, Natasa MIHAILOVIC, Maged ALNAWAISEH, Thomas S. DIETLEIN a André ROSENTER. Accuracy of Measurements With the iCare HOME Rebound Tonometer. *Journal of Glaucoma* [online]. 2016, 25(6), 533-538 [cit. 2019-10-23]. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000390. ISSN 1057-0829. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00061198-201606000-00014>
- [8] BOOTE, Toby a Andrew J TATHAM. Home Monitoring in Glaucoma. *European Ophthalmic Review* [online]. 2018, 12(2) [cit. 2019-11-06]. DOI: 10.17925/EOR.2018.12.2.102. ISSN 1756-1795. Dostupné z: <https://www.touchophthalmology.com/articles/home-monitoring-glaucoma>
- [9] QUÉRAT, Laurence a Enping CHEN. Monitoring daily intraocular pressure fluctuations with self-tonometry in healthy subjects. *Acta Ophthalmologica* [online]. 2017, 95(5), 525-529 [cit. 2019-10-23]. DOI: 10.1111/aos.13389. ISSN 1755375X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/aos.13389>
- [10] Icare TA01i Product sheet lette CS lowres.pdf. [online]. [cit. 2019-11-13]. Dostupné z: http://www.icaretonometer.com/wp-content/uploads/2012/12/Icare_TA01i_Product_sheet_letter_CS_lowres.pdf
- [11] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 9788070135778.
- [12] GIACINTO, Bagetta a Carlo NUCCI. *New Trends in Basic and Clinical Research of Glaucoma: A Neurodegenerative Disease of the Visual System Part B. 1*. Amsterdam: Elsevier, 2015. ISBN 9780128045923.
- [13] NAKAKURA, Shunsuke. Icaresup®/sup rebound tonometers: review of their characteristics and ease of use. *Clinical Ophthalmology* [online]. 2018, 12, 1245-1253 [cit. 2019-11-06]. DOI: 10.2147/OPTH.S163092. ISSN 1177-5483. Dostupné z: <https://www.dovepress.com/icare-reg-rebound-tonometers-review-of-their-characteristics-and-ease-o-peer-reviewed-article-OPTH>
- [14] PLUHÁČEK, František, Andrea UNZEITIGOVÁ, Klára MAREŠOVÁ a Jan RYBÁŘ. The Influence of the Cornea on Intraocular Pressure Measurement by ICARE PRO and ORA. *Czech and Slovak Ophthalmology* [online]. 2019, 75(3), 111-118 [cit. 2020-05-16]. DOI: 10.31348/2019/3/1. ISSN 12119059. Dostupné z: <http://www.cs-ophthalmology.cz/en/journal/2019/3/1>
- [15] SROVNÁNÍ METOD MĚŘENÍ NITROOČNÍHO TLAKU [online]. [cit.2020-05-16]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/hd2ktv/00179953-638314312.pdf>
- [16] Home self-monitoring of intraocular pressure using the ICare home rebound tonometer [online]. [cit.2020-05-16]. Dostupné z: <https://www.longdom.org/conference-abstracts-files/2155-9570-C1-066-019.pdf>

Poděkování

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

Vliv astigmatismu rohovky na výpočet torické nitrooční čočky

G. Buřičová

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítňá 3105, Kladno 272 01, Česká republika

E-mail: g.holanova1@seznam.cz

Abstrakt: Vliv celkového astigmatismu rohovky na výpočet torické nitrooční čočky je často diskutovaným tématem pro všechny odborníky, kterých se dotýká problematika operace katarakty. V teoretické části práce byla objasněna problematika rohovkového astigmatismu v návaznosti na anatomické struktury předního segmentu oka a jeho patologie, které na něj mají vliv. Byly popsány diagnostické metody keratometrie, topografie rohovky a biometrie oka. Tedy parametrů oka využívaných pro výpočet optické mohutnosti nitrooční čočky. Dále byla prezentována problematika aktuálních trendů kalkulace torických intraokulárních čoček. Předmětem praktické části je studie, která má za úkol porovnat dvě různé metody kalkulace torické intraokulární čočky. Barrett Toric kalkulátor pomocí svého teoretického modelu oka parametry zadního zakřivení rohovky aproximuje a vektorová (Holladay) kalkulace je do výpočtu přímo zahrnuje pomocí totální keratometrie. Porovnání bylo provedeno pomocí srovnání obou kalkulátorů s výsledky rekalkulace Barrett RX vycházející z reálné pooperační diagnostiky sledovaného souboru pacientů. Stanovená hypotéza, že kalkulace TIOL pomocí nového vzorce Barrett Toric je přesnější než kalkulace Holladay, byla potvrzena.

Úvod

Operace katarakty je v současné době nejčastější chirurgický zákrok u pacientů nad 65 let prováděný v západních zemích Evropy. V rozvojových zemích je stále jednou z nejčastějších příčin praktické slepoty. Úkolem zákroku je výměna zkalené nitrooční čočky a její náhrada čočkou umělou (IOL) tak, aby pooperační refrakce pacienta vedla k jeho plné spokojenosti. Toho lze dosáhnout přesnou předoperační diagnostikou, optimálním výpočtem implantované IOL a ideálním provedením zákroku operátorem. Pro pacienty s astigmatismem je vhodné při operaci použít torickou nitrooční čočku (TIOL), která eliminuje tuto vadu. Důležitým zjišťovaným faktorem předoperační diagnostiky jsou keratometrická data. Vzhledem k historicky technickým obtížím s měřením hodnot zakřivení zadní plochy rohovky se optická mohutnost rohovky počítala s předpovídanou hodnotou zadního radiu pomocí zavedené hodnoty AP poměru (arterio-posterionální poměr). Ten byl stanoven pomocí Gullstandova schematického modelu oka. To vedlo k nepřesnostem v kalkulaci IOL a TIOL u pacientů s nestandardním AP poměrem. Vývoj nových kalkulátorů a jejich nomogramů usiluje o eliminaci takto vzniklých chyb.

1. Teoretická část

Astigmatismus

Astigmatismus je asférická vada oka, kdy paprsky dopadající do oka vytvářejí dvě ohniska v různých rovinách. Vzdálenost mezi nimi se nazývá fokální interval a jeho velikost určuje velikost vady. Nejčastěji vzniká nepravidelným zakřivením rohovky – rohovkový astigmatismus, nebo na čočce – čočkový astigmatismus. Čočková složka astigmatismu bývá nižší.

a) Rohovkový astigmatismus

Celkový rohovkový astigmatismus je dán součtem astigmatismů vzniklých na přední a zadní ploše rohovky. Plocha vykazující astigmatismus má tvar toroidu. Rohovka je optická část oka, zaujímající 2/3 jeho optické mohutnosti. Je hlavním původcem astigmatismu celého optického systému oka [9]. První zjišťování astigmatismu se provádělo na Gulstrandově schematickém modelu oka, který předpokládá poloměr křivosti na přední ploše v horizontálním meridiánu 7,7 mm a vertikálním o 10 %

nižší (6,93 mm). Z toho vyplývá, že ve vertikálním meridiánu se dosahuje vyšší lámavosti, a to způsobuje astigmatismus na přední ploše – astigmatismus podle pravidla je roven 5,2 D oproti astigmatismu na zadní ploše, který je proti pravidlu 0,65 D. Při zanedbání tloušťky rohovky je totální astigmatismus 4,77 D podle pravidla. Tyto poznatky odpovídající průměrné populaci ukazují, že astigmatismus na zadní ploše rohovky je o 10 % nižší než astigmatismus přední plochy, na který připadá přibližně 88 % z totálního astigmatismu, na zadní pak 10-12 % [9].

- b) Čočkový astigmatismus vzniká nesfericitou povrchu čočky, je méně častý. Je složkou celkového astigmatismu, který zjišťujeme vyšetřením vizu.

Katarakta a její chirurgické řešení

Katarakta je oční onemocnění, které je ve světovém měřítku nejčastější příčinou slepoty ve vyspělých zemích. Vznikají zákal v oční čočce a tím dochází ke změnám její optické mohutnosti. Transparentnost čočky je podmíněna striktním uspořádáním a chemickým složením proteinových vláken (tzv. crystaliny). Při porušení této přísně organizované struktury nastává šedý zákal. Pacienti s kataraktou jsou citliví na světlo, mají změněné vnímání barev a zhoršenou kontrastní citlivost. [2]

Konzervativní přístup léčby nedosahuje uspokojivých výsledků. Experimentálně jsou aplikovány inhibitory aldózy – reduktázy za účelem zpomalení procesu přeměny glukózy na sorbitol, což je podstatou vzniku katarakty. V současné době je efektivní léčba omezena na chirurgický výkon. Tento zákrok má za sebou daleký historický vývoj, ale zlatým standardem v rozvinutých zemích je chirurgický výkon pomocí fakoemulzifikace. Vyznačuje se malými vstupními řezy v oblasti čiré části rohovky. Hlavní řez, kterým se provádí fakoemulzifikace i implantace IOL nebo TIOL, je 2,4 až 2,0 mm velký a dva pomocné incizní řezy jen 1,3 mm. Ke stabilizaci přední komory a ochraně endotelu při operaci se používá viskoelastický materiál. Po otevření předního pouzdra se rozmělní (fakoemulzifikuje) zkalené jádro čočky ultrazvukovou sondou a takto vzniklá hmota se následně odstraní. Hlavním řezem se pak implantuje sbalená měkká IOL, nebo TIOL, která se ve zbylém vyčištěném čočkovém pouzdře rozvine a stabilizuje. Inovací této metody je použití femtosekundového laseru pro vytvoření přesných rohovkových řezů, kapsulorhexe a fragmentace zkaleného jádra čočky. Výhodou tohoto postupu je snížení působení ultrazvukové energie a přesnější, reprodukovatelné řezy. Je dobře použitelná k odstranění měkkých i velmi tvrdých jader čočky. Obě tyto metody lze použít v refrakční nitrooční chirurgii.

Kalkulace torické nitrooční čočky

V současné době se u nás pro výpočet torické intraokulární čočky (TIOL) preferují dvě metody. Ta první vychází z principů regresivních vzorců pro výpočet IOL 3. a 4. generace a je doplněna o nové nomogramy a vektorové kalkulace, které zohledňují astigmatismus navozený operátorem (SIA) během chirurgického výkonu. Novější, v principu odlišný, je Barrettův kalkulátor, který díky své konstrukci nepotřebuje další doplňující výpočty a podle provedených srovnávacích studií dosahuje přesnějších výsledků. [12]

2. Experimentální část

Porovnání výsledku klasické kalkulace Holladay s novou metodou Barrett

Zkoumaný soubor

Studie zahrnuje 37 očí 35 pacientů, z toho bylo 18 žen a 17 mužů. Věkový průměr pacientů činil $60,11 \pm 5,78$ let, nejstaršímu probandovi bylo 77 let a nejmladšímu 50 let.

Metodika

Všechna získaná data pocházejí ze zdravotní dokumentace pacientů, kteří se v období od srpna 2019 do března 2020 podrobili očnímu chirurgickému výkonu za účelem odstranění katarakty. Operace byly

provedeny jedním operátorem, Doc. MUDr. Šárkou Pitrovou, CSc., FEBO, na Oční klinice JL FBMI ČVUT v Praze.

Všem pacientům, kteří podstoupili operaci katarakty a jsou součástí sledovaného souboru, bylo provedeno kompletní oftalmologické vyšetření, jehož součástí bylo zjištění stávající refrakce. Po konzultaci s pacientem byla stanovena požadovaná pooperační refrakce oka.

Volba parametrů TIOL modelu SN6ATx probíhala na základě výsledků výpočtů TIOL kalkulátorem Barrett Toric, kterým lze kalkulovat sférický ekvivalent, předpokládaný pooperační astigmatismus rohovky podle SIA, hodnotu korekčního cylindru i osu implantace. Výpočet zahrnoval tato vstupní data: AL, ACD, WTW, LT z biometru Lenstar LS900 a keratometrické hodnoty dle průměrných výsledků měření na Lenstaru a referenčním modulu Verion. Použitá hodnota A-konstanty byla rovna 119,26. Vzhledem ke skutečnosti, že tento typ kalkulace je poměrně nový a dosud chráněný patentem, nejsou zatím přístupné přesné metody kalkulace.

U všech sledovaných případů byla operace provedena klasickou metodou fakoemulzifikace bez asistence femtosekundového laseru manuálně vedenými řezy. Primární řez o velikosti 2,2 mm v ose 90° a paracentézy v osách 180° a 30° šíře 1,1 mm sloužící k bimanuální technice operace. Po vstupu do očního bulbu je do přední komory aplikován viskoelastický materiál zajišťující stabilizaci přední komory a ochranu rohovkového endotelu. Chirurg v dalším kroku provádí tzv. kontinuální kurvilineární kapsulorhexi k otevření předního pouzdra čočky. Použití ultrazvukové sondy umožní rozmělnění tvrdého jádra čočky a odstranění čočkových hmot je provedeno irigací a aspirací. Implantace TIOL se provede pomocí jednorázového aplikátoru.

Hypotetická kalkulace TIOL na kalkulátoru Holladay

Při použití vektorového kalkulátoru je nezbytné nejprve stanovit optimální sférický ekvivalent čočky SN6ATx, v našem případě byl zvolen konvenčně využívaný vzorec SRK/T2 s A-konstantou 119,26 na základě průměrné hodnoty keratometrie a axiální délky oka.

Vstupní data totální keratometrie zohledňující zadní radius rohovky byla pro vektorovou kalkulaci TIOL získána topografem Orbscan II. Prvním krokem je určení očekávaného rohovkového pooperačního astigmatismu, který je ovlivněn SIA, astigmatismem indukovaným operátorem při incizních nářezech. Volená hodnota cylindrické korekce odpovídá nejmenšímu rozdílu očekávaného pooperačního rohovkového astigmatismu a vypočítanému účinku torického modelu čočky v úrovni rohovky, který získáme dělením jeho hodnoty konstantou 1,46. [23]

Rekalkulace Barret RX

Pro porovnání výsledků použitých typů kalkulace TIOL Holladay a Barrett Toric bylo nutné stanovit ideální hodnoty, ke kterým se komparace sledovaných hodnot bude vztahovat. Z dostupných nejvyužívanějších rekalkulátorů byl zvolen Barrett RX, protože například rekalkulátor Berdahl neumožňuje kalkulaci TIOL nízkých cylindrů (t2). Pacientů s takto nízkým astigmatismem bylo ve sledovaném souboru 13,5 %.

Rekalkulátor Barrett RX požaduje ke svému výpočtu předoperační hodnoty AL, ACD, LT, WTW, předoperační i pooperační keratometrii, hodnotu indukovaného SIA, hodnoty implantované TIOL a residuální refrakci.

Výsledky

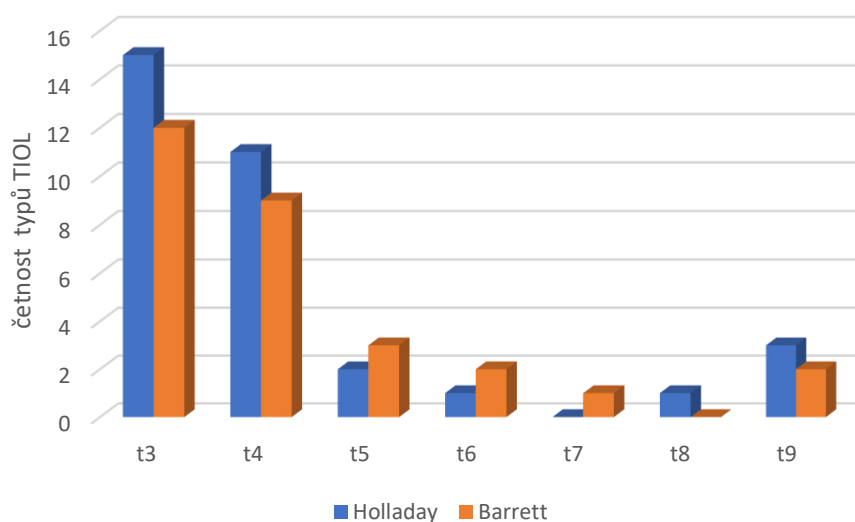
Porovnání rozdílů residuální refrakce ve sféře, cylindru a ose je uvedeno v tabulce č. 1. Průměrný rozdíl absolutních hodnot navrhovaných modelů obou kalkulací je 0,70 D ve sféře, 0,48 D v cylindru, axiálně 8,86°. Přestože dosažené výsledky byly víc než uspokojivé, pro názornost jsem provedla rekalkulaci všech výpočtů pomocí Barretova RX rekalkulátoru. Výsledkem této rekalkulace je nejen zjištění optimální implantované TIOL a její pozice, ale i získání hodnoty, s kterou byly porovnávány dosažené residuální refrakce obou posuzovaných kalkulátorů.

Porovnání hodnot rozdílů a absolutních hodnot rozdílů residuální refrakce jednotlivých kalkulátorů a rekalkulátoru Barrett RX ve sféře, cylindru a ose je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1: Porovnání Barrett a Holladay

	Rozdíl Barrett a Barrett RX							Rozdíl Barrett a Holladay						
	SPH		CYL		AX		rot	SPH		CYL		AX		rot
	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Prům.	0,19	0,3	0,08	0,16	0,14	5,97	3,92	-0,11	0,7	0,17	0,62	4,23	13,07	10,60
Smodch	0,5	0,45	0,3	0,26	8,6	6,1	5,47	0,94	0,63	0,72	0,4	16,5	10,73	8,88

Porovnání volby TIOL dle kalkulace Holladay a Barrett Toric kalkulátorů je znázorněno v grafu na obrázku 1.



Obrázek 1: graf komparace TIOL Holladay a Barrett

Pro určení signifikace rozdílů jednotlivých výpočtů od výsledku rekalkulace byl aplikován dvouvýběrový T-test s rovností rozptylů pro všechny parametry TIOL. Výsledné hodnoty (p-value) na 5% hladině významnosti mezi rozdíly výpočtů jsou prezentovány tabulkou 2.

Tabulka 1: Hodnoty p (value) rozdílů obou výpočetních metodik vůči rekalkulaci

	p (-)	Potvrzení rozdílnosti souborů
SPH	0,002	rozdílné
CYL	<0,001	rozdílné
AX	0,001	rozdílné
JEN ROTACE	<0,001	rozdílné

3. Diskuze

Na hladině významnosti 5 % byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi metodikou kalkulace TIOL pomocí Holladay a Barrett Toric. Různost obou souborů potvrzuje pro všechny sledované parametry hodnota $p < 0,05$.

Výsledky porovnání kalkulátorů Holladay a Barrett Toric ukazují jednoznačně na Barrettovu přesnější kalkulaci. Průměrná odchylka rozdílů kalkulace (v absolutní hodnotě) Barrett Toric a rekalkulace Barrett RX pro hodnotu sféry je $0,30 \pm 0,45$ D, pro cylindr $0,16 \pm 0,26$ D a pro hodnotu osy cylindru $5,97 \pm 6,10^\circ$ oproti průměrnému rozdílu Holladay kalkulátoru a rekalkulace Barrett RX, kdy hodnota rozdílů ve sféře je $0,70 \pm 0,63$ D, v cylindru $0,62 \pm 0,40$ D o v ose $13,07^\circ \pm 10,73^\circ$. Ke snížení hodnoty zbytkového cylindru pouhou rotací je při použití Barrett kalkulátoru nutná změna polohy v průměru absolutních hodnot o $3,92 \pm 5,47^\circ$, kdežto u Holladay kalkulace je třeba pootočit implantovanou TOIL o $10,60 \pm 8,88^\circ$. Pro posuzování rozdílů ve výpočtech kalkulátorů byly porovnávány jednotlivé výsledky v absolutní hodnotě, aby nedocházelo ke zkreslení statistického hodnocení. Přestože výsledky naší studie dávají přednost kalkulaci Barrett Toric, neznamená to, že by kalkulátor Holladay byl pro výpočet TIOL nevhodný. Vzniklé rozdíly, například v cylindru o 0,5 D oproti ideální kalkulaci Barrett RX, jsou rozhodně kvalitním výsledkem kalkulace ověřené metodiky kalkulace.

Výsledky naší studie potvrzuje i práce, kterou uveřejnil v červnu 2019 v časopise EYE Janusze Skrzypecky a kol. Předmětem studie bylo 37 očí, které se podrobily operaci katarakty, biometrická data byla získána z přístroje Pentacam. Cílem bylo porovnání výsledků Barrettova kalkulátoru s a bez zohlednění měření zadní plochy rohovky. Bylo prokázáno, že rozdíl mezi výsledky je statisticky nevýznamný, pokud se nejedná o pacienty s patologií rohovky, pacienty po refrakčním zákroku na rohovce nebo o pacienty, kteří mají předoperační rohovkový astigmatismus vyšší 1,0 až 1,5D. [21]

Náš sledovaný soubor 37 očí od 35 pacientů se nijak nevymykal běžné populaci. Naměřené biometrické hodnoty byly průměrné bez výraznějších extrémů například v axiální délce oka nebo hloubce přední komory. Studie by mohla dosahovat relevantnějších výsledků, pokud by byl soubor pacientů širší a různorodější. Bohužel někteří pacienti, kteří se také v daném časovém období podrobili operačnímu zákroku, nestihli z důvodu koronavirové krize absolvovat všechna pooperační kontrolní měření, a tak nemohli být do souboru zahrnuti. Protože zjištěné hodnoty astigmatismu nebyly vysoké (třetí nejčastěji implantovaný model TIOL byl SN6AT2), bylo nutné této skutečnosti přizpůsobit výběr rekalkulátoru. Barrett RX umožňuje i kalkulaci cylindrických hodnot do 1,69 D astigmatismu podle pravidla a 0,39 D proti pravidlu, a proto mu byly dána přednost před rekalkulátorem Berdahl, který tuto možnost nemá.

Je nutné konstatovat, že jsme se soustředili pouze na výsledné keratometrické hodnoty a pooperační úhlovou polohu implantované čočky. Nelze opomenout možnost vlivu konečné pozice TIOL v oku a její náklon na úspěšný výsledek operace, ale tento faktor jsme do studie nezahrnuli.

Dalším aspektem, který by mohl zkreslit výsledek studie, jsou rozdílné metody biometrie k získávání vstupních dat posuzovaných metod.

4. Závěr

V praktické části práce byla provedena kalkulace TIOL pomocí dvou odlišných metod a následná komparace vypočtených hodnot. Na základě signifikantních výsledků lze prohlásit, že metoda kalkulace Barrett Toric, která empiricky nezjišťuje zadní zakřivení rohovky, ale pomocí unikátního teoretického modelu jej aproximuje, dosahuje přesnější korekce astigmatismu než kalkulace Holladay. Tím byla potvrzena hypotéza – „Pro korekci astigmatismu TIOL dosáhneme lepších pooperačních výsledků s kalkulační metodou aproximující vliv zadní plochy optické mohutnosti rohovky v porovnání s alternativní metodou kalkulace za dosazení celkové (totální) mohutnosti rohovky.“

Na základě provedené studie bylo paradoxně zjištěno, že kalkulace Barrett Toric s aproximací zadního zakřivení rohovky dosahuje lepších výsledků při výpočtech implantované TIOL než vektorová kalkulace Holladay, která kalkuluje s reálnou totální keratometrií zahrnující zadní plochu rohovky. Předpokladem je, že má pacient standartní parametry oka bez patologií nebo je po laserové úpravě rohovky. Pak by bylo vhodné použít Barrettem doporučenou formuli Barrett True K Toric Formula. To nebylo předmětem této studie, ale možná vhodným námětem k dalšímu studiu této problematiky.

5. Literatura

- [1] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu. Praha: Maxdorf, [2018]. Jessenius. ISBN 9788073455804.
- [2] KASCHKE, Michael, Karl-Heinz DONNERHACKE a Michael Stefan RILL. Optical devices in ophthalmology and optometry: technology, design principles, and clinical applications. Weinheim: Wiley-VCH, c2014. ISBN 9783527410682.
- [3] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 9788024750798.
- [4] ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Praha: Galén, c2006. ISBN 8072624040.
- [5] Trendy soudobé oftalmologie. Praha: Galén, 2000. ISBN 8072624059.
- [6] BENEŠ, Pavel. Přístroje pro optometrii a oftalmologii. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 9788070135778.
- [7] HASEGAWA, Asato, Takashi KOJIMA, Mana YAMAMOTO, Yukihito KATO, Akeno TAMAOKI a Kazuo ICHIKAWA. Impact of the anterior-posterior corneal radius ratio on intraocular lens power calculation errors. Clinical Ophthalmology [online]. 2018, 12, 1549-1558 [cit. 2019-11-19]. DOI: 10.2147/OPHTH.S161464. ISSN 1177-5483. Dostupné z: <https://www.dovepress.com/impact-of-the-anterior-posterior-corneal-radius-ratio-on-intraocular-l-peer-reviewed-article-OPHTH>
- [8] TANG, Maolong, Alex CHEN, Yan LI a David HUANG. Corneal power measurement with Fourier-domain optical coherence tomography. Journal of Cataract & Refractive Surgery [online]. 2010, 36(12), 2115-2122 [cit. 2019-11-19]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.07.018. ISSN 08863350. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335010013805>
- [9] MOHAMMADI, Seyed-Farzad, Masoud KHORRAMI-NEJAD a Moein HAMIDIRAD. Posterior corneal astigmatism: a review article. Clinical Optometry [online]. 2019, 11, 85-96 [cit. 2019-11-19]. DOI: 10.2147/OPTO.S210721. ISSN 1179-2752. Dostupné z: <https://www.dovepress.com/posterior-corneal-astigmatism-a-review-article-peer-reviewed-article-OPTO>
- [10] EFRON, Nathan, ed. Contact lens practice. Third edition. Edinburgh: Elsevier, 2018. ISBN 978-0-7020-6660-3.
- [11] Lenstar LS 900 [online]. [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: [TMhttps://www.doctor-hill.com/physicians/docs/Lenstar-User-Manual.pdf](https://www.doctor-hill.com/physicians/docs/Lenstar-User-Manual.pdf)
- [12] ABULAFIA, Adi, Douglas D. KOCH, Li WANG, Warren E. HILL, Ehud I. ASSIA, Maria FRANCHINA a Graham D. BARRETT. New regression formula for toric intraocular lens calculations. Journal of Cataract & Refractive Surgery [online]. 2016, 42(5), 663-671 [cit. 2019-11-20]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.02.038. ISSN 08863350. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335016300633>
- [13] FERREIRA, Tiago B., Paulo RIBEIRO, Filomena J. RIBEIRO a João G. O'NEILL. Comparison of astigmatic prediction errors associated with new calculation methods for toric intraocular lenses. Journal of Cataract & Refractive Surgery [online]. 2017, 43(3), 340-347 [cit. 2019-11-20]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.12.031. ISSN 08863350. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335017301098>
- [14] KANE, Jack X., Anton VAN HEERDEN, Alp ATIK a Constantinos PETSOGLU. Intraocular lens power formula accuracy: Comparison of 7 formulas. Journal of Cataract & Refractive Surgery [online]. 2016, 42(10), 1490-1500 [cit. 2019-11-20]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.07.021. ISSN 08863350. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335016303066>

- [15] ABULAFIA, Adi, Douglas D. KOCH, Li WANG, Warren E. HILL, Ehud I. ASSIA, Maria FRANCHINA a Graham D. BARRETT. New regression formula for toric intraocular lens calculations. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2016, 42(5), 663-671 [cit. 2019-12-13]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.02.038. ISSN 08863350. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335016300633>
- [16] KOCH, Douglas D., Richard B. JENKINS, Mitchell P. WEIKERT, Elizabeth YEU a Li WANG. Correcting astigmatism with toric intraocular lenses: Effect of posterior corneal astigmatism. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2013, 39(12), 1803-1809 [cit. 2019-12-09]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.06.027. ISSN 08863350. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335013012868>
- [17] GOGGIN, Michael, Katherine ZAMORA-ALEJO, Adrian ESTERMAN a Lourens VAN ZYL. Adjustment of Anterior Corneal Astigmatism Values to Incorporate the Likely Effect of Posterior Corneal Curvature for Toric Intraocular Lens Calculation. *Journal of Refractive Surgery* [online]. 2015, 31(2), 98-102 [cit. 2019-12-09]. DOI: 10.3928/1081597X-20150122-04. ISSN 1081-597X. Dostupné z: <http://www.healio.com/doiresolver?doi=10.3928/1081597X-20150122-04>
- [18] Asia-Pacific Association of Cataract and Refractive Surgeons [online]. [cit.2019-12-18]. Dostupné z: <http://assort.com/assort-toric-iol-calculator> <https://www.apacrs.org/disclaimer.asp?info=3>
- [19] The Barrett IOL Calculation Suite and the Aladdin Biometer [online]. [cit. 2019-12-16]. Dostupné z: https://www.topconmedical.eu/files/EU_Downloads/Products/Aladdin/The_Barrett_IOL_Calculation_article_Barrett_MD_1117.pdf
- [20] ASSORT Toric IOL Calculator. ASSORT [online]. [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <http://assort.com/assort-toric-iol-calculator>
- [21] SKRZYPECKI, Janusz, Menka SANGHVI PATEL a Leejee H. SUH. Performance of the Barrett Toric Calculator with and without measurements of posterior corneal curvature. *Eye* [online]. 2019, 33(11), 1762-1767 [cit. 2019-11-19]. DOI: 10.1038/s41433-019-0489-9. ISSN 0950-222X. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/s41433-019-0489-9>
- [22] Barrett Rx Formula-outcome[online]. [cit.2020-12-18]. Dostupné z:http://calc.apacrs.org/barrett_rx105/
- [23] ALPINS, Noel. Astigmatism analysis by the Alpíns method. *Journal of Cataract*. 2001, 27(1), 31-49. DOI: 10.1016/S0886-3350(00)00798-7. ISSN 08863350. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335000007987>

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Martinu Fůsovi, pod jehož vedením jsem práci psala a mé konzultantce doc. MUDr. Šárce Pitrové CSc., FEBO, Ing. Janě Svačinkové za cenné rady.

Změny polohy nitrooční čočky indukované Nd:YAG kapsulotomií

M. Králíčková¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítňá 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: mkralickova@email.cz

Abstrakt. Opacifikace zadního pouzdra (posterior capsular opacification - PCO) neboli sekundární katarakta je jednou z nejčastějších pooperačních komplikací katarakty. Při sekundární kataraktě dochází ke zkalení zadního pouzdra čočky, protože mezi zadní pouzdro a nitrooční čočku se ukládají proteinové částice. K odstranění PCO se nejčastěji používá Nd:YAG laserová kapsulotomie. Principem zákroku je vytvoření otvoru v zadním pouzdře, které významně zlepšuje vidění pacienta. Při zákroku může docházet ke změně tenze kapsulárního vaku a tím mohou být navozeny změny nitrooční čočky, které mohou mít negativní vliv na zrakovou ostrost pacienta. Mezi tyto změny patří zejména: náklon, axiální posun a decentrace. Pro diagnostiku těchto změn byl použit OCT Avanti, optický biometr Lenstar LS900 a virtuální systém Verion. Po diagnostice změn bylo zjištěno, že vlivem Nd:YAG kapsulotomie byly navozeny změny polohy nitrooční čočky, které ale nebyly statisticky významné a nebyla nalezena korelace mezi biometrickými parametry oka.

1. Úvod

Opacifikace zadního pouzdra (posterior capsular opacification - PCO) neboli sekundární katarakta je jednou z nejčastějších pooperačních komplikací katarakty. Sekundární katarakta je druhotné zkalení zadního pouzdra čočky, které je ponecháno v oku při operaci katarakty. Při sekundární kataraktě se mezi zadní pouzdro a nitrooční čočku ukládají proteinové částice. PCO způsobuje snížení jeho transparency. PCO je zánětlivá reakce způsobena implantací IOL, na kterou organismus reaguje jako na cizí těleso. Výskyt PCO může také záviset na typu vybrané nitrooční čočky a zda se na pouzdru nenacházejí zbytky odoperované čočky. Podle zkalení zadního pouzdra rozeznáváme dva typy PCO: proliferaci a fibrózní (viz Obrázek 1.). U pokročilejších PCO se nejčastěji objevují určité symptomy jako je snížení zrakové ostrosti, snížení kontrastní citlivosti, oslnění nebo odlesky od světél a monokulární diplopie. Ke vzniku PCO dochází přibližně u 1/3 pacientů. Vzhledem k poměrně velkému výskytu je tato problematika důležitá, protože pacientům se výrazně snižuje zraková ostrost [1-5].



Obrázek 1. Opacifikace zadního pouzdra – proliferaci (vlevo) a fibrózní forma (vpravo) [1]

Odstranění opacifikace zadního pouzdra je nejčastěji prováděno za pomoci Nd:YAG laseru, který pracuje na principu fotodisrupce. Při Nd:YAG kapsulotomii je vytvořen otvor v zadním pouzdru ve vizuální ose (viz Obrázek 2.) a tím se zlepší zraková ostrost. Nd:YAG laser ionizuje plazmu

a pomocí disrupce vytvoří otvor v zadním pouzdře. Zadní laserová kapsulotomie se provádí u pacientů několik měsíců nebo let po operaci primární katarakty [6-8].



Obrázek 2. Zadní laserová kapsulotomie [7]

Nd:YAG kapsulotomie se provádí při rozšířené pupile za pomoci mydriatik. Při prvním výboji se obvykle používá nízký stupeň energie, který je orientován mimo optickou osu oka. energii může být zvýšena již po prvním pulzu, jestliže se podaří porušit zadní pouzdro. Zadní pouzdro je zničeno křížovou metodou nebo použijeme kruhovou metodu, při které se vytvoří kulaté víčko, přehne dolů a tím necloní v optické ose. Pokud je víčko odříznuté zcela, tak nastává problém s pohybem víčka ve sklivci. Nevýhodou křížové metody je možné poškození IOL, které ale nemá vliv na zrakovou ostrost. Ke zdařilému zákroku je běžně potřeba 30 až 50 pulzů [9].

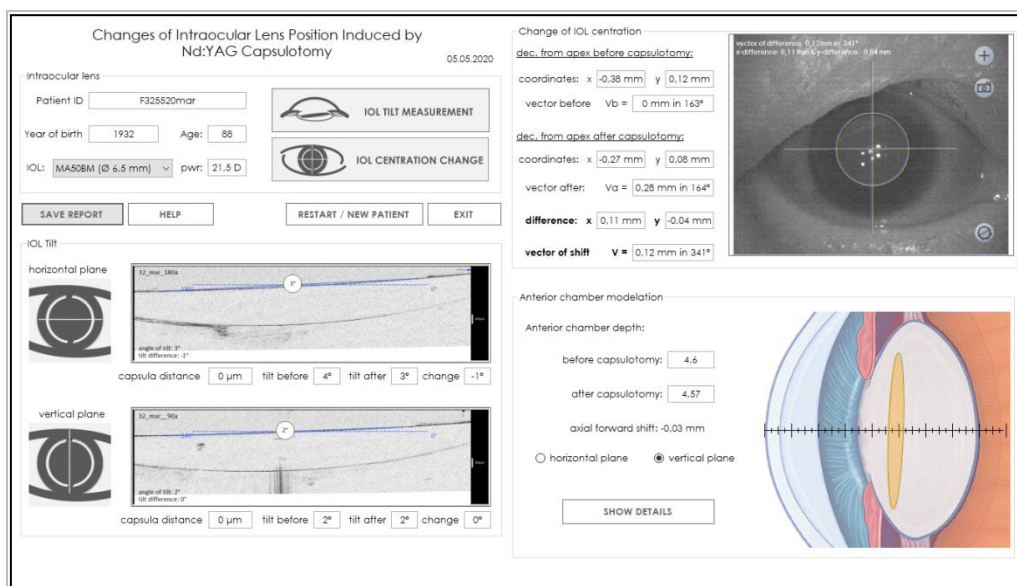
Při zadní laserové kapsulotomii dochází ke změně tenze kapsulárního vaku, čímž se může změnit poloha nitrooční čočky. Důležitý pro diagnostiku je zejména náklon, axiální posun a decentrace. Tyto změny mají negativní vliv na zrakovou ostrost.

2. Experiment

2.1. Metodologie

Data používaná v experimentální části jsou převzata z programu vytvořeného Ing. Martin Fůsem a jsou poskytnuta pracovištěm Oční kliniky JL Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze. Data o pacientech jsou nasbírána v období od prosince 2019 do března 2020 a tvoří je celkem 35 očí od 28 pacientů. Vzorek pacientů obsahuje 15 levých očí a 20 pravých očí. Zahrnuty jsou pouze zdravé oči bez dalších patologií (glaukom a sítnicové změny) nebo jiných operací. Všichni pacienti mají v oku implantovanou hydrofobní akrylátovou nitrooční čočku. U pacientů se vyskytovaly tyto modely nitroočních čoček: MA50BM (nejvíce zastoupena), SN60WF, MI60, SA60AT, SN6ATx, AcriTec, enVista, Aspira a u třech pacientů nebylo možné IOL identifikovat.

Principem programu pro hodnocení změn polohy nitrooční čočky, který byl použit při experimentální části, je nahrání snímku před a po zákroku. Je nutné označit určité parametry a program následně vyhodnotí změny a vykreslí je do jednoho obrázku. Závěrem se zobrazí finální formulář (viz Obrázek 3.), ve kterém jsou přehledně znázorněny údaje, jako je náklon, axiální posun a decentrace.



Obrázek 3. Ukázka finálního vyhodnocení změn programem

3. Výsledky

Experimentální část je nejprve zaměřena na průměrné změny hodnot před a po zákroku. Průměrné změny před a po zákroku jsou uvedeny v tabulce 1. Zahrnují změnu axiální délky oka AL, hloubky přední komory ACD, centrace v ose X a Y a náklon v horizontální a vertikální rovině.

Tabulka 1. Průměrné změny hodnot před a po zákroku

	Průměrné hodnoty	Průměr v abs. hodnotě
ΔAL	0,03	0,01
ΔACD	-0,016	0,111
Δ centrace v ose X	0,002	0,065
Δ centrace v ose Y	-0,027	0,048
Δ Náklon 180°	0,114	0,515
Δ Náklon 90°	-0,143	0,257

Hodnoty jednotlivých změn jsou velice nízké. Nejnižší hodnoty vycházejí u změn centrace a ACD, změna AL byla hodnocena pouze jako kontrola správnosti přepočtu dle indexu lomu IOL. O trochu vyšší jsou hodnoty náklonu.

Tabulka 2. pak vyjadřuje závislost mezi jednotlivými hodnotami před a po zákroku.

Tabulka 2. Závislost hodnot před a po zákroku

	p-hodnoty
ACD	0,442
AL	0,469
Centrace v ose X	0,487
Centrace v ose Y	0,246
Náklon 180°	0,402
Náklon 90°	0,494

V tabulce se vyskytují podobné hodnoty v rozmezí od 0,402 pro náklon v horizontální rovině do 0,494 pro náklon ve vertikální rovině. Od těchto hodnot se liší jen hodnota 0,246 pro centraci v ose Y. Poslední tabulka udává závislost změn IOL na biometrických a statistických údajích. Jednotlivé změny jsou porovnávány s AL, WTW, K, tloušťkou rohovky CCT, optická mohutnost IOL PWR a počtem měsíců od operace katarakty. Údaje jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3. Lineární závislost změn IOL na biometrických a statistických údajích

	AL	WTW	K	CCT	PWR	Počet měsíců od operace katarakty
Δ ACD	-0,251	0,082	0,067	-0,060	0,269	-0,033
Δ centrace v ose X	-0,055	-0,280	-0,076	-0,029	-0,017	-0,320
Δ centrace v ose Y	-0,311	0,008	0,172	-0,155	0,022	-0,318
Δ Náklon 180°	-0,207	0,349	-0,289	-0,036	0,299	0,151
Δ Náklon 90°	0,033	0,014	-0,020	-0,060	0,233	0,287

V tabulce jsou obsaženy kladné i záporné korelace. Významnější slabé hodnoty korelace jsou pro Δ ACD a AL (-0,251) a Δ ACD a PWR (0,269). Pro změny centrace v ose X jsou nalezeny slabé korelace s WTW (-0,280) a počtem měsíců od operace katarakty (-0,320). U změny centrace v ose Y se slabé korelace nacházely ve vztahu s AL (-0,311) a také počtem měsíců od operace katarakty (-0,318). Slabé korelace se vyskytovaly pro změnu náklonu v horizontální rovině s AL (0,207), WTW (0,349) a PWR (0,299). Slabá korelace byla indikována také pro náklon ve vertikální rovině s počtem měsíců od operace katarakty 0,287. Nejvýznamnější korelace se tedy vyskytovaly pro změny s AL a počtem měsíců od operace, dále také WTW a PWR. Ostatní korelace zaznamenané v tabulce jsou velmi slabé až nevýznamné.

4. Diskuze

Změny hloubky přední komory a centrace po zákroku byly velmi nízké. Ze změny hloubky přední komory se může odvodit, že se čočka posouvala spíše směrem k sítnici a to v 74 %, i když tato změna byla jen malá. Průměrné změny hodnot náklonu byly trochu vyšší než předchozí, u náklonu v horizontální rovině byla změna 0,114 a u náklonu ve vertikální rovině byla změna -0,143 (změny hloubky přední komory, centrace a náklonu jsou uvedeny i pro absolutní hodnoty).

Při porovnání signifikantností hodnot AL, ACD, centrace a náklonu před a po zákroku, bylo zjištěno, že p-hodnoty byly výrazně vyšší než hladina statistické významnosti ($p > 0,05$), tudíž byla potvrzena hypotéza o shodnosti hodnot, mezi kterými není statisticky významný rozdíl.

Nejdůležitější v mé práci byla závislost změn nitrooční čočky na biometrických a statistických údajích. Přesto se ukázalo, že závislost je jen slabá nebo dokonce nevýznamná. Nejvýznamnější korelace se vyskytuje u WTW (0,349) porovnávaného se změnou náklonu v horizontální rovině, je to tedy slabě závislá korelace. Naopak nejnižší korelace je taktéž u WTW (0,014), ale porovnávaného s náklonem ve vertikální rovině a je velmi slabou korelací.

5. Závěr

V experimentální části byly vyhodnoceny změny polohy nitrooční čočky. K dispozici jsem měla vzorek 35 očí a případná korelace mezi změnami nitrooční čočky s biometrickými parametry nebyla shledána. Korelace tohoto vzorku byly velmi slabé nebo nevýznamné. Změny po zákroku Nd:YAG laserem nastaly, ale byly malé. Bylo potvrzeno, že vlivem Nd:YAG kapsulotomie dochází ke změně kapsulárního vaku, a tudíž k indukci změn polohy nitrooční čočky, ačkoli tyto změny nejsou statisticky významné.

6. Reference

- [1] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [2] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-726-2404-0.
- [3] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. Praha: Maxdorf, [2018]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-580-4.
- [4] ČELEDOVÁ, Libuše a Rostislav ČEVELA. *Člověk ve zdraví i v nemoci: podpora zdraví a prevence nemocí ve stáří*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2017. ISBN 978-80-246-3828-7.
- [5] NIBOURG, Lisanne M., Edith GELENS, Roel KUIJER, Johanna M.M. HOOYMANS, Theo G. VAN KOOTEN a Steven A. KOOPMANS. Prevention of posterior capsular opacification. *Experimental Eye Research*. 2015, **136**, 100-115. DOI: 10.1016/j.exer.2015.03.011. ISSN 00144835. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0014483515000937>
- [6] ALAM, Mohammad. ND: YAG LASER. *The Professional Medical Journal*. 2018, **25**(12), 1848-1851. DOI: 10.29309/TPMJ/18.4743. ISSN 2071-7733. Dostupné také z: <http://www.theprofesional.com/index.php/tpmj/article/view/2205>
- [7] KASCHKE, Michael, Karl-Heinz DONNERHACHE a Michael Stefan RILL. *Optical devices in ophthalmology and optometry: technology, design principles, and clinical applications*. Weinheim: Wiley-VCH, c2014. ISBN 978-352-7410-682.
- [8] ALIMANOVIĆ HALILOVIĆ, Emina. Clinical Application of Photodisruptors in Ophthalmology. *Ocular Diseases*. 2012. DOI: 10.5772/48625.
- [9] JELÍNKOVÁ, Helena. *Lasers for medical applications: diagnostics, therapy, and surgery*. Philadelphia: WP/Woodhead Publishing, 2013. ISBN 978-085-7092-373.

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé práce Ing. Martinu Fůsovi, který mi se vši ochotou vždy poskytl potřebné rady a nápady na zlepšení. Poděkování patří i konzultantce doc. MUDr. Šárce Pitrové, CSc., která mi byla nápomocna při výběru tématu.

Dále bych ráda poděkovala Oční klinice JL Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze, která mi poskytla data k praktické části mé práce.

Likvidace a možnosti recyklace odpadů při výrobě, distribuci a používání kontaktních čoček

N. Šofrová¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítňá 3105, Kladno, 272 01 Česká republika

Email: sofronat@fbmi.cvut.cz

Abstrakt. Práce se zabývá problematikou třídění a recyklace odpadů vznikajících v souvislosti s nošením kontaktních čoček. Vzhledem k tomu, že řada distribučních obalů může být tříděna v rámci běžně zavedených systémů (kontejnery na papír, plast), zužuje se problematika na odpadové hospodářství s použitými kontaktními čočkami a blistrovými obaly (plastové nádobka, hliníkové víčko). Bylo spočteno minimální množství tohoto odpadu vzniklého v České republice za rok. Pomocí dotazníkového šetření byla zjištěna ochota klientů i optik zapojit se do jeho třídění. Byl navržen systém odpadového hospodářství na pracovišti zabývajícím se aplikací kontaktních čoček.

1. Úvod

Kontaktní čočky patří k moderním optickým pomůckám, jejichž prvotním cílem je korekce refrakčních vad. Jejich typickým znakem, zmiňovaným už ve vlastním názvu, je přímý kontakt s rohovkou. Kromě korekční varianty mohou být aplikovány i jako terapeutické nebo kosmetické čočky. Materiály, ze kterých se kontaktní čočky vyrábí, jsou od čtyřicátých let 20. století síťované polymery [1], což znamená, že výsledný produkt je stabilní, nerozpustný a tedy i obtížně recyklovatelný. [2,3] Po použití jsou čočky zpravidla vyhazovány do běžného komunálního odpadu. Množství odpadu vzniklého čteným využíváním kontaktních čoček rapidně narůstá. Dalším zdrojem odpadu jsou obaly související s nutnými prostředky péče o kontaktní čočky (obaly pro roztoky, patientská pouzdra apod.). Z tohoto úhlu pohledu sice průmysl kontaktních čoček stále nepatří k významným producentům odpadů, avšak jeho množství přestává být zanedbatelné. Z hlediska materiálu a případného třídění odpadu se pak jedná o kombinaci plastového, papírového, chemického a do jisté míry i biologického odpadu.

2. Praktická část

Pro představu problematiky bylo vypočteno přibližné množství takto získaného materiálu v České republice za jeden rok, kterého by se recyklace týkala.

Recyklace byla zaměřena na dva druhy respondentů. Pomocí dotazníků byly první tázanou skupinou nositelé kontaktních čoček. Respondenti byli dotazováni, zda jsou ochotni skladovat a následně dopravovat použitý materiál zpět do optik. Do druhé skupiny byly zařazeny optiky, u kterých byl proveden návrh k vytvoření sběrných boxů. Tyto boxy by poté sloužily ke shromažďování využitého odpadu, který by byl následně dopraven zpět výrobcí nebo recyklačním zařízením. Finanční odměna (získaná sleva na nákup dalších potřeb) by následně mohla sloužit jako motivace pro cílenou recyklaci.

V další části se zabývám organizací realizovatelností těchto postupů.

2.1 Odhad množství odpadu vzniklého v souvislosti s nošením kontaktních čoček v České republice

Vypočetla jsem přibližné množství odpadu vzniklého v souvislosti s nošením kontaktních čoček v České republice. Výpočet zohledňuje pouze měsíční kontaktní čočky, neboť právě tento interval výměny čoček za nové je nejčastěji používán. Zároveň předpokládám, že nositel bude používat vždy celý pár čoček. Výpočet se nebude týkat klientů, kteří kombinují nošení brýlí a čoček, ani sportovců, kteří nosí čočky pouze na sport. [4] Hmotnosti čoček v suchém stavu i součástí blistru jsou orientační, zejména u čoček se budou lišit, a to v závislosti na optické mohutnosti. Ve výpočtu použité hodnoty jsem zjistila vážením na dostupných vahách s přesností 0,01g. Přesnější váhy jsem v souvislosti s opatřeními zavedenými ke snížení šíření nákazy COVID-19 neměla k dispozici. Avšak pro předběžný odhad je tato přesnost dostačující.

Tabulka 1. Odhad množství odpadu

Parametr	Množství
Počet obyvatel ČR (údaj z roku 2019)	10 650 000
Nositelé kontaktních čoček	426 000 (4 %)
Měsíční kontaktní čočky (sada blistr + čočka)	10 224 000 sad/rok
Hmotnost čočky v suchém stavu	0,1 g
Hmotnost plastové části blistru	2,1 g
Hmotnost hliníkové fólie	0,4 g
Roční množství odpadu celkem	26 582 kg

2.2 Vlastní návrh odpadového hospodářství v kontaktologické praxi

V kontaktologické praxi považujeme za odpad kartony z balení kontaktních čoček a roztoků, nádoby na roztoky, plastové i hliníkové komponenty blistrů i samotné kontaktní čočky.

Nádoby na roztoky spolu s kartony jsou snadno tříditelné. V prvním případě se jedná o polyethylen, který patří do žlutých kontejnerů na tříděný odpad, a kartony pak do modrých. Jiná situace nastává u blistrů, zejména jejich hliníkových částí a u kontaktních čoček, pro které žádný současný systém třídění není vhodný. Tyto materiály dosud směřují do směsného odpadu, což přispívá ke zvětšení množství odpadu na skládkách. Pokud by však byl do praxe uveden systém třídění v optikách, kde by došlo k soustředění většího množství několika konkrétních druhů odpadů, bylo by je možné dopravit do specializovaných recyklačních firem. Tam by, před vlastním zpracováním, nejprve prošly čištěním. Plastové komponenty blistrů by byly roztaveny a mohly by z nich být vyrobeny nové recyklované produkty, například ploty, palety, kontejnery, lavičky a další.

Kovové vrstvy blistrových obalů by se recyklovaly odděleně. Jde o hliník, který je známý svými unikátními recyklačními vlastnostmi. Jeho kvality i po recyklaci nejsou snižovány, takže může být využit opakovaně. Znovuzpracování je energeticky velmi výhodné, protože při pouhém přetavení hliníku se ušetří až 95 % energie, [5] která je třeba k vyrobení primárního produktu z hliníkové rudy. Vzhledem k této skutečnosti jsou možnosti dalšího využití hliníku, jako výrobního materiálu velmi široké. Jediným omezením je propojení systému s některým z podniků, který dokáže recyklovat i tenké hliníkové fólie. Takové firmy však existují a jsou uvedeny v teoretické části práce.

Kontaktní čočky bohužel recyklovat nelze, protože jsou vyrobeny ze síťovaných polymerů [1], což znamená, že jde o velmi stabilní, nerozpustný, a tedy i obtížně recyklovatelný produkt. V případě kontaktních čoček jde zároveň o biologický odpad, který byl kontaminován nositelem. Přesto i u nich se lze zamyslet nad dalším využitím. Například vysušit tento odpad při teplotách blízkých teplotě varu vody, čímž by byl zároveň alespoň částečně dekontaminován, následně odpad v suchém stavu rozdrtit na částičky o velikosti milimetrů nebo menší a použít v technických aplikacích spojených s požadavkem zadržení vody, například mulčovací kůra, půdní závlahové systémy, kořenové baly sadebních stromků, absorbéry vlhkosti v uzavřených prostorech, v případě úplné dekontaminace i jako příměs absorpčních vrstev inkontinenčních [15] a hygienických pomůcek.

2.3 Systém třídění odpadu vzniklého v souvislosti s nošením kontaktních čoček

Systém třídění jsem navrhla na základě zkušeností v prodejně optiky. Schématická znázornění současného nakládání s odpadem, ochoty nositelů KČ skladovat odpad z kontaktologické praxe a motivace nositelů KČ třídít tento odpad ukazuje vysoké procento ekologické odpovědnosti respondentů.

Návrh spočívá ve shromažďování použitých kontaktních čoček, a jednotlivých součástí blistrů (plastová vanička a krycí fólie, které bychom umísťovali do třídících boxů (parametry a vzhled boxů je popsán dále). Odpad není potřeba nějak speciálně čistit, pokud není hliníková fólie opatřena potiskem s parametry čočky, ale tyto údaje jsou uvedené na samolepce, stačí tuto samolepku odstranit a z blistrů vylít co nejvíce zbytkového roztoku. Třídící boxy by byly umístěny ve spolupracujících optikách a zodpovědní nositelé by mohli odpad spojený s nošením kontaktních čoček nosit přímo do své optiky, nejlépe cestou na další kontrolu či pro nákup dalších čoček. Vzhledem k tomu, že podle obecného povědomí až 70 % kontaktních čoček klienti nakupují pomocí e-shopů, bylo by užitečné

zapojit do systému i tyto internetové prodejce. Využít jejich informačních kanálů k osvětě a edukaci klientů, k rozšíření povědomí o třídění a recyklaci odpadu z kontaktologické praxe. Kamenné optiky a výdejní sklady spojené s každým z e-shopů vybavit sběrnými boxy a kurýrní službu, která čočky dováží ke koncovému spotřebiteli, pověřit i výběrem použitého materiálu.

3. Diskuze výsledků

Pro dosažení zadaného cíle jsem se nejprve zabývala přibližným výpočtem množství vyprodukovaného odpadu nositeli kontaktních čoček během jednoho roku. Tento výpočet bohužel představuje jen velmi hrubý odhad, neboť faktorů, které do něj vstupují je mnoho a je obtížné všechny při výpočtu zohlednit. Při výpočtu jsem pracovala pouze s variantou používání měsíčních kontaktních čoček, nezohlednila jsem nositele čoček, kteří je používají nepravidelně atp. Výpočet se zároveň opírá o některé statistické údaje, jejichž validitu nebylo možné ověřit, protože příslušná čísla nejsou publikována. Orientační, byť rychlým experimentem ověřené, jsou i hodnoty hmotností jednotlivých složek odpadu z kontaktologické praxe. Přesto se domnívám, že i tento hrubý odhad je možné považovat za dostatečně kvalifikovaný a jeho výsledek dává jasnou představu o tom, že celková produkce odpadů spojených s nošením kontaktních čoček není zanedbatelná. Přitom se zaměřuje pouze na komponenty, které se běžnému třídění odpadu vymykají. Předpokládá, že ostatní použité zboží a obaly, které s nošením čoček souvisí, se staly předměty třídění a recyklace v rámci již zavedených obecných postupů. Jsou to již zmiňované kartony – papírové krabičky, v nichž jsou distribuovány blistry s čočkami, papírové obaly prostředků péče o kontaktní čočky, samotné lahve na roztoky nebo patientská pouzdra.

Po provedení výpočtu jsem stanovila 3 hypotézy a pro zjištění, zda jsou tyto předpoklady správné, jsem sestavila dva druhy dotazníků, pro nositele kontaktních čoček a pro optiky, abych problematiku třídění odpadu vzniklého v souvislosti s nošením kontaktních čoček a ochotu k němu mohla posoudit z protikladných úhlů pohledu.

O vyplnění dotazníku pro nositele čoček jsem požádala 100 probandů, a to při jejich návštěvě optiky, kde v současné době pracuji. Z tohoto počtu bylo 81 nositelů ochotno dotazník vyplnit, 13 mužů a 68 žen. Z vlastní zkušenosti mohu potvrdit, že přibližně 75 % zákazníků v kontaktologické praxi jsou ženy. Hlavní příčiny spatřuji jednak v jejich vyšší motivaci – větší péči o vzhled, jednak v lepší schopnosti manipulace s čočkami. Muži volí variantu používání čoček, nejčastěji pro sportovní účely. Dále jsem rozeslala dotazník do 50 prodejen optiky, ale zpět jsem a obdržela pouze 17 vyplněných dotazníků. Tento fakt je nutné zohlednit při úvahách o relevanci výsledků pro skutečnost.

Ochotu třídit odpad vyjádřilo 100 % respondentů, s umístěním třídících boxů souhlasilo „pouze“ 71 %. Obě tato čísla mi připadají relativně vysoká a ukazují na vysokou míru ekologické zodpovědnosti. Umístění sběrných boxů už představuje konkrétní opatření, tedy byť drobnou, přesto komplikaci. Tím lze vysvětlit onen pokles na 71 %, přestože i zde šlo pouze o vyjádření ochoty, nikoliv o vlastní realizaci. Takže je třeba připustit, že skutečnost bude mnohem méně optimistická. To znamená, že by byla zapotřebí vyšší motivace pro optiky, aby došlo ke zvýšení reálného zájmu o třídění i ochoty umístit v optice třídící box. Navíc je třeba si uvědomit, že původní odhad množství odpadu vznikajícího v souvislosti s nošením kontaktních čoček vychází z faktu, že všechny čočky jsou distribuovány pouze prostřednictvím provozoven očních optik. Realita je však významně jiná. Již dříve jsem v práci uvedla, že zhruba 70 % prodeje kontaktních čoček je realizováno prostřednictvím e-shopů, takže pro skutečně účinné třídění a recyklaci kontaktologického odpadu je třeba zainteresovat i internetové prodejce. Pokud by se to podařilo, šlo by o velmi významný počín jak z hlediska informovanosti a edukace koncových spotřebitelů, tak i vlastního odpadového hospodářství. Určitá šance je v aktuálnosti trendu a stím související možnosti, že tento trend uchopí jak moderní společnosti na trhu s čočkami, tak i sami klienti, neboť mám více signálů, že se klienti o třídění a recyklaci odpadů kontaktních čoček a jejich obalů zajímají.

4. Závěr

Vypočítala jsem přibližné množství odpadu z kontaktologické praxe v České Republice za rok. Z řady zjednodušujících předpokladů jsem dospěla k výsledku minimálně 26 582 kg. Domnívám se, že i tento hrubý odhad je možné považovat za dostatečně kvalifikovaný a jeho výsledek dává jasnou představu o tom, že celková produkce odpadů spojených s nošením kontaktních čoček není zanedbatelná.

Připravila jsem dotazníkové šetření pro nositele kontaktních čoček a provozovny optik. Zjeho

vyhodnocení vyplynula ochota třídít a recyklovat odpady vzniklé v souvislosti s nošením kontaktních čoček.

Vytvořila jsem návrh organizace nakládání s odpady vznikajícími v kontaktologické praxi přímo v optikách. Pro minimalizaci uhlíkové stopy třídění a recyklace těchto odpadů je nezbytné zapojit se v co nejvyšší míře do již existujících systémů třídění a sběru odpadů.

Věřím, že se tato práce stane malým příspěvkem k řešení problému znečištění životního prostředí, příspěvkem k problematice odpadů v kontaktologii. Doufám, že poskytne, když ne návod, tak alespoň zdroj užitečných informací pro všechny zúčastněné v oboru, komu není problematika vzniku, dalšího zpracování a případně i využití odpadů lhostejná.

5. Seznam použité literatury

- [1] Efron, N. *Contact lens practice*; Elsevier: London, 2018.
- [2] Sulek M. *Materiály kontaktních čoček v současnosti*. Brno, 2006. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská Fakulta. Vedoucí práce MUDr. Zdeňka Mašková.
- [3] Michálek J. Přednášky z předmětu Makromolekulární chemie, ČVUT FBMI Kladno
- [4] E-mailová informace P. Langer, Alensa, s.r.o.
- [5] Recyklace hliníku. Odpady. <https://www.odpady-online.cz/recyklace-hliniku/> .

Transportní vlastnosti kontaktních čoček

B. Tota¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: totaboja@fbmi.cvut.cz

Abstrakt. V současné době se v oblasti kontaktologie klade hlavní důraz na dodržování zásad zdravého nošení kontaktních čoček a s ním spojený komfort klienta. To je výsledkem mnoha faktorů. Klíčovou roli kromě tvarových parametrů kontaktních čoček hrají rovněž parametry materiálové. Přesto, že současné moderní kontaktní čočky jsou pohodlné a některé umožňují i prodloužené nebo dokonce kontinuální nošení, stále ještě, stejně jako v blízké budoucnosti, představují a budou představovat bariéru normálního rohovkového metabolismu. O tom, jak tato bariéra bude významná, rozhodují právě transportní vlastnosti materiálů, zejména jejich schopnost transportu plynů, ale i nízkomolekulárních vodorozpustných látek a iontů.

1. Úvod

Pro výrobu kontaktních čoček se používá pestrá škála materiálů s různými vlastnostmi. Pro úspěšnou aplikaci čoček je třeba vycházet jak z tvarových, tak materiálových parametrů kontaktních čoček na trhu. Jejich dobrá znalost by měla patřit k základním předpokladům výkonu kontaktologické praxe. Materiálové parametry představuje soubor vlastností, optických (např. index lomu), botnací (rovnovážný obsah vody), mechanických (pevnost, tažnost, modul pružnosti) a transportních (propustnost pro kyslík nebo nízkomolekulární ionty).

Kontaktní čočky můžeme rozdělit podle různých úhlů pohledu. Kategorizace z hlediska materiálu patří k těm nejvýznamnějším, protože materiály přímo ovlivňují výsledné vlastnosti čoček a následný komfort nošení, podmínky péče o čočky a manipulaci s nimi. V současné době se používá zjednodušené dělení na RGP čočky, hydrogely a silikonhydrogely.

Tvrdé kontaktní čočky se vyrábějí z polymethylmethakrylátu, PMMA. Jedná se o nejodolnější čočky, které zároveň vykazují vysokou odolnost vůči usazování depozit. PMMA má vynikající optické vlastnosti, ale je nepropustný pro kyslík a jiné plyny. Jediným způsobem, jak se kyslík dostával k rohovce, bylo prostřednictvím slzné pumpy, tedy výměny slz pod čočkou při každém mrknutí. Pro usnadnění této výměny se PMMA čočky vyráběly jako korneální a zároveň byly konstruovány se zdvihem okraje. Právě díky tomu řada jejich nositelů pociťovala nepohodlí při nošení. [1]

RGP čočky jsou vylepšenou generací tvrdých kontaktních čoček. Vyrábějí se ze silikonakrylátu a fluorsilikonakrylátu. Většina GP čoček obsahuje silikonové struktury, sice s krátkými neohebnými řetězci, ale přece jen více flexibilními než původní PMMA. Silikon je dobře propustný pro kyslík, který tak může k rohovce procházet přímo čočkou, s důsledkem udržení rohovkového metabolismu na fyziologické úrovni. Ve srovnání s měkkými čočkami, RGP kontaktní čočky jsou odolnější vůči usazování různých depozitů (především bílkovinných) a obecně poskytují jasnější a ostřejší vidění. Snadněji se s nimi manipuluje a jsou méně náchylné k mechanickému poškození. Nejsou zpočátku tak pohodlné jako měkké kontaktní čočky. [1, 2]

Měkké kontaktní čočky jsou vyrobeny ze stabilních chemickými vazbami pevně pospojovaných pevných polymerních řetězců s vysokou molekulovou hmotností, které mohou absorbovat nebo vázat vodu. Řetězce jsou navíc mezi sebou vzájemně propojeny síťovacím činidlem

do trojrozměrné polymerní sítě, která je nerozpustná a v daném rozpouštědle pouze botná. Materiál je v přímém kontaktu s rohovkovým epitelem, a proto by také měl být dobře smáčivý, biokompatibilní, proteinově rezistentní, propustný pro elektrolyty a propustný pro kyslík, aby se zabránilo poškození očních tkání, zejména rohovky. Absorpce proteinů na čočkách snižuje zrakovou ostrost, činí čočku nepohodlnou a také snižuje životnost čočky. Kontaktní čočky by měly umožnit průchod takového množství kyslíku z atmosféry do rohovkových tkání, jako ho spotřebují v situaci bez čoček (alespoň 35

Barrer/cm pro otevřené oko a 125 Barrer/cm pro zavřené oko). V důsledku nedostatečného transportu kyslíku dochází k hypoxii rohovky, jejímž prvním projevem je korneální edém. [3, 4]

Hydrogelové kontaktní čočky jsou označovány jako měkké hydrofilní čočky, vyrábějí se z hydrofilních materiálů zpravidla jako sklerokorneální. Hydrofilní materiál je schopný přijmout vodu do struktury svých řetězců, takže ve zbotnalém stavu vykazuje elastické chování. Čočka je ohebná a může se přizpůsobit tvaru oka. Díky tomu jsou měkké kontaktní čočky pohodlné. Obsah vody v hydrogelovém materiálu podmiňuje řadu dalších vlastností kontaktních čoček, mezi jiným i propustnost pro kyslík a vodorozpustné ionty. Aby se zvýšil rovnovážný obsah vody v gelu a tím i propustnost pro kyslík připravují se výšeboťnavé kontaktní čočky kopolymerizací v kombinaci s různými monomery, zpravidla více hydrofilními. [5, 6, 7]

Z hlediska propustnosti pro kyslík by vrstva vody (teoreticky hydrogel s obsahem vody 100%) 0,1mm silná měla transmisibilitu cca 90×10^{-9} barrer/cm, hydrogel s obsahem vody 90% a s centrální tloušťkou 0,1mm by měl mít transmisibilitu 60×10^{-9} barrer/cm. Ta stále není dostatečná, aby zabránila hypoxii rohovky při přespání klienta v nasazených kontaktních čočkách přes noc. Taková čočka by musela mít maximální tloušťku 0,06 mm, což je nereálné z výrobního hlediska, zejména pro vyšší hodnoty dioptrií. Navíc, s rostoucím obsahem vody a snižováním středové tloušťky čoček hrozí ve vyšší míře jejich osychání. Dále, s rostoucím obsahem vody v materiálu se snižuje jeho index lomu a k dosažení stejných dioptrických hodnot je třeba volit při konstrukci čočky větší rozdíl v zakřivení optických ploch, což opět vede ke zvýšení tloušťkového profilu čočky a poklesu transmisibility. Kvůli těmto omezením třeba hledat materiály s vyšší afinitou pro kyslík než představuje jeho rozpustnost ve vodě. Takovými materiály, které jsou zároveň zdravotně nezávadné a známé i z jiných medicínálních aplikací, jsou silikony. Vysoká propustnost polysiloxanových řetězců pro plyny je dlouhodobě známá. Dlouhé polysiloxanové řetězce se používaly pro měkké hydrofobní čočky ze silikonových elastomerů a krátké methakryloylované řetězce v RGP čočkách. [8, 9, 10]

Silikonhydrogely představují jakési hybridní materiály, které mají vhodně propojenou dvoufázovou strukturu, hydrofilní (tvořenou hydrogely), zodpovědnou za transport vodorozpustných látek a iontů a hydrofobní (tvořenou silikonovými řetězci), zodpovědnou za propustnost pro plyny, zejména kyslík.

Silikonhydrogely mají podobnou strukturu s materiály hydrogelových čoček: jedná se rovněž o polymerní síť schopné přijímat do struktury svých řetězců určité množství vody. Tato schopnost je závislá na konkrétním složení (ko)polymeru a stupni jeho zesíťování. Liší se v chemickém složení, neboť silikonhydrogel obsahují i řetězce s typickými polysiloxanovými jednotkami Si–O–Si. Kombinují tedy vhodným způsobem silikonové řetězce s řetězci hydrofilních polymerů používaných v běžných hydrogelech. Vazba mezi křemíkem a kyslíkem je volně otáčivá, a to v každé Si–O–Si jednotce, takže mluvíme o segmentální otáčivosti. Čím víc segmentů je propojeno, tím víc různých pozic mohou jednotlivé řetězce zaujmout. Krátké substituované řetězce (jako např. v TRIS struktuře) mají omezený počet stupňů volnosti a jsou tedy tuhé. Čím jsou polysiloxanové řetězce delší, tím je výsledný materiál flexibilnější a může nabývat nižších hodnot modulu pružnosti. [11, 12]

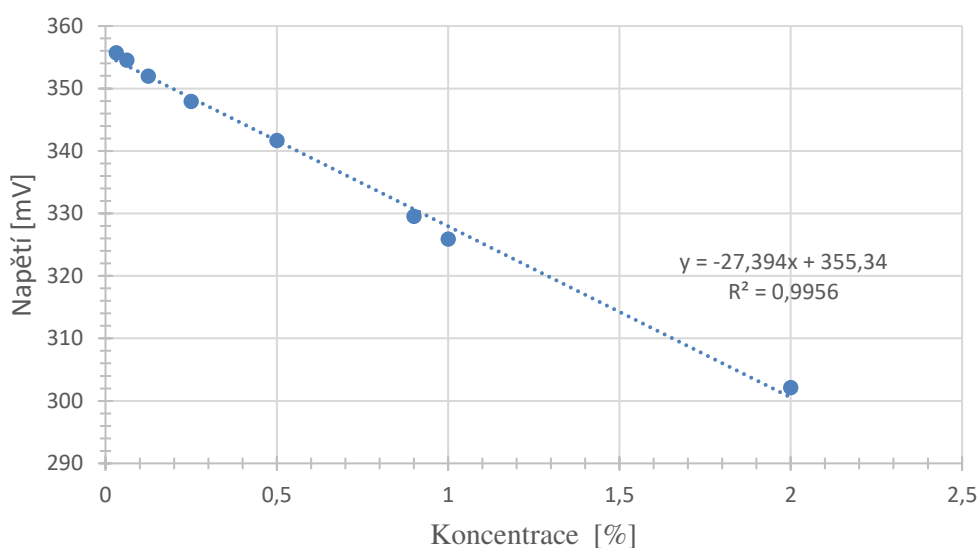
Každý materiál je charakterizován všeobecnými a specifickými vlastnostmi. Mezi všeobecné požadavky na materiály pro výrobu kontaktních čoček patří dobrá opracovatelnost, mechanická soudržnost a odolnost materiálu při manipulaci, hydrolytická stabilita, snadná údržba a samozřejmě transparentnost, a především biologická nezávadnost materiálu, včetně jeho dobré tolerance v kontaktu s okem. Specifické vlastnosti kontaktních čoček pak můžeme shrnout do několika kategorií: jsou to optické vlastnosti (index lomu, absorbance), botnací vlastnosti (rovnovážný obsah vody), mechanické vlastnosti (modul pružnosti, tažnost, pevnost, strukturní pevnost) transportní vlastnosti (permeabilita, transmisibilita, EOP, oxygen flux, propustnost pro vodorozpustné ionty), povrchové vlastnosti (smáčivost popsána kontaktním úhlem) a některé obecné vlastnosti jako porozita, měrná hustota apod. [13, 14, 15]

Pro správnou funkci rohovky a její fyziologii jsou důležité jak vhodné tvarové parametry kontaktních čoček, tedy jejich konstrukce, tak hlavně transportní vlastnosti čoček, tedy jejich materiálu. A to nejen pro dostatečné zásobování rohovky vzdušným kyslíkem, ale i pro transport vodorozpustných látek a iontů, nebo metabolitů. Míru schopnosti materiálu propouštět molekuly udává difuzní koeficient.

2. Experimentální část

2.1 Kalibrační křivka

Před samotným měřením transportních vlastností jednotlivých čoček bylo nutné proměřit kalibrační křivku napětí versus koncentrace. K tomuto účelu byla připravena sada roztoků chloridu sodného ve vodě v koncentračním rozsahu 0-2 hmot.% NaCl. Každý kalibrační roztok byl měřen třikrát po dobu 10 minut v dvouminutových intervalech při konstantní teplotě (35°). Z naměřených hodnot byl sestaven graf závislosti napětí na koncentraci NaCl v roztoku a pomocí lineární regrese jsem získala kalibrační přímku a její matematické vyjádření (Graf 1).



Graf 1: Kalibrační křivka roztoků NaCl

2.2 Výpočet difúzního koeficientu

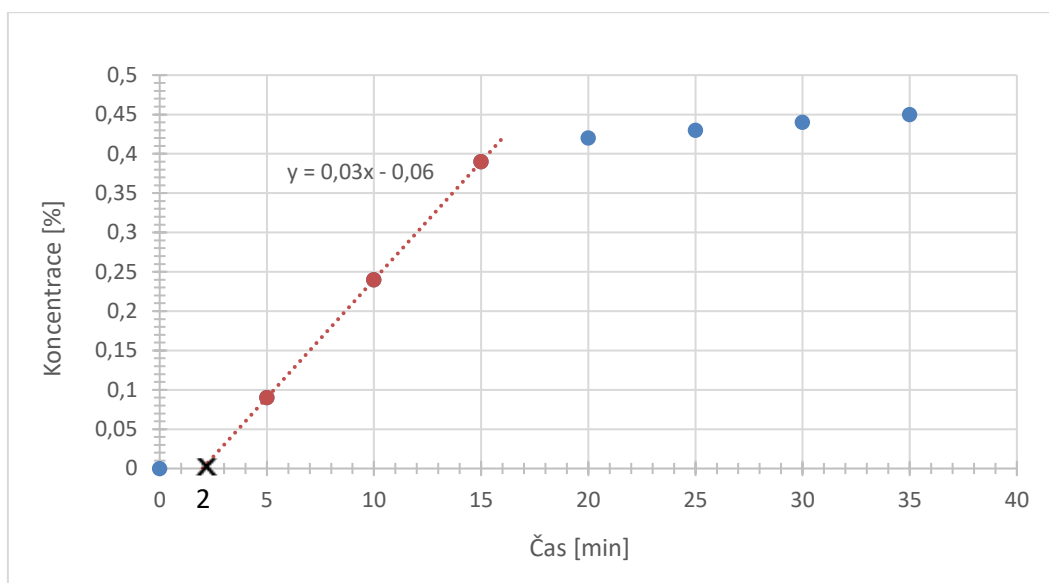
Vztah pro výpočet difúzního koeficientu D:

$$D = \frac{l^2}{6 \cdot t_l}$$

kde l je tloušťka čočky a t_l je tzv. lag time.

Výsledky jsou významně ovlivněny středovou tloušťkou měřené membrány, která má být po celé permeační ploše stejná. To nelze naplnit u kontaktních čoček. Proto byl tloušťkový profil zanedbán a do výpočtu byly použity pouze hodnoty deklarované středové tloušťky (-3 D). Úkolem je pouze porovnat trendy v deklarovaných a naměřených hodnotách.

Ukázkový graf závislosti koncentrace na čase (Acuvue Oasys with Hydraluxe)



Graf 2: Časová závislost koncentrace iontů NaCl v destilované vodě

3. Výsledky a diskuse

Porovnáním získaných hodnot difúzního koeficientu s Dk/t lze posoudit, že u hydrogelových kontaktních čoček propustnost pro ionty sleduje stejný trend jako Dk/t příslušné čočky. Naproti tomu, u silikonhydrogelových čoček propustnost pro ionty je nepřímě úměrná jednotlivými Dk/t . Navíc, naměřené difúzní koeficienty silikonhydrogelových čoček korespondují s jejich obsahem vody. Dokonce se povedlo najít shodu mezi hodnotami udávanými výrobcí jednotlivých kontaktních čoček a hodnotami získanými měřeními. Tím pádem, lze posoudit, že výběr metodiky pro stanovení transportních vlastností čoček byl vhodný.

Výsledky výpočtů, hodnoty difúzního koeficientu jsou uvedeny v tabulce 1.

4. Závěr

Teoretická část se zabývá historií kontaktních čoček z hlediska jejich materiálů. Zaměření je na popis a význam materiálových parametrů kontaktních čoček. V praktické části jsem nejprve uvedla a porovnávala hodnoty vybraných parametrů a transportních vlastností kontaktních čoček se sférickým designem, běžně dostupných na našem trhu. Dále jsem navrhla a v praxi ověřila metodiku měření transportu iontů v kontaktní čočce. Použitím navržené metodiky jsem proměřila 10 různých typů kontaktních čoček z hlediska jejich schopnosti transportu vodorozpustných iontů a naměřené výsledky porovnávala s udávanými hodnotami.

První hypotéza předpokládá, že u hydrogelových kontaktních čoček bude mít naměřená propustnost pro ionty stejný trend jako Dk , respektive Dk/t . U druhé hypotézy je předpoklad, že u silikonhydrogelových kontaktních čoček naměřená propustnost pro ionty nebude mít stejný trend jako Dk/t , ale bude korespondovat s jejich obsahem vody. Na základě provedeného měření byly obě hypotézy potvrzeny.

Tabulka 1. Výsledky výpočtu difúzního koeficientu v porovnání s Dk/t a s obsahem vody

Výrobce	Název	Obsah vody	Materiál	Centrální tloušťka	Dk/t	Difuzní koeficient
Alcon	Air optix night&day aqua	28%	Silikonhydrogel Lotrafilcon A	0,08	175	44
Alcon	Air optix plus HydraGlyde Acuvue	33%	Silikonhydrogel Lotrafilcon B	0,08	138	60
JohnsonJohnson	oasys with HydraLuxe 1day	38%	Silikonhydrogel Senofilcon A	0,085	121	80
BaushLomb	Optima FW	38.6%	Hydrogel Polymacon	0,09	24	33
CooperVision	Clariti 1 day	44%	Silikonhydrogel Somofilcon A	0,08	100	111
BaushLomb	Soflens 59	59%	Hydrogel Hilafilcon B	0,14	59	69
CooperVision	Proclear 1day	60%	Hydrogel Omafilcon A	0,09	60	90
CooperVision	Proclear	62%	Hydrogel Omafilcon B	0,08	62	122
Alcon	Dailies AquaComfort Plus	69%	Hydrogel Nelfilcon A	0,10	26	35
BaushLomb	BioTrue One day	78%	Hypergel Nesofilcon A	0,10	78	273

5. Použitá literatura

- [1] All about vision [online]. Edmond, Alberta: Access Media Group, 2000 [cit. 2019-10-12]. Dostupné z: <https://www.allaboutvision.com/contacts/rgps.htm>.
- [2] KOVAČ, Prim. dr Ljiljana. Očna kuća Vizija [online]. Bělehrad, Srbsko, c2013 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <http://www.ocnakucavizija.rs/stranice/tvrdaociva.php>
- [3] EFRON, Nathan, ed. Contact Lens Practice. 2nd ed. St. Louis, Mo.: Butterworth Heineman Elsevier, 2010, ISBN 978-0-7506-8869-7.
- [4] CHIRILA, Traian a Damien HARKIN. Biomaterials and Regenerative Medicine in Ophthalmology. 2nd ed. Cambridge, United Kingdom: Elsevier Science & Technology, 2016. ISBN 0081001479.
- [5] MICHÁLEK, Jiří. Když se řekne silikonhydrogel, [přednáška - prezentace]. Kladno: ČVUT FBMI, 2019. [Cit. 2019-12-28]
- [6] MICHÁLEK, Jiří. Vybrané vlastnosti hydrogelů, [přednáška - prezentace]. Kladno: ČVUT FBMI, 2019. [Cit. 2019-12-29]
- [7] KETTESY, B a kol. A survey of corneal changes caused by daily wear silicone hydrogel contact lenses. Journal of Innovative Optical Health Science. Debrecen, Hungary, 2015, 8(6), 9s. Dostupné také z: <https://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/S1793545815500443>
- [8] STAPLETON, F, S. STRETTON, E. PAPAS a kol. Silicone hydrogel contact lenses and the ocular surface. The Ocular Surface. Elsevier, 2006, 4(1), 24-43.

- [9] JIRÁSKOVÁ, Jana. Ověření platnosti vztahu mezi obsahem vody v gelu a jeho indexem lomu na souboru vybraných kontaktních čoček s různým stupněm nabotnění. Kladno, 2017. Bakalářská práce. ČVUT, Fakulta biomedicínského inženýrství, Katedra přírodovědných oborů. Vedoucí práce Ing. Jiří Michálek, CSc.
- [10] Wikipedia. [Cit. 2020-23-04] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Index_lomu

Zhodnocení dlouhodobé účinnosti limbálních relaxačních incizí při operaci katarakty

K. Drdová¹

¹České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítňá 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

Abstrakt. Článek je věnován dlouhodobému účinku limbálních relaxačních incizí při operaci katarakty. Pro stanovení výsledků jsou zpracována naměřená data na keratometru před operací, 4-11 týdnů po operaci a hodnoty naměřené 3 a více let od operace. Hodnoty jsou změřeny u 10 pacientů (13 očí), kteří podstoupili operaci limbálních relaxačních incizí při operaci katarakty před více než třemi lety. Při časném vyšetření po operaci došlo u pacientů průměrně ke snížení astigmatismu o 1,00 dioptrií a při vyšetření s časovým odstupem o 1,20 dioptrie. U šesti z deseti pacientů došlo ke snížení hodnoty cylindru o více než 1,00 dioptrií. Osa cylindru se během pooperačních vyšetření měnila. V průměru se při prvním vyšetření změnila osa o $22,9 \pm 15,6$ stupňů a při druhém vyšetření o $25,6 \pm 18,5$ stupňů.

1. Úvod

Limbální relaxační incize je jednoduchá metoda korekce astigmatismu, která je účinnější v případě astigmatismu podle pravidla. Naopak ke korekci astigmatismu proti pravidlu je tato metoda vzhledem k dlouhodobým výsledkům neúčinná. [1]

Cochrenova databáze porovnávala výsledky deseti studií z celého světa, zabývajících se porovnáním účinnosti torické nitrooční čočky a limbální relaxační incize. Za tímto účelem byl zpracován soubor 517 pacientů (626 očí), kteří byli náhodně vybráni pomocí počítačové databáze. Hodnota rohovkového astigmatismu před operací se pohybovala mezi 0,75 dioptrií a 3,00 dioptriemi. Pro implantaci byly využity monofokální torické nitrooční čočky. K určení velikosti limbální relaxační incize byly používány tři nomogramy. Pacienti s implantovanou čočkou vykazovali šest a více měsíců po operaci astigmatismus nižší než 0,50 dioptrie. Zraková ostrost u pacientů s torickou čočkou byla mírně lepší než u pacientů s limbálními relaxačními incizemi a nebyla potřeba brýlová korekce po operaci. Závěrem u srovnávaných studií bylo, že lepší výsledky byly u pacientů s torickou čočkou. Přestože byl rozdíl zrakové ostrosti mezi oběma typy operace zanedbatelný. Ve výsledku bylo doporučeno využití torických nitroočních čoček pro případy, kdy pacient nebere v potaz ekonomické náklady a může si dovolit co nejlepší materiál čočky, i tak by měl být však upozorněn na možnosti vzniku zbytkového astigmatismu po operaci. Pro ostatní pacienty byla doporučena kombinace sférické nitrooční čočky a limbálních relaxačních incizí. [2]

Kent ve své studii uvádí, že někteří operatři upřednostňují stále implantaci nitrooční torické čočky pro korekci astigmatismu před použitím metody laseru nebo řezů. Při volbě správné hodnoty nitrooční torické čočky tvrdí, že je nejlepší. Když pacientovi operací astigmatismus pouze sníží, ale nezmění jeho osu. Domnívá se, že změnu osy by pacient nevnímal dobře. Obecně upřednostňuje metodu torické čočky před limbálními relaxačními incizemi, protože nitrooční čočku lze vždycky ještě upravit při opětovném vstupu do oka, řez na rohovce již změnit nelze. Podle jeho studie je nejlepší volbou korekce nejvyšší možnou hodnotou torické čočky a v případě nutnosti dokorekce využít metody limbálních relaxačních incizí, keratotomie nebo laseru. [3]

V Kesselově studii porovnávalí účinnost korekce torickou nitrooční čočkou a sférickou nitrooční čočkou byly z hlediska snížení astigmatismu po operaci vyhodnoceny jako lepší torické nitrooční čočky i v případě, že čočky sférické byly kombinovány s metodou limbálních relaxačních incizí. Stejně výsledky šlo pozorovat i v případě pooperační zrakové ostrosti. Avšak všichni tito pacienti museli podstoupit ještě další zákrok pro srovnání nitrooční čočky nebo byli nuceni léčit trhliny na sítnici. Soubor pacientů se skládal z případů s hodnotou astigmatismu mezi 0,75 dioptrie a 3,00 dioptriemi a byli pozorováni po dobu šesti měsíců po operaci. [4]

V případě použití keratotomie jako metody ke snížení hodnoty astigmatismu, lze pozorovat snížení rohovkového astigmatismu po operaci oproti stavu před operací, uvádí Titiyal ve své studii. Bylo pozorováno 34 pacientů, kde 17 pacientů podstoupilo implantaci torické čočky a 17 pacientů absolvovala operaci katarakty a keratotomie pro korekci astigmatismu. U první skupiny byla průměrná hodnota cylindru před operací $2,00$ dioptrie se směrodatnou odchylkou $0,49$, po operaci hodnota cylindru průměrně klesla na $0,33 \pm 0,17$ dioptrie. Ve druhé skupině byl předoperační astigmatismus $1,95 \pm 0,47$ dioptrie a po operaci $0,57 \pm 0,41$ dioptrie. Po třech měsících byla u první skupiny průměrná hodnota cylindru $0,44 \pm 1,89$ dioptrií, ve druhé skupině byla hodnota cylindru $0,77 \pm 1,92$ dioptrií. Zraková ostrost obou skupin se oproti stavu před operací zlepšila. Visu $1,00$ dosáhli po třech měsících po operaci všichni pacienti, kteří požadovali pooperační nezávislost na brýlové korekci do dálky. Závěrem této studie bylo že keratotomie i torická nitrooční čočka vykazují podobné výsledky, co se týče visu i astigmatismu jako takového. Volba metody tedy závisí na pacientovi a preferenci operátora. [5]

Limova studie zpracovala výsledky u 20 pacientů (25 očí) a zkoumala dlouhodobou účinnost limbálních relaxačních incizí. Pět z těchto pacientů mělo operované obě oči. Metodikou této práce bylo změřit keratometrický astigmatismus před operací, dva týdny po operaci, deset týdnů po operaci a ve tři letech od operace. Medián keratometrického astigmatismu před operací byl $2,1$ dioptrie, dva týdny od operace byl $1,3$ dioptrie, 10 týdnů od operace byl $1,2$ dioptrie a tři roky od operace byl $1,0$ dioptrie. Rohovkový astigmatismus se snížil výrazně u všech operovaných pacientů oproti stavu před operací. Studie zkoumá také vývoj chirurgicky indukovaného astigmatismu a ten po třech letech byl vyšší u skupiny pacientů s astigmatismem proti pravidlu s hodnotou $1,9$ dioptrií. Naopak nižší hodnota chirurgicky indukovaného astigmatismu byla u pacientů s astigmatismem podle pravidla, ta činila $1,7$ dioptrie. V průběhu vyšetření po operaci docházelo k významnému snižování chirurgicky indukovaného astigmatismu. Rohovkový astigmatismus se z dlouhodobého hlediska vlivem limbálních relaxačních incizí průměrně snížil z hodnoty $2,1$ dioptrie na $1,0$ dioptrie. Hodnoty astigmatismu se výrazně měnily během deseti týdnů po operaci, poté až do období tří let po operaci byly stabilní. [6]

2. Experimentální část

Cílem práce bylo vyhodnotit dlouhodobou účinnost limbálních relaxačních incizí pomocí keratometrických dat pacientů, kteří podstoupili operaci relaxačních incizí při operaci katarakty před více než třemi lety. Na základě dostupných dat bylo mým úkolem zhodnotit, zda účinek operace přetrval od prvního vyšetření po operaci.

Pro experimentální část byli ze záznamů operací na pracovišti Ofta v Plzni vyhledáni pacienti, u kterých byla při operaci katarakty provedena korekce astigmatismu limbálními relaxačními incizemi.

V letech 2014 až 2016 jsem našla celkem 116 pacientů, kteří odpovídali požadavkům a byli pozváni na kontroly za účelem změření potřebných parametrů. Z důvodu koronavirové krize byla však měření zrušena a byla jsem nucena využít pouze dat dostupných z dokumentace pacientů. Vznikl tak soubor deseti pacientů, u kterých byla dostupná keratometrická měření 4-11 týdnů od operace a s odstupem 3 až 4 roky od operace (viz. Tabulka 1). Ve všech případech byl operátor stejný.

Před operací byla provedena běžná předoperační vyšetření. Astigmatismus rohovky byl posuzován podle keratometrie z autorefraktometru, keratometrie změřené na IOL Masteru a podle topografických map z Pentacamu. Kontraindikací pro provedení limbálních relaxačních incizí byly patologické změny rohovky, nepravidelný astigmatismus, ztenčení rohovky a výrazně suché oko. Těmto pacientům byla nabídnuta alternativa ve formě torické nitrooční čočky nebo refrakční laserový zákrok.

Rozsah limbálních relaxačních incizí byl vypočítán na základě online LRI Calculatoru. Velikost řezu závisí na síle astigmatismu a na věku pacienta. Rozsah incize byl značen manuálně bez použití navigačních přístrojů.

Operace katarakty byla provedena standardním způsobem tedy fakoemulzifikací s implantací ohebné nitrooční čočky do vaku. U žádného z pacientů nedošlo ke vzniku komplikací při operaci. Na konci operace byla provedena limbální relaxační incize diamantovým nebo jednorázovým nožem.

S odstupem 4 až 11 týdnů od operace bylo provedeno vyšetření astigmatismu pomocí keratometrie a Pentacamu.

Tabulka 1: Soubor pacientů a hodnota cylindru před operací

	pohlaví	věk [roky]	operace	Cyl. před operací [D]
1	ŽENA	55	OL	-1,75
2	MUŽ	43	OP	-1,50
			OL	-1,00
3	ŽENA	74	OL	-2,25
4	ŽENA	54	OP	-3,00
			OL	-2,00
5	ŽENA	42	OP	-2,50
6	MUŽ	59	OP	-6,00
7	ŽENA	66	OL	-1,75
8	MUŽ	60	OL	-1,00
9	ŽENA	63	OL	-1,25
10	ŽENA	55	OP	-1,50
			OL	-1,75

Protože nebylo možné podle plánu vyšetřit pacienty s určitým odstupem. Vyhledala jsem pacienty, kteří se na pracoviště Ofta v Plzni dostavili z různých jiných důvodů a byla u nich změřena keratometrie. K vyhodnocení výsledků byla použita keratometrická měření z autorefraktometru před operací, 4 až 11 týdnů po operaci a v průběhu čtvrtého roku od operace.

Tabulka 2: Změna hodnoty cylindru

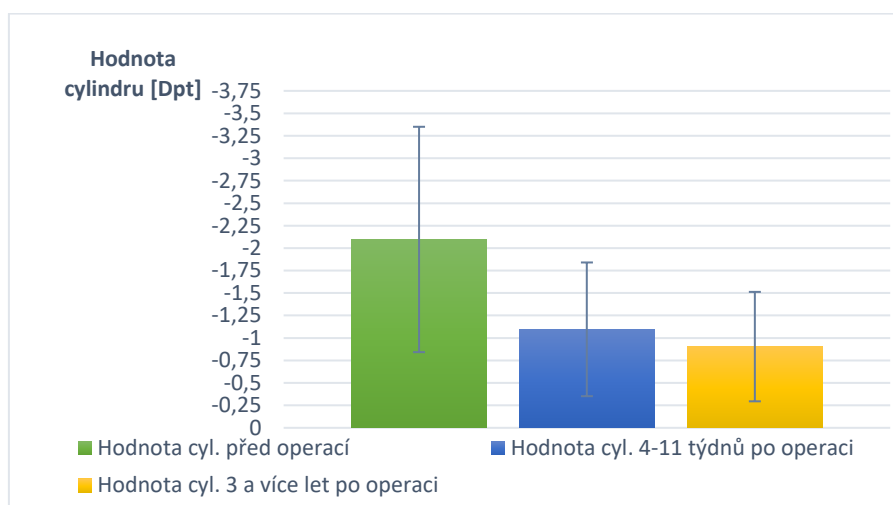
1 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,3	42,4
	cylindr [Dpt]	-1,75	-0,75	-0,50
2 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,6	41,1
	cylindr [Dpt]	-1,50	-1,00	-1,00
2 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,1	40,6
	cylindr [Dpt]	-1,00	-0,50	-0,50
3 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,9	49,5
	cylindr [Dpt]	-2,25	-0,50	-0,50
4 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,0	39,6
	cylindr [Dpt]	-3,00	-1,25	-2,00
4 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,9	38,0
	cylindr [Dpt]	-2,00	-1,25	-2,00
5 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	37,8
	cylindr [Dpt]	-2,50	-2,00	-1,25
6 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,4	40,2
	cylindr [Dpt]	-6,00	-3,25	-1,75
7 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,2	49,1
	cylindr [Dpt]	-1,75	-0,75	-0,50
8 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	37,3
	cylindr [Dpt]	-1,00	-0,50	-0,25
9 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,4	36,7
	cylindr [Dpt]	-1,25	-1,00	-0,50
10 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,2	41,8
	cylindr [Dpt]	-1,50	-1,00	-0,50
10 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	41,6
	cylindr [Dpt]	-1,75	-0,50	-0,50

3. Výsledky

Porovnávala jsem hodnoty cylindru ve strmém meridiánu naměřené u pacientů před operací a hodnoty naměřené během dvou vyšetření po operaci. Tyto hodnoty jsem vypsala do tabulky (Tabulka 2).

U každého operovaného oka každého pacienta jsou tři hodnoty odpovídající třem vyšetřením v různých časových obdobích. Čas je udáván v jednotkách měsíců a hodnota cylindru v dioptriích. Předoperační vyšetření je vyjádřeno jako nulový časový odstup od operace, jedná se o měření provedené v den operace.

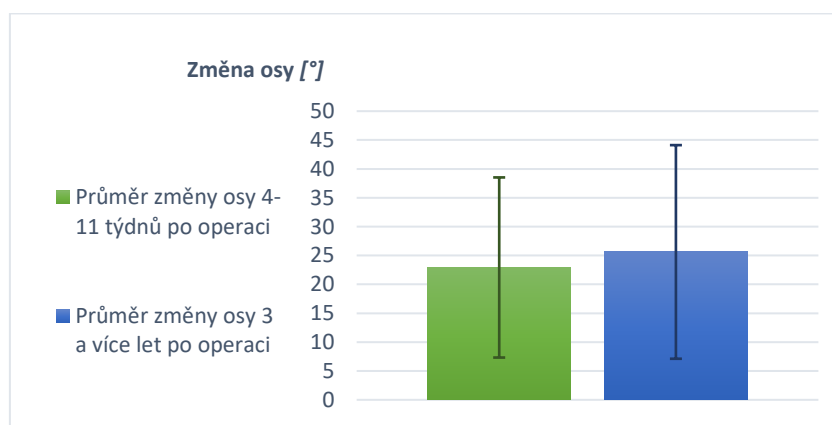
Průměrná hodnota předoperačního cylindru byla $-2,10 \pm 1,25$ dioptrií. Při prvním vyšetření po operaci byla hodnota cylindru snížena průměrně na $-1,10 \pm 0,74$ dioptrií. Průměr hodnot naměřených při druhé kontrole po operaci je $-0,90 \pm 0,61$ dioptrií. První vyšetření tedy ukázalo průměrné snížení cylindru o 1 dioptrie. Z dlouhodobého hlediska došlo ke snížení hodnoty cylindru průměrně o 1,20 dioptrie (viz. Graf 1).



Graf 1: Průměrné hodnoty cylindru a směrodatná odchylka

Následně byla porovnána změna osy v průběhu provedených třech měření na keratometru. V Tabulce 3 jsou opět vypsáni pacienti. Pro každého z nich je v určitém čase, který je vyjádřen počtem měsíců, vypsána hodnota změny osy cylindru ve stupních oproti ose před operací. Záporné hodnoty vyjadřují změnu osy v proti směru hodinových ručiček a kladné hodnoty vyjadřují změnu po směru.

Průměrně se osa cylindru při prvním vyšetření od operace změnila o $22,9 \pm 15,6$ stupňů. Hodnota průměrné změny osy cylindru při druhém vyšetření po operaci byla $25,6 \pm 18,5$ stupňů. Průměrné hodnoty naměřených změn os a jejich směrodatné odchylky lze vyčíst z Grafu 2.



Graf 2: Průměrné změny os po operaci

Tabulka 3: Změna osy cylindru

1 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,3	42,4
	změna osy [°]	0	14	31
2 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,6	41,1
	změna osy [°]	0	-14	-21
2 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,1	40,6
	změna osy [°]	0	-29	-58
3 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,9	49,5
	změna osy [°]	0	34	65
4 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	2,0	39,6
	změna osy [°]	0	-2	1
4 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,9	38,0
	změna osy [°]	0	-43	-17
5 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	37,8
	změna osy [°]	0	-7	1
6 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,4	40,2
	změna osy [°]	0	-58	-29
7 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,2	49,1
	změna osy [°]	0	-10	-11
8 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	37,3
	změna osy [°]	0	26	15
9 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,4	36,7
	změna osy [°]	0	21	35
10 OP	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,2	41,8
	změna osy [°]	0	7	31
10 OL	Odstup od zákroku [měsíce]	0	1,6	41,6
	změna osy [°]	0	-33	-18

4. Diskuze

Průměrná hodnota rohovkového astigmatismu před operací u zmíněného souboru pacientů je $-2,10 \pm 1,25$ dioptrií. Operace vedla ke snížení průměrné hodnoty astigmatismu v období 4-11 týdnů po operaci na $-1,10 \pm 0,74$ dioptrií a s odstupem 3 a více let průměrně ke snížení na $-0,90 \pm 0,61$ dioptrií. Z dlouhodobého hlediska lze tedy říci, že hodnota astigmatismu byla vlivem operace snížena.

V některých případech pacientů, konkrétně u levého oka pacienta číslo 4, došlo při druhé kontrole k návratu hodnoty cylindru v plné výši, jako byl změřen před operací, tedy nenastal žádný pokles hodnoty. Jednalo se o ženu věku 54 let s předoperační hodnotou $-2,00$ dioptrie cylindru. Z výsledků předchozích studií však takováto hodnota cylindru nepředstavuje problém, tedy přisuzují důvod neúčinnosti operace k nízkému věku pacientky. [6]

Oproti tomu pacient číslo 6 měl před operací hodnotu cylindru $-6,00$ a po třech letech od operace byla hodnota snížena na $-1,75$ dioptrií. Což opět neodpovídá předešlým studiím, které předpokládají nepředvídatelný průběh účinnosti operace z dlouhodobého hlediska. [6]

Při hodnocení změny osy cylindru před a po operaci bylo zjištěno, že při prvním vyšetření po operaci se osa cylindru změnila průměrně o $22,9 \pm 15,6$ stupňů a při druhém vyšetření o $25,6 \pm 18,5$ stupňů. Z delším časovým odstupem došlo k lehkému posunu osy cylindru.

K velkým změnám osy astigmatismu mohlo vést manuální značení a použití jednorázových nožů, u kterých je velké riziko nerovnoměrné hloubky řezu. Zlepšení by mělo přinést použití navigačních systémů a standardní používání diamantových nožů.

5. Závěr

Limbální relaxační incize je metodou účinnější v případě astigmatismu podle pravidla. Její metodika spočívá v určité délce a umístění řezu v okolí limbu. Stanovení těchto parametrů lze získat pomocí online LRI kalkulátoru, který operátorovi přesně určí parametry a množství potřebných řezů.

Z dlouhodobého hlediska jsou limbální relaxační incize úspěšným řešením astigmatismu. Průměrně došlo při časném vyšetření ke snížení hodnoty cylindru o 1,00 dioptrií a při vyšetření s odstupem o snížení až 1,20 dioptrie. Osa cylindru se průměrně změnila o 22,9 stupňů při prvním vyšetření a při druhém vyšetření o 25,6 stupňů.

S odstupem tří let od operace dochází k prohloubení účinnosti limbálních relaxačních incizí. Změna osy pozorovaná na tomto souboru pacientů byla pravděpodobně způsobena užitím jednorázových nožů při operaci nebo absenci využití navigačního systému pro přesné označení řezů.

Seznam použité literatury

- [1] ROZSÍVAL, Pavel. *Trendy soudobé oftalmologie. Svazek 10*. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-305-0.
- [2] LAKE, Jonathan C, Gustavo VICTOR, Gerry CLARE, Gustavo JM PORFÍRIO, Ashleigh KERNOHAN a Jennifer R EVANS. Toric intraocular lens versus limbal relaxing incisions for corneal astigmatism after phacoemulsification. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. [cit. 2020-05-27]. DOI: 10.1002/14651858.CD012801.pub2. ISSN 14651858. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD012801.pub2>
- [3] KENT, Christopher, 2014. Toric IOLs: More Options, More Patients. In: *Review of Ophthalmology* [online]. Newtown Square, Pennsylvania [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/toric-iols-more-options-more-patients>
- [4] KESSEL, Line, Jens ANDRESEN, Britta TENDAL, Ditte ERNGAARD, Per FLESNER a Jesper HJORTDAL. Toric Intraocular Lenses in the Correction of Astigmatism During Cataract Surgery. *Ophthalmology* [online]. 2016, **123**(2), 275-286 [cit. 2020-05-26]. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.10.002. ISSN 01616420. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0161642015011483>
- [5] TITIYAL, Jeewan S., Mukesh KHATIK, Namrata SHARMA, et al. Toric intraocular lens implantation versus astigmatic keratotomy to correct astigmatism during phacoemulsification. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2014, **40**(5), 741-747 [cit. 2020-05-26]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.10.036. ISSN 0886-3350. Dostupné z: <http://journals.lww.com/10.1016/j.jcrs.2013.10.036>
- [6] LIM, Rongxuan, Edmondo BORASIO a Luca ILARI. Long-term stability of keratometric astigmatism after limbal relaxing incisions. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2014, **40**(10), 1676-1681 [cit. 2020-05-18]. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.01.045. ISSN 0886-3350. Dostupné z: <http://journals.lww.com/10.1016/j.jcrs.2014.01.045>

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu Mudr. Jiřímu Cendelínovi, CSc. za vedení práce, jeho cenné rady a pomoc v komplikované situaci předcházející odevzdání práce. Velké díky patří také personálu plzeňského očního centra OFTA za pomoc při hledání potřebných dokumentů.

Vliv výsledku první operace na výpočet optické mohutnosti nitrooční čočky při operaci katarakty druhého oka

S.Poláčková¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká Republika

Abstrakt: Úvod práce je věnován metodám výpočtu hodnoty nitrooční čočky a příčinám refrakčního překvapení, které mohou po implantaci nitrooční čočky nastat. Experimentální část práce je pak zaměřena na posouzení vlivu refrakční odchylky prvního oka časně po operaci na výběr optimální hodnoty nitrooční čočky do druhého oka. Jsou posuzovány výpočty podle vzorců SRK-T a Haigis. Je posuzována možnost zpřesnění predikce pomocí výsledků na předně segmentovém OCT Casia 2. Soubor pacientů tvořilo 9 mužů a 15 žen, u kterých se po operaci katarakty objevilo refrakční překvapení na obou očích. Z výsledků vyplývá, že plusová refrakční odchylka prvního oka podle obou použitých vzorců by neměla být zohledňována při výpočtu nitrooční čočky do druhého oka, naopak minusová refrakční odchylka by zohledněna být měla.

1. Úvod

Hlavní indikací pro implantaci nitrooční čočky je operace katarakty nebo méně častý refrakční zákrok. Ve vyspělých zemích se tyto operace dělají běžně a patří mezi nejčastěji prováděné zákroky s minimálním množstvím komplikací, na rozdíl od rozvojových zemí, kde je katarakta jednou z příčin slepoty obyvatelstva. Jednu z prvních operací katarakty provedli již před 4 tisíci lety. Operace spočívala v decentrování oční čočky z optické dráhy oka, tím se oko stalo afakickým. V dnešní době se operace provádí malým řezem rohovky, poté se za pomoci fakoemulzifikace jádro čočky rozbije ultrazvukem a je následně odsáto. Po odsátí čočky je zachováno její nepoškozené pouzdro, do kterého je následně vložena nitrooční čočka. V práci jsou dále uvedeny možnosti předoperačního vyšetření oka. Jedním z těchto vyšetření je biometrie oka, ta je důležitá kvůli přesným výpočtům axiální délky oka. Pro výpočet nitroočních čoček je to jeden z důležitých parametrů. Dále jsou zde uvedeny všechny generace vzorců pro výpočet nitrooční čočky. Tyto výpočty se v dnešní době nedělají ručním zadáváním parametrů do vzorců, ale kalkulátory jsou zavedeny do přístrojů. Ty si nejen změří všechny potřebné parametry, ale také je hned zadají do vzorců a chirurgovi nabídnou možnosti refrakční mohutnosti nitrooční čočky a i různé druhy těchto čoček. V případě nepřesně změřené biometrie, nebo pokud nastane při operaci změna v oku, kterou oftalmolog nemůže předpokládat, můžeme říct, že nastalo takzvané neočekávané refrakční překvapení. To ale není jediný důvod, kdy může toto překvapení vzniknout. Dalším je předchozí laserová refrakční operace, kdy nastává problém při správném výpočtu nitrooční čočky. Délka oka má ale také velký vliv na toto překvapení. Pokud je oko příliš malé nebo velké, jeho biometrie nemusí být stoprocentně přesně naměřena. Když však tyto chyby v měření vyloučíme a budeme předpokládat, že měření jsou přesná, chyba může vzniknout i v zadávání parametrů do vzorců pro výpočet nitroočních čoček.

2. Teorie:

Vzorce jsou velmi důležité pro přesnost pooperační refrakce a k výpočtu optické mohutnosti IOL. Pro použití vzorců pro výpočty nitroočních čoček je potřeba znát určité plochy oka. Těmito plochami myslíme poloměr křivosti, index lomu a pozice optické osy. Jestliže jsou známy všechny tyto parametry a použijeme vědecko-matematickou metodu, měli bychom být schopni určit optickou mohutnost pro

IOL. Tím se však střetáváme s dvěma hlavními problémy. Prvním problémem je, že ne všechny hodnoty jsme schopni změřit přesně a tím dostat správnou hodnotu. Druhá nesnáze nastává v samotné operaci nitrooční čočky, jelikož každé oko na tento zákrok reaguje jinak a pro výpočet IOL nelze předpokládat změny, které souvisí s operací. Oba problémy jsou závislé na správně změřené biometrii oka.

Pro správné určení IOL je tak zapotřebí jistých předpokladů, které statisticky vedou k nejlepším výsledkům. [1]

Refrakční překvapení, je název pro nedosažení požadované optické mohutnosti po operacích šedého zákalu. Pokud se u pacienta vyskytne toto překvapení, může nastat například anizometropie nebo se změni oční dominance a to vede k jeho nespokojenosti s operací, která podle něj měla dopadnout jinak. Pokud je toto překvapení pouze na jednom oku může to mít pro pacienta i malou výhodu, kterou je monovision. Tak pacient vidí jedním okem na dálku a druhým trochu do blízka. [2,3,4,5]

Přesnost a chyby při měření

Jedna z možných chyb, které ovlivňují pooperační refrakci, může být nepřesné měření biometrie oka. To je hlavně u ultrazvukové biometrie. Ta se používá hlavně v případech, kdy je čočka zakalená kvůli kataraktě, takže ji optická biometrie neprosvítí. Ultrazvuková biometrie je náchylná k chybám, protože se přístroj musí přiložit na rohovku a ta tím pádem může komprimovat a dochází k podhodnocení axiální délky oka. Také ho můžeme očekávat u pacientů s extrémně dlouhými nebo krátkými bulby. I při výpočtech, které použijeme pro tyto oči, se může stát, že pacient následně skončí s hypermetropickou korekcí, místo předpokládané emetropie na dálku. Těmto případům se musí upravit vzorec a spokojit se se zbytkovou myopií. Refrakční překvapení také očekáváme u pacientů, kteří v dřívější době podstoupili jiný refrakční zákrok. Těmi jsou laserové zákroky PK, PRK nebo Lasik. Také se může objevit po keratoplastice, po penetraci nebo v případě, že přední segment oka je neúměrně velký k jeho zbytku. Biometrie pro výpočet nitrooční čočky totiž předpokládá normální sférické zakřivení rohovky. [2,3,4,5]

Implantace chybné nitrooční čočky

Nesprávná hodnota nitrooční čočky je jedna z možných chyb, která vede k refrakčnímu překvapení. Je to jedna z nejčastějších příčin pro výměnu implantované čočky. Jsou známé situace, kdy se zaměnila IOL 12,5 D za čočku 21,5 D. I správně změřená předoperační biometrie oka, nemůže zabránit chybnému označení nitrooční čočky. Chybné označení nitrooční čočky je rozdíl mezi jejím výkonem v oku a označením refrakční hodnoty na štítku IOL. Podle normy ISO č. 11979, která specifikuje požadavky na mechanické vlastnosti IOL. [9]

Změna polohy čočky

Přesná pozice nitrooční čočky je velkým problémem i v dnešní době. Hlavním důvodem je rozličnost lidské tkáně, operační metoda a nemožnost přesného výpočtu nitrooční čočky. Překvapení může nastat i pro různý design čočky. Ta musí být vyrobena z měkkého a poddajného materiálu, kvůli malému očnímu řezu. Tento řez má velikost 1,8 až 2 mm. Nitrooční čočky, které jsou vyrobeny z těchto měkkých materiálů, nejsou však tak stabilní jako tužší nitrooční čočky, proto se mohou v kapsulárním vaku snáze decentrovat. Zmenšení kapsulárního vaku po kataraktové operaci může vyvolat také refrakční překvapení hlavně u čoček s vyšší refrakční mohutností a to kvůli pohybům dopředu a dozadu. IOL s refrakční mohutností 28–30 D může změnit refrakci oka o 2-3D, jen pohybem čočky dopředu nebo dozadu. Tato změna může být buď myopická nebo hypermetropická. V dnešní době se konstrukce nitroočních čoček zlepšila a tak proto, nejsou tato překvapení tak častá, jako byla. Oči s keratokonem mají hloubku přední komory a axiální délku větší než normální oči. To může vést k refrakčnímu překvapení a to spíše k hypermetropické vadě, a to kvůli špatnému odhadování umístění nitrooční čočky. Bylo zjištěno, že u lehčí formy keratokonu lépe funguje vzorec SRK II pro výpočet nitrooční čočky. Naopak u těžkého keratokonu dobře nefunguje žádný vzorec. [2,3,4,5,6,7]

Změny rohovky

Pacienti po předchozím refrakčním zákroku pomocí laseru LASIK nebo PRK, mohou mít po operaci katarakty refrakční překvapení. To je spíše hypermetropické povahy. Je to způsobené chybou při odhadování hodnoty rohovky a efektivní polohou čočky. To jsou dva důležité faktory pro správný výpočet IOL. [8]

Změny sítnice

Další příčinou možného refrakčního překvapení po operaci šedého zákalu je edém neboli otok sítnice. Ten způsobí, že při biometrickém vyšetření se oko zdá kratší, než ve skutečnosti je. Následný výpočet nitrooční čočky je potom chybný a oko je hypermetropické. [10]

3. Výsledky a diskuze

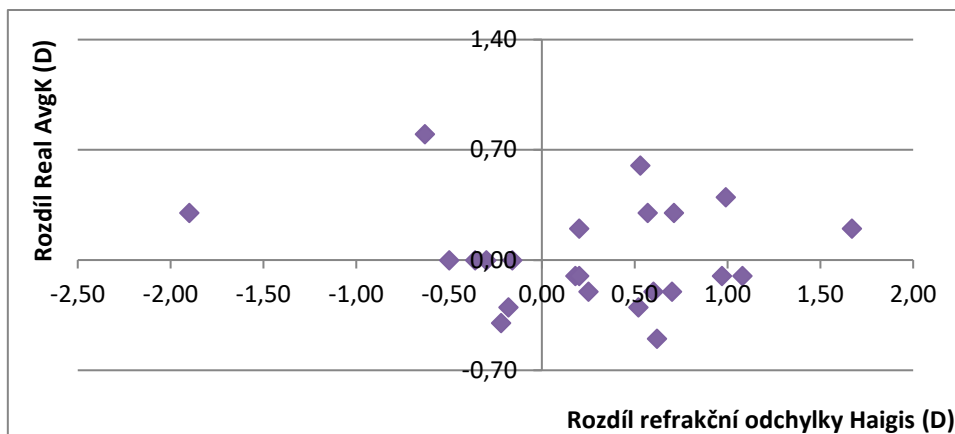
Přehled všech pacientů s měřeními a potřebnými výpočty je uveden v tabulce v příloze. Průměrná odchylka ve skupině Haigis plus byla u prvního oka (týden po operaci) $0,80 \pm 0,28$ D a u druhého oka (po 6-8 týdnech) $0,06 \pm 0,58$ D. Průměrná odchylka ve skupině SRK/T plus byla u prvního oka $0,65 \pm 0,37$ D a odchylka u druhého oka byla $-0,11 \pm 0,31$ D. Z toho vyplývá, že v průměru by plusová odchylka prvního oka neměla být započítána do korekce výpočtu druhého oka.

Průměrná odchylka prvního oka ve skupině Haigis minus byla $-0,79 \pm 0,42$ D a u druhého oka $-0,65 \pm 0,70$ D. Průměrná odchylka ve skupině SRK/T minus u prvního oka byla $-0,75 \pm 0,46$ D a u druhého oka $-0,76 \pm 0,73$ D. Z toho vyplývá, že u minusových odchylek prvního oka podle obou vzorců by bylo v průměru vhodné tuto odchylku započíst do výpočtu nitrooční čočky druhého oka.

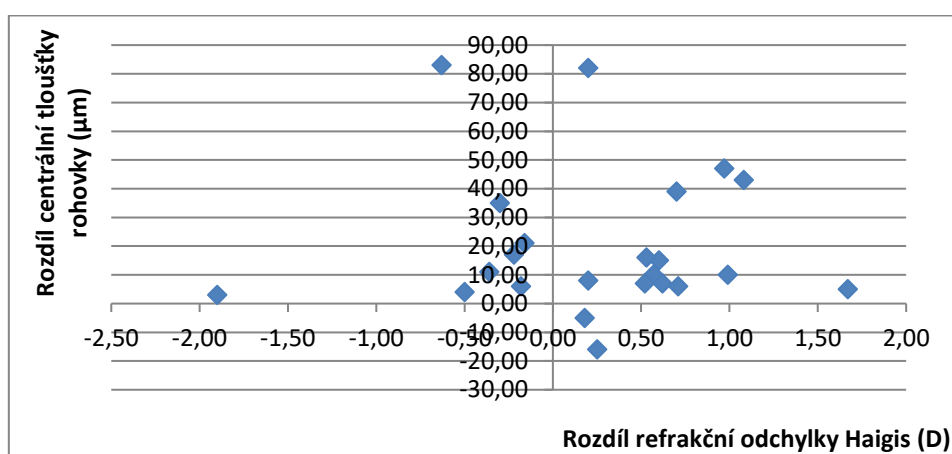
Tabulka 1.1 Průměrné hodnoty a směrodatná odchylka

	Skupina Haigis plus první oko (D)	Skupina Haigis plus druhé oko (D)	Skupina SRK/T plus první oko (D)	Skupina SRK/T plus první oko (D)	Skupina Haigis minus první oko (D)	Skupina Haigis minus druhé oko (D)	Skupina SRK/T minus první oko (D)	Skupina SRK/T minus druhé oko (D)
Průměr	0.80	0.06	0.65	0.11	-0.79	-0.65	-0.75	-0.76
Směrodatná odchylka	0.28	0.58	0.37	0.31	0.42	0.70	0.46	0.73

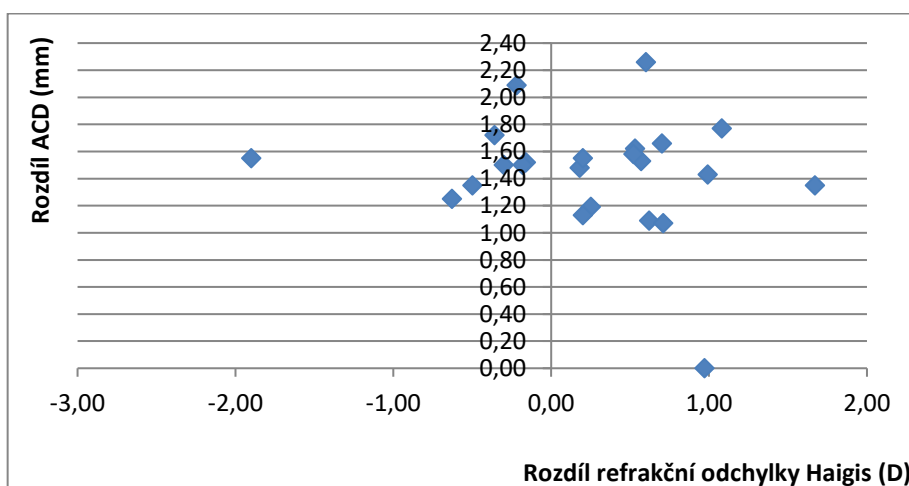
V následujících grafech je znázorněna pro oba typy vzorců závislost mezi prediktabilitou výsledku druhého oka na základě znalosti refrakčního výsledku prvního oka tak, jak je popsána v metodice. Hodnoty Real AvgK udávají rozdíl mezi optickou mohutností rohovky prvního oka před operací a týden po operaci optickou mohutností rohovky. Hodnoty ACD udávají stejný rozdíl pro hloubku přední komory a dále je stejným způsobem uvedena závislost na rozdílu centrální tloušťky rohovky.



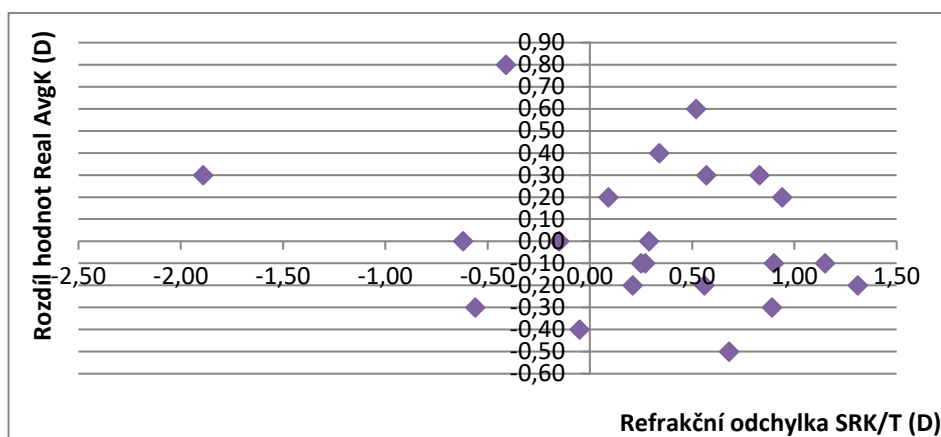
Graf 1.1 Závislost mezi rozdílem Real AvgK s rozdílem refrakční odchyly pro vzorec Haigis



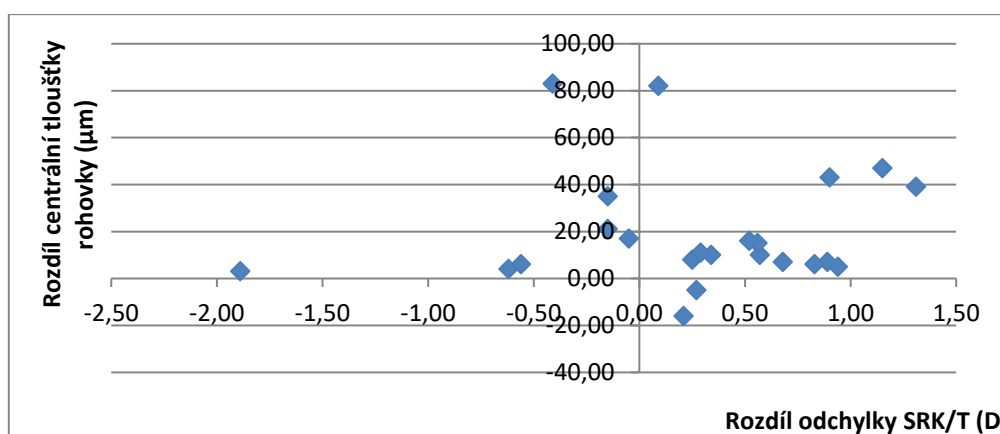
Graf 1.2 Závislost mezi rozdílem centrální tloušťky rohovky a rozdílem refrakční odchyly pro vzorec Haigis



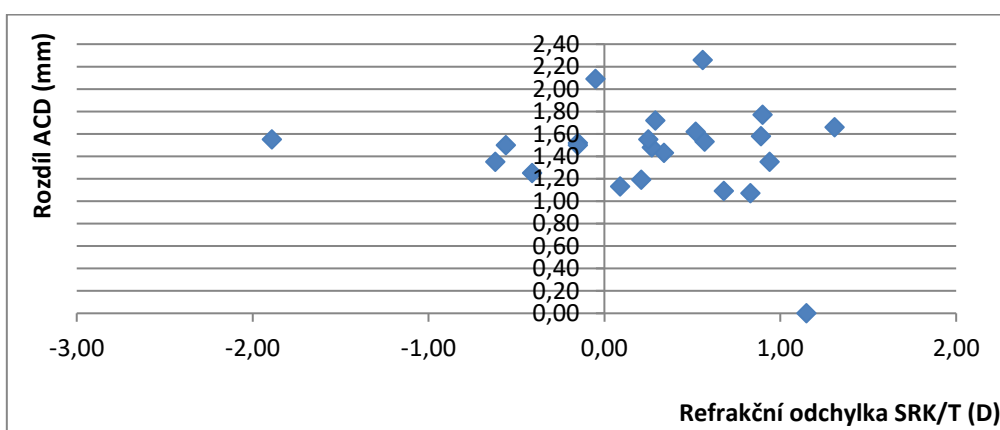
Graf 1.3 Závislost mezi rozdílem hodnot ACD a rozdílem refrakční odchyly u vzorce Haigis



Graf 1.4 Závislost mezi rozdílem hodnot Real AvgK a rozdílem refrakční odchylky u vzorce SRK/T



Graf 1.5 Závislost mezi rozdílem hodnot centrální tloušťky rohovky a rozdílem refrakční odchylky u vzorce SRK/T



Graf 1.6 Závislost mezi rozdílem hodnot ACD a rozdílem refrakční odchylky u vzorce SRK/T

V uvedených grafech jsou na ose x vyneseny hodnoty prediktability pro jednotlivé pacienty. Čím více je hodnota posunuta do vyšších plusových nebo mínusových hodnot, tím více by došlo ke zhoršení refrakčního výsledku druhého oka, pokud bychom do výpočtu jeho nitrooční čočky započítali refrakční odchylku prvního oka. Mínusové hodnoty znamenají, že by čočka do druhého oka byla příliš slabá a naopak. Z grafů je však zřejmé, že nebyla ani v jednom případě pozorována přímá nebo nepřímá závislost prediktability na některém ze sledovaných parametrů. Výsledky nám tak nenabízejí možnost

na základě znalosti změny hloubky přední komory, optické mohutnosti rohovky nebo centrální tloušťky rohovky zvažovat korekci výpočtu nitrooční čočky do druhého oka.

Refrakční odchylka oka po implantaci nitrooční čočky může být způsobena použitím nevhodného výpočtového vzorce, chybami při měření keratometrie a délky oka, odchylkou od deklarované hodnoty nitrooční čočky, změnou polohy čočky oproti očekávání – předozadní a stranovým posunem, sklopením, změnou parametrů rohovky, edémem sítnice. Některé z těchto parametrů se mohou v pooperačním průběhu měnit – hodnota nitrooční čočky se „usazuje“. Předpokládali jsme, že znalost změn některých parametrů nám umožní posoudit souvislost refrakční odchylky prvního oka časně po operaci a druhého oka s odstupem. Toto se nám nepotvrdilo. Některé parametry nejsou hodnoceny jako např. edém sítnice, sklopení čočky apod. Ke zpřesnění by mohla přispět i multifaktoriální analýza.

Dalším faktorem, který ovlivňuje výsledky je to, že oči se mohou lišit navzájem přesností měření, rozdílným usazováním nitrooční čočky, různou hodnotou nitrooční čočky oproti deklarované apod.

4. Závěr

Práce byla věnovaná možnosti úpravy hodnoty nitrooční čočky do druhého oka na základě znalosti refrakční odchylky prvního oka po jednom týdnu od operace. Z výsledků vyplývá, že plusová refrakční odchylka podle obou použitých vzorců by neměla být zohledňována pro při výpočtu nitrooční čočky do druhého oka, naopak minusová refrakční odchylka by zohledněna být měla. Další faktory jako je změna tloušťky a optické mohutnosti rohovky a hloubka přední komory u prvního oka nevedly ke zpřesnění rozhodování o zohlednění refrakční odchylky. Ke zpřesnění rozhodování o výběru čočky do druhého oka by bylo možné zahrnout další parametry jako je možnost edému sítnice, sklopení nitrooční čočky, spolehlivost měření pro každé oko zvlášť. Přispět by mohla i náročná multifaktoriální analýza.

Zdroje:

- [1] FALHAR, Martin. *Vzorce pro výpočet optické mohutnosti intraokulárních čoček. Jemná mechanika a optika*. Praha: Fyzikální ústav Akademie věd ČR. ISSN issn0447-6441.
- [2] STEPHENSON, Michelle, *Refractive surprises after cataract surgery*, [online] 06.01.2014 [cit. 2019-12-18] Dostupné z: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/refractive-surprises-after-cataract-surgery>
- [3] KENT, Christopher, *Refractive Surprises: What to do next*, [online] 10.06.2019, [cit. 2019-12-18] Dostupné z: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/refractive-surprises-what-to-do-next>
- [4] SHALCHI Zaid, Marie Restori, Declan Flanagan, Martn Watson, *Managing refractive surprise*, [online], 10/2018, [cit. 2019-12-18] Dostupné z: <https://www.rcophth.ac.uk/wp-content/uploads/2018/11/College-News-Focus-October-2018.pdf>
- [5] TRACY Schrieder Swartz, OD,MS,FAAO, *Blog: How to manager refractive surgery surprises*, [online], 03.01.2019, [cit. 2019-12-20] Dostupné z <https://www.optometrytimes.com/blog/blog-how-manage-refractive-surgery-surprises>
- [6] MORSELLI, Simonetová, Antonio Toso, *Refractibe surprises and IOL dislocation* [online], 2011, [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: <https://crstodayeurope.com/articles/2011-jul/refractive-surprises-and-iol-dislocation/>
- [7] PECK, Travis, *Refractive error after cataract surgery*, [online], 01/12/2019, [cit. 2020-01-01] Dostupné z https://eyewiki.aao.org/Refractive_Error_After_Cataract_Surgery
- [8] ABDELGHANY, Ahmed A a Jorge L ALIO. Surgical options for correction of refractive error following cataract surgery. *Eye and Vision* [online]. 2014, 1(1) [cit. 2020-01-01]. DOI: 10.1186/s40662-014-0002-2. ISSN 2326-0254. Dostupné z: <https://eandv.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40662-014-0002-2>

- [9] HIRAMATSU, Rui a Kunimi FUJISAWA. To avoid post-operative refractive error in cataract surgery. *Saudi Journal of Ophthalmology* [online]. 2012, **26**(1), 113-114 [cit. 2020-01-02]. DOI: 10.1016/j.sjopt.2010.11.004. ISSN 13194534. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1319453410001153>
- [10] PREUSSNER, Paul-Rolf, *Biometry primer: current limitation of IOL power calculations*, [online], 2011 [cit. 2020-01-05] Dostupné z: <https://crstodayeurope.com/articles/2011-oct/biometry-primer-current-limitations-of-iol-power-calculations/>

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala MUDr. Jiřímu Cendelínovi CSc. za jeho cenné rady a vedení bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat personálu oční kliniky OFTA v Plzni za jejich vstřícnost. A v neposlední řadě bych ráda poděkovala svým blízkým za jejich podporu.

Efekt očních cvičení při řešení refrakčních vad

K. Březinová¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

Email: brezinka12@seznam.cz

Abstrakt. Cílem je teoreticky i prakticky zjistit, zda mohou mít oční cviky pozitivní přínos na lidský zrak. Představeny jsou základní principy této alternativní metody. Práce se zabývá konkrétními očními cviky a jejich účinností. Jsou popsány teorie a metody, z nichž dané cviky vychází, tedy Batesova a Schneiderova metoda. Krátce je také představena práce doktora Batese a jeho způsob uvažování nad lidským zrakem. Praktická část práce se zabývá testováním vybraných cviků na skupině subjektů, která prošla cvičením podle sestaveného plánu. Výsledky jsou porovnány s kontrolní skupinou, která vybrané cviky neprováděla, a pouze u ní docházelo k měření zrakové ostrosti. V závěru práce jsou kriticky zhodnoceny získané výsledky a informace o dané problematice.

1. Úvod

Práce se zabývá alternativním způsobem řešení očních refrakčních vad. Jedná se konkrétně o oční cviky a o takzvanou oční jógu. V dnešní době je zcela běžné, že lidé hledají nová, netradiční řešení pro své problémy, a proto ani zdravotnický zaměřené obory nezůstaly těchto metod ušetřeny. Zdá se dokonce, že je moderní využívat takovýchto služeb, a tím je téma přitažlivější pro veřejnost. Proto je tedy tato problematika představena v této práci.

Možnými příčinami problémů se zrakem jsou intenzivní práce do blízka, jako je čtení nebo (v dnešní době) práce na počítači, životní prostředí a geny rodičů. Běžným způsobem řešení refrakčních vad je brýlová korekce či korekce kontaktní čočkou. Ovšem, stejně tak jako v medicíně a dalších odvětvích, se i zde objevují alternativní metody řešení těchto problémů. Zraková terapie přislubuje holistický přístup ke zlepšení krátkozrakosti, astigmatismu, dalekozrakosti i presbyopie bez použití brýlí nebo zdravotnických pomůcek. Principem je v podstatě poučení vlastní mysli a očí o zdravém a bezproblémovém vidění. [1-4]

Mnoho takovýchto alternativních metod má původ v Batesově metodě, jejímž autorem je oftalmolog William Bates. Jeho více než 30letý výzkum, který našel alternativu k očním brýlím, byl publikován v knize "Perfect Sight without Glasses" v roce 1912. Tato kniha byla později přetištěna jako „Better eyesight without glasses“. Doktor Bates údajně pomohl tisícům dospělých a dětí zdokonalit zrak bez použití brýlí. Batesovu metodu vyučují v mnoha zemích po celém světě lektori, kteří byli sami učením samotným doktorem Batesem, jeho manželkou, nebo jeho žáky. [1-4]

Čtyřicet let se doktor William Bates hluboce zabýval základními příčinami zrakových problémů, jako je myopie, hypermetropie, presbyopie a astigmatismus. Nebyl spokojen s tím, jakým způsobem dioptrické brýle dané problémy řešily. Všiml si, že mnoho z jeho pacientů po nošení brýlí paradoxně stále trpí zhoršujícím se zrakem. Během svého výzkumu prý objevil, že vidění kolísá. Oči, stejně jako kterákoliv část těla, jsou vystaveny stresu, emocím, interakci mysli a těla a fyzickým návykům. Brýle, které pak byly předepisovány, dle něj slouží jen jako kompenzační pomůcka a ve skutečnosti prý brání uzdravení očí. [1-3]

Oční specialisté doporučují včasný screening. Brýle nebo kontaktní čočky jsou pak předepsány, aby pacientům pomohly jasně vidět a zabránily dalšímu namáhání nebo zhoršení zraku. To je klasický a standartní postup při řešení refrakčních vad. Ovšem z pohledu doktora Batese je důležité odstranit příčiny a posilovat zrak. Tvrdil například, že oční svaly se dají posilovat stejně jako každé jiné svaly. William Bates uzavřel po desetiletích zkoumání alternativy k běžným brýlím a dospěl k závěru, že duševní stres je hlavní příčinou problémů se zrakem. Tyto problémy nejsou dědičné, jak se obecně věří. Stačí si uvědomit, že prakticky každé dítě se podle něj rodí s dokonalým zrakem bez ohledu na to, jak těžce rodiče trpí krátkozrakostí nebo jinými problémy se zrakem. Problémy se zrakem prý proto obvykle nejsou zděděny, ale jsou výsledkem špatných návyků vidění a mentálního napětí. [2-4]

Tvrdí tak, že problémy se zrakem jsou dočasné a že po vyřešení původců těchto stresových situací a nezdravých návyků se každý dokáže své refrakční vady zbavit. [1-4]

Bates ve své publikaci uvádí, že důvod refrakčních vad je stres a tlak z okolí. Vidět lze pouze v klidu, v naprostém uvolnění. Schopnost vidět by měla být brána stejně jako schopnost vnímat například dotek nebo teplo. Prostě jen přijímat receptory a nijak se nesnažit vidět. Údajně nemůžeme být schopni dobrého zraku, pokud se nutíme něco vidět dobře. Pokud daný předmět prostě jen nevnímáme v naprostém uvolnění, způsobujeme si refrakční problémy. Jen oko, které se „nehoní“ a nenutí k dívání se na určité předměty, má perfektní zrak a může se považovat za oko se zdravým viděním. Tlak (z okolí či vlastního umínění) něco vidět je tak důvod, proč je podle něj zrak zhoršený. Proto většina jeho i Schneiderových cviků vychází z naprostého uvolnění a celkové pohody. Tvrdí, že spouštěčem tlaku a stresu může být například strach, lež nebo nejistota. Každá refrakční vada může být navozena špatným myšlením a psychickým stavem a každá vada také prý může být odstraněna relaxací. Pokud je relaxovaný stav dočasný, je dočasné i potlačení vady. Člověk tak musí přejít na úplně nový životní styl a myšlení, aby byla vada naprosto odstraněna. [1]

K maximalizaci zraku je prý třeba také posilovat centrální fixaci. Pokud se prý člověk naučí plně využívat centrální fixaci, může vidět lépe než průměrný člověk, a navíc může potlačit příznaky nejrůznějších onemocnění, jako je zánět nebo projevy pohlavních chorob. K plnému využívání centrální fixace je nutná psychická kontrola nad tělem. Pokud člověk získá kontrolu nad tělem, síla psychiky a vlastní mysli je tak prý schopna zlepšit všechny procesy, ke kterým v těle dochází. Centrální fixace je taková fixace, které se účastní fovea, respektive světločivné buňky v oblasti fovey. Při správném využívání centrální fixace je postavení hlavy přímé proti sledovanému objektu, člověk se tedy dívá přímo před sebe na pozorované místo. [1]

2. Experimentální část

Experiment probíhal s pomocí 15 testovaných subjektů, kteří prováděli předem definovaná cvičení po dobu 71 dní (od 19. 2. do 30. 4. 2020). Skupina prováděla každý den cvičení v domácích podmínkách. Součástí experimentu byla také desetičlenná kontrolní skupina, která žádné cviky po stanovenou dobu neprováděla, ovšem probíhalo u ní kontrolní měření stejně jako u skupiny cvičících, abych dostala představu o tom, jak moc velký vliv na změnu zrakové ostrosti má samotné cvičení a zda nejsou případné změny spíše jen dílo únavy/lepšího vyspání.

Subjekty i kontrolní skupina byli ve věku 19 – 26 let, ročník narození 1994 – 2001. Jedná se ve všech případech o mé přátele a známé, čímž jsem doufala, že si zajistím opravdu pravidelné cvičení bez vynechání, ovšem i přes to, jak jsem již zmiňovala, se cvičení provádělo v domácích podmínkách, a tak nemohu tvrdit na sto procent, že někdy někdo nevynechal. Ve skupině cvičících bylo 9 žen a 6 mužů, v kontrolní skupině 6 žen a 4 muži. Celkově se tedy jedná o 15 žen a 10 mužů (60 % žen, 40 % mužů). Z celkového počtu žen je 60 % nositelů brýlí nebo kontaktních čoček, u mužů je to 50 %. Z celkového počtu má 84 % lidí zrakovou ostrost menší než 1 (vstupní měření). 16 % má zrakovou ostrost větší nebo rovno 1 (vstupní měření). Nikdo ze subjektů neprodělal žádná vážná oční onemocnění, úrazy, ani nenosil okluzor či jiné pomůcky.

Jak již bylo zmíněno, cvičení a kontrolní měření probíhalo v domácích podmínkách každého ze subjektů. Provádění jednotlivých cviků nepotřebuje žádné přesné podmínky, je jen důležité cviky dělat pravidelně a poctivě. Bylo stanoveno, že každý bude cvičit jednou za den daný soubor cviků, vždy v odpoledních hodinách, bez nasazené korekce.

Každého posledního v měsíci a na úplném začátku (ještě před prvním cvičením) proběhlo kontrolní měření případných změn. Každý z testovaných subjektů, včetně kontrolní skupiny, měl doma vytištěný optotyp s háky na papíře velikosti A4, který byl kalibrován na vzdálenost 1,6 metrů. Háky byly vybrány především proto, aby nedocházelo k zapamatování písmen v daném řádku, zapamatovat si směr háků je přeci jen těžší. Velikost háků na vytištěném optotypu byla od zrakové ostrosti hodnoty 0,1 do 1,3. Subjekty (cvičící i kontrolní) tedy byly požádány o vyměření vzdálenosti 1,6 metrů od optotypu a umístění do výše očí. S asistencí druhé osoby pak proběhlo klasické měření ostrosti, kdy asistent subjektu ukazoval na jednotlivé znaky a subjekt musel určit směr háků. Zaznamenávány byly binokulární hodnoty ostrosti, jelikož v běžném životě se díváme oběma očima. Co se týče osvětlení, jelikož se nacházíme v domácích podmínkách, nelze zajistit naprosto totožné osvětlení ve všech domácnostech. Navíc s ohledem na soukromý život subjektů není ani možné je v jeden konkrétní čas

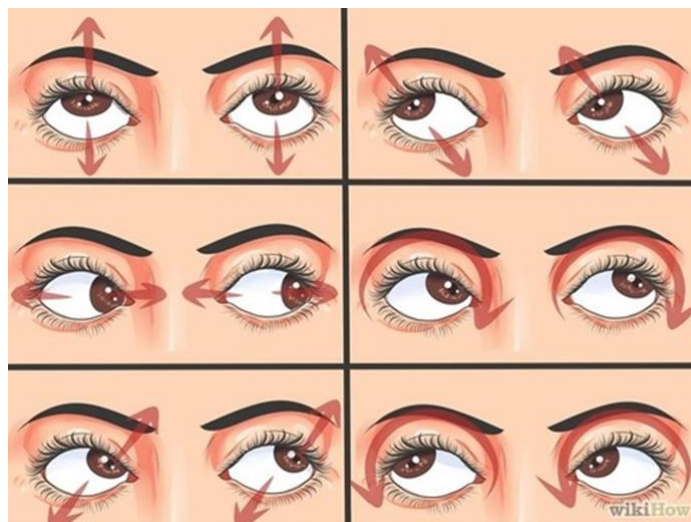
požádat o změření v jasném denním světle (musí se brát v potaz, že k měření docházelo již v únoru, kdy dny nejsou tak dlouhé.) Proto byly požádány o měření za dobrého a jasného umělého osvětlení, nikoliv pouze při svícení lampičky či v potměšlé místnosti.

První cvičení proběhlo dne 19. 2. 2020 po vstupním měření. 15 cvičících subjektů po prvním kontrolním přeměření mohlo začít cvičit podle sestaveného plánu. Cvičení probíhalo několik minut denně v odpoledních hodinách. Plán jsem sestavila z 6 cviků, které se většinou cvičily v několika cyklech a obměnách. Nyní si představíme vybrané cviky a jejich stručný postup.

2.1 Konkrétní cviky

Cvičící by se měl pro začátek uvolnit a snažit se nemyslet na nic jiného než samotné cvičení. Začíná velmi jednoduchým cvikem, kdy střídá pohled očima nahoru a dolů, přičemž tento cyklus opakuje celkem šestkrát. Jedním cyklem se rozumí pohled nahoru a dolů. Po provedení šesti cyklů cvičící zavře oči, a to samé se snaží provést se zavřenýma očima, aby došlo k masáži bulbu víček. Po provedení 6 cyklů se zavřenýma očima následuje dvacetisekundová pauza, kdy cvičící jen relaxuje se zavřenýma očima.

Dále následuje obdobný cvik, jen místo pohledu nahoru a dolů se cvičící dívá ze strany na stranu. Opět se provádí v 6 cyklech s očima otevřenýma a v 6 cyklech s očima zavřenýma. Po provedení cviku znovu nastává 20 sekund pauza na relaxaci.



Obrázek 1. Oční cviky

Po provedení těchto cviků dochází na cvik „písmeno H“. Cvičící ve vzduchu očima opisuje tvar písmena H, přičemž se procvičuje více pohledových směrů. Tento cvik se provede celkem třikrát po sobě a po každém jednom opsaném písmenu H následuje dvacetisekundová pauza.

Poté se cvičí pohled přes uhlopříčky. Zde se za cyklus považuje přejetí pohledem z pravého horního rohu do levého dolního a potom z horního levého do dolního pravého. Po jednom takovém cyklu následuje opět pauza, která je stejně dlouhá jako u každého předchozího cviku. Celkem se provedou tři cykly tohoto cviku.

Následuje kroužení očima, kdy testovaný krouží nejprve třikrát po směru hodinových ručiček a poté třikrát proti směru. Po provedení kroužení v obou směrech se cvičící snaží cyklus zopakovat se zavřenýma očima, opět kvůli masáži bulbů. Po provedení cviků následovala pauza 20 sekund se zavřenýma očima.

Celé cvičení je zakončeno nácvikem akomodace. Cvičící si vezme do ruky předmět, který drží ve výši očí ve vzdálenosti přibližně 20 centimetrů od obličeje. Poté si do vzdálenosti alespoň pěti metrů umístí předmět druhý (nebo vybere nějaký předmět v dálce). Cvičení spočívá v tom, že cvičící přeostrňuje z předmětu v ruce na předmět v dálce. Celkem přeostrší desetkrát a poté následuje krátký odpočinek. Po odpočinku se celý cyklus ještě dvakrát opakuje.

3. Výsledky experimentální části

V následující tabulce je vidět shrnutí výsledků cvičení, které probíhalo po dobu 71 dní. V tabulce je představen vzorek a jejich stav zrakové ostrosti během cvičení, případný progres a změny. První tabulka se týká cvičících, druhá potom pouze kontrolní skupiny. Jednotlivá kontrolní měření probíhala ve stanovené dny a za stejných podmínek.

Tabulka 1. Cvičící subjekty

Číslo subjektu	Pohlaví	Nositel brýlí/čoček	Počáteční měření	Kontrolní měření 1	Kontrolní měření 2	Konečné měření 3
1	Žena	Ano	0,8	0,8	0,8	1
2	Žena	Ano	0,67	0,8	0,8	0,8
3	Žena	Ano	0,67	0,67	0,67	0,5
4	Žena	Ano	0,8	0,8	1	0,8
5	Žena	Ano	0,5	0,5	0,5	0,5
6	Žena	Ano	0,67	0,67	0,67	0,67
7	Žena	Ano	0,8	0,8	1	1
8	Žena	Ne	0,8	1	1	1
9	Žena	Ne	1	1	1	1
10	Muž	Ano	0,5	0,5	0,5	0,67
11	Muž	Ano	0,67	0,67	0,5	0,5
12	Muž	Ano	0,8	0,8	0,8	0,8
13	Muž	Ne	0,8	1	0,8	1
14	Muž	Ne	1,33	1,33	1,33	1,33
15	Muž	Ne	1	1	1	1

Tabulka 2. Kontrolní skupina

Číslo subjektu	Pohlaví	Nositel brýlí/čoček	Počáteční měření	Kontrolní měření 1	Kontrolní měření 2	Konečné měření 3
1	Žena	Ano	0,67	0,67	0,67	0,67
2	Žena	Ano	0,67	0,8	0,67	0,67
3	Žena	Ne	0,8	0,8	0,8	0,8
4	Žena	Ne	0,8	1	1	1
5	Žena	Ne	0,8	0,8	0,8	1
6	Žena	Ne	1	0,8	1	0,8
7	Muž	Ano	0,67	0,67	0,8	0,67
8	Muž	Ano	0,5	0,67	0,67	0,5
9	Muž	Ne	0,8	0,8	1	0,8
10	Muž	Ne	0,8	1	0,8	1

3.1 Statistické zhodnocení

K celkovému statistickému zhodnocení byl použit párový T-test. Test slouží k zhodnocení výsledků z hlediska pravděpodobnosti a ukazuje, zda došlo mezi dvěma měřeními ke statisticky významným rozdílům. Porovnáním hodnot zrakové ostrosti před cvičením a po cvičení jsem získala výsledky, které potvrzují moji hypotézu, tedy že rozdíl je statisticky nevýznamný. Na samotnou zrakovou ostrost navíc mohou mít vliv také faktory jako únava testovaných, špatný psychický nebo fyzický stav.

Tabulka 3. Výsledek T-testu

T-test	0,0572
Významnost	$p > 0,05$

4. Diskuse

Po prostudování několika anatomických a odborných publikací jsem získala řadu teoretických znalostí o anatomii, parametrech oka a jeho refrakci. Pouhým načtením těchto informací jsem dostala představu o tom, do jaké míry mohou mít cviky vliv na změnu tvaru oka a jeho refrakčních vlastností. Už tehdy byla moje představa taková, že vliv to mít nemůže. Refrakce a parametry jsou ovlivněné geneticky a různými přidruženými chorobami, vše je součástí vývoje od počátku početí. Ani cvičením očním svalů, či silou vůle a podvědomí, nelze změnit tyto vlastnosti oka. Údajná fakta, o která se opírají příznivci alternativních metod a cvičení, nejsou dostatečně vědecky podložena a nejsou nijak ověřena.

Výsledky vlastní práce jsou zdokumentované v předešlé kapitole. Výstupem mého experimentu je, že cvičení nemělo žádný významný efekt při zlepšování zrakové ostrosti. V průběhu času docházelo ke kontrolním měřením jak cvičících, tak kontrolní skupiny, ovšem změny byly k nalezení u obou skupin, tudíž nemůžeme změny zraku přisuzovat samotnému cvičení.

Můj osobní názor na změnu zrakové ostrosti, která byla navíc u některých subjektů proměnlivá, je, že se jednalo o změny vlivem celkového stavu subjektů. Na vyšetření zrakové ostrosti má vliv řada faktorů, jako například celková únava, dlouhodobá námaha očí, psychický stav testovaného a také světelné podmínky, za kterých bylo testování prováděno, a které bylo u každého subjektu individuální. I přestože byly zadány konkrétní požadavky na míru osvětlení, nelze zajistit stoprocentně shodné osvětlení u 25 různých domácností.

Celkový subjektivní dojem ze cvičení se ale ukázal jako pozitivní, a to ve smyslu uvolnění napětí v očích a celkového diskomfortu po náročných dnech či dlouhodobém sledování digitálních obrazovek. Takže i přes fakt, že z objektivního hlediska se žádné vylepšení zrakové ostrosti nekonalo, tak subjektivní vjem z celého experimentu byl pro cvičící příjemný.

Předpoklady se potvrdily. Pravidelným cvičením nelze změnit refrakční stav oka. Pozitivním myšlením nelze zlepšit zrak. Pravidelným cvičením lze přispět ke snížení symptomů diskomfortu očí.

5. Závěr

Cílem práce bylo teoreticky a prakticky posoudit, zda je možné, aby oční cvičení měla nějaký významný vliv na změnu refrakčního stavu oka. Jejich průkopníci a autoři tvrdí, že vady je možné až absolutně odstranit, stačí pochopit principy a cvičit. Dle mého, na základě anatomických faktů a základních stavebních kamenů optiky, jsou cviky nedostatečným prostředkem, který tedy není schopný měnit refrakci oka.

Po provedení experimentálních cvičení se potvrdily předpoklady. Tyto cviky jsou možná příjemnou relaxací a snižují diskomfort namáhaných očí, nejsou ale schopny změnit refrakční stav a zlepšit zrakovou ostrost.

Do budoucna se stále bude o alternativní metody ucházet spousta jedinců, kteří se budou od tradiční medicíny distancovat a neodradí je ani fakt, že žádné kladné výsledky těchto metod nejsou vědecky zdokumentované. Na druhou stranu ani my nemůžeme vyvrátit jejich pozitivní výsledky, které příznivci těchto metod údajně mají, a tak můžeme jen odborně argumentovat a přinášet nová fakta a výsledky.

6. Zdroje

- [1] BATES, William H. Better Eyesight Without Glasses. Upravené a doplněné vydání. Mulberry Tree World, UK: Orient Paperbacks, 2008. ISBN 978-81-222-0449-0.
- [2] <http://thebatesmethod.com/> Datum citace: 11. 11. 2019
- [3] <https://seeing.org/techniques/basic-principles.html> Datum citace: 11. 11. 2019
- [4] <http://www.lepsi-zrak.cz/> Datum citace: 11. 11. 2019
- [5] <https://www.exercisetoreducetummy.org/eye-yoga-exercises-for-eyesight-improvement>. Datum citace: 11. 11. 2019

Vizuální ergonomie v kancelářském prostředí

K. Jurásková¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

Email: kristyna.jurasek@gmail.com

Abstrakt. Téma práce je věnováno problematice oční únavy, možným mechanismům vzniku, metodám předcházejícím nadměrné zrakové námaze a postupům vedoucím ke snížení očního diskomfortu pramenícího z dlouhodobého používání digitálních zařízení. Dlouhodobá práce do blízka nebo na střední vzdálenost zatěžuje nejen komplex očního bulbu a přídatných očních orgánů, ale i krční páteř a svaly s ní spojené, což může vést k bolestem hlavy, nauze nebo až k celkové podrážděnosti. Mechanismus vzniku zrakové nepohody pramení z kombinací ovlivnitelných a neovlivnitelných faktorů. Příznační zástupci neovlivnitelných faktorů jsou věk, zdravotní predispozice, sociální a ekologické podmínky a za ovlivnitelné faktory to jsou životní styl, pracovní prostředí a stres, případně nevhodná korekce. Pro experimentální část bylo využito dotazníkového šetření k získání dat týkajících se vizuálních a fyzických příznaků v průběhu práce nebo po práci na počítači a k nabytí informací ohledně současného stavu kancelářské ergonomie na pracovištích.

1. Úvod

Řada studií uvádí, že s přibývajícím časem stráveným u monitoru narůstá diskomfort a problémy s viděním. Stav, jehož příznaky jsou bolest hlavy, rozmazané vidění či pocit suchých očí, pojmenovává Americká optometrická asociace (AOA) jako „digitální zrakové napětí“ nebo „digitální zrakovou únavu“. [1]

Práci na digitálních zařízeních jsou oči vystavovány mimo jiné modré složce viditelného záření. Modré světlo (označováno zkratkou HEV – High Energy Visible) s definovanou vlnovou délkou mezi 380-450 nm má, jak zkratka napovídá, ve srovnání s ostatními částmi viditelného spektra vysokou energii. Nadměrná expozice HEV světlu může narušovat lidský biorytmus a tudíž celkovou výkonnost. [2] [3] Vliv modrého záření je detailněji popsán v závěru třetí kapitoly.

Za zvýšenou námahou a tudíž předčasnou únavou může být i nevhodná korekce a to např. stav překorigování nebo podkorigování. V mladém produktivním věku je člověk schopen si svoji oční vadu (fakultativní hypermetropii) vykompenzovat pomocí akomodace. Pokud je oční čočka dlouhodobě přetěžována, zvláště pak prací na digitálním zařízení, musíme počítat s dřívějším nástupem akomodačních problémů. Jestliže je tato situace ještě umocněna deficitem vízu a jedinec se vyhýbá korekci, astenopické potíže jsou nevyhnutelné a řešení kompenzačními pomůckami nutné.

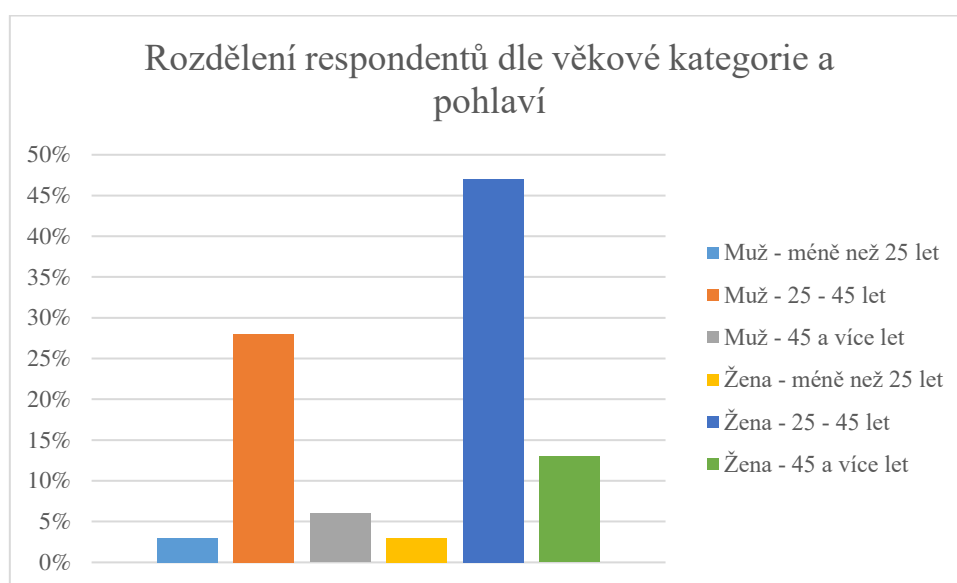
V reakci na čím dál častější výskyt digitálního zrakového napětí byly vyvinuty kromě známých kancelářských brýlových čoček tzv. úlevové čočky pro uživatele digitálních zařízení ve věku 18-40 let. [4]. Dalšími pomocníky v prevenci digitální únavy jsou úpravy brýlových čoček, které filtrují modré světlo. Pro uživatele, kteří vyžadují řešení ve formě kontaktních čoček, jsou dostupné produkty garantující zvlhčení očí i při snížené frekvenci mrkání např. "úlevové kontaktní čočky" Biofinity Energys. Důležitým předpokladem k docílení zrakové pohody je rovněž zařazení oční gymnastiky např. v rámci doporučených přestávek během pracovní doby. Stejně tak nesmíme podcenit vybavení kanceláře, které by nemělo být v rozporu s požadavky na optimální pracovní prostředí tohoto druhu. [5]

Jak je již zmíněno, zraková únava nemá svoji přesnou definici, projevuje se však bolestí hlavy, pocitem suchých podrážděných očí a rozmazaným viděním. Ovšem musíme rozlišovat únavu generovanou přepracováním, stresem či fyziologickým stárnutím organismu. Abychom zrakovou únavu odstranili nebo alespoň snížili, je třeba najít primární příčinu, od níž se následně odvíjí optimální řešení. Např. jestliže si přibližně čtyřicetiletý pacient emetrop stěžuje, že má rozmazané vidění na počítač, je nutné

zjistit, zda není adeptem pro presbyopickou korekci. V jiném případě může jít, např. o nesprávné umístění monitoru, kdy horní hrana obrazovky je umístěna výše než je horizontála okem [6]. Uživatel počítače tak má příliš zakloněnou hlavu a přepínání předních svalů krku vede k bolestem hlavy, nebo naopak držení hlavy může být správné, ale uživatel PC má o to více otevřené oči, při mrkání nedojde k úplnému dovržení oční štěrbinu a výsledkem je neúplné roztírání slz a osychání oka.

2. Výsledky dotazníkového šetření

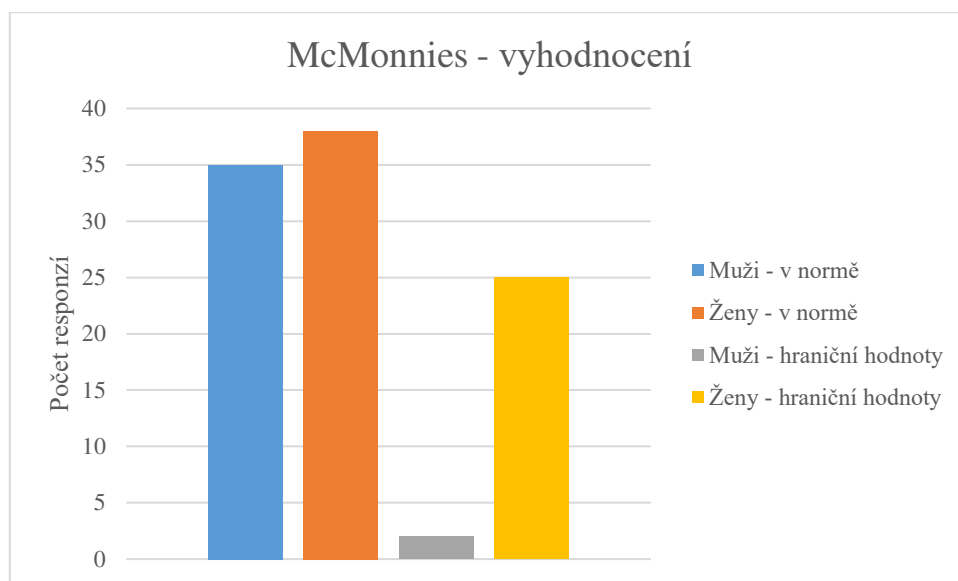
Dotazníkové studie se zúčastnilo celkem 125 respondentů s kancelářskou profesí. Po korekci výsledků muselo být 25 responzí vyřazeno nejčastěji z důvodu nepochopení dotazu. Respondenti byli rozřazeni podle věkových kategorií a pohlaví. Nejvíce byly zastoupeny ženy ve věkové kategorii 25-45 let a nejméně ženy a muži pod 25 let (Graf 1).



Graf 1 Rozdělení respondentů dle věkové kategorie a pohlaví

McMonnies dotazník

Z celkového počtu 100 dotázaných u otázky „Zažíváte některý z následujících očních symptomů?“ označilo 30 % více než jeden symptom. Se 73% převahou se výsledné hodnoty pohybovaly v normě a u 27 % se vyskytly hraniční hodnoty signalizující podezření na suché oko (Graf 2).



Graf 2 McMonnies - vyhodnocení

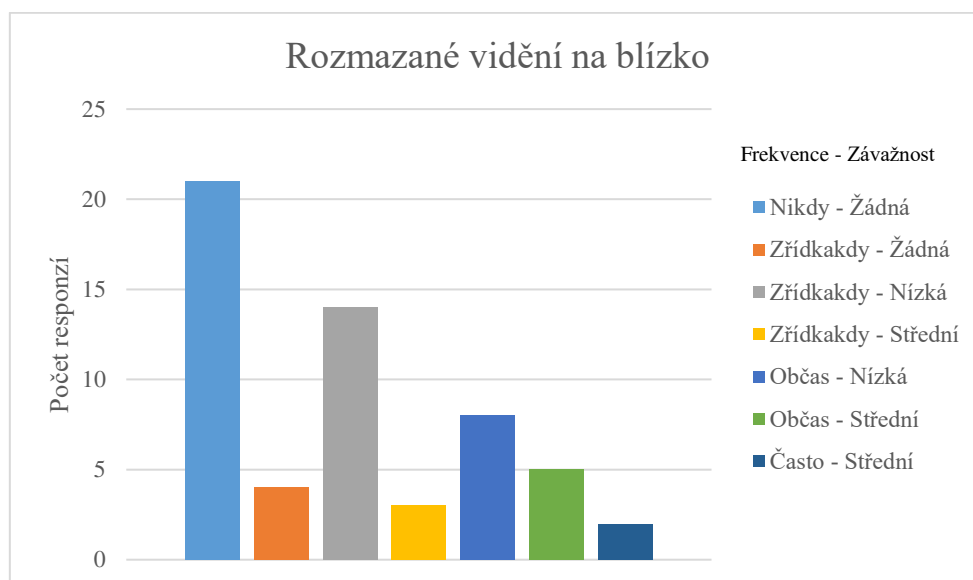
Computer Use Questionnaire

Tato část obsahuje výsledky z nasbíraných dotazníkových dat ze dvou nejvíce zastoupených okruhů – respondenti nepoužívající korekci a používající jednoohniskovou korekci při práci s PC.

Respondenti bez korekce

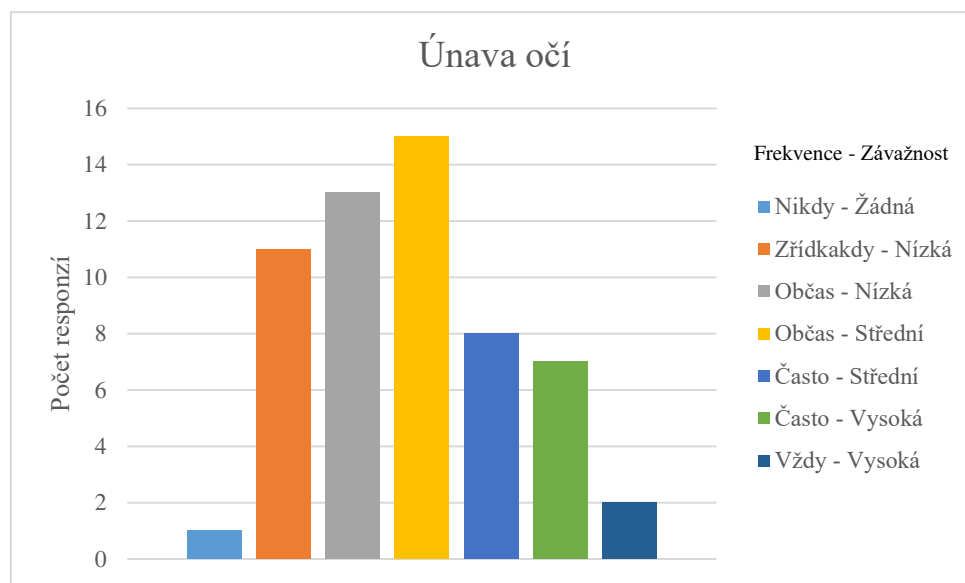
Okruh respondentů bez korekce na PC zaujímal největší část a to v podílu 57 % z celkového výběru populace.

V 36 případech je subjektivně vnímáno rozmazané vidění do blízka, jak lze vyčíst z grafu nejčastěji s nízkou závažností (Graf 3).



Graf 3 Rozmazané vidění na blízko

Graf 4 je jasným ukazatelem, že 56 z 57 dotázaných pociťuje oční únavu a to s píkem ve střední závažnosti s občasným výskytem.

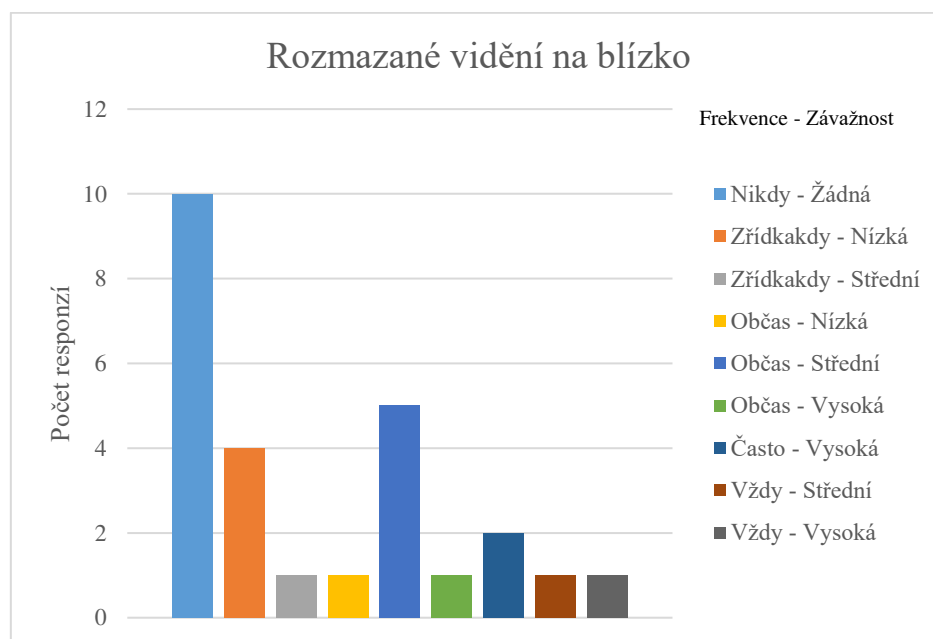


Graf 4 Únava očí

Respondenti s jednoohniskovou korekcí při práci na PC v zaměstnání a doma

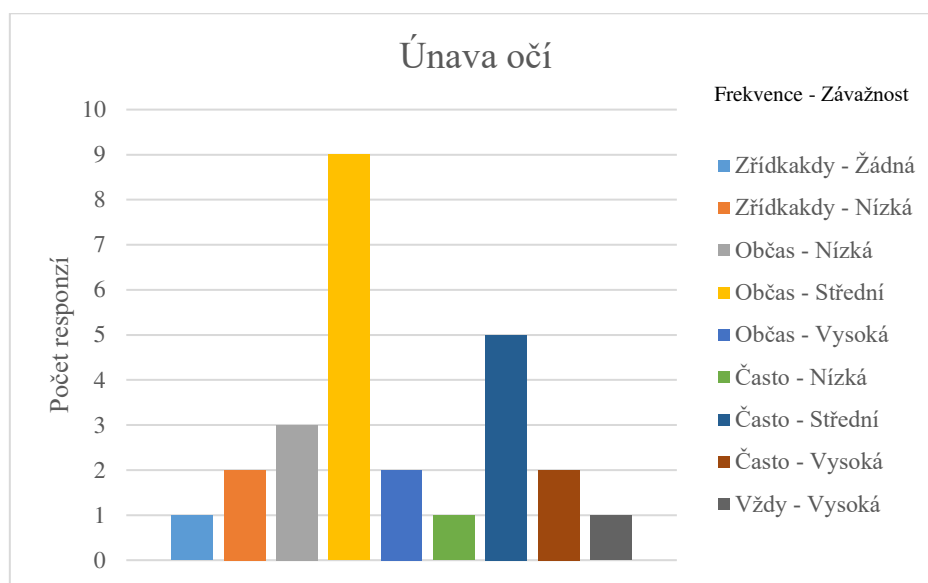
Druhou nejvíce zastoupenou kategorií, 26 % (=26 osob) z celku byli respondenti, kteří užívají jednoohniskovou brýlovou korekci při práci na PC jak v zaměstnání tak doma.

Rozmazané vidění na blízko na sobě pozoruje dohromady 16 dotazovaných. V 5 případech jde o občasné komplikace střední závažnosti, viz Graf 5.



Graf 5 Rozmazané vidění na blízko

Dotazníkové šetření avizuje 100% nález oční únavy u nositelů jednoohniskové korekce, viz Graf 6.



Graf 6 Únava očí

Ergonomické aspekty

Kromě vizuálních a fyzických příznaků byly sledovány a porovnávány ergonomické aspekty kancelářské práce, jako jsou umístění monitoru vůči očím, typy povrchů v kanceláři, vybavení kanceláře apod.

Dotazníkovou studií bylo zjištěno, že 74 % z výběru populace uplatňuje doporučenou vzdálenost očí od monitoru. Možnost nastavení výšky monitoru má 64 % a 77 % uvedlo možnost nastavení náklonu monitoru. Podmínku správné výšky horního okraje monitoru vůči očím splňovalo 48 % respondentů, 19 % odpovědělo, že má displej vůči očím nízko, současně u všech 19 odpovědí se vyskytl problém s bolestí hlavy a bolestí krku/ramen/zad, se 14% rozdílem byl stav u respondentů s monitorem vysoko vůči očím obdobný. Těchto 33 dotazovaných, kteří odpověděli, že mají monitor nahoře vůči očím, 19 z nich pociťuje suché podrážděné oči. Optimální umístění monitoru vůči oknu se vyskytuje v 73 % odpovědí. Odpověď na dotaz, zda bylo postřehnuto blikání monitoru, byla v 31 % ano.

Jakoukoliv formu zvlhčování očí používá pouze 31 % z celkového počtu. I přes vysoké procento respondentů – 69 %, kteří mají zkušenost se suchými podrážděnými očima, používá jakoukoliv formu zvlhčování pouze 27 z nich.

Oční únava se vyskytuje u 99 % ze 100 zúčastněných. K dosažení zmírnění únavy přispívají oční cviky, ty však používá jen 9 %.

3. Diskuse

Implementací dotazníkového šetření bylo zjištěno, že u bezmála třetiny výběru populace bylo dosaženo hraničních hodnot pro stanovení suchého oka. Jelikož se nejedná o tzv. třídící testy určené k verifikaci syndromu suchého oka, nelze s přesností určit, zda se jedná přímo o SSO nebo o komplikaci doprovázející jiné onemocnění. Na základě nastudované literatury se autorka domnívá, že přítomnost suchého oka je ovlivněna množstvím faktorů, kterými jsou např. pracovní environment, medikace, nošení kontaktních čoček nebo úrazy, které naruší integritu povrchu oka.

Předčasná presbyopie vyvolaná nadužíváním akomodačního úsilí, může vést k nepříjemnostem souvisejícím s rozmazaným viděním do blízka. Hlubší příčina tohoto problému se jeví fakultativní myopie a odchylka v rovině binokulárního vidění. I v případě oční únavy může mít významné přičinění právě absence korekce, z grafu (Graf 4) je zřejmé, že téměř u všech zkoumaných se únava očí projevila.

Za povšimnutí stojí i hodnoty subjektivně vnímaných náznaků zrakového nepohodlí u nositelů jednoohniskových brýlí, přičemž problémy nastávají v průběhu práce s PC nebo po ní. Za rozmazaným viděním do blízka může být překorigovaná myopie nebo nekompensovaná presbyopie (Graf 5). Korekční nedostatečnosti (dekompensovaná heteroforie, anizometropie) mohou generovat jak oční únavu, tak dvojité vidění. Dalším původcem očních komplikací může být špatně zhotovená korekce – decentrace optických středů vůči zornicím či poškození brýlových čoček.

Nedílnou součástí myšlenky vizuální ergonomie je snaha o vytvoření optimálního kancelářského prostředí. Doporučovaná vzdálenost monitoru od očí je 40-70 cm, přesněji v závislosti na velikosti monitoru. Displej by měl umožňovat nastavení výšky, kdy horní okraj displeje je v úrovni očí, a náklonu – kolmo na přirozený směr pohledu. Optimální variantou umístění monitoru v prostoru je monitor bokem k oknu. Blikání monitoru je záležitost nastavení a vlastností daného přístroje, každopádně blikání/vlnění stimuluje oči k akomodaci, což má za následek astenopické potíže. Za blikáním je pravděpodobně nízká (pod 60 Hz) obnovovací frekvence. Neméně podstatné je umístění referenčních materiálů, ty by měly být výškově nastavitelné nebo alespoň být vidět bez výrazného otáčení hlavy nebo pohybu krku.

4. Závěr

V praktické části byly zkoumány souvislosti mezi jednotlivými typy korekcí a vizuálními a fyzickými příznaky. Stejný postup byl aplikován na skupinu 57 responzí bez uvedené korekce na PC. Do práce byly zahrnuty pouze výsledky ze vzorku 26-ti respondentů s jednoohniskovými brýlovými čočkami používanými na PC a ze skupiny účastníků s absencí korekce. Vyhodnocená data z ostatních okruhů byla nepublikovatelná pro nedostatek responzí k jednotlivým druhům korekcí, výsledky pozbývaly validity. U jednotlivých symptomů byly uvedeny předpokládané korelace, ale aby mohla být platnost výsledků stvrzena, mělo by proběhnout měření refrakce v jednotných podmínkách a následné vyplnění dotazníku za asistence optometristy, aby nedocházelo k chybám z nepochopení dotazu či chybám z nepozornosti. Pro potvrzení opakovatelnosti příčin je stěžejní podmínka dostatečného počtu, alespoň 20 pacientů pro každý typ korekce.

Součástí studie bylo i hledání a pozorování spojitostí mezi jednotlivými aspekty ergonomie a fyzickými příznaky. Pro příklad: byla sledována korelace mezi absencí polohovatelné židle a bolestmi krku/zad/ramen a bolestí hlavy, dále bolest zápěstí při využití podpěry zápěstí a bez ní. Předpokládané spojitosti nebyly potvrzeny. Bohužel se nepodařilo objasnit, proč tomu tak je.

5. Reference

- [1] Česká oční optika: Biofinity energys chytré řešení proti digitální únavě. Praha: Expo Data, 2018, **2018**(4). ISSN 1211-233X.
- [2] Česká oční optika: Odvrácená strana světla a řešení pro náš zrak. Praha: Expo Data, 2019, **2019**(2). ISSN 1211-233X.
- [3] MOJR, Viktor. Barva, energie a světlo: Pohled na svět očima fotochemika. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. Praha: VŠCHT Praha, 2016 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.vscht.cz/popularizace/doktorandi-pisou/mojr>
- [4] Omega-optix: EXACTDS SMART [online]. Brandýs nad Labem, 2018 [cit. 2019-12-15]. Dostupné z: <https://www.omega-optix.cz/brylove-cocky/exactds-smart>
- [5] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Práce a vidění*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999. ISBN 80-701-3275-2.
- [6] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.

Srovnání určení objektivní a subjektivní refrakce astigmatismu

M. Langhammer¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: matej.lamghammer@gmail.com

Abstrakt: Tato práce popisuje možnosti objektivního (přístrojového) a subjektivního vyšetření astigmatismu v praxi optometristy. Nejdříve popisují stručně anatomii oka s důrazem na rohovku, její vrstvy a inervaci. Dále popisují refrakční vadu astigmatismus, vysvětlují její typy, příznaky a výskyt. Také se zabývám korekcí astigmatismu, včetně korekce pomocí kontaktních čoček. V práci dále popisují nemoci ovlivňující astigmatismus, především onemocnění zvané keratokonus, pro který je výskyt astigmatismu typický. V závěru teoretické části práce se zabývám vyšetřením astigmatismu, a to jak pomocí objektivní, tak subjektivní refrakce. Dále popisují princip autorefraktometru, možnosti vyšetření rohovky pomocí topografu a skiaskopické vyšetření refrakčního stavu oka. Dále znázorňují možnosti subjektivního vyšetření astigmatismu pomocí Jacksonova zkříženého cylindru a pomocí metody zamlžení. Součástí kapitoly jsou také typy optotypů, které se pro toto vyšetření používají. V praktické části mé práce zprvu vysvětlují, jakým stylem probíhalo vyšetření respondentů pro tuto bakalářskou práci. Poté se zaměřuji na analýzu nasbíraných dat, kde nejdříve představuji výsledky pro pohlaví a věk. Ohledně naměřených hodnot analyzuji prevalenci hodnot síly a osy astigmatismu, rozdílů těchto hodnot mezi objektivní a subjektivní refrakcí a jejich průměrnou odchylku mezi sebou.

1. Úvod

V práci se zaměřuji na základy anatomie oka, a to zejména rohovky a čočky, které mají nejvýznamnější vliv na vznik astigmatismu. Dále jsem popsal jeho typy, výskyt, možnosti korekce včetně kontaktních čoček a nemoci, které jej způsobují. V neposlední řadě jsem se zaměřil na objektivní a subjektivní vyšetření astigmatismu, principy přístrojů a na postupy jednotlivých testů. Astigmatismus je refrakční vada, při které je nepravidelně zakřivená rohovka nebo čočka (případně obojí). Při nepravidelném zakřivení optických ploch nastává, že optický systém oka nemá ve všech meridiánech stejnou optickou mohutnost. Netvoří se tak na sítnici bod, ale tzv. rozptylový kroužek. Nejčastěji se setkáváme s astigmatismem rohovky, čočkový astigmatismus je naopak vzácnější. Tato refrakční vada je z největší části vrozená. Astigmatismus se však může projevit také při subluxaci čočky, po operacích, zánětech či po úrazech oka. [1-4]

Osoba s astigmatismem se snaží pomocí akomodace posunout refrakci do jedné z rovin fokálních linií. Častěji bývá upřednostňován meridián, který je blíže k emetropii. Pokud má tato osoba stejnou chybu v obou meridiánech, bývá upřednostňován vertikální fokál. [2]

U dětí se aplikuje plná korekce, protože jsou adaptabilnější (musíme však samozřejmě přepočítat na odpovídající vrcholovou vzdálenost korekce). Se snesitelnou korekcí naopak musíme začínat u dospělých, protože na cylindrickou korekci nejsou zvyklí. Snesitelnější osy cylindrů jsou 90° a 180°, než v šikmých osách. S korigovanou astigmatickou korekcí je vidění kontrastnější a ostřejší. Vyšetřování s menší astigmatickou vadou (cca do -1,0 D) obvykle nemají větší obtíže při zvládání běžných denních aktivit bez brýlové korekce. Korekci lze provést brýlemi, kontaktními čočkami nebo operací. Pokud předepisujeme astigmatickou korekci dospělé osobě, která nikdy neměla tuto korekci předepsanou, musíme se přesvědčit, že jí bude tolerovat. [2,5]

Astigmatismus je možné vyšetřit pomocí objektivní a subjektivní refrakce. Je nutné použít řadu testů a pomůcek, abychom dokázali přesně naměřit hodnotu astigmatismu.

Objektivní refrakce nám říká, jakým refrakčním deficitem vyšetřovaný disponuje. Po objektivní refrakci máme přibližné hodnoty (nejen) astigmatismu, včetně síly a osy. Jak bylo již řečeno, tyto hodnoty jsou pouze orientační a musí být dokorigované pomocí subjektivní refrakce. Pro objektivní refrakci lze použít autorefraktometr. Jedná se o přístroj, který se využívá v objektivní refrakci pro

zjištění refrakčního deficitu a změření zakřivení rohovky v milimetrech i dioptriích. Autorefraktometer dokáže též změřit průměr rohovky a pupilární distanci. Přístroj nám určí průměr několika měření a poskytne refrakční odhad pro začátek subjektivní refrakce. Automatické oční refraktometry se dělí na několik typů v závislosti na principu, na kterém jsou založeny. [6-8]

Subjektivní refrakce je nedílnou součástí vyšetření. Jedna z nejdůležitějších složek subjektivní refrakce je správná komunikace se zákazníkem, jeho poučení s probíhajícími testy a kladení správných otázek. Na rozdíl od objektivní refrakce se zde zákazníka ptáme na jeho subjektivní pocity a dle toho volíme postup naší refrakce. Pro subjektivní refrakci lze použít Jacksonův zkřížený cylindr (JZC).

JZC je kombinace dvou plan-cylindrů, které jsou na sebe kolmé a mají rozdílnou optickou mohutnost. Nejčastěji jsou využívány hodnoty $\pm 0,25D$ a $\pm 0,50D$. JZC o síle $-0,25D$ je pro měření přesnější, nicméně pro vyšetřovaného je obtížnější poznat rozdíl dvou obrazů. Otáčením JCC o 180° vyšetřovanému ukážeme dva obrazy, které musí porovnat. Vyšetřovaný se dívá na bodový test na vzdálenost 5-6 metrů a hodnotí, který z dvou ukazovaných obrazů je pro něj ostřejší, kontrastnější. Pokud není na optotypu bodový test, můžeme si pomoci jakýmkoli kulatým znakem. Při vyšetření se ptáme otázkou „Je lepší obraz číslo jedna, nebo obraz číslo dvě?“ Podle odpovědi postupujeme refrakcí. [9,10]

2. Experimentální část

Výsledky pro srovnání určení objektivní a subjektivní refrakce astigmatismu byly měřeny v první polovině roku 2020 v oční optice Langhammer optik v Litvínově. Při měření byla využita vyšetřovací vzdálenost 5,80 metrů s použitím zrcadlového systému. Použitý projektor byl značky Essilor CPE 60. Objektivní refrakce probíhala na autorefraktometeru značky Essilor AKR 500 (viz. obrázek 1).

Celkové vyšetření začínalo vyplněním anamnézy, což je nedílná součást každého vyšetření. Cílem anamnézy bylo zjistit, ve kterém prostředí se pacient nejčastěji nachází a k čemu chce danou refrakci využívat. Další z mnoha dotazů bylo, zda se neléčí s nějakou chorobou, jako je třeba cukrovka či zvýšený krevní tlak. Dále jsem chtěl zjistit, zda neužívá léky, které ovlivňují zrak. Jsou jimi například antihistaminika, antikoncepce, antidiabetika či antihypertonika.

Poté jsem přistoupil k objektivní refrakci. Jak již bylo zmíněno, tak toto měření probíhalo na autorefraktometeru Essilor AKR 500. Jak již název napovídá, mimo základní měření poskytuje tento typ také keratometrická data. Dle výrobce dokáže tento přístroj měřit sféru s přesností na $0,12D$. Co se týká hodnot ohledně cylindru, tak by výsledky měly být přesné o síle $\pm 0,12D$ a ose $1^\circ/5^\circ$. Naměřené hodnoty slouží k počátečním informacím o stavu ametropie.

Po objektivní refrakci jsem vyšetřovanému zjistil monokulárně visus naturalis. Tento krok mě vedl k tomu, abych zjistil, jakou má vyšetřovaný zrakovou ostrost bez jakékoliv korekce. Poté jsem přešel na monokulární vyšetření sférické hodnoty, kdy jsem se snažil dosáhnout co nejlepšího visu. V tomto postupu jsem používal Snellenův optotyp, jehož definice a charakteristika jsou uvedeny v teoretické části této práce (kapitola 4.2.2). Sférickou hodnotu jsem se snažil změřit co nejpřesněji, protože je to nezbytným krokem k určení co nejpřesnější hodnoty astigmatismu. Jakmile bychom nepřesně naměřili hodnotu nejlepší sférické korekce, došlo by k nepřesným výsledkům také u měření cylindrické hodnoty. Je důležité pokračovat v měření cylindrických hodnoty, i když vyšetřovaný disponuje již velmi dobrým visem ze sférického měření. Cylindrická složka může jeho zrakovou ostrost ještě vylepšit.

Po určení nejlepší možné sférické korekce jsem začal s testováním korekce astigmatické. Pro stanovení astigmatické složky korekce jsem používal Jacksonův zkřížený cylindr o hodnotě $-0,25cylD$ a $-0,50cylD$, astigmatickou růžici a Brokův test. Celé měření astigmatické složky jsem započal na astigmatické růžici, kde jsem chtěl určit přibližnou osu astigmatické korekce vyšetřovaného. Klienta jsem si zamlžil takovou hodnotou, aby se jeho zraková ostrost snížila alespoň o dva řádky, a tak mohl být tento test účinný. Vyšetření na astigmatické růžici jsem prováděl dle pravidel, která jsou uvedena v teoretické části této bakalářské práce. Jelikož se toto vyšetření používá jen jako pretest k vyšetření pomocí Jacksonova zkříženého cylindru, tak následovalo přesné dokorigování. Na přesné dokorigování jsem používal bodový test, na kterém je toto měření nejpřesnější. Alternativou však může být jakýkoliv kulatý znak (nejlépe O nebo C). Hodnotu astigmatické korekce jsem se snažil změřit na přesnost 1° , aby bylo toto měření co nejpřesnější.

Jakmile mi vyšetřovaný uváděl, že již zobrazené body na testu jsou při předložení os v kolmých směrech stejné, přešel jsem zpět na Snellenův optotyp. Žádal jsem klienta, aby mi přečetl daný řádek na optotypu, a tím jsem zkoumal jeho zrakovou ostrost po cylindrickém vykorigování. Abych zjistil, zda předložená korekce ve zkušební obrubě vyšetřovaného je ta správná, vyzkoušel jsem řadu testů na dokorigování.

Na monokulární dokorigování jsem používal červenozeleň test, kde jsem si ověřoval, zda jsou znaky v červeném a zeleném úseku stejné. Jakmile jsem byl s monokulárním měřením spokojen, přešel jsem na monokulární měření oka druhého, kde jsem uplatňoval stejný postup, který je popsán výše. Po uspokojivém změření oka druhého jsem vyjmul clonu na prvním oku. Důležitá pro mě byla prvotní reakce vyšetřovaného, kde jsem se dotazoval, zda se mu nijak nemotá hlava a pro něj vidění pohodlné. Vše jsem si ověřil binokulárním dokorigováním.

Pro binokulární dokorigování jsem používal třířádkový test, Worthův test a Osterbergův test. Binokulární měření jsem zahájil na Worthově testu, kdy jsem se snažil zjistit, zda vyšetřovaný nemá supresi na jednom z očí, či jestli vyšetřovaný netrpí diplopií. Na tomto testu jsem vyšetřoval s červenozeleňmi předsádkami. Dotazoval jsem se na polohu, barvu a tvar znaků. Poté jsem přešel na Osterbergův test. Jedná se o červenozeleň test s písmeny. Vyšetřovaného jsem se ptal, zda jsou číslice v některém poli ostřejší od ostatních. Na třířádkový test jsem používal polarizační předsádky a dotazoval se, zda znaky v horním či dolním řádku nejsou vzájemně jinak ostré. Jestliže znaky v horním řádku byly ostřejší, předložil jsem před pravé oko $+0,25D$. V tomto testu se vždy zhoršuje to oko, které má řádek ostřejší. Cílem je, aby znaky v horním a dolním znaku byly vzájemně stejně ostré.



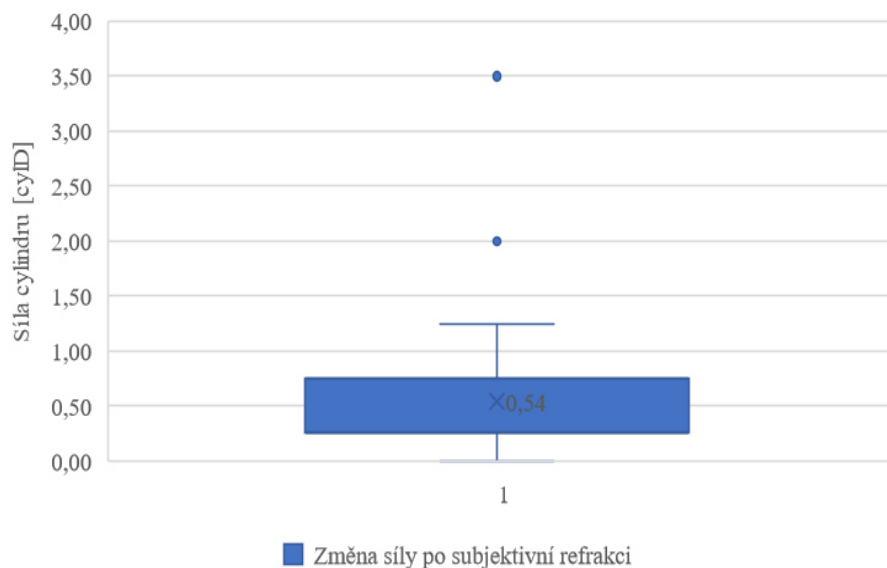
Obrázek 1. Autorefraktometer Essilor AKR 500.

3. Výsledky experimentální části

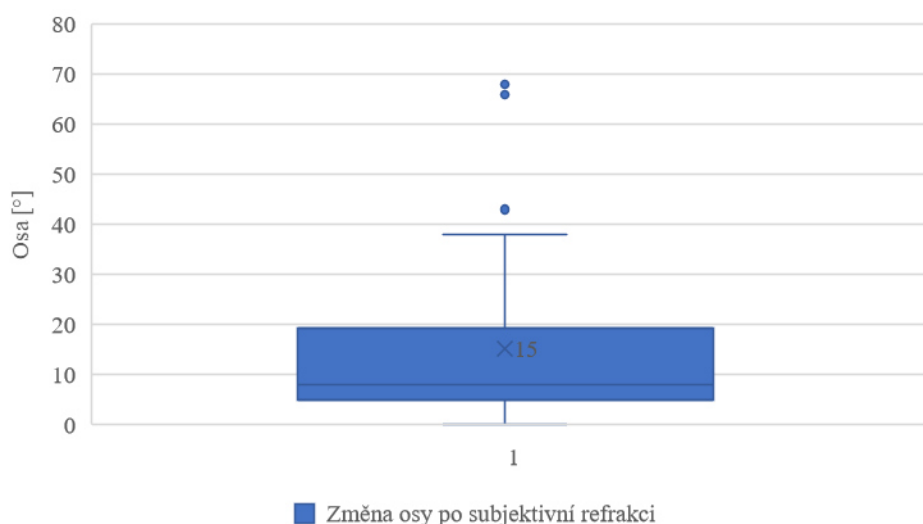
Pro vyhodnocování mé praktické práce pracuji s 39 očima, u kterých byl po dobu mé praxe nalezen astigmatismus a mohl jsem je tak započítat do mé práce. V níže uvedené tabulce uvádím data, která byla naměřena. Porovnávám v ní sílu a osu, kterou mi určil autorefraktometer a sílu s osou, kterou jsem naměřil pomocí Jacksonova zkříženého cylindru. V tabulce nejsou zaznamenány osy ve chvíli, kdy autorefraktometr nenaměřil žádné hodnoty, a tak nebylo mé měření s čím srovnávat.

Tabulka 1. Porovnané hodnoty z ARK a JZC

Oko	ARK		JZC	
	Síla [cylD]	Osa [°]	Síla [cylD]	Osa [°]
1	-0,75	166	-0,50	52
2	-1,25	160	-0,50	163
3	-1,50	160	-1,25	167
4	-1,25	170	-1,25	168
5	-1,50	175	-1,00	164
6	-1,75	175	-1,00	15
7	-1,25	83	-1,00	88
8	-1,00	93	-0,50	89
9	-1,25	91	-1,50	83
10	-1,75	105	-1,50	92
11	-1,25	82	-0,50	90
12	0,00	-	-0,50	90
13	-1,25	9	0,00	-
14	-2,00	153	-1,00	136
15	-0,75	94	0,00	-
16	-0,75	128	-0,50	90
17	-0,50	77	-1,00	88
18	-1,00	124	-1,00	118
19	-0,75	109	0,00	-
20	-0,25	118	-0,50	161
21	-1,25	175	-1,50	180
22	-1,50	8	-1,50	0
23	-0,75	159	-1,00	152
24	-3,00	23	-1,00	45
25	-1,00	59	-0,50	87
26	-4,00	163	-0,50	95
27	-0,25	100	0,00	-
28	-1,00	100	0,00	-
29	-0,75	105	-0,50	110
30	-0,50	5	-0,25	0
31	0,00	-	-0,25	0
32	-0,75	170	-0,50	180
33	-0,50	160	-0,50	160
34	-0,50	105	-0,75	110
35	-1,50	80	-1,00	75
36	-1,00	150	0,00	-
37	-0,25	80	0,00	-
38	-0,25	80	0,00	-
39	-0,25	30	0,00	-
Průměr	-1,04	108,8	-0,63	101,6
SD	0,76	50,51	0,48	53,60



Graf 1. Průměrná odchylka síly torické refrakce



Graf 2. Průměrná odchylka osy po subjektivním doměření

3.1 Statistické zhodnocení

Své naměřené výsledky jsem ke konci práce statisticky zhodnotil pomocí párového T-testu. Zjištěné údaje jsou zapsány v tabulce níže.

Tabulka 2. Výsledek T-testu

	Síla astigmatismu	Osa
T-test	0,001	0,1601
Významnost	$p < 0,01$	$p > 0,05$

Ze statistických hodnot naměřených pomocí T-testu vyplývá, že dochází ke statisticky vysoce významnému rozdílu mezi hodnotami pořízenými autorefraktometrem a Jacksonovým zkříženým cylindrem. Převáděno do praxe – objektivní určení hodnoty astigmatismu by mělo být následováno subjektivním dokorigováním.

Při statistickém zkoumání osy cylindru bylo zjištěno, že nedochází ke statisticky významnému rozdílu hodnot. Z pohledu statistiky by to v praxi znamenalo, že osy naměřené z autorefraktometru a Jacksonova zkříženého cylindru se nemění natolik, aby je bylo nutné jakkoliv řešit.

4. Diskuse

Během studování odborných knih, časopisů a studia na vysoké škole jsem se dozvěděl, že se subjektivní refrakce astigmatismu nemůže svou přesností rovnat s objektivní refrakcí. Je to dáno tím, že objektivní refrakce měří stav optického systému, avšak subjektivní refrakce pracuje s pocity klienta a jeho pohodlného vidění. V dnešní době se astigmatismus koriguje snadno, ať už pomocí brýlových či kontaktních čoček. Po prozkoumání rozsahu dostupnosti kontaktních čoček mohu tvrdit, že tento rozsah je naprosto dostačující. Toto tvrzení podkládám analýzou v grafu č. 4, kde jsem se zabýval četností torické síly.

Důležitost subjektivní refrakce astigmatismu jsem podkládal hodnotami, které jsem naměřil během mé praxe v optice. Z výsledků měření je jasné, že subjektivně dokorigovávat je opravdu nezbytné. Během porovnávání os jsem naměřil několik vysokých odchylek. Tyto odchylky o 41° a více bych nepřikládal za vinu nepřesnosti autorefraktometru, avšak vnějším podmínkám. Mohlo se stát, že při vyšetření na autorefraktometru vyšetřovaný „mžoural“, a tak autorefraktometr naměřil chybné osy. Dalším faktorem je nepochopení testu ze strany vyšetřovaného, a tím jsem zřejmě dostával chybné odpovědi. Zde je důležité, aby se optometrista vždy přesvědčil, zda vyšetřovaný správně pochopil daný test a dával zřetel na správně kladené otázky.

Po podrobném prozkoumání jsem zjistil, že vysoké odchylky os se objevily u klientů s nízkou hodnotou astigmatismu ($-0,50$ cylD). Díky nízké hodnotě cylindru tak mohlo docházet, že vyšetřovaný zkrátka nepoznal rozdíl – ve spojitosti se špatně kladenými otázkami jsem tak mohl dosáhnout nepřesného výsledku. Navzdory faktu, že změna os je statisticky nevýznamná, je však opravdu důležité tuto hodnotu subjektivně dokorigovávat. Změnu osy o 2° - 5° bere statistika jako nevýznamnou. U nízkých hodnot cylindrické korekce ($0,50$ cylD) může být tato odchylka dobře tolerována. Naopak u vyšších hodnot už tato odchylka hraje výraznou roli. Při analýze dat jsem zjistil, že u vyšších hodnot cylindru ($>1,00$ cylD) se osa liší v průměru o 10° . Při takto velké odchylce osy by u vyšších cylindrů došlo k intoleranci korekční pomůcky, která by tak neplnila svou funkci. Je však důležité mít na paměti, že každý klient je jiný a každý snáší případnou odchylku osy jinak. Z tohoto důvodu je nutné u každého klienta korigovat sílu a osu subjektivně.

Při analýze dat ze síly torické korekce jsem došel k závěru, že odchylka přesnosti měření se nejčastěji vyskytuje v hodnotách $0,25$ cylD až $0,75$ cylD. Průměrná odchylka měření činila $0,54$ cylD, zaokrouhleno na $0,50$ cylD. Takto nepřesné hodnoty jsou způsobeny tím, že vyšetřovaný opravdu disponuje refrakční vadou v těchto hodnotách, avšak takto plná korekce by pro něj byla nepohodlná a nesnesitelná. Dle mé analýzy změřených dat vyplývá, že použitý autorefraktometr udává vyšší hodnotu síly torické korekce o 69 %. Také statistické měření nám říká, že rozdíl naměřených hodnot je vysoce významný. Je tedy velmi důležité, pomocí subjektivní refrakce, zjistit, jaká hodnota síly torické korekce je pro něj přijatelná a pohodlná a nedávat vyšetřovanému plnou korekci s tím, že „si na to zvykne“.

Pro mou práci jsem si určil 2 hypotézy, které jsou napsané v úvodu mé práce. Pomocí praktické části jsem obě hypotézy potvrdil. V hypotéze číslo 2 dokonce vyšla odchylka os o 5° víc, než kolik jsem předpokládal.

5. Závěr

Mým hlavním cílem bylo popsat princip objektivního a subjektivního měření astigmatismu v praxi optometristy. V práci jsem poukázal na to, proč je důležité, aby se hodnoty z objektivní refrakce dále dokorigovávaly pomocí refrakce subjektivní. V práci jsem též udělal výčet přístrojů, které se na měření podílejí, a popsal jejich principy měření. Uvedl jsem typy optotypů, které se používají pro subjektivní hodnocení astigmatismu. Vyhodnotil jsem pomůcky pro vyšetření této refrakční vady a uvedl postupy, jak se správně s těmito pomůckami pracuje. V práci jsem dále pojmenoval oční onemocnění, které se mohou podílet na vzniku astigmatismu. Poukázal jsem na to, že byť jsou dnes již velmi vyvinuté technologie, stále nedosahují takové přesnosti, jako při subjektivním dokorigování. I přes přesnost subjektivních metod měření spousty vyšetřujících tento krok vynechává.

Všechny tvrzení z odborných knih a časopisů jsem podložil v praktické části této práce. Potvrdil jsem, že hodnoty síly a os astigmatismu z objektivní refrakce se výrazně liší oproti subjektivní refrakci. Mimo jiné jsem poukázal na to, jakým směrem nejčastěji autorefraktometr neměří přesně či jaké hodnoty cylindru se nejčastěji objevují v populaci.

Představil jsem výsledky, které prakticky poukazují na fakt, že je subjektivní refrakce důležitá. Doufám tedy, že se mi podaří touto prací přesvědčit skupinu optometristů, kteří subjektivně astigmatismus nekorigují, o účinnosti a přesnosti tohoto měření a zvýším tím tak kvalitu a zrakovou ostrost budoucích klientů.

6. Zdroje

- [1] ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [2] KRAUS, Hanuš. Kompendium očního lékařství. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-716-9079-1.
- [3] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [4] MANNIS, Mark J. Contact lenses in ophthalmic practice. New York: Springer, c2003. ISBN 0-387-40400-7.
- [5] Astigmatismus [online]. [cit. 2020-01-04]. Dostupné z: https://www.4oci.cz/astigmatismus_4c349
- [6] PITROVÁ, Šárka a František VLK. Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník. 2., přepracované a doplněné vydání. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [7] VESELÝ, Petr a Pavel BENEŠ. Vyšetřovací metody v optometrii: a interpretace jejich výsledků v praxi. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-2071-0.
- [8] HLOŽÁNEK, Martin a Blanka BRŮNOVÁ. Přístrojová technika v oftalmologii. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, 2006. ISBN 80-902-1609-9.
- [9] BALAJI, Nirupama. Jackson's Cross Cylinder (JCC). 2007.
- [10] DOMINIQUE, Meslin. Listy očních optiků: Praktická refrakce. Paris: ESSILOR ACADEMY EUROPE, 2008. ISBN 979-10-90678-22-4.

Výskyt syndromu suchého oka

B. Keřková

Česká vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám.
Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: b.kerkova@gmail.com

Abstrakt. Hlavním tématem práce je výskyt syndromu suchého oka, kvalita a kvantita slzného filmu a s tím související měření slzného filmu. V jednotlivých kapitolách jsou popisovány anatomické struktury oka, které slzný film pokrývá, a struktury, které se podílejí na tvorbě slzného filmu. Práce popisuje také anatomii slzného filmu a jeho složení, aby byla lépe pochopena problematika týkající se syndromu suchého oka. Syndrom suchého oka je rozdělen do dvou forem, podle toho, která složka slzného filmu je poškozena, popřípadě třetí formu kombinovanou, pokud jsou poškozeny obě složky slzného filmu. Tuto diagnostiku je možné provést pomocí několika typů měření, které studují stabilitu slzného filmu jeho množství a složení. Možnosti měření a jejich vyhodnocení jsou v práci detailně popsány.

1. Úvod

Stabilita slzného filmu má výrazný vliv na oční zdraví. Slzný film chrání a zvlhčuje povrch oka, a tvoří primární refrakční povrch vizuálního systému, kterým vstupuje světlo do oka. Slzný film se skládá ze dvou vrstev – vodně-mucinové a lipidové.[1]–[3]

Dolní vrstva – vrstva vodně-mucinová leží na povrchu epitelální buněk a jejich glykokalyxu bohatém na uhlohydráty. Kromě kyslíku, metabolitů a elektrolytů obsahuje přinejmenším čtyři různé druhy hlavních mucinů, 1500 antimikrobiálních proteinů, více než 200 peptidů, a imunoglobuliny, které chrání povrch oka před infekcí. [3]

Vrchní lipidová vrstva slzného filmu je tvořena sekretem Meibomských žlázek, které se nacházejí na margu víčka. Lipidy jsou z Meibomských žlázek vylučovány do slzného filmu při každém mrknutí, za pomoci sil povrchového napětí. Lipidová vrstva tvoří samostatnou bariéru, která by vedla k zamezení ztráty vodné složky, ale hraje důležitou roli v udržení stability slzného filmu. Zajišťuje šíření slzného filmu po očním povrchu a snižuje povrchové napětí na rozhraní se vzduchem. Dříve se také uvádělo, že snižují odpařování vody z povrchu oka. Snižování odpařování vody však zajišťuje vzájemná interakce slzného filmu, zahrnující lipidy, mucin, bílkoviny a soli. Tloušťka lipidové vrstvy se nachází v rozpětí 15-57 nm, v průměru asi 42 nm. [3], [4]

„Syndrom suchého oka je multifaktoriální onemocnění očního povrchu, charakterizované ztrátou homeostázy slzného filmu, doprovázeno očními symptomy, kdy nestabilita a hyperosmolarita slzného filmu, zánět povrchu oka a jeho poškození a neurosenzorické abnormality hrají etiologickou roli.“[5]

Termín multifaktoriální onemocnění popisuje syndrom suchého oka jako významné, komplexní a funkční onemocnění, které nelze charakterizovat pouze jedním procesem, příznakem, nebo symptomem. Oční povrch je struktura zahrnující také adnexa, včetně slzného filmu, slzných a Meibomských žlázek, rohovku, spojivku a oční víčka.[5]

Homeostáza popisuje dynamické procesy v těle, vzhledem k jeho různým funkcím, chemickému složení tekutin a vrstev. [5]

Termín symptom popisuje velké množství možných poznatků pacienta, souvisejících se syndromem suchého oka, kterými není jen vizuální diskomfort a nepohodlí. [5]

Projevů syndromu suchého oka může být hned několik, stejně tak se může projevit pouze některý ze symptomů. Mezi projevy syndromu suchého oka patří pálení, řezání, pocit cizího tělíska v oku, začervení očí, rozmazané vidění, nadměrné slzení, unavené oči a diskomfort při nošení kontaktních čoček.[6]–[8]

Rozlišujeme dvě formy syndromu suchého oka – vodně deficitní suché oko - aqueus deficit dry eye (ADDE), a suché oko způsobené nadměrným odpařováním - evaporative dry eye (EDE). V některých případech se může také jednat o formu smíšenou (Obr.4). ADDE je způsobeno sníženou funkcí slzné

žlázy, za předpokladu normálního odpařování z povrchu oka. U EDE je slzná hyperosmolarita důvodem nadměrného odpařování, za předpokladu, že funkce slzné žlázy je normální. ADDE je forma syndromu suchého oka, kdy není tvořen dostatek slzné tekutiny. Dělíme ji na suché oko způsobené Sjögrenovým syndromem (SSDE) a suché oko, které není způsobené Sjögrenovým syndromem (NSDE). EDE je forma syndromu suchého oka, ke které dochází v důsledku ztráty funkce bariéry proti odpařování slz, nebo v důsledku snížené smáčivosti povrchu oka. EDE lze také rozdělit na syndrom suchého oka týkající se víček a syndrom suchého oka související s očním povrchem.[5], [9]

Funkce Meibomských žláz je velmi ovlivňována pohlavními hormony, zejména androgeny. Androgeny stimulují syntézu a sekreci lipidů Meibomskými žlázami a potlačují expresi genů souvisejících s keratinizací. [4]

Další příčinou EDE je onemocnění očních víček nebo porucha jejich funkce. Jedná se například o neúplné uzavírání oční štěrbinu při mrkání, deformaci očních víček. Celý povrch oka tedy není krytý slzným filmem a dochází tak k osychání především dolních oblastí bulbu. Do této skupiny spadá i snížená frekvence mrkání. Vlivem koukání do počítače nebo čtení nedochází k mrknutí tak často a oční povrch je více vysušován. Se sníženou frekvencí mrkání souvisejí také například Parkinsonova choroba nebo progresivní oftalmoplegie. EDE způsobují také alergie, nedostatek vitamínu A, lokální léky na onemocnění očního povrchu, apod. [4], [10]

V klinickém prostředí jsou příznaky či subjektivní poznatky zaznamenávány do anamnézy pacienta. Tyto příznaky je však těžké kvalifikovat a standardizovat. Ke standardizaci je možné použít dotazníky, kde pacient odpoví na několik otázek, týkajících se nepohodlí na povrchu oka, symptomů souvisejících s viděním, či otázky týkající se dopadu na kvalitu života. Mezi nejpoužívanější se řadí například DEQ-5 (Dry eye questionnaire 5) nebo OSDI (Ocular Surface Disease Index). Dry eye questionnaire – 5 je dotazník zahrnující 5 otázek. Otázky se týkají poruchy vidění, zahrnující frekvenci vizuálních změn. Hodnotí, jestli subjekt pociťuje změny vidění během rána a noci, a také do jaké míry to pacienta ovlivňuje. Symptomy se zpravidla stupňují během dne, což naznačuje, že otevření očí má za následek zhoršení symptomů. [5], [11]

Hodnocení kvality slzného filmu se týká především jeho stability. Existuje několik způsobů, jakými může být stabilita slzného filmu měřena. Jedná se například o měření času rozpadu slzného filmu, termografií, měření osmolarity, míry odpařování slz, zjišťování stavu Meibomských žlázek apod. V klinické praxi je BUT, neboli čas rozpadu slzného filmu, nejpoužívanějším testem pro hodnocení stability slzného filmu. Měří se čas roztrhnutí slzného filmu, přesněji určeno časový interval, který uplyne mezi mrknutím a následným výskytem porušeného místa na slzném filmu. *NIBUT* znamená neinvazivní měření času rozpadu slzného filmu. Přítomnost syndromu suchého oka se udává, pokud je čas rozpadu slzného filmu menší nebo roven 10 s. [5], [11]

Meibografie je bezkontaktní měření, které nám umožňuje pozorování obrysů a morfologickou strukturu Meibomských žlázek, které se nacházejí v tarzální spojivce horního a dolního víčka. Lze provádět test na horním i dolním víčku, ale v klinické praxi se nejčastěji zkoumají Meibomské žlázy horního víčka. Pro pozorování je potřebné provést everzi, neboli otočení horního víčka. Technika měření zahrnuje prosvícení bílým světlem ze strany, kde je víčko pokryto kůží. Po zobrazení Meibomských žláz hodnotíme jejich průběh, množství, a jestli nedochází k výpadkům žláz. Hodnocení poškození Meibomských žlázek je rozděleno do 4 stupňů značených 0-3. Stupeň 0 charakterizuje plné množství žlázek, průběh žlázek rovně vertikálním směrem, bez výpadků jednotlivých žlázek. Pokud dochází k drobným výpadkům žlázek, i mírně sníženému množství, jedná se o stupeň poškození 1. Pokud jsou žlázy stočeny, a dochází k jejich drobným výpadkům, charakterizujeme toto poškození stupněm 1,5. Větší výpadky po téměř celém povrchu víčka se objevují u stupně poškození 2. U třetího stupně poškození Meibomských žlázek vidíme jejich výpadek po celém povrchu víčka. [11], [12]

Objem slzného filmu má vliv na zdraví očního povrchu a ztrátu homeostázy očního povrchu. Souvisí přímo se vznikem DED, kde může působit jako patogenní mechanismus a diagnostický znak. Množství slz je možné měřit několika metodami, jako je měření slzného menisku, Schirmerův test, test pomocí fenolové nitě, apod. [5], [11]

Měření výšky slzného menisku je možné provádět za pomoci šterbinové lampy, OCT či keratografu. Slzné menisky jsou tvořené slznou tekutinou ležící na rozhraní bulbární spojivky a marga horního a dolního víčka. Slouží jako rezervoáry dodávající slzy do prekorneálního slzného filmu. Lze měřit výšku slzného menisku, zakřivení nebo jeho průřez, a to za pomoci šterbinové lampy. [11], [13]

Test s fenolovým vláknem sestává z bavlněné tenké nitě dlouhé 70 mm nasáklé fenolovou červení. Jedná se o barvivo citlivé na pH. Zkouška se provádí zavěšením zahnutého konce vlákna za dolní oční víčko směrem temporálně. Zde je vlákno zavěšeno po dobu 15 s a poté vytaženo z oka. Vláknem má po zaschnutí žlutou barvu, a díky rozdílu zbarvení je možné změřit délku nasáknutí vlákna. V klinické praxi bylo stanoveno fyziologické rozpětí 10-20 mm. Pokud jsou hodnoty nasáknutí vlákna nižší než 10 mm, jedná se o patologii kvantity slzného filmu, a může se jednat o příznak syndromu suchého oka.[6], [11]

Schirmerův test se provádí pomocí filtračního papírového proužku, který se stejně jako fenolové vlákno zachytí v temporální třetině spodního okraje víčka. Do papírového proužku jsou slzy nasávány a vyhodnocení se dělá po pěti minutách smáčení papírku v oku, kdy je vyjmut. Tento test má tři různé modifikace, kterými může být prováděn, vždy se však měří délka nasáknutí filtračního papírku. Fyziologické hodnoty se pohybují při nasáknutí papírku do délky 15 mm a více. [11], [14]

2. Experimentální část

Screeningu se účastnilo 39 žen a 4 muži. Soubor pacientů je tedy z 91 % tvořen ženami, 9 % tvoří muži. Nejvyšší věkové zastoupení měla skupina pacientů mezi 30 až 50 lety, a to přesných 58 %. Úplně stejné zastoupení měly věkové skupiny mezi 25 až 30 lety (21 %), a nad 50 let (21 %).

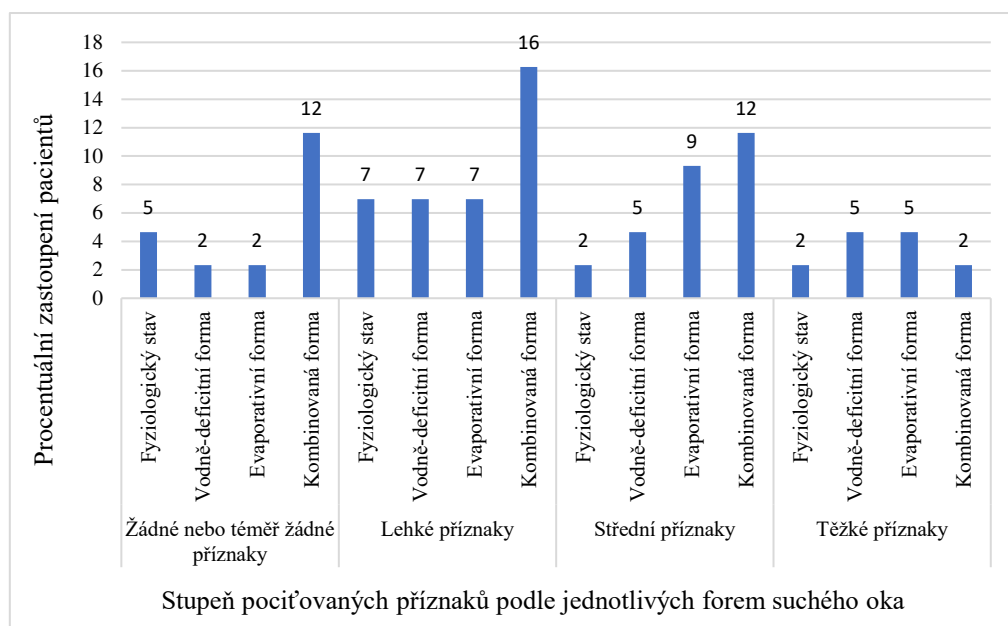
Subjektivní pocity pacientů byly zaznamenávány pomocí dotazníku DEQ-5, kde jsou jednotlivé otázky hodnoceny body. Celkové skóre dotazníku nám udává, zdali pacient pociťuje pocit suchých očí či nikoliv, a v jaké míře. Pokud je skóre vyšší nebo rovno 6 bodům, pak je možný pozitivní pocit suchých očí. Pacientů, jejichž skóre bylo pod limitem 6 bodů, bylo 21 %. Mírně zvýšené skóre, tedy 6-10 bodů, bylo zaznamenáno u 37 % pacientů. Zbýlých 42 % pacientů vykazovalo zvýšený pocit suchých očí, jelikož skóre jejich dotazníků přesáhlo 11 bodů.

Výsledky měření doby rozpadu slzného filmu za pomoci keratografu OCULUS nám dávají obraz kvality slzného filmu. Pokud je čas rozpadu slzného filmu nižší než 10 s, pak se jedná o patologický nález. Doba rozpadu slzného filmu nižší než 10 s byla změřena u 65 % pacientů. Zbýlým 35 % pacientů se slzný film rozpadl po době delší než 10 s.

Dostatečná produkce slzné tekutiny se projevuje namočením filtračního papírku nad 15 mm jeho délky. Pokud je filtrační papírek smáčený slzami do méně než 15 mm jeho délky, pak je sekrece patologicky nižší. 28 % všech pacientů mělo podle Schirmerova testu I normální sekreci slzného filmu. Zbýlí pacienti vykazovali sníženou sekreci. U 40 % pacientů byl filtrační papírek smočen v rozmezí délek 11-15 mm, což značí mírně sníženou sekreci slzného filmu. Horší výsledky byly zaznamenány u 16 % pacientů, kde byl filtrační papírek namočen do délky v rozmezí 5-10 mm. Prakticky nulová sekrece, projevující se namočením filtračního papírku do délky 5 mm, byla zjištěna u 16 % všech pacientů.

Kvalita Meibomských žlázek má vliv na udržení stability slzného filmu. Jejich stav je hodnocen pomocí stupňů, od 0 do 3, stupeň číslo 3 udává nejtěžší poškození Meibomských žlázek. Poškození je hodnoceno množstvím žlázek, průběhem po celém víčku a případnými výpadky žlázek. U 19 % pacientů byl stav Meibomských žlázek na stupni 0, jednalo se tedy o žádné nebo minimální poškození Meibomských žlázek. Mírné poškození se objevilo u 30 % pacientů na stupni 1. Zkroucení a četnější výpadky žlázek se objevily u 44 % pacientů, a to na stupni 2. Nejhorší na tom bylo 7 % pacientů, u kterých bylo poškození Meibomských žlázek výrazné, výpadky byly patrné po celé ploše víčka.

Jednotlivé formy suchého oka byly určeny na základě Schirmerova testu I a NIBUT. U 16 % pacientů byl negativní nález na obou testech. Pozitivní nález pouze u NIBUT vykazovalo 23 % pacientů. Na Schirmerově testu I byl zaznamenán pozitivní nález u 19 %, tito pacienti však neměli problém s kvalitou slzného filmu. Zbýlým 42 % byla diagnostikována kombinovaná forma suchého oka pozitivním nálezem na NIBUT i Schirmerově testu I.



Graf 1: Procentuální zastoupení pacientů podle stupně příznaků forem suchého oka

Z grafu č. 1 vidíme, že největší procentuální zastoupení měli pacienti, kteří pociťovali pouze lehké příznaky. Pacientů, kterým byla diagnostikována kombinovaná forma, bylo 16 %. Jedná se o nejvíce zastoupenou skupinu v kombinaci formy suchého oka a stupně pociťovaných příznaků. Druhou procentuálně nejzastoupenější skupinou jsou pacienti s žádnými nebo téměř žádnými příznaky, kterým byla diagnostikována kombinovaná forma suchého oka. Těchto pacientů bylo 12 %. Stejně procentuální zastoupení měla také skupina se středními příznaky, kterým byla diagnostikována kombinovaná forma. Procentuální zastoupení pacientů podle konkrétních forem suchého oka a stupně pociťovaných příznaků je zobrazeno v grafu.

3. Diskuze

Správné zvlhčování očního povrchu závisí na dostatečné sekreci slzného filmu, tedy množství slzné tekutiny, a na jeho stabilitě. Stabilita slzného filmu závisí na sekreci lipidové složky z Meibomských žlázek a udržování zdravého očního povrchu v podobě pohárkových buněk a mikrokřků. Pokud je sekrece slzného filmu nižší, může být tento problém kompenzován vysokou stabilitou slzného filmu. V případě dostatečné či zvýšené sekrece slzného filmu, může být částečně poškozena jeho stabilita, ale nemusí se projevit pocit suchých očí.

První hypotéza se zabývala souvislostí mezi příznaky suchého oka u pacientů a výsledky jednotlivých testů. Předpokládaným výsledkem byla vzájemná korelace mezi pocitem suchých očí a výsledkem každého měření. Výsledky závislosti byly hodnoceny na základě koeficientu determinace. Tyto grafy ani v jednom případě nevykazovaly vzájemnou přímou souvislost mezi vyhodnocením subjektivního dotazníku a výsledkem testu. Je tedy možné říci, že bychom neměli zaměňovat subjektivní symptomy pacienta za kvalitní vyšetření slzného filmu odborníkem. Každý pacient může být jinak citlivý na vnímání příznaků nebo na podráždění očního povrchu.

Druhá hypotéza definovala, že doba rozpadu slzného filmu je úměrná stavu poškození Meibomských žlázek. Pokud má pacient na Meibografii četné výpadky žlázek, lze se domnívat, že není vylučován dostatek lipidové složky do slzného filmu, který tím pádem není dostatečně stabilní, dochází k jeho vyššímu odpařování, a tudíž je čas rozpadu slzného filmu nižší. Tato hypotéza byla částečně potvrzena v grafu závislosti NIBUT na Meibografii. Spojnice trendu ukazuje, že s klesajícím stupněm poškození Meibomských žlázek roste čas rozpadu slzného filmu. V praxi to lze vysvětlit tak, že s lepším stavem žlázek je vylučováno více lipidové složky, která chrání stabilitu slzného filmu proti odpařování, a proto

se slzný film roztrhne až po delším čase. Koeficient determinace však ukazuje nepřímou závislost mezi výsledky NIBUT a stavem Meibomských žlázek.

4. Závěr

Pro návrh řešení a léčbu syndromu suchého oka je nejprve důležité diagnostikovat, o kterou formu onemocnění se jedná. Příčinou může být nedostatek slzné tekutiny a tím nedostatečné zvlhčování očního povrchu, nebo nadměrné odpařování slzného filmu a tím porušení jeho stability. Výsledné vyhodnocení získaných dat nepotvrdilo očekávané předpoklady. Nepotvrdila se především vzájemná souvislost mezi výsledky dotazníku DEQ-5 a výsledky jednotlivých měření. Důvodem mohla být rozdílná citlivost vnímání příznaků jednotlivých subjektů měření nebo vyšší senzitivita na podráždění očního povrchu. Předpokládaná souvislost mezi dobou rozpadu slzného filmu a stavem Meibomských žlázek také nebyla potvrzena.

5. References

- [1] K. M. Bábková, Barbora, „Nemoci slzného aparátu“, *Pediatric pro praxi*, 2007. [Online]. Dostupné z: <https://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2007/05/06.pdf%0A>.
- [2] M. E. Stern, J. Gao, K. F. Siemasko, R. W. Beuerman, a S. C. Pflugfelder, „The role of the lacrimal functional unit in the pathophysiology of dry eye“, *Experimental Eye Research*, roč. 78, č. 3, s. 409–416, 2004.
- [3] M. D. P. Willcox *et al.*, „TFOS DEWS II Tear Film Report“, *Ocular Surface*, roč. 15, č. 3, s. 366–403, 2017.
- [4] A. J. Bron *et al.*, „TFOS DEWS II pathophysiology report“, *Ocular Surface*, roč. 15, č. 3, s. 438–510, 2017.
- [5] J. P. Craig *et al.*, „The Ocular Surface TFOS DEWS II Report Executive Summary“, s. 1–11, 2017.
- [6] „Eye Concerns“. [Online]. Dostupné z: <https://bausch.co.uk/eye-concerns/irritations-dry-eye>.
- [7] C. Belmonte *et al.*, „TFOS DEWS II pain and sensation report“, *Ocular Surface*, roč. 15, č. 3, s. 404–437, 2017.
- [8] H. Štrofová, „Novinky v léčbě suchého oka“, 2015. [Online]. Dostupné z: <https://www.klinickafarmakologie.cz/pdfs/far/2015/01/09.pdf%0A>.
- [9] J. P. Craig *et al.*, „TFOS DEWS II Definition and Classification Report“, *Ocular Surface*, roč. 15, č. 3, s. 276–283, 2017.
- [10] P. J. Mease, „Contemporary Diagnosis and Management of Fibromyalgia“, 2011.
- [11] J. S. Wolffsohn *et al.*, „TFOS DEWS II Diagnostic Methodology report“, *Ocular Surface*, roč. 15, č. 3, s. 539–574, 2017.
- [12] „Meibo-scan“. [Online]. Dostupné z: <https://www.oculus.de/cz/produkty/topografie/keratograph-5m/software/meibo-scan/>.
- [13] „Oculus keratograph“. [Online]. Dostupné z: <https://www.oculus.de/cz/produkty/topografie/keratograph-5m/vyznacne-vlastnosti/>.
- [14] P. Komínek, S. Červenka, a K. Müllner, *Nemoci slzných cest*. Praha: Maxdorf, 2003.

Výskyt a vývoj refrakčních vad u dětských pacientů sledovaných v běžné oftalmologické ordinaci

K. Košťák¹, G. Mahelková²

¹České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Náměstí sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika.

²Oční klinika dětí a dospělých 2.LF UK a FN Motol, V Úvalu 84, 150 06 Praha 5

E-mail: krystof.kostak@gmail.com

Abstrakt. Práce pojednává o vývoji oka. V úvodních kapitolách je popsána embryogeneze jednotlivých struktur (čočky, rohovky, sítnice a sklivce). Dále jsou popsány základní refrakční vady oka, konkrétně krátkozrakost, dalekozrakost a astigmatismus. Je popsána jejich diagnostika, zásady korekce a změny refrakce v průběhu života. Další kapitoly se zabývají faktory, které mohou mít vliv na jejich progresi. Diskutovány jsou také možnosti prevence refrakčních vad.

1. Úvod

V současné době se vědci zabývají faktory ovlivňující progresi a výskyt refrakčních vad, a to hlavně u myopie. Faktory ovlivňující vývoj hypermetropie nejsou řešeny tolik jako faktory ovlivňující myopii. Oba procesy však zřejmě úzce souvisejí.

V současnosti se genetici shodují na tom, že refrakční vady nejsou podmíněny jedním genem, ale že jsou děděny polygenně nebo multifaktoriálně. Různé typy myopií pak mají různou pravděpodobnost dědičnosti. Dědičnost má vliv také na hypermetropii a astigmatismus.

Několik studií (např. Framingham Offspring Eyes Study [12] nebo Beaver Dam Eye Study [13]) prokázalo, že pravděpodobnost rozvoje myopie stoupá, pokud některý ze sourozenců sledovaného dítěte je myop. Za krátkozrakost se v tomto případě považovala vada větší než -0,75 D. Pokud oba rodiče mají myopii, je 11 % šance, že dítě bude krátkozraké. U párů s jedním myopickým rodičem, je pravděpodobnost krátkozrakého dítěte 5 %. Děti bez myopických rodičů mají 2 % šanci, že budou krátkozraké. Dědičnost je v současnosti považována za nejvýznamnější rizikový faktor vzniku myopie [11].

Ve dvou Singapurských školách proběhl výzkum, kterého se zúčastnilo 1005 dětí. Kromě socioekonomických faktorů hrála v tomto výzkumu práce do blízka velkou roli. Děti, které četly dvě knížky týdně měly 3x větší pravděpodobnost vyšší (střední) myopie (alespoň -3,0 D) než děti, které četly jen dvě hodiny týdně [14].

Ve větším počtu studií bylo zjištěno, že trávením času venku, nebo kratší dobou strávenou prací na blízkou vzdálenost, se snižuje pravděpodobnost získání myopie nebo se alespoň snižuje rychlost její progresy [15].

Ve Velké Británii proběhla studie 7 825 sedmiletých dětí různých socioekonomických podmínek. Děti, které pocházely z prostředí s horšími podmínkami měly skoro dvakrát větší pravděpodobnost výskytu hypermetropie než děti z bohatších rodin. Zároveň měly také větší riziko vzniku amblyopie a konvergentního strabismu [16].

Dále proběhla studie, která zkoumala souvislost mezi pasivním kouřením a hypermetropií. V této studii bylo sledováno 300 dětí mezi 5. a 12. rokem. Zjištění expozice pasivnímu kouření bylo provedeno jednak anamnézou a jednak pomocí množství kotininu a kreatininu v moči. Studie ukázala, že mnohem větší koncentrace kotininu byla u dětí s hypermetropií než u dětí s emetropií a myopií. Zároveň byla také větší u dětí emetropických než u dětí myopických [17].

Dále se uskutečnily studie testující vliv podkorigování hypermetropických očí u dětí. V jedné bylo sledováno 76 dětí a v druhé 150. V obou studiích bylo prokázáno, že podkorigování bylo spojené se snížením korekce do dálky (až o -0,50 D za jeden rok). Také byla prokázána souvislost mezi stupněm podkorigování a hodnotou poklesu hypermetropie. Vědci tak došli k závěru, že podkorigování má

kladný vliv na aktivaci emetropizace (tudiž pokles dalekozrakosti). Naopak plná korekce může v brzkém a pozdějším dětství emetropizaci inhibovat [18] [19].

2. Výzkum

2.1. Cíl práce

Cílem práce bylo zhodnotit výskyt jednotlivých refrakčních vad u souboru dětských pacientů (3–12 let) vyšetřovaných v rámci běžné oční ambulance. Byly vyhodnoceny rozdíly v četnosti výskytu jednotlivých refrakčních vad v závislosti na věku. U části pacientů, kteří navštívili oční ambulanci opakovaně, byl zpracován vývoj refrakční vady. Výsledky byly porovnány s výsledky dostupných studií zabývajících se touto problematikou.

2.2 Metodika

V rámci retrospektivní studie byly hodnoceny záznamy získané ze zdravotnické dokumentace oční ambulance Zbraslavského očního centra s.r.o. Byly vybrány záznamy dětských pacientů narozených v letech 2008–2016. Dále byly vyhodnoceny pouze nálezy u dětských pacientů, kteří byli minimálně jednou vyšetřeni v dané ambulanci včetně stanovení refrakce. Soubor neobsahuje osoby vyšetřené pouze pro akutní potíže. Byly zaznamenány výsledky stanovení refrakce z průběžných kontrol a vypsána velikost refrakční vady při dané návštěvě. Pokud byla refrakce vyšetřována opakovaně, byla hodnota zaznamenána vždy, když se subjektivní nebo objektivní (cykloplegická) refrakce změnila. Pro zpracování četnosti výskytu refrakčních vad v závislosti na věku byla použita data pacientů opakovaně, tzn. použita refrakce z různých roků, vždy k danému roku věku. Emetropie byla definována jako hodnota cykloplegické refrakce mezi +0,5 D až -0,5 D a v případě astigmatismu do 0,75 D [5] [20]. Bylo spočítáno celkové množství očí a pak počty vyjádřeny rovněž jako procentuální zastoupení. Pro posouzení vývoje vady (případně myopizace) byla data dále přepočítána na sférický ekvivalent a obdobně zpracována.

Pro posouzení vývoje refrakční vady u konkrétních jedinců byly vybráni všichni pacienti, kteří měli první zápis v roce 2015 ve věku 4, 5, 6 nebo 7 let (tedy děti, kterým je v roce 2020 9, 10, 11 nebo 12 let). Dále byli hodnoceni pouze pacienti, kteří měli alespoň dva zápisy v dokumentaci. U těchto pacientů byl sledován vývoj brýlové korekce. U pacientů s opakovaným záznamem cykloplegické refrakce byl rovněž popsán vývoj objektivní refrakce.

3. Výsledky a diskuze

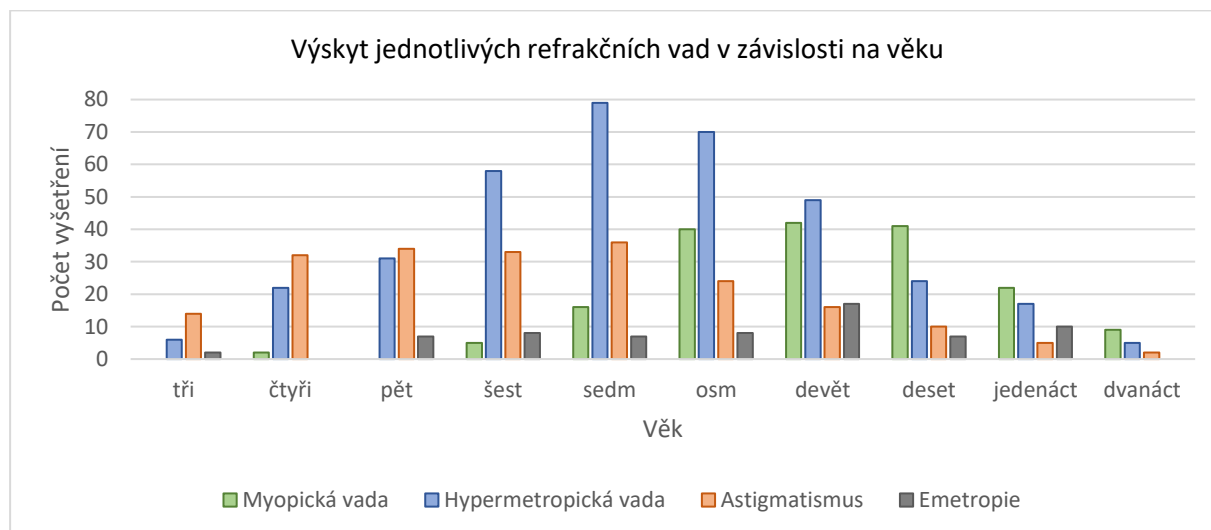
3.1. Výsledky

Celkem bylo vyšetřeno 280 pacientů. Pro zpracování četnosti výskytu byla data použita opakovaně. Největší počet dětí byl vyšetřen ve věku 7 až 9 let. V časném věku byl nejvíce zastoupen astigmatismus a jeho zastoupení se stoupajícím věkem dětí klesalo. Hypermetropie převažovala u dětí mezi 6. a 9. rokem života. Od 10. roku začal převažovat počet myopických případů. Zastoupení emetropických očí se výrazně neměnilo (viz Graf 1).

U 24 subjektů, které splňovaly vybraná kritéria, byl popsán vývoj refrakčních vad. U 21 jedinců byla korigována hypermetropie nebo hypermetropický astigmatismus. U 14 z nich se korekce ve sledovaném období nezměnila. U šesti jedinců došlo ke snížení hypermetropické korekce, a to průměrně o $1,1 \text{ D} \pm 0,71 \text{ D}$ (za minimální sledovací období), hodnota cylindrické složky se u nich nezměnila. Jednomu jedinci byla odebrána torická korekce (u OP $z = 0,75/90$ na plan a u OL $z = 0,5/70$ na plan) a jednomu jedinci byla hodnota hypermetropické korekce navýšena z $+2,5 = 2,0/15$ na $+5,5 = 4,0/15$ u obou očí. U 8 jedinců v této skupině bylo provedeno opakovaně vyšetření v cykloplegii. U čtyř jedinců došlo k nárůstu hypermetropické vady a u čtyř jedinců došlo k poklesu vady. Průměrná hodnota poklesu vady byla $-0,9 \text{ D} \pm 0,55 \text{ D}$, nárůst vady byl $+1,53 \text{ D} \pm 1 \text{ D}$.

Tři jedinci z tohoto vybraného souboru měli myopickou vadu, u jednoho z nich byl diagnostikován myopický astigmatismus. U všech tří byl posuzován pouze vývoj korekce, protože ani jeden z nich nebyl měřen v cykloplegii. U všech se myopická vada zhoršila (tzn. došlo k nárůstu myopie). U jednoho jedince došlo k nárůstu vady mezi 7. a 10. rokem věku o $-1,75 \text{ D}$ jak na pravém, tak na levém oku, u druhého o $-1,0 \text{ D}$ (z $-0,5 \text{ D}$ na $-1,5 \text{ D}$), u třetího došlo ke změně o $-2,0 \text{ D}$ (z $-0,25$ v osmi letech na -

2,25 ve 12 letech na pravém oku, na levém oku došlo ke změně z plan čočky na -1,75). Průměrná hodnota změny refrakce u skupiny myopů byla tedy $-1,54 \text{ D} \pm 0,39 \text{ D}$ (za sledované období).



Graf 1: Výskyt jednotlivých refrakčních vad v závislosti na věku

3.2. Diskuze

V roce 2009 vyšel článek „Prevalence of refractive errors in school-age children in Morocco“, který se zabýval výskytem refrakčních vad u dětské populace školou povinné. Studie byla prováděna v Maroku. Stejně jako u zpracovaného souboru, četnost hypermetropie a astigmatismu výrazně klesala s přibývajícím věkem vyšetřovaných [21].

Podobný trend byl pozorován ve článku „Refractive status and prevalence of refractive errors in suburban school-age children“, který zkoumal výskyt refrakčních vad u dětí v západní Číně. Na rozdíl od našeho souboru byl ale výskyt astigmatických vad na věku více méně neměnný. Hypermetropie ale s věkem ubývalo a myopie přibývalo. Stejně jako v našem souboru se mezi devátým a desátým rokem začalo objevovat více myopických než hypermetropických případů [22].

„Is emmetropia the natural endpoint for human refractive development? An analysis of population based data from the refractive error study in children“ je článek z roku 2010, který zkoumal četnost výskytu refrakčních vad u dětí (5-15) na několika místech, a to: v Nepálu, Indickém Novém Dillí a Mahabubnagaru, Jižní Africe, v Chile a v Číně. V Nepálu se u dětí nejvíce vyskytovala hypermetropie s tím, že výskyt myopie byl 0,79 %. V Novém Dillí a Mahabubnagaru byl výskyt refrakčních vad v podstatě stejný s převahou hypermetropické vady. Stejně tak v Chile a Jižní Africe. Podobný profil jako u našeho souboru byl popsán v Číně, s tím rozdílem, že myopie začala převažovat až po jedenáctém roce života (v našem souboru začala převládat myopie již mezi devátým a desátým rokem) [20].

V článku pojednávajícím o výskytu refrakčních vad ve Španělsku („Distribution of refractive errors in Spain“) z roku 2000 naopak hypermetropie převažovala po celý život. Do osmi let převažovala hypermetropie nad myopií a následně se jejich poměr vyrovnal [23].

V Rumunsku taktéž proběhla studie podobné problematiky s názvem „Prevalence of refractive errors in schoolchildren in Romania“ z roku 2013. Výzkumu se zúčastnily děti ve věku 6 až 11 let. Jak v městském, tak venkovském prostředí byla mírná převaha hypermetropie, nejméně zastoupená byla myopie [24].

V článku „The development of myopia in Hong Kong children between the ages of 7 and 12 years: a five-year longitudinal study“ byl sledován soubor dětí ve věku 7 a 12 let, byl popsán jak vývoj hypermetropické vady, tak myopické. Průměrná změna hodnoty refrakce byla $-1,62 \text{ D}$ za pět let. U dětí, které byly od začátku sledování myopické, byl průměrný nárůst vady $-2,56 \text{ D}$, naopak u dětí hypermetropických nebo emetropických byla hodnota změny refrakce $-0,5 \text{ D}$. Tyto výsledky potvrdil i výzkum Mäntyjärviho z roku 1985 s názvem „Predicting myopia progression in school children“. Tato

studie popsala průměrný růst myopické vady o -2,75 D za dobu sledování. Dětem, které byly na začátku výzkumu hypermetropické, pak průměrně klesala vada o -0,25 D (-1,05 D za 5 let). V porovnání s naším souborem byl v citovaných studiích nárůst myopie již myopických pacientů výraznější (v našem souboru byla hodnota nárůstu myopie -1,54 D za 5 let). Průměrná změna hypermetropické vady (+0,05 D) v našem souboru se rovněž liší od výsledků zmiňovaných prací, kde byla průměrná hodnota změny refrakční vady -0,21 D za rok [25].

Ke srovnání vývoje byly použity dva články. V článku „The development of myopia in Hong Kong children between the ages of 7 and 12 years: a five-year longitudinal study“ byl sledován soubor dětí ve věku 7 a 12 let, byl popsán jak vývoj hypermetropické vady, tak myopické. Průměrná změna hodnoty refrakce byla -1,62 D za pět let. U dětí, které byly od začátku sledování myopické, byl průměrný nárůst vady -2,56 D, naopak u dětí hypermetropických nebo emetropických byla hodnota změny refrakce -0,5 D. Tyto výsledky potvrdil i výzkum Mäntyjärviho z roku 1985 s názvem „Predicting myopia progression in school children“. Tato studie popsala průměrný růst myopické vady o -2,75 D za dobu sledování. Dětem, které byly na začátku výzkumu hypermetropické, pak průměrně klesala vada o -0,25 D (-1,05 D za 5 let). V porovnání s naším souborem byl v citovaných studiích nárůst myopie již myopických pacientů výraznější (v našem souboru byla hodnota nárůstu myopie -1,54 D za 5 let). Průměrná změna hypermetropické vady (+0,05 D) v našem souboru se rovněž liší od výsledků zmiňovaných prací, kde byla průměrná hodnota změny refrakční vady -0,21 D za rok [25].

4. Závěr

Vzhledem k stoupající četnosti výskytu refrakčních vad je v současné době věnována značná pozornost objasnění faktorů, které mohou vývoj vady ovlivnit. Výsledky těchto studií jsou však často nejednoznačné a skutečné příčiny vzniku a progresu refrakčních vad tak zůstávají z velké části neobjasněny.

Ačkoliv námi posuzovaný vzorek dětských pacientů běžné oční ambulance (z dříve uvedených důvodů) byl příliš malý na to, aby bylo možno z naší studie vyvozovat objektivní závěry ohledně vývoje refrakčních vad u posuzovaného vzorku, je až překvapivé, že se výsledky četnosti refrakčních vad námi popsané velmi podobaly výsledkům odborných prací zabývajících se podobnou problematikou, pouze s mírnou odlišností u vývoje refrakčních vad sledovaných jedinců. Lze tedy dovozovat, že zjištěná korelace výsledků může vést k dalším zajímavým zjištěním, která by si však zasloužila podrobnější práci většího rozsahu nad statisticky reprezentativním vzorkem dětských pacientů.

5. Literatura

- [1] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [2] LAMBERT, Scott a Christopher LYONS. *Taylor & Hoyt's Pediatric ophthalmology and strabismus*. Fifth edition. New York: Elsevier, 2017. ISBN 9780702066160.
- [3] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-313-9.
- [4] SADLER, T. *Langmanova lékařská embryologie*. 1. české vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-2640-3.
- [5] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [6] KRAUS, Hanuš. *Kompendum očního lékařství*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
- [7] MILDNER, Benjamin a Melvin RUBIN. *The fine art of prescribing glasses without making a spectacle of yourself*. 2nd ed. Gainesville, Fla.: Triad Pub. Co., 1991. ISBN 0937404020.
- [8] MORGAN, Ian, Kyoko OHNO-MATSUI a Seang-Mei SAW. Myopia. *The Lancet*. 2012, 379(9827), 1739-1748. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60272-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60272-4).

- [9] COOPER, Jeffrey a Andrei TKATCHENKO. A Review of Current Concepts of the Etiology and Treatment of Myopia. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*. 2018, 44(4), 231-247. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000499. ISSN 1542-2321.
- [10] AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7.
- [11] BENJAMIN, William. *Borish's Clinical Refraction*. 2. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 9780750675246.
- [12] Familial Aggregation and Prevalence of Myopia in the Framingham Offspring Eye Study. *Archives of Ophthalmology*. 1996, 114(3), 6. DOI: 10.1001/archophth.1996.01100130322017. ISSN 0003-9950.
- [13] KLEIN, Alison, Priya DUGGAL, Kristine LEE, Ching-Yu CHENG, Ronald KLEIN, Joan BAILEY-WILSON a Barbara KLEIN. Linkage Analysis of Quantitative Refraction and Refractive Errors in the Beaver Dam Eye Study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2011, 52(8). DOI: 10.1167/iovs.10-7096. ISSN 1552-5783.
- [14] SAW, Seang-Mei, Wei-Han CHUA, Ching-Ye HONG, Hui-Min WU, Wai-Ying CHAN, Kee-Seng CHIA, Richard STONE a Donald TAN. Nearwork in early-onset myopia. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2002, 43, 332-9.
- [15] ROSE, Kathryn, Ian MORGAN, Jenny IP, Annette KIFLEY, Son HUYNH, Wayne SMITH a Paul MITCHELL. Outdoor Activity Reduces the Prevalence of Myopia in Children. *Ophthalmology*. 2008, 115(8), 1279-1285. DOI: 10.1016/j.ophtha.2007.12.019. ISSN 01616420.
- [16] WILLIAMS, C, K NORTHSTONE, M HOWARD, I HARVEY, R HARRAD a J SPARROW. Prevalence and risk factors for common vision problems in children: data from the ALSPAC study. *British Journal of Ophthalmology*. 2008, 92(7), 959-964. DOI: 10.1136/bjo.2007.134700. ISSN 0007-1161.
- [17] EL-SHAZLY, Amany. Passive smoking exposure might be associated with hypermetropia. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2012, 32(4), 304-307. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2012.00918.x. ISSN 02755408.
- [18] CHANG, Ji a Chen-Wei PAN. Refractive error change and vision improvement in moderate to severe hyperopic amblyopia after spectacle correction: Restarting the emmetropization process?. *PLOS ONE*. 2017, 12(4), 10. DOI: 10.1371/journal.pone.0175780. ISSN 1932-6203.
- [19] YANG, Hee, Jung CHOI, Dae KIM, Jeong-Min HWANG a Zoi KAPOULA. Changes in Refractive Errors Related to Spectacle Correction of Hyperopia. *PLoS ONE*. 2014, 9(11), 5. DOI: 10.1371/journal.pone.0110663. ISSN 1932-6203.
- [20] MORGAN, Ian, Kathryn ROSE a Leon ELLWEIN. Is emmetropia the natural endpoint for human refractive development? An analysis of population-based data from the refractive error study in children (RESC). *Acta Ophthalmologica*. 2010, 88(8), 877-884. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01800.x. ISSN 1755375X.
- [21] ANERA, Rosario, Margarita SOLER, Juan DE LA CRUZ CARDONA, Carlos SALAS a Carolina ORTIZ. Prevalence of refractive errors in school-age children in Morocco. *Clinical & Experimental Ophthalmology*. 2009, 37(2), 191-196. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2009.02001.x. ISSN 14426404.
- [22] PI, Lian-Hong, Lin CHEN, Qin LIU et al. Refractive Status and Prevalence of Refractive Errors in Suburban School-age Children. *International Journal of Medical Sciences*. 2010, , 342-353. DOI: 10.7150/ijms.7.342. ISSN 1449-1907.
- [23] MONTÉS-MICÓ, Robert a Teresa FERRER-BLASCO. Distribution of refractive errors in Spain. *Documenta Ophthalmologica*. 2000, 101(1), 25-33. DOI: 10.1023/A:1002762724601. ISSN 00124486.
- [24] TURCIN, Luminita a Afilon JOMPAN. PREVALENCE OF REFRACTIVE ERRORS IN SCHOOLCHILDREN IN ROMANIA. *Jurnalul Pediatriei*. 2013, 16(6162), 38-44.

- [25] EDWARDS, M.H. The development of myopia in Hong Kong children between the ages of 7 and 12 years: a five-year longitudinal study. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 1999, 19(4), 286-294. DOI: 10.1046/j.1475-1313.1999.00445.x. ISSN 0275-5408.

Vyšetření zbytkového astigmatismu po aplikaci kontaktních čoček v praxi

T. Dusilová¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Sítňá 3105, Kladno 272 01, Česká republika

E-mail: dusilovat@gmail.com

Abstract. Největší vliv na velikost astigmatismu má zakřivení přední plochy rohovky. Kontaktní čočka je malá optická pomůcka umístěná přímo na rohovku. Po jejich aplikaci často zůstává, nebo naopak jejich vlivem vzniká zbytkový astigmatismus. K jeho vzniku může přispět fyziologie oka nebo kontaktní čočka. Vyšetření reziduálního astigmatismu se v praxi optometristé věnují jen v omezené míře, jak potvrzuje tento výzkum. Dále je také patrna relativně velká míra rozdílnosti k přístupu k této oblasti.

1. Úvod

Devadesát procent informací vnímáme vizuálně, tedy zrakem. Refrakční vady mají velký vliv na snížení ostrosti vidění a tím pádem na kvalitu života. Během aplikace kontaktních čoček je potřeba vzít v úvahu zbytkovou refrakční vadu, která po jejich aplikaci zůstává, nebo naopak jejich přičiněním vzniká. Práce se zabývá astigmatickou refrakční vadou, její korekcí pomocí kontaktních čoček, a především astigmatismem zbytkovým po jejich aplikaci vzniklým.

2. Teoretická část

Astigmatismus je nejčastější refrakční vadou a ve většině případů se vyskytuje společně s myopií nebo hypermetropií. Jako první se o astigmatismu zmínil v roce 1727 Isaac Newton a později jej popsal podrobněji. Zajímavostí je, že on sám touto asférickou vadou trpěl.

Vyznačuje se rozdílnou optickou mohutností v různých meridiánech optické soustavy oka. Paprsky vstupující rovnoběžně do oka se lámou v různých řezech a ohniska vznikají v různých rovinách. Bod se na sítnici nezobrazí jako bod. Tomu napovídá samotný název. “Stigma“ z latinského a řeckého překladu se používá jako označení bodu, tečky, a předpona “a“ je zde použita jako zápor.

Celkový astigmatismus oka se skládá z astigmatismu rohovkového a astigmatismu čočky. Nejčastěji se setkáváme s astigmatismem rohovkovým. Přední plocha rohovky má na celkovém astigmatismu největší podíl. Je tomu tak kvůli velkému rozdílu mezi indexem lomu okolí (vzduchu a slzného filmu) a indexem lomu rohovky. Mezi ostatními prostředími optického systému oka tak velké rozdíly nejsou. Zakřivení zadní plochy rohovky celkový astigmatismus ovlivňuje jen málo, a proto se v klinické praxi často zanedbává. Velikost astigmatické vady čočky bývá nižší než astigmatická vada rohovky a ve velké většině případů má opačný účinek – vadu částečně kompenzuje.

Cílem korekce astigmatismu je proměnit oba sítnicové obrazy v bod ležící přímo na sítnici. Astigmatismus můžeme korigovat brýlemi, kontaktními čočkami nebo vadu můžeme odstranit operací.

Kontaktní čočka je malý optický systém umístěný přímo na rohovku. Jedním z faktorů ovlivňujících pohodlné vidění s kontaktní čočkou je vhodný optický povrch. Jedná se o kombinaci torické a sférické plochy. Aby kontaktní čočka zůstala v poloze, ve které nevytváří novou astigmatickou vadu, používají se stabilizační mechanismy. Správnou polohu osy astigmatického účinku kontaktní čočky posuzujeme podle polohy orientačních značek.

Zbytkový astigmatismus je refrakční vada, která zůstává nezkorigována nebo vzniká po aplikaci kontaktních čoček. Existují dva základní zdroje jeho vzniku. Prvním zdrojem jsou komponenty

refrakčního systému oka – fyziologický zbytkový astigmatismus. Příčinou indukovaného zbytkového astigmatismu je přítomnost kontaktní čočky na oku. Celkový zbytkový astigmatismus může mít vliv na snížení zrakové ostrosti. Zbytkovou refrakční vadu mohou způsobit i patologie, které nejsou kontraindikací k nošení kontaktních čoček.

Fyziologický zbytkový astigmatismus

Poloha a stabilita kontaktních čoček závisí na anatomii oka. Závisí na tvaru a tonu víček, na mrkání, šíři oční štěrbin, na poloze vnitřního a vnějšího koutku a na plynulosti a velikosti přechodového úhlu limbu. Míra zbytkového astigmatismu závisí zejména na místě vzniku astigmatismu – na míře astigmatismu různých refrakčních komponentů oka. Dále může zbytkový astigmatismus a usazení kontaktní čočky na oku ovlivňovat kvalita a kvantita slzného filmu.

Indukovaný zbytkový astigmatismus

Indukovaný zbytkový astigmatismus může vzniknout v závislosti na tom, jaká je použita kontaktní čočka – pevná nebo měkká, sférická, asférická nebo torická. Velký vliv má zakřivení přední a zadní plochy kontaktní čočky. Dále je indukovaný zbytkový astigmatismus způsoben ohybem kontaktní čočky, její decentrací, nestabilitou a přetočením do jiné osy.

Měkké kontaktní čočky korigují nízký až střední astigmatismus (0,75 D až 2,25 D). Výhodou sférického a asférického designu je jejich pohodlnost a není třeba bát se přetočení osy hlavního meridiálu.

Pomocí sférického ekvivalentu – se pomocí sférického a asférického designu korigují nízké hodnoty astigmatismu. **Sférický ekvivalent** je sférická hodnota, vyjadřující nejlepší možnou korekci sférocylindrické vady. Hodnota této sféry se získá přičtením poloviny hodnoty cylindrické korekce k hodnotě sférické korekce.

$$SE = sph + \frac{1}{2} cyl$$

3. Experimentální část

Cílem experimentální části práce bylo získat informace o četnosti a způsobu řešení problematiky zbytkového astigmatismu v optometrické praxi na území České republiky. Vzhledem ke stávající situaci a vystavení riziku přenosu nemoci Covid-19 během aplikace kontaktních čoček jsem se rozhodla provést výzkum prostřednictvím dotazníkového šetření.

Metodika

Internetový dotazník byl sestaven prostřednictvím portálu survio.cz. Nejprve byl dotazník v rámci předvýzkumu rozeslán optometristům, kteří se svému povolání věnují alespoň tři roky a jejich odpovědi byly použity u tvorby předpokladů. Následně byl dotazník prostřednictvím sociálních sítí rozeslán širší odborné veřejnosti.

Dotazník byl aktivní od 26/4/2020 do 24/5/2020 a za tu dobu bylo nasbíráno celkem 57 odpovědí. Výsledky průzkumu nejsou reprezentativní. Vzorek respondentů nepokrývá celou Českou republiku a všechny věkové kategorie. Předpokládám, že sestával primárně z optometristů, kteří absolvovali obor „Optika a optometrie“ na fakultě biomedicínského inženýrství v Kladně, nebo kteří na fakultě působí.

Respondenti byli obeznámeni s názvem a tématem mé bakalářské práce stejně tak i s jejím cílem. Byli ujisti o anonymitě dotazníku a na základě toho vyzváni k upřímnosti. Dotazník se skládá z 20 uzavřených otázek na základě informací popsanych v teoretické části bakalářské práce. Úplné znění dotazníku se nachází v Příloze A.

Předpoklady

Předpoklady byly sestaveny na základě výsledků z dotazníkového předvýzkumu.

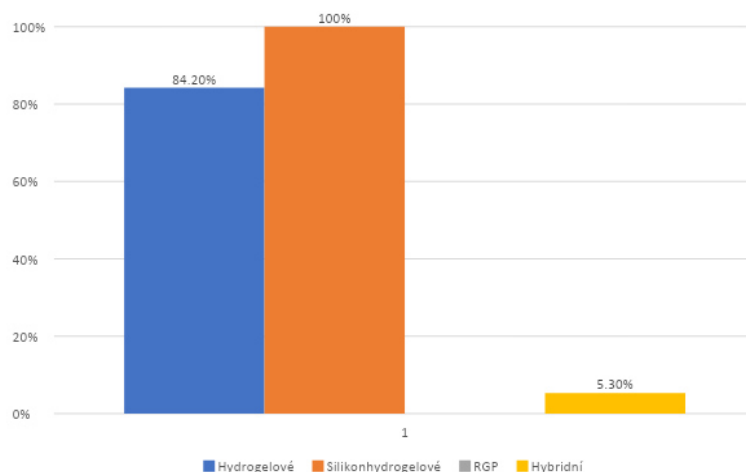
P1: V běžné optometrické praxi se aplikují především měkké kontaktní čočky.

P2: Astigmatismus se pomocí kontaktních čoček koriguje od hodnoty 0,75 D.

P3: Po aplikaci kontaktních čoček optometristé zjišťují zbytkový refrakční deficit.

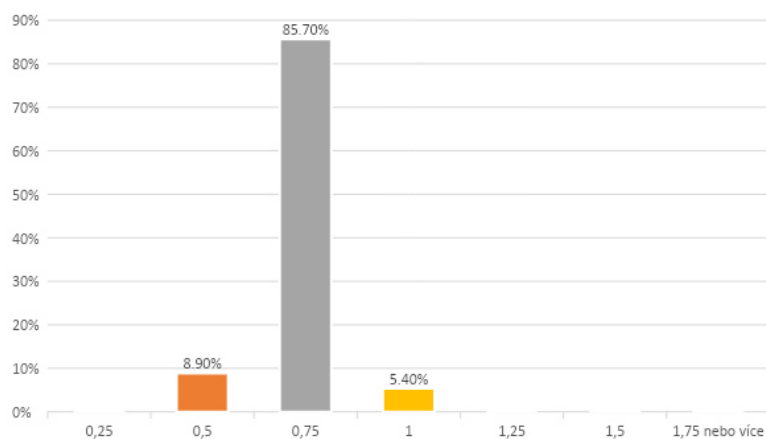
4. Výsledky

Otázka 1.: Jaké kontaktní čočky aplikujete?



Graf 1: Rozložení odpovědí k otázce 1

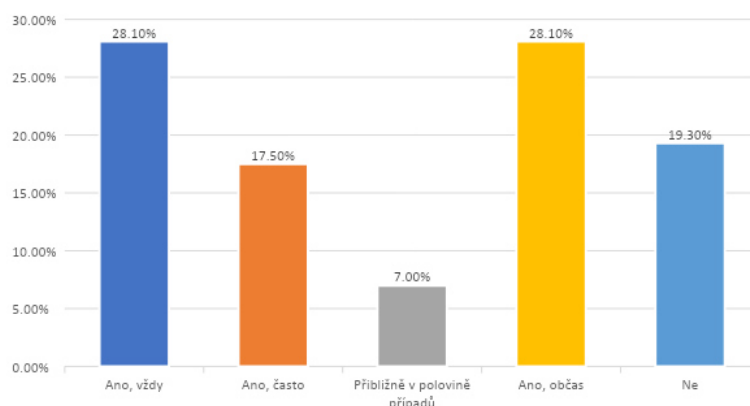
Dle předpokladu P1, v optometrické praxi se aplikují především hydrogelové a silikonhydrogelové kontaktní čočky, které se řadí mezi kontaktní čočky měkké. Hybridní kontaktní čočky jsou speciální kontaktní čočky, které mají pevnou plynopropustnou optickou část a měkké okraje. Na svém pracovišti je aplikují tři respondenti z padesáti sedmi. Pevné plynopropustné kontaktní čočky nejsou na poli optometrie běžné a žádný z respondentů je ve své praxi nevyužívá. Nejčastějším důvodem aplikace RGP čoček je nepravidelný rohovkový astigmatismus. Otázka 4.: Od jakých hodnot cylindru korigujete astigmatismus torickými kontaktními čočkami?



Graf 4: Rozložení odpovědí k otázce 4

Nejnižší hodnota cylindrické dioptrie ve skladových kontaktních čočkách je 0,75 dioptrie a s touto cylindrickou hodnotou začíná astigmatismus pomocí kontaktních čoček korigovat 85,7 % respondentů. V předvýzkumu tuto možnost zvolilo dokonce 90 % respondentů. U každého pacienta je však potřeba individuální přístup. V některých případech bude potřeba korigovat astigmatickou čočkou vadu o hodnotě 0,5 D – tuto možnost zvolilo 8,9 % dotazovaných.

Otázka 13.: Zjišťujete zbytkový astigmatismus s aplikovanými kontaktními čočkami?



Graf 13: Rozložení odpovědí k otázce 13

Zbytková refrakční vada může způsobit zhoršení ostrosti vidění. Kontrolu sférického deficitu provádí vždy nebo často celkem 78,9 % dotázaných. U zbytkového astigmatismu kontrolu provádí v každém případě pouze 28,10 % a často tuto kontrolu provádí 17,5 % dotazovaných.

5. Diskuse

Prvním předpokladem bylo, že se v běžné optometrické praxi používají především měkké kontaktní čočky. 100 % respondentů uvedlo, že ke korekci refrakčních vad používají kontaktní čočky silikonhydrogelové a 84,2 % kontaktní čočky hydrogelové. Oba tyto typy se řadí mezi měkké kontaktní čočky. Naopak pevné RGP čočky nezvolil žádný z optometristů. První předpoklad byl na základě dotazníkového šetření splněn.

Vzhledem k výrobním rozsahům a odpovědím z předvýzkumu druhým předpokladem bylo, že se astigmatismus pomocí kontaktních čoček koriguje od hodnoty 0,75 D. Tuto odpověď zvolilo 85,7 % respondentů. 8,9 % zvolilo, že astigmatickou vadu korigují již od hodnoty 0,5 D. U každého pacienta je toto individuální.

Třetím a posledním předpokladem bylo, že po aplikaci kontaktních čoček optometristé kontrolují zbytkový refrakční deficit. Toto byl můj osobní předpoklad a byla jsem překvapena již ve fázi předvýzkumu. Sférický deficit v rámci předvýzkumu kontroluje vždy nebo často 80 % z dotázaných a zbytkový astigmatismus kontroluje 50 % z nich. Zbytkový sférický refrakční deficit v širší odborné veřejnosti po aplikaci kontaktních čoček v každém případě kontroluje 59,6 % respondentů a zbytkový astigmatismus dokonce jen 28,1 %. Třetí předpoklad splněn nebyl.

Na výsledcích dotazníku se podíleli jak optometristé s dlouholetou praxí, tak i čerství absolventi. Někteří se v závěru dotazníkového šetření zmínili o nedostatku zkušeností s aplikací torických kontaktních čoček a s dokorigováním zbytkového astigmatismu. Úkolem optometristy je zlepšit (nebo alespoň nezhoršit) vizus klienta. Po aplikaci zjišťuje binokulární vizus v každém případě 93 % dotázaných optometristů a tím kontrolují, zda plní správně svůj úkol.

6. Závěr

V práci je popsán astigmatismus, asférická refrakční vada, která se vyznačuje rozdílnou optickou mohutností v různých meridiánech oka. Dále je popsána jeho klasifikace podle příčiny vzniku, podle

místa vzniku, podle orientace dvou hlavních meridiánů a podle polohy sítnicových obrazů. Je popsána jeho korekce pomocí brýlí, kontaktních čoček a refrakční chirurgie.

Dále jsou v práci popsány kontaktní čočky. Tato malá optická pomůcka umístěná přímo na rohovku je klasifikována podle různých kritérií – podle materiálu, ze kterého je vyrobena, jejího designu, podle účelu použití, režimu nošení a intervalu výměn. Dále jsou shrnuty základní výhody a nevýhody jejich nošení. Bakalářská práce se zabývá morfologií rohovky, parametry kontaktní čočky a metodami, které se v kontaktologické praxi využívají k výběru kontaktních čoček s odpovídajícími parametry rohovce. Keratometrie je metodou v praxi nejpoužívanější, topografie je ale mnohem přesnější. Nakonec je popsán zbytkový astigmatismus a jsou shrnuty vlivy, které přispívají jeho vzniku.

V praktické části je popsán postup měření zbytkového astigmatismu a zhodnocen sociologický kvantitativní výzkum provedený pomocí elektronického dotazníku. Výzkum reprezentuje vzorek optometristů v mém dosahu. Na základě odpovědí dotazníku se ukázalo, že ne všichni optometristé mají dostatek zkušeností ke správné korekci astigmatismu pomocí kontaktních čoček. Někteří z nich jsou naopak omezeni vybavením, které mají k dispozici. Jedna třetina optometristů reprezentována vzorkem respondentů dotazníkového šetření se nezabývá měřením zbytkového astigmatismu po aplikaci kontaktních čoček. Z dotazníkového šetření ale také vyplývá, že více než dvě třetiny optometristů se kontrolou astigmatického deficitu zabývají.

7. Zdroje

- [1] ANTON Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7011-402-x.
- [2] WOLTSCHKE N., WERKL P., POSCH-PERTL L., ARDJOMAND L., FRINGS A. *Astigmatismus. Der Ophthalmologe* [online]. 2019, 116 (3), 293-304 [cit. 2019-11-16]. DOI: 10.1007/s00347-019-0865-7. ISSN 0941-293X. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00347-019-0865-7>.
- [3] Astigmatism | *Origin and meaning of astigmatism by Online Etymology Dictionary*. Online Etymology Dictionary | Origin, history and meaning of English words [online]. Copyright © 2001 [cit. 08.8.2019]. Dostupné z: https://www.etymonline.com/word/astigmatism#etymonline_v_17987
- [4] RUTRLE Miloš. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7011-301-6.
- [5] ROZSÍVAL Pavel. *Oční lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, [2017]. ISBN 978-80-7492-316-6.
- [6] BENJAMIN William J., BORISH Irvin M. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006. ISBN 0750675241.
- [7] BAŠTECKÝ Richard, *Praktická brýlová optika*, Praha: R+H optik, 1997
- [8] RUTRLE Miloš. *Brýlová optika*. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text pro střední zdravotnické školy. ISBN 80-7011-145-4.
- [9] EVANS Bruce, PICKWELL David. *Pickwell's binocular vision anomalies*. 5th ed. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, c2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [10] WU Rengmao, FENG Zenix, ZHENG Zhenrong, LIANG Rongguang, BENÍTEZ Pablo, MINANO Juan, DUERR Fabian. *Design of Freeform Illumination Optics. Laser and Photonics reviews*. 2018, (Volume 12, 7), 18. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/lpor.201700310>
- [11] PETROVÁ Sylvie, MAŠKOVÁ Zdeňka, JUREČKA Tomáš. *Základy aplikace kontaktních čoček*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008. ISBN 978-80-7011-470-2.
- [12] MICHÁLEK Jiří, CHMELÍKOVÁ Dana, CHÍLKOVÁ Eva, PODŠVA Jiří, DUŠKOVÁ Miroslava. *Historie měkkých kontaktních čoček aneb jak to bylo doopravdy*; Chemické Listy 112, Ústav makromolekulární chemie AV ČR, Praha 6, 2018; Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3025/3014>

- [13] EFRON Nathan, ed. *Contact lens practice*. Third edition. Edinburgh: Elsevier, 2018. ISBN 978-0-7020-6660-3.
- [14] HOLDEN Brien A. *The Principles and Practice of Correcting Astigmatism with soft Contact Lenses. Clinical and Experimental Optometry* [online]. 1975, 58(8), 279-299 [cit. 2019-12-05]. DOI: 8.1212/j.1444-0938.1975.tb01830.x. ISSN 08164622. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/8.1212/j.1444-0938.1975.tb01830.x>
- [15] VEYS Jane, MEYLER John, DAVIES Ian. *Essential Contact Lens Practice*; The Vision care institutu of Jonson&Johnson Medical Ltd 2009
- [16] HEISSIGEROVÁ Jarmila. *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. Praha: Maxdorf, [2018]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-580-4.
- [17] KIRK, Raymond E., OTHMER Donald F., KROSCWITZ Jacqueline I., Mary HOWE-GRANT. *Encyclopedia of chemical technology*. 4th ed. New York: Wiley, 1998. ISBN 047152669X.
- [18] MANNIS, Mark J. *Contact lenses in ophthalmic practice*. New York: Springer, c2003. ISBN 0-387-40400-7.
- [19] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
- [20] KUCHYNKA Pavel. *Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [21] YOUNG Graeme, SULLEY Anna, HUNT,Chris. *Prevalence of Astigmatism in Relation to Soft Contact Lens Fitting. Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice* [online]. 2012, 37(1), 20-25 [cit. 2019-12-05]. DOI: 8.897/ICL.0b011e3182048fb9. ISSN 1542-2321. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00140068-2018800-00006>
- [22] BENNETT Edward, WEISSMAN Barry. *Clinical contact lens practice*. Philadelphia: Lippincott, 2005. ISBN 978-0-7817-3705-0.
- [23] KOLARČÍK Lukáš, DEDEK Václav, PTÁČEK Michal. *Příručka pro sestry v oftalmologii*. Praha: Grada Publishing, 2016. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-5458-1.
- [24] PATEL N., EDMONDSON L., EDMONDSON W. *Masking cylinder with aspheric soft lenses*. C L Spectrum 2004;19(7):42-45. Dostupné z: <https://www.clspectrum.com/issues/2004/july-2004/masking-cylinder-with-aspheric-soft-lenses>
- [25] PHILLIPS Anthony, SPEEDWELL Lynne., *Contact lenses*, 6th ed.; Poland: Elsevier Inc., 2019. ISBN 978-0-7020-7168-3

Vyšetření fúzních rezerv v praxi

M. Chvalová¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: chvalova@hotmail.com

Abstrakt. V článku se zaměřuji na problematiku fúzních rezerv v praxi optometristy. Pro správné pochopení posouzení fúzních rezerv je nutná znalost fyziologie a anatomie zrakového aparátu. První kapitola se proto věnuje stručnému přehledu fyziologie a anatomie, binokulárnímu vidění, jeho vývojem, stupni a stručně jsou sepsány také abnormality binokulárního vidění. Následně se věnuji heteroforii, její klasifikaci, měření a řešení. Ve třetí kapitole se věnuji fúzním rezervám, jejich vyšetřením, významem a možným navýšením. V praktické části zjišťuji, jakým způsobem, v jaké míře a z jakých důvodů jsou v České republice měřeny fúzní rezervy v jednotlivých optometrických praxích. Výsledky napovídají o nedostatečném zjišťování zrakových funkcí tohoto typu.

1. Úvod

Binokulární vidění znamená vidění oběma očima. Výsledkem správného fungování motorické a senzorické složky získáváme jednoduchý obraz. Binokulární vidění se vyvíjí postupně od schopnosti překrýt obraz pravého a levého oka, schopnosti spojení obrazů v jeden a je zakončeno získáním prostorového vjemu. V druhé kapitole se věnuji heteroforii, jejím rozdělení, vyšetřením a možnou korekcí. Heteroforie je forma strabismu, kdy nepozorujeme zjevnou odchylku při zachování fúze. Pokud však dojde k přerušení fúze, nastává fúzní pohyb strabujícího oka. Motorická složka fúze udržuje ortoforické postavení očí i přes chybu v senzorické složce. Jedinec může mít například supresi oka, avšak díky motorickým mechanismům je oko udržováno ve správné poloze. Hodnota heteroforie se může lišit při pohledu do nekonečna a při pohledu do blízka, stejně tak v různých pohledových směrech může míra heteroforie ustupovat/progradovat. Vzhledem k refrakční vadě můžeme předpokládat tendenci k určitému směru forie. Hypermetropové inklinují k esoforii, naproti tomu u myopa očekáváme směr exoforický. [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]

Ve třetí kapitole jsem se zaměřila na fúzní rezervy, jejich význam, vyšetření a jejich možné navýšení. Navýšením fúzních rezerv může u mnoha jedinců dojít ke zlepšení kompenzace heteroforie a tím i k snížení obtíží spojených s binokulární nerovnováhou.

Synonyma pro fúzní rezervy jsou například vergenční amplituda a fúzní vergence. Fúzní rezervy vyjadřují míru vyvolané vergence před tím, než dojde k rozmazání obrazu nebo jeho zdvojení. Testuje se tedy schopnost vergenčního systému odolávat prizmatické zátěži. U jedinců s různou mírou poruchy binokularity zjišťujeme nevyvážené/snížené fúzní rezervy. Měříme je obvykle v pdpt za použití prizmatické lišty (skoková metoda). Další možností je například použití Risleyho prizmatu přítomného ve foreoptech (plynulá metoda rozložení prizmat). [2] [3] [4] [8] [9]

2. Výzkum

Cílem praktické části výzkumu je získat informace o tom, jakým způsobem, v jaké míře a z jakých důvodů jsou v optometrických praxích vyšetřovány fúzní rezervy pomocí. Pro výzkum optometrické praxe jsem zvolila sociologickou kvantitativní metodu výzkumu, a sice dotazníkové šetření. Tuto metodu jsem zvolila zejména z důvodu, že mohu data získat a zpracovávat bez fyzického kontaktu s dalšími osobami vzhledem k nastalé situaci (březen 2020).

Prvotně jsem sestavila internetový dotazník, který jsem využila jako předvýzkum. Po stanovení hypotéz jsem zaslala dotazník deseti optometristům z mého okolí. Tento vzorek sestával primárně z optometristů působících na FBMI ČVUT v Kladně. Výsledky tohoto předvýzkumu determinovaly procentuální rozložení předpokladů. Následně jsem dotazník rozeslala pomocí sociálních sítí odborné veřejnosti. Dotazník byl aktivní od 14/4/2020 do 29/4/2020. Za tuto dobu bylo sesbíráno celkem 68 vyplněných dotazníků, z čehož bylo 67 použito pro rozbor a vyhodnocení dat.

Na začátku dotazníku jsou respondenti obeznámeni se základními informacemi, jako je název dotazníku, mé jméno, studijní obor. Dále uvádím, že veškeré informace získané z tohoto výzkumu jsou anonymní. Dotazník obsahuje 11 uzavřených otázek.

Jednotlivé otázky dotazníku

1. Jaké je Vaše povolání?
2. Provádíte binokulární screening (zjištění základního stavu spolupráce očí)?
3. Kvantifikujete symptomatické i asymptomatické forie (měříte prizmatickou korekci)?
4. Disponujete vybavením pro měření fúzních rezerv? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)
5. Z jakých důvodů, podle Vašeho mínění, se měří fúzní rezervy? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)
6. Vyšetřujete v indikovaných případech fúzní rezervy?
7. Pro jaké účely vyšetřujete fúzní rezervy? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)
8. V jaké věkové skupině vyšetřujete fúzní rezervy? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)
9. Realizuje ve své praxi zrakový trénink? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)
10. V jaké věkové skupině realizujete zrakový trénink? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)
11. Kolik let se věnujete optometrické praxi?

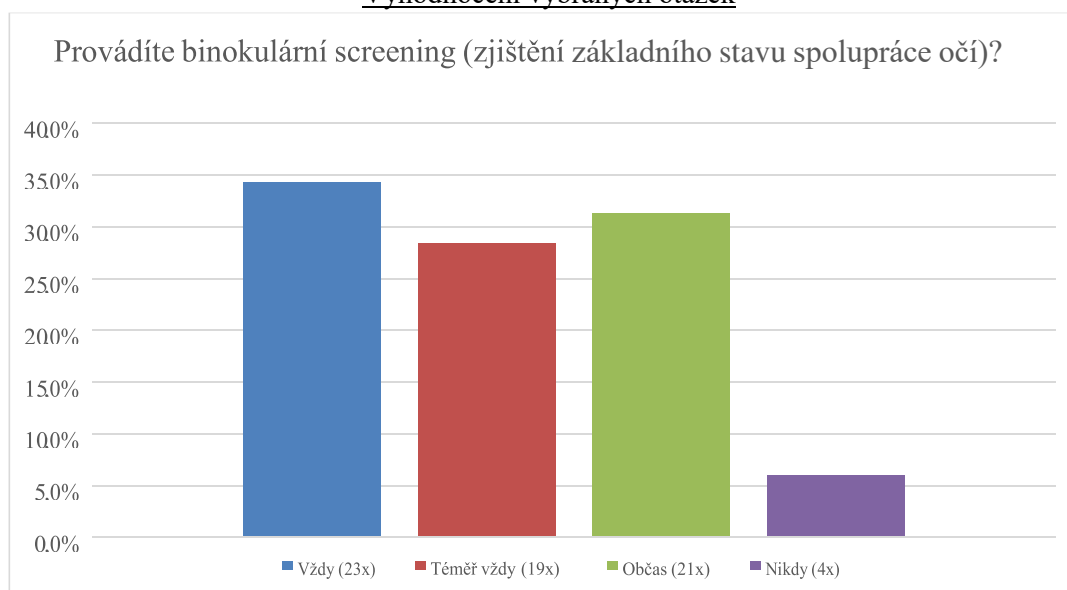
Předpoklady výzkumu

P1: Binokulární screening je pravidelnou součástí refrakčního vyšetření u 80 % respondentů.

P2: Minimálně 20 % respondentů nedisponuje ve vyšetřovně vybavením pro měření fúzních rezerv.

P3: Minimálně 40 % respondentů měří fúzní rezervy v indikovaných případech.

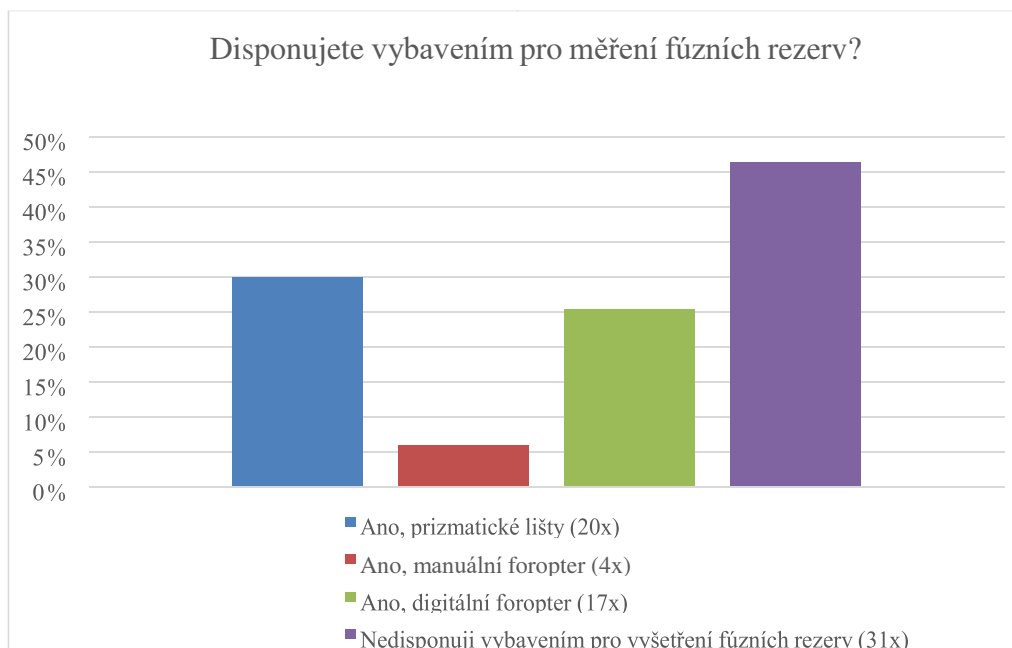
Vyhodnocení vybraných otázek



Graf 1: Vyhodnocení odpovědí u otázky č. 2

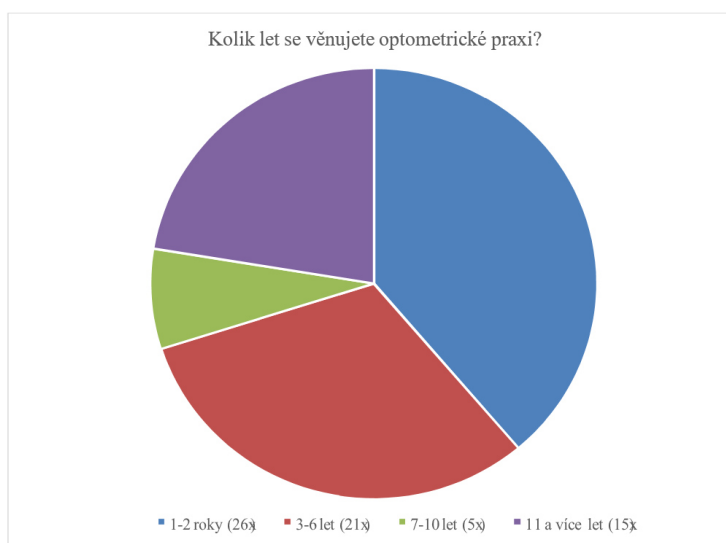
Z této otázky vyplývá, jaké procento optometristů se zabývá binokulárním statusem jejich klientů. Dle předvýzkumu byla stanovena hypotéza, že 80 % respondentů provádí pravidelně binokulární screening. Do tohoto kritéria jsem zařadila odpovědi vždy a téměř vždy. Dle procentuálního rozložení všech odpovědí nebyla tato hypotéza splněna, jelikož celkové procento odpovědí vždy/téměř vždy bylo 62,7 %. Oproti předvýzkumu nastal pokles o 17,3 %. Dle mého mínění je to způsobeno tím, že vzorek respondentů v předvýzkumu se sestával převážně z optometristů působících na akademické půdě FBMI ČVUT. Obecně se domnívám, že tito optometristé přistupují k optometrické praxi pečlivěji a jsou více

informování a vzdělávání o problematice binokulárního vidění, a proto kladou větší důraz na jeho vyšetřování.



Graf 2: Vyhodnocení odpovědí u otázky č. 4

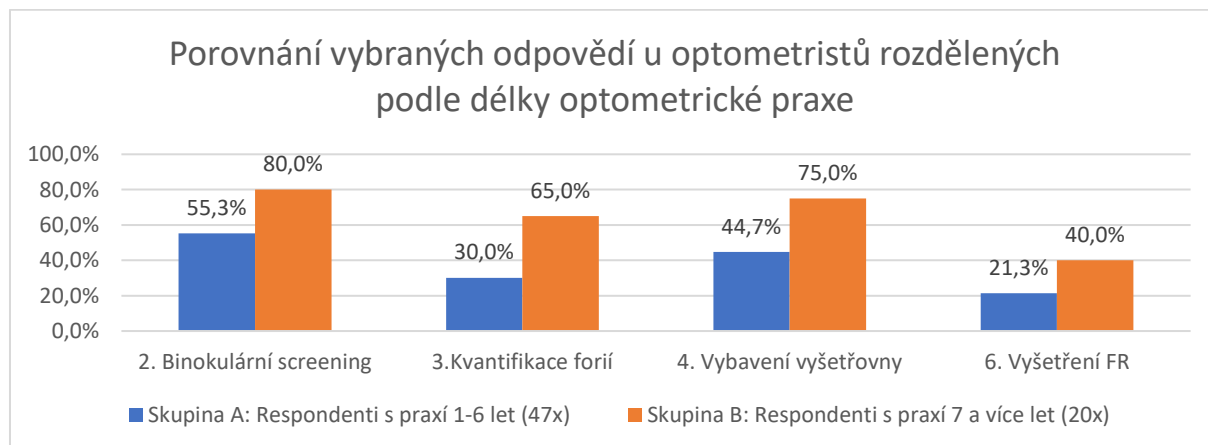
Cílem této otázky bylo zjistit, zda v optometrických praxích optometristé disponují příslušným vybavením k měření fúzních rezerv. Dle předvýzkumu byla stanovena minimální hranice 20 %. Celkem 46,3 % respondentů uvádí, že nedisponuje potřebným vybavením. Tato hypotéza byla splněna. Oproti předvýzkumu je procento respondentů nedisponujících vybavením pro měření fúzních rezerv vyšší (o 26,3 %). Tento rozdíl si opět vysvětlují jako důsledek použitého vzorku respondentů v předvýzkumu. Budeme-li předpokládat, že respondenti v předvýzkumu jsou ve svých vyšetřeních obecně důkladnější, lze předpokládat také větší vybavenost jejich vyšetřovacích místností.



Graf 3: Vyhodnocení odpovědí u otázky č. 11

Tento graf ukazuje, kolik let se respondenti věnují optometrické praxi. Dle odpovědí vyplývá, že se na výzkumu podíleli jak optometristé s optometrickou praxí přesahující 10 let, tak optometristé, kteří pracují v oboru méně než 7 let.

Porovnání vybraných odpovědí u optometristů rozdělených podle délky optometrické praxe



Graf 4: Porovnání vybraných odpovědí respondentů podle délky praxe

Na tomto grafu porovnávám odpovědi u 4 vybraných otázek. V legendě je uvedeno číslo vybrané otázky a heslovitě popsáno, čeho se otázka týká. Červené sloupce zobrazují procentuální rozložení odpovědí u optometristů s praxí delší sedmi let, zatímco sloupce modré zobrazují totéž u optometristů, kteří se optometrické praxi věnují maximálně šest let. Procenta odpovídají součtu odpovědí vždy/téměř vždy.

Otázka č. 2: Provádíte binokulární screening (zjištění základního stavu spolupráce očí)? Procentuální rozdíl je 24,7 %. Optometristé ze skupiny B jsou dle výzkumu důkladnější. Ze skupiny optometristů s delší praxí vychází, že 80 % provádí binokulární screening pravidelně. Pouze 2 respondenti uvádí, že provádějí binokulární screening občas a další 2 nikdy. Naproti tomu, ve skupině A je rozložení odpovědí více rovnoměrné. Ze 47 respondentů jich 19 provádí binokulární screening občas a pouze 2 respondenti nikdy.

Otázka č. 3: Kvantifikujete symptomatické i asymptomatické forie (měříte prizmatickou korekci)? Procentuální rozdíl je 35 % ve prospěch optometristů s praxí delší sedmi let (skupina B). Ze skupiny A, kde je celkový počet respondentů 20, jich 13 kvantifikuje forie. U respondentů s kratší praxí (47 jedinců) jich forie kvantifikuje pouze 14. Zároveň možnost nikdy vybrali ve skupině B pouze 2 respondenti (odpovídá 10 %). Ze skupiny A se jednalo o 13 respondentů (odpovídá 27,7 %).

Otázka 4: Disponujete vybavením pro měření fúzních rezerv? Procentuální rozdíl je 30,3 %. Z výsledků vyplývá, že optometristé ze skupiny B mají více vybavené vyšetřovny. Ze 47 respondentů ze skupiny A jich 55,3 % nedisponuje vybavením pro vyšetření fúzních rezerv. Naproti tomu skupina B disponuje daným vybavením ze 75 %. Otázka 6.: Vyšetřujete v indikovaných případech fúzní rezervy? Procentuální rozdíl je 18,7 %. Ze skupiny A vyšetřuje 21,3 % respondentů fúzní rezervy indikovaných případech vždy nebo téměř vždy. Zároveň 53,2 % nevyšetřuje fúzní rezervy nikdy. V případě skupiny B se jedná o 40 % respondentů, kteří v indikovaných případech fúzní rezervy vyšetřují. Dále z této skupiny 35 % uvádí, že fúzní rezervy nevyšetřují nikdy.

Vyhodnocení předpokladů výzkumu

Prvním předpokladem bylo, že binokulární screening je pravidelnou součástí refrakčního vyšetření u 80 % respondentů. Dle procentuálního rozložení všech sebraných odpovědí nebyl tento předpoklad splněn, jelikož celkové procento optometristů provádějící pravidelně binokulární screening odpovídá

62,7 %. Zbýlých 37,3 % respondentů provádí binokulární screening pouze občas nebo dokonce nikdy. Domnívám se, že je to způsobeno skladbou respondentů u předvýzkumu. Desetičlenný vzorek sestával převážně z optometristů, kteří se neustále vzdělávají v oboru a získávají stále nové poznatky, které dále předávají na půdě ČVUT v Praze.

Druhým předpokladem bylo, že minimálně 20 % respondentů nedisponuje ve vyšetřovně vybavením pro měření fúzních rezerv. Tento předpoklad byl splněn. Celkově 46,3 % respondentů uvádí, že nedisponuje vybavením pro měření fúzních rezerv.

Třetím a posledním předpokladem bylo, že alespoň 40 % respondentů měří fúzní rezervy v indikovaných případech. Tento předpoklad nebyl splněn. Celkově provádí v indikovaných případech měření fúzních rezerv pouze 26,8 % respondentů. Tento rozdíl si vysvětlují opět jako důsledek použitého vzorku respondentů. Budeme-li předpokládat, že respondenti z předvýzkumu jsou ve svých vyšetřeních obecně důkladnější, lze předpokládat také větší vybavenost jejich vyšetřovacích místností.

Z výzkumu vychází skutečnost, že více než třetina všech respondentů neprovádí pravidelně binokulární screening. Další skutečností je, že více než polovina respondentů nevyšetřuje fúzní rezervy. Obecně z výzkumu vyplývá, že optometristé s praxí delší sedmi let jsou ve svých vyšetřeních komplexnější.

3. Závěr

Progrese oboru optometrie dosáhla bodu, kdy je nedostačující pouhá korekce do dálky a blízka. Mnohdy se setkáváme v praxi s klienty, kteří přijdou se zdánlivě jasným pokynem – změřit korekci do brýlí na dálku či do blízka. Důkladným vyptáním se na anamnézu však můžeme odhalit dlouholeté astenopické obtíže, zrakovou únavu, migrény a jiné stavy, ne vždy přímo odkazující na zrakový aparát. Následným komplexním vyšetřením zrakového aparátu a stavu binokularity jedince dostáváme souhrnný obraz toho, zda a jak bychom mohli klientovi pomoci. Přestože se v praxi fúzní rezervy mnohdy nevyšetřují, jejich zjištěním můžeme odhalit odchylky, či potvrdit výsledky jiných provedených testů. Zrakový trénink, jako prostředek k navýšení fúzních rezerv, může následně sloužit jako účinná terapie heteroforie bez použití prizmatické korekce.

Z výzkumu jsem se dozvěděla více o optometrické praxi v České republice. Z výzkumu vychází skutečnost, že více než třetina všech respondentů neprovádí pravidelně binokulární screening. Další skutečností je, že více než polovina respondentů nevyšetřuje fúzní rezervy. Obecně z výzkumu vyplývá, že optometristé s praxí delší sedmi let jsou ve svých vyšetřeních komplexnější.

Seznam použité literatury

- [1] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. Borish's clinical refraction. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006. ISBN 0750675241
- [2] STIDWILL, David a Robert FLETCHER. Normal Binocular Vision: Theory, Investigation and Practical Aspects. West Sussex: Blackwell Publishing, 2011. ISBN 9781405192507
- [3] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders. 4th ed.
- [4] EVANS, Bruce J. W. a David PICKWELL. Pickwell's binocular vision anomalies. 5th ed. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, c2007. ISBN 0750688971
- [5] VON NOORDEN, Gunter K. a E. C. CAMPOS. Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus. 6th ed. St. Louis, Mo.: Mosby, c2002. ISBN 0323011292
- [6] PLUHÁČEK, František. Forie. Katedra optiky PřF UP v Olomouci. Dostupné z: <http://www.optometry.cz/obsah/materialy/forie.pdf>. Datum citace 8.1.2020

- [7] Heterophoria: Symptoms, Causes, Diagnosis and Management. In: AIMU American International Medical University [online]. 2017 [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://www.aimu.us/2017/12/10/heterophoria-symptoms-causesdiagnosis-and-management/>
- [8] KŘÍŽ, Pavel. Přístroje pro měření fúzních rezerv. Česká oční optika [online]. 2016, 18.7.2017, 2016(01), 1 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: https://www.4oci.cz/pristroje-pro-mereni-fuznich-rezerv_4c721
- [9] PAVEL, Kříž. Měření rozsahu fúzních rezerv. Česká oční optika [online]. 2016, 29/11/2016, 2016(01), 1 [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: https://www.4oci.cz/mereni-rozsahu-fuznich-rezerv_4c713

Vliv arteficiální anizeikonie na vidění

A. Kuboňová^{o1}

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, náměstí Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: a.kubonova@seznam.cz

Abstrakt. Anizeikonie je anomálie binokulárního vidění, při které se obraz pozorovaného předmětu pravého a levého oka zobrazí s nestejnou velikostí nebo tvarem. [1] Množství anizeikonie se stanovuje prostřednictvím procentního rozdílu ve vnímání velikosti obrazu mezi pravým a levým okem. [2] Práce se věnuje měření velikostní anizeikonie, která byla simulována pomocí sady anizeikonických čoček se zvětšením 2%, 3%, a 7%. Na základě stanovených hypotéz bylo zkoumáno, zda odpovídají naměřené hodnoty anizeikonie zvětšení předsazených anizeikonických čoček. Velikost anizeikonie byla měřena metodou přímého srovnávání na hákovém testu a na New Aniseikonia Testu (NAT) v horizontálním a vertikálním směru. Dále byla věnována pozornost, zda se naměřené hodnoty anizeikonie zvyšují se vzrůstajícím zvětšením anizeikonických čoček. Výsledky měření byly podrobeny statistické analýze a následnému vyhodnocení, po kterém se ukázalo, že obě použité metody na měření podhodnocují hodnoty simulované anizeikonie.

1. Úvod

Anizeikonie je anomálie binokulárního vidění, při které jsou vnímány rozdíly ve velikosti a tvaru obrazů obou očí. Oko vnímá velikost obrazu daného předmětu tak, že je předmět nejprve zobrazen pomocí optického systému na sítnici, kde sítnicové receptory nasnímají sítnicový obraz a cestou zrakových drah je tato informace dopravena do mozku, kde je následně zpracována. Pokud se vyskytne rozdíl mezi oběma očima v kterémkoli z těchto kroků zpracování obrazu, tak může vzniknout anizeikonie. Podle toho, v kterém kroku anizeikonie vznikne, rozlišujeme anizeikonii optickou, retinální či neurální. [2, 3, 4]

Anizeikonie je často spojována s anizometrií, díky tomu, že brýlová korekce anizometropie může způsobit anizeikonii. Anizometropie ovlivňuje fyzickou velikost obrazu promítaného na sítnici před jeho vizuálním zpracováním sítnicí nebo mozkem. Anizometropie je rozdíl ve velikosti refrakční vady mezi pravým a levým okem, který se vyskytuje v jednom nebo obou hlavních meridiánech a díky tomu může narušovat binokulární vidění. Za klinicky významnou anizometrii se považuje cylindrický nebo sférický rozdíl 1D mezi pravým a levým okem. [2]

Pro vznik jednoduchého binokulárního vjemu je zapotřebí, aby obrazy z obou očí byly co nejvíce podobné. Vlivem rozdílnosti obrazů může být anizeikonie příčinou řady subjektivních obtíží. Na základě studie 500 pacientů podezřelých na anizeikonii, kterou provedli Bannon a Triller, patří mezi charakteristické příznaky anizeikonie ty, které jsou uvedeny v *Tabulce 1*. [3, 4, 5]

Tabulka 1- Charakteristické příznaky pacientů trpících anizeikonii [4]

Příznaky	Procento pacientů
Astenopie	67 %
Bolesti hlavy	67 %
Fotofobie	27 %
Obtíže při čtení	23 %
Nevolnost	15 %
Diplopie	11 %
Nervozita	11 %
Závratě	7 %
Obecná únava	7 %
Zkreslení prostoru	6 %

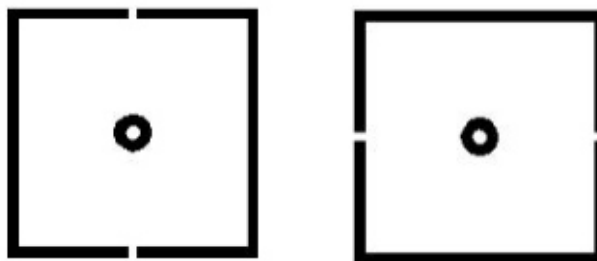
Při vyšších hodnotách může anizeikonie narušit binokulární vidění a může vést k diplopii a následně k supresi vjemu jednoho oka. Proto je třeba tyto obtíže řešit a korigovat anizeikonii. [3,4]

1.1 Metody a přístroje na měření anizeikonie

Při určování anizeikonie lze využít objektivní či subjektivní metody. Objektivní metoda je založena na měření pomocí ultrazvuku, který se používá k určení předozadní délky oka, polohy optických prvků a hloubky přední komory. Z naměřených hodnot se vypočítá hodnota anizeikonie s přesností 0,5 až 1 %. Tato hodnota odpovídá plné dioptrické anizeikonii bez senzorické kompenzace. [6]

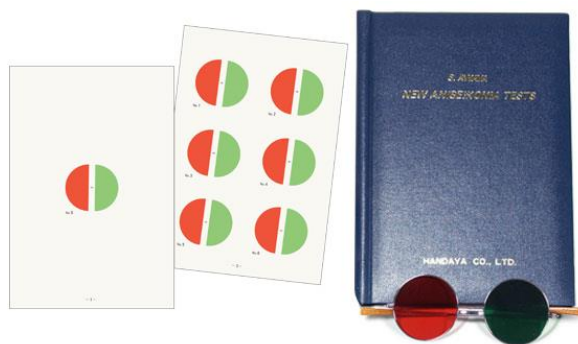
Subjektivní měření vyžaduje spolupráci pacienta a k separaci vjemů mezi pravým a levým okem se využívá například anaglyfní a polarizační princip. Mezi přístroje, které využívají anaglyfní metody, patří například Maddoxův eikonometr a Brecherův anaglyfní eikonometr. Princip anaglyfní metody je založen na aditivním a subtraktivním mícháním barev. Naproti tomu Ames-Glydonův standardní eikonometr, hákový test či Titmusův test využívá polarizační metodu, při které se využívá vlastností polarizovaného světla k separaci vjemů pravé a levé oka. [7]

Hákový test, jenž je použit v experimentální části, se využívá k diagnostice anizeikonie a heteroforie. K disociaci vjemů pravého a levého oka používá polarizaci a patří do testů přímého srovnávání. Test se používá na dálku a nabízí pacientovi dva stejně velké polarizované háky naproti sobě, ležící vpravo a vlevo (vertikální hákový test) nebo nahoře a dole (horizontální hákový test) od nepolarizovaného středu, který se nachází uprostřed a slouží jako fúzní podnět. Vnímané rozdíly ve velikosti obrazů do šířky háků jsou nevýznamné, neboť odpovídají přibližně 3-4 % anizeikonie, což lze snadno zfúzovat. Pokud rozdíly ve velikosti obrazu jsou větší než je šířka háků, pak lze použít izeikonické čočky s vlastním zvětšením pro vykorigování anizeikonie. Izeikonické čočky se předávají, dokud pacient nevnímá oba háky stejně velké a podle hodnoty izeikonické čočky víme množství anizeikonie v procentech. [3, 7, 8, 9]



Obrázek 1- Vertikální a horizontální hákový test [8]

Dále byl v experimentální části využit New Aniseikonia Test (NAT), což je přímý srovnávací test, který se velmi snadno spravuje a interpretuje. K disociaci vjemů mezi pravým a levým okem se využívají anaglyfní filtry. Test se používá na blízko a ve formě brožury obsahuje sérii dvojic půlkruhů (jeden červený a jeden zelený), kdy rozdíl ve velikosti mezi půlkruhy v každém páru představuje procentuální hodnotu anizeikonie. Pacient s nasazeným červeno-zeleným filtrem a správnou korekcí porovnává z dané vzdálenosti dvojice sousedních půlkruhů a určuje, který z půlkruhů se jeví mít stejný vertikální průměr. Vlivem disociace vidí pravým okem červený půlkruh a levým okem zelený půlkruh. Na začátku je umístěn pár stejně velikých půlkruhů a poté se průměr jednoho z půlkruhů v každém kroku mění o 1 %. Poté se předloží druhá sada párů půlkruhů, kde se naopak mění velikost druhého půlkruhu, pro ověření výsledků. Anizeikonický stav může být přítomen na jakémkoli radiánu, takže test by měl být prováděn alespoň na vertikální a pomocí natočení brožury i horizontální ose. Výstupní hodnotou testu je procentuální míra anizeikonie, dána půlkruhy, které se pacientovi jeví stejně velké. [5, 10, 11, 12, 13]



Obrázek 2- New Aniseikonia Test (Awaya) [13]

Další metody využívané k separaci u subjektivního měření jsou například paobrazy (bleskový eikonometr) nebo změny prostorového vnímání (Ogle-Amesův prostorový eikonometr). Subjektivní měření by se mělo vždy provádět až po korekci přidružené heteroforie. [6, 7]

1.2 Řešení anizeikonie

Anizeikonii lze řešit různými refrakčními korekčními možnostmi, které mají společnou snahu zmenšit rozdíly ve velikosti sítnicových a/ nebo kortikálních obrazech mezi očima a díky tomu dosáhnout optimálního binokulárního vidění a odstranění ostatních obtíží. Pro vhodné zvolení korekce anizeikonie je třeba zvážit řadu faktorů, jako je subjektivní velikost anizeikonie, její příčina, aktuální refrakční korekce a schopnost nosit kontaktní čočky. Redukce anizeikonie lze dosáhnout například pomocí penalizace, anizodistančních brýlí, kontaktních čoček nebo izeikonických čoček, z nichž každé řešení má své výhody a nevýhody. Nejlepší řešení se bude lišit od pacienta k pacientovi a může být kombinací různých řešení. [2, 4]

2. Experimentální část

Cílem experimentální části práce bylo zjistit, zda se liší naměřená hodnota anizeikonie od hodnoty předsazených anizeikonických čoček, prostřednictvím kterých byla anizeikonie simulována. Velikost anizeikonie byla měřena metodou přímého srovnávání na hákovém testu a na New Aniseikonia Testu (NAT). Měření bylo prováděno v horizontálním a vertikálním směru. V první části byly nejprve zjištěny údaje o pacientovi a stanovena vhodná korekce jeho refrakčních vad. V další části byla nejprve zjišťována přítomnost naturální anizeikonie a následně byla simulována umělá anizeikonie předsazením čočky před pravé oko, ze sady anizeikonických čoček se zvětšením 2%, 3% a 7%.

2.1 Měření osoby a podmínky měření

Měření probíhalo na více stanovištích. Původně mělo vyšetřování probíhat pouze v laboratoři oční optometrie na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT v Kladně. Z důvodu omezení přístupu na fakultu FBMI v Kladně, měření bylo následně přesunuto a probíhalo ve vyšetřovně Oční kliniky JL v Praze a dále probíhalo ve vyšetřovně oční optiky Remi Optic v Poliklinice Barrandov v Praze. Vlivem nastalé situace spojené s pandemií COVID-19 byl změněn plánovaný počet probandů z původních 50 osob na 30. Měření se zúčastnili probandi ve věkovém rozmezí od 20 do 66 let. Celkově bylo změřeno 21 žen a 9 mužů.

2.2 Postup měření anizeikonie pomocí New Aniseikonia testu (NAT)

U pacienta s předsazenou nejlepší korekcí byla zjišťována s pomocí New Aniseikonia Testu (NAT) přítomnost naturální horizontální a vertikální anizeikonie. Po stanovení hodnoty naturální anizeikonie byla změřena hodnota arteficiální anizeikonie navozené pomocí předsazených anizeikonických čoček se zvětšením 2%, 3% a 7%. Čočky byly vždy předsazeny před pravé oko.

2.3 Postup měření anizeikonie pomocí hákového testu

Pomocí hákového testu nejprve byla zjištěna hodnota naturální anizeikonie v horizontálním a vertikálním směru. Poté byla pomocí anizeikonických čoček se zvětšením 2%, 3% a 7% navozena

arteficiální anizeikonie, která byla následně změřena. Čočky byly vždy předsazeny před pravé oko a měření bylo prováděno v horizontálním i vertikálním směru.

3. Výsledky a diskuze

Měření naturální anizeikonie bez předložených anizeikonických čoček bylo provedeno na New Aniseikonia Testu a na hákovém testu v horizontálním a vertikálním směru. Výsledky měření byly graficky znázorněny zvlášť pro hodnoty anizeikonie v horizontálním směru a hodnoty anizeikonie ve vertikálním směru. Z nich bylo patrné, že převážná většina měřených probandů neměla naturální anizeikonii. Výjimku tvořilo při měření pomocí New Aniseikonia Testu 7 probandů, u kterých byla zaznamenána 1% naturální anizeikonie v horizontálním směru a 4 probandi, kteří vykazovali 1% naturální anizeikonii ve vertikálním směru.

Pro potvrzení nebo vyvrácení nulových hypotéz byl použit párový t-test. Nulové hypotézy předpokládaly, že rozdíl hodnot arteficiální anizeikonie naměřených pomocí New Aniseikonia Testu a pomocí hákového testu s hodnotami zvětšení předsazených anizeikonických čoček je nulový. Pro statistickou analýzu byly využity hodnoty naměřené v horizontálním a vertikálním směru. Hladina statistické významnosti byla stanovena na $\alpha = 0,05$. Po statistickém vyhodnocení vyplynulo, že nulové hypotézy byly zamítnuty, a alternativní hypotézy byly potvrzeny. Statistická analýza tedy ukázala, že naměřené hodnoty arteficiální anizeikonie jsou podhodnoceny.

Pro ověření hypotézy, která předpokládala, že se zvyšující se hodnotou předsazené anizeikonické čočky se bude zvyšovat hodnota naměřené arteficiální anizeikonie, byla provedena korelace naměřených hodnot s hodnotami zvětšení anizeikonických čoček. Z uvedených výsledků vyplývá, že platí vztah $p > 0$, a tedy že je hypotéza potvrzena. Hodnoty naměřené pomocí New Aniseikonia Testu se zvětšením anizeikonických čoček korelují na 66 %. Kdežto hodnoty naměřené pomocí hákového testu se zvětšením anizeikonických čoček dosáhly vyšší korelace a to 76 %. Tyto hodnoty nejsou až tak výrazné, jak by se dalo očekávat, vzhledem ke stanovené hypotéze. Jednou z možných příčin, že vyšly spíše středně silné korelace, by mohl být nízký počet zkoumaných probandů, který musel být z důvodu komplikací spojených s pandemií koronaviru (COVID-19) snížen. Proto by zde mohl být prostor pro případný hlubší výzkum, který by zkoumal tento vztah u většího počtu probandů, a tím by byly výsledky přesnější.

Další z možných příčin, proč hodnoty arteficiální anizeikonie po předložení anizeikonických čoček vycházely takto nízké, by mohla být snížená koncentrace probandů, neboť celkové měření bylo poměrně časově náročné a hlavně náročné na soustředění. Z toho také vyplývá, že na měření mohl mít vliv celkový psychický a fyzický stav probanda. Také určité osobnostní nastavení, kdy někteří probandi sdělili své odpovědi po důkladném zvážení a jiní odpověděli ihned, mohlo také ovlivnit výsledky. Vliv také mohlo mít to, že většina probandů se nikdy dříve nesetkala s metodami měření anizeikonie, a proto mohly vzniknout nepřesné odpovědi díky nesprávnému pochopení instrukcí. V neposlední řadě se na hodnotách naměřené anizeikonie projevila senzorická kompenzace (adaptace) rozdílně velkých obrazů pravého a levého oka.

4. Závěry

Řada studií uvádí, že změřené hodnoty anizeikonie jsou často podhodnoceny. Z toho důvodu byly na začátku experimentální části stanoveny jisté předpoklady týkající se této problematiky. Při měření a následném vyhodnocení byla věnována pozornost, zda se vyskytuje rozdíl naměřených hodnot arteficiální anizeikonie pomocí dvou metod a hodnot zvětšení předsazených anizeikonických čoček, které činilo 2 %, 3 % a 7 %. Před navozením arteficiální anizeikonie se nejprve změřily hodnoty bez anizeikonických čoček. Měření ukázalo, že nikdo z probandů neměl vyšší anizeikonii než je 1 % a nevykazoval žádné symptomy.

Po změření hodnot arteficiální anizeikonie v horizontálním a vertikálním směru pomocí New Aniseikonia Testu a pomocí hákového testu, byly tyto hodnoty následně vyhodnoceny. Prokázalo se, že existuje rozdíl mezi změřenými hodnotami arteficiální anizeikonie a zvětšením předsazených anizeikonických čoček, díky kterým byla anizeikonie simulována. Výsledky mohly být ovlivněny několika faktory, mezi které lze zařadit například vysokou náročnost měření na koncentraci probandů.

Při bližším prozkoumání výsledků se ukázalo, že hodnoty anizeikonie jsou více podhodnoceny v horizontálním směru než ve vertikálním. Více znatelné to bylo především u hodnot změřených pomocí hákového testu. Možné odůvodnění nižší platnosti testů anizeikonie v horizontálním směru ve srovnání s vertikálním je vyšší výskyt heteroforií a fixačních disparit v horizontální rovině, což může způsobit nestabilitu obrázků a ztěžovat srovnání jejich velikostí.

Výsledkem experimentální části je, že obě metody měření podhodnocují hodnoty anizeikonie a díky tomu spolehlivost testů není příliš vysoká, a proto by tyto testy měly být při klinickém měření anizeikonie používány s opatrností. Možnost porovnání výsledků této práce s výsledky jiných studií jsou omezené a poukazuje to na potřebu dalších studií, které by potvrdily závěry, kterých bylo dosaženo.

Zdroje

- [1] TUNNACLIFFE, Alan. *Introduction to visual optics*. 4th ed. Godmersham Park: Association of British Dispensing Opticians, 1993. ISBN 978-0-90009-928-1.
- [2] SOUTH, Jayshree, Tina GAO, Andrew COLLINS, Jason TURUWHENUA, Kenneth ROBERTSON a Joanna BLACK. Aniseikonia and anisometropia: implications for suppression and amblyopia. *Clinical and experimental optometry* [online]. 2019, 13 January 2019, **102**(6), 1-4 [cit. 2020-05-25]. DOI: 10.1111/cxo.12881. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/cxo.12881>
- [3] EVANS, Bruce a David PICKWELL. *Pickwell's binocular vision anomalies*. 5th ed. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, 2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [4] Aniseikonia. *Optical Diagnostics* [online]. Dostupné z: <http://www.opticaldiagnostics.com/info/aniseikonia.html>
- [5] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK. *Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders*. 4th ed. Philadelphia: LIPPINCOTT WILLIAMS AND WILKINS, 2013. ISBN 9781451175257.
- [6] METHLING, Dieter. *Bestimmen von Sehhilfen*. 3.Auflage. Stuttgart: Thieme, 2012. ISBN 978-3131639431.
- [7] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [8] RUTRLE, Miloš. *Binokulární korekce na polatestu*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-302-3.
- [9] RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. 133-137 s. ISBN 80-7013-301-5.
- [10] KLUKOVÁ, Barbora. *Anizeikonie - její měření a korekce: Fyziologická a nefyziologická anizeikonie* [online]. Kladno, 2017 Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/74733/FBMI-BP-2017-Klukova-Barbora-prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. České vysoké učení v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Mgr. Bc. Pavel Fišer.
- [11] MCCORMACK, Glen, Eli PELI a Patrick STONE. Differences in Tests of Aniseikonia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* [online]. 1992, **33**(6), 1-2 [cit. 2020-01-10]. ISSN 1552-5783. Dostupné z: <https://iovs.arvojournals.org/>
- [12] MURAKAMI, Tomoya, Fumiki OKAMOTO, Yoshimi SUGIURA, Yoshifumi OKAMOTO, Takahiro HIRAOA a Tetsuro OSHIKA. Changes in aniseikonia and influencing-factors following successful macula-off retinal detachment surgery. *Scientific Reports*. 2019, (9), 5. ISSN 2045-2322.
- [13] *Good-Lite* [online]. Elgin [cit. 2020-01-10]. Dostupné z: <https://www.good-lite.com/Details.cfm?ProdID=949>

Vhodnost aplikace metody monovision u presbyopických pacientů

K. Krotká¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, náměstí Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká Republika

E-mail: katka-krotka@seznam.cz

Abstrakt. Presbyopie, obecně řečeno stařecká vetchozrakost, způsobuje problémy pacientům po 40. roce života s prací do blízka. Existuje celá řada možností, jak tento stav řešit. Lze korigovat chirurgicky, brýlovými čočkami, kontaktními čočkami nebo implantací nitroočních čoček. Jednou z alternativ je metoda zvaná monovision, při které se koriguje dominantní oko na dálku a nedominantní do blízka. Experimentální část se zaměřuje na metodu monovision a prostorové vidění, na komfortní binokulární vidění do dálky při metodě monovision, akceptovatelné binokulární vidění do dálky při monovision a na plné monovision. Další část je zaměřena na prostorové vidění, při kterém je zkoumána maximální plusová hodnota předsazená před nedominantní oko, při které pacient ještě vnímá zrakový vjem jako prostorový. Cílem práce je ověřit, zda je dle hypotézy H1 metoda monovision stále komfortní do +1,0 D a zda je prostorové vidění dle hypotézy H2 porušeno při +1,0 D.

1. Úvod

Monovision je metoda, při které se dominantní oko koriguje na dálku a nedominantní do blízka. Při pohledu do dálky jedno oko vidí ostře a druhé rozmazaně, díky tomu dochází k problému se stereopsí (tzv. prostorové vidění). Nedominantní oko zvolené pro vidění do blízka je při binokulárním vidění více či méně potlačované. Úspěšnost monovision se odvíjí od schopnosti presbyopického pacienta suprimovat neostrý obraz. [1-4]

Této metodě dávají především přednost počínající presbyopové, kteří chtějí využívat dobrého vidění do blízka i do dálky. Monovision není určené pro každého, a tak je vhodné nejprve vyzkoušet kontaktní čočky metodou monovision a teprve poté lze vykonat refrakční zákroky určené pro korekci presbyopie. [1, 3]

V případě akomodační šíře 2,5 D již dojde při poprvé podstoupeném refrakčním zákroku monovision k binokulárním problémům, které vznikají z důvodu nedostatečné akomodační rezervy. Doporučuje se podstoupit refrakční zákrok monovision při počínající presbyopii, po 50. roce věku to již není vhodné. [4-6]

Jedná se o nejméně komplikovanou a jednu z nejlevnějších metod řešení presbyopie. Výhodou monovision je, že lze využít jakýkoli typ kontaktních čoček a zároveň není třeba stabilizačního mechanismu z důvodu nezávislosti této metody na centraci kontaktních čoček. Presbyop může mít vyšší refrakční vadu, popřípadě astigmatismus, i v takovém případě lze monovision aplikovat. Metoda monovision je vhodnější spíše pro počínající presbyopy z důvodu zhoršujících se binokulárních potíží při stoupající adici. Dochází ke snížení stereopse vlivem rozmazaného vidění nedominantního oka při pohledu do dálky, proto monovision není vhodné pro pacienty požadující stereopsi např. z důvodu zaměstnání. Monovision nelze využít u presbyopů, kteří používají k vidění pouze jedno oko (mají-li supresi). [4]

1.1 Metody korekce monovision

Monovision se koriguje pomocí konzervativní metody (kontaktní čočky, brýle), LASIK-Monovision, CK-Monovision (konduktivní keratoplastika) či implantace IOL. Kontaktní čočky jsou nejběžnějším způsobem korekce pomocí metody monovision a zároveň v případě nespokojenosti se mohou přestat kdykoli využívat, na rozdíl od refrakčního zákroku, který je nevratný. Je možné využít v podstatě všech typů měkkých i tvrdých kontaktních čoček, zároveň mohou být sférické i torické. [3, 4]

Metoda CK-Monovision je doporučována u pacientů majících hypermetropii v rozmezí od +0,75 D až +3,5 D s nízkým astigmatismem do -0,75 D. V tomto případě je nedominantní oko překorigováno. U emetropického pacienta je keratoplastika řešena pouze na nedominantním oku ke zlepšení vidění do blízka. Operace je prováděna v lokální anestezii a řeší se pomocí radiových vln, které podmiňují vznik tepelné energie. [4, 7]

LASIK metoda se zařazuje mezi refrakční zákroky, při níž je kombinován operační výkon společně s využitím laserového paprsku pro modelování tkáně rohovky. Provádí se seříznutím rohovkové lamely, jejíž tloušťka je přibližně 130–180 μm v závislosti na typu využívaného mikrokeratomu, nebo vytvořením rohovkové lamely femtosekundovým laserem pracujícím na principu fotodisrupce tkáně. Po odklopení rohovkové lamely je pomocí excimerického laseru prováděna fotoablace v hloubce rohovky. Po fotoablacii je lamela vrácena zpět. [7, 8]

Existují dva možné způsoby řešení presbyopie pomocí monovision implantací nitroočních čoček (IOL) po operaci katarakty. Při metodě pseudo-monovision se implantují monofokální nitrooční čočky do očí. Do dominantního oka je implantována nitrooční čočka pro vidění do dálky a do nedominantního do blízka. Další možností je technika hybridní monovision, při které je do dominantního oka implantována IOL monofokální a do nedominantního oka multifokální. [9, 10]

1.2 Oční dominance u metody monovision

Určování oční dominance je důležité z hlediska rozhodnutí, které oko korigovat do dálky a které do blízka, zároveň pomáhá odhadnout úspěšnost s metodou monovision u konkrétního presbyopického pacienta. Lékaři často provádějí test směrové oční dominance pouze do dálky a poté dominantní oko korigují do dálky a nedominantní do blízka. Ale je velmi zásadní, jak se pacient dokáže přizpůsobit rozmazanému obrazu sítnice na jednom oku a jasnému obrazu na druhém oku, proto je důležitější určení senzorické dominance než směrové. Nejvhodnější metodou je vyzkoušet na každém oku dominanci do dálky i do blízka. Při jejím určení pro monovision je vhodnější zjistit, jak rozostření obou očí zasahuje do binokulárního vidění než testovat zaměřovací oko. [11]

2. Experimentální část

Cílem práce bylo ověřit, při jaké hodnotě korekce bude metoda monovision pro pacienty komfortní. Další část se poté zaměřuje na maximální hodnotu, při které bude pacient ještě vnímat zrakový vjem prostorově.

Vyšetření stereopse probíhalo u všech věkových kategorií, zatímco výzkum metody monovision pouze u presbyopických pacientů od 40 let věku. Měření bylo vykonáváno za využití optotypu, Jägerovy tabulky, zkušební brýlové obruby, brýlových čoček a v případě stereopse také polarizačních filtrů. Výzkum probíhal na více pracovištích.

2.2 Podmínky měření

Výzkum bakalářské práce měl po celou dobu probíhat na oční klinice Gemini v Praze s konzultantkou Mgr. Zdeňkou Vaňharovou, ale vzhledem k situaci související s Covid-19 byla možnost vykonat měření pouze u 3 lidí. Poté byla oční klinika v omezeném provozu a bylo nutno najít jiné alternativy, jak splnit experimentální část bakalářské práce. Vzhledem ke karanténnímu opatření bylo nutno vytvořit vlastní optotyp přesných rozměrů na notebook, přičemž vyšetření probíhalo v domácích podmínkách pomocí zapůjčených optických pomůcek od Oční optiky Zlatá fontána spol. s.r.o. Časem byla možnost začít navštěvovat i oční optiky k vykonání výzkumu. Mezi něž patřila oční optika JL, s.r.o., Remi optic spol. s.r.o., oční optika Valuchová Cvikrová spol. s.r.o. a Doktor Optik Group spol. s.r.o. V oční optice JL, s.r.o. a Doktor Optik Group spol. s.r.o. probíhala pouze druhá část výzkumu, a to vyšetření stereopse. Bylo zapotřebí vystřídat několik provozoven z důvodu splnění počtu probandů, jejichž nabídka byla velmi omezená. Experimentální část probíhala od března 2020 do května 2020, ale z důvodu situace související s Covid-19 byla možnost vykonat v březnu 2020 výzkum pouze u 3 probandů, poté probíhal aktivně od 22. dubna 2020 do 15. května 2020.

2.3 Měřené osoby

Celkem bylo naměřeno 37 probandů, z nichž pro vyšetření metody monovision bylo využito 15 presbyopických pacientů ve věku od 40 let a pro vyšetření stereopse 26 osob všech věkových

kategorií. Z celkového počtu vyšetřovaných osob se výzkumu zúčastnilo 19 žen a 18 mužů. Výzkumu se zúčastnil větší počet probandů, ale z důvodu nesplnění požadavků pro výzkum, jich muselo být několik vyřazeno.

Do experimentální části byli zařazeni i probandi, kteří neměli zachované stoprocentní binokulární vidění. U nich byly zpracovány pouze typy testů, u nichž byly výsledky validní. Mezi nejčastější typy binokulárních problémů patřila porucha stereopse, výrazná stranová dominance, tupozrakost a suprese.

2.4 Postup měření

Po předsazení nejlepší korekce byla vyšetřována směrová oční dominance. Následně probíhalo vyšetření metody monovision. Měření probíhalo monokulárně i binokulárně na dálku i blízko při každé předsazené plusové hodnotě před nedominantní oko. Při monokulárním vyšetření bylo zakryto dominantní oko. Plusové dioptrické hodnoty byly předsazovány postupně po +0,25 D. Během každého kroku byl pacient dotazován, zda je vidění s předsazenou hodnotou příjemné, neutrální či nepříjemné. Následně byl zaznamenán visus a subjektivní pocity pacienta. Byl zaznamenán poslední komfortní pocit při největším monovision, a to bylo zapsáno jako komfortní vidění. Pacienti však udávali i neutrální vidění, které bylo uspokojivé a proband potvrdil, že by tuto korekci dokázal využívat. Jedná se o největší rozdíl mezi očima, který popisoval vyšetřovaný jako neutrální. Toto bylo zapsáno jako akceptovatelné vidění.

Dále byla zjišťována hodnota ještě zachované stereopse. K vyšetření stereopse byly použity polarizační filtry vsazené do zkušební brýlové obruby. Nejprve bylo zjištěno, zda je stereopse plně přítomna za využití stereo testu do dálky. Pokud byla stereopse zachována, před nedominantní oko se předsazovaly postupně plusové dioptrické hodnoty po +0,25 D. Při každé předsazené plusové dioptrii byl proband dotázán, zda se mu znaky u stereo testu jeví prostorově. Tento postup byl prováděn do té doby, dokud pacient nezaznamenal všechny znaky ve stejné rovině. V tomto momentě byla zaznamenána poslední plusová hodnota, při které proband ještě vnímal znaky prostorově.

3. Výsledky a diskuze

Po prostudování dané problematiky a provedení analýzy bylo zjištěno, že hodnoty, při kterých je metoda monovision komfortní, jsou závislé na věku. Hypotéza H1 pojednává o komfortnosti metody monovision do hodnot +1,0 D. Dle sestaveného grafu se tato hypotéza potvrdila, ale pouze do určitého věkového rozmezí. Z výsledků měření je zřejmé, že do 47 let je metoda plného monovision komfortní.

Výzkum se také zabýval tím, k jakým změnám visu a dioptrických hodnot docházelo během plného monovision. Komfortního vidění při plném monovision bez poklesu visu a dioptrií dosahovali pacienti pouze do 50 let. Výjimkou byl pacient ve věku 48 let, u kterého došlo k změně visu o +0,25 D, ale opět zde mohlo dojít pouze k odchýlení během refrakce. Od 50 let již docházelo k poklesu visu a vzestupu dioptrických hodnot při komfortním vidění. U akceptovatelného vidění k dioptrickým změnám nedocházelo. Výjimkou byl pouze výše zmiňovaný proband, u kterého došlo k vzestupu dioptrií o +1,5 D, a tak i k prudkému poklesu visu.

Při sběru dat rovněž docházelo k překvapivým odpovědím. Např. při nižším monovision byl pocit neutrální a při vyšším monovision byl pocit příjemný. Toto mohou ovlivňovat faktory učící křivky, kdy pro pacienta bylo měření nové a neměl srovnání s předchozí zkušeností. Bohužel bylo šetření ztíženo situací související s Covid-19 a časovou náročností. Přesnější výsledky by byly, pokud by se výzkum na probandovi opakoval ve více sériích v odstupem dnů, aby již věděl, co se bude dít. Nelze však vyloučit binokulární spojení, kdy při vyšším monovision dochází k separaci obrazů v mozku a probandovi se zdá pozorovaný test komfortnější. Metodiku by chtělo jistě změnit, ale z časového presu to nebylo v průběhu výzkumu možné.

Pro další část výzkumu byla zvolena hypotéza H2, která pojednává o porušení stereopse při hodnotách +1,0 D. Dle grafického zpracování bylo zaznamenáno, že nejčastější maximální hodnota rozdílu korekce, při které ještě nedochází k plnému porušení stereopse, je +2,25 D. Závěrem lze říci, že hypotéza H2 byla vyvrácena vzhledem k nejčastějším maximálním hodnotám +2,25 D, kdy ještě pacient viděl prostorově. Hypotéza H1 je ovlivněna věkem, naopak hypotéza H2 není.

4. Závěr

Experimentální část bakalářské práce se rozdělovala na kapitoly zabývající se komfortním binokulárním viděním do dálky při monovision, akceptovatelným binokulárním viděním do dálky při monovision a plným monovision. Další část výzkumu byla zaměřena na maximální plusovou dioptrickou hodnotu, při které ještě nedošlo k poruše prostorového vidění.

Cílem bakalářské práce bylo ověřit zvolené hypotézy, které byly vytvořeny na základě všeobecného předpokladu. Hypotéza H1 předpokládá, že metoda monovision bude pro pacienta komfortní do hodnoty +1,0 D. Hypotéza H2 předpokládá, že dojde k porušení prostorového vidění při hodnotě +1,0 D.

Na základě statistického vyhodnocení byla hypotéza H1 potvrzena, ale pouze do určitého věkového rozmezí. Nejvíce komfortní byla metoda monovision u pacientů do 50 let. Hypotéza H2 byla naopak vyvrácena. Pacienti uváděli jako poslední dioptrickou hodnotu, při které vnímají zrakový vjem jako prostorový, nejčastěji +2,25 D.

Do experimentální části byli zařazeni také probandi, u kterých docházelo k překvapivým odpovědím. Důvodem mohly být binokulární poruchy či neznalost této metody, ale vzhledem k situaci spojené s Covid-19 a časovému presu, nebylo možné provést bližší výzkum. Tímto bych ráda podpořila návrh na nový výzkum, který by se blíže zaměřoval na tyto extrémní případy.

5. Zdroje

- [1] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [2] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. Kontaktní čočky. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2003. ISBN 80-7013-387-2.
- [3] BOYD, Kierstan. What Is Monovision (or Blended Vision)? American academy of ophthalmology [online]. May. 07, 2018 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: <https://www.aao.org/eye-health/treatments/what-is-monovision-blended-vision>
- [4] ANTON, Milan. Monovision, metoda korekce presbyopie. Česká oční optika. 49(3), 22-23. ISSN 1211-233X.
- [5] DOUTHWAITE, W. A. Contact Lens Optics and Lens Desing. Third edition. ELSEVIER, 2006. ISBN 0-7506-8879-3.
- [6] CENDELÍN, Jiří. Monovision [přednáška]. Kladno: ČVUT FBMI, 21.11.2019.
- [7] Presbyopie. Wiki.medik.cz [online]. 2005 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: <http://wiki.medik.cz/wiki/Presbyopie>
- [8] ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [9] IOL Monovision For Cataract Surgery. Henry Ford Health System [online]. Henry Ford Health System [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: <https://www.henryford.com/services/eye/treatments/cataracts/iol-monovision>
- [10] STUDENÝ, P., KACEROVSKÝ, M., KACEROVSKÁ, J., GAJAROVÁ, N., STRAŇÁK, Z. Hybrid monovision. Česká a slovenská oftalmologie, Vol. 73, 2017, No. 1, pp. 13–16, ISSN 1805-4447.
- [11] Lecture 11 – Ocular Dominance - Arapaho Nsuok. Yumpu [online]. Switzerland, c2020 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/en/document/view/18238694/lecture-11-ocular-dominance-arapaho-nsuok>

Telemetrie v Optometrii

D. Pernicová¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: domca.p@icloud.com

Abstrakt. Bakalářská práce je zaměřena na nový směr telemetrie, který je v oblasti optometrie stále v počátcích. Pozornost je věnována samotné telemetrii a následně přístroji pro sběr dat o lidském oku od firmy Rodenstock s názvem Fundus Scanner (RFS). Zavedením telemetrie do běžné praxe optometristy by došlo k rozpoznání rizik očních onemocnění již v jejich rané fázi. Bakalářská práce tedy dále pojednává o očních onemocnění v České republice a zabývá se také jejich projevy. Z důvodu ucelení tématu je úvodní kapitola věnována anatomii oka. Experimentální část bakalářské práce se zabývá souborem klientů, kteří podstoupili vyšetření očního pozadí pomocí RFS a následně vyhodnocuje míru rizik jednotlivých očních onemocnění u daných klientů.

1. Úvod

Zrak je nejdůležitějším a taktéž nejcennějším lidským smyslem, o který je nutno pečovat. Avšak absolvovat pravidelnou kontrolu zraku dle potřeb pacienta je v České republice obtížné, neboť zdravotnický systém je velmi zahlcen a oční lékaři nestíhají přijímat pacienty. Tudíž se zvyšuje snaha odhalovat rizika a následně diagnostikovat oční onemocnění či jiné abnormality pomocí telemetrie. Telemetrie je jedinečným způsobem, jak zkvalitnit a usnadnit péči o zrak na úrovni optometristy ve spolupráci se zkušenými oftalmology. Benefitem je především rychlost vyšetření a skutečnost, že vše probíhá na jednom jediném místě.

Inspirací pro výběr tématu bakalářské práce mi byla exkurze ve firmě Rodenstock sídlící v Klatovech. Svoji práci bych chtěla objasnit princip telemetrie a způsoby jejího využití v praxi optometristy. Největší motivací mi je zlepšení starostlivosti o zrak občanů v naší republice a s tím spojené zkvalitňování běžného každodenního života.

Cílem teoretické části bakalářské práce je poskytnout ucelený text zaměřující se především na oční onemocnění vyskytující se v České republice, jejichž včasné diagnostice by mohl dopomoci nový směr telemetrie v optometrii. Práce věnuje pozornost přístroji podporujícího telemetrii, kterým je Rodenstock Fundus Scanner, jež byl uveden na celosvětový trh v roce 2018.

Experimentální část bakalářské práce poskytuje informace o metodice zpracování získaných reportů, výsledků screeningů, pocházejících z očních optik na území České republiky.

2. Teoretická část

2.1 Přístroj pro sběr dat - Rodenstock Fundus Scanner

Rodenstock Fundus Scanner (RFS) slouží k pořizování snímků očního pozadí a to za účelem preventivního vyšetření či případné diagnostiky onemocnění očního pozadí. Díky RFS je tudíž umožněna detekce sítnicových abnormalit či dalších rizikových faktorů v jejich rané fázi, které jsou následně odesílány k oftalmologům k dalšímu objasnění a léčbě. [1, 2]

2.2 Princip přístroje - telemedicínský proces

Rodenstock Fundus Scanner představuje nemydriatický systém k zobrazení sítnice, kde umožňuje centrální i periferní zobrazení, vyobrazí papilu zrakového nervu i makulu. Jedná se o skenovací laserový oftalmoskop (SLO), jež funguje na principu dvou typů laserů-zelený laser (532nm) a infračervený laser (785nm). Principem přístroje je průchod paprsku zornicí, který na sítnici vytvoří světelný bod o průměru 8-15 mm, světelný bod je poté skenován 2 laserovými paprsky (zelený a červený laserový paprsek), zpět

na detektor je zaznamenána odražená část paprsků, získané signály jsou interpretovány v sítnicový obraz vysoké kvality rozlišení a kontrastu. [1, 3, 4]

Telemedicínský pracovní proces trvá 3 až 5 dní a spočívá v pořízení snímků obsluhou přístroje, snímky, jakožto jednotlivá data, jsou poté předány Telemedicínské službě em.era. Rodenstock zprostředkovává Telemedicínskou službu em.era v rámci speciálně vyškolených oftalmologů v Německu, kteří analyzují předložené přichozí snímky jednotlivých klientů a zhotovují individuální zprávu o možném riziku onemocnění. Následně přichází na řadu přeposlání zprávy o analýze rizik příslušnému klientovi. Vzájemná spolupráce s oftalmology zajišťuje optometristovi potřebnou odbornou a právní bezpečnost při poskytování screeningových služeb. [4, 5]

2.3 Výhody využívání RFS vztahující se k odborné a laické veřejnosti

Rodenstock Fundus Scanner, jež byl uveden na trh roku 2018, ztělesňuje unikátní řešení pro tradiční optiky. Počet optometristů v České republice celoročně roste, naopak množství oftalmologů klesá a jejich věk je vyšší. Následkem toho se prodlužuje čekací doba na vyšetření u oftalmologa na 3-6 měsíců, kdežto čekací doba u optometristy je okolo 2 dnů. S tím jsou spjaté výhody pro optometristy, mezi které se řadí rozšíření nabídky služeb, profesionální analýza rizik očních onemocnění a častější frekvence návštěv klientů. [6, 7]

Nespornou výhodou přístroje RFS je klientovo pohodlí. Vyšetření je totiž rychlé a probíhá na jednom jediném místě, s čímž také souvisí možnost provádět vyšetření bez předchozího medikamentózního rozšíření zornice. Nejmenší měřitelný průměr zornice je 1,5 mm pro screeningové vyšetření. [4, 28]

Přítomnost zeleného laseru o kratší vlnové délce umožňujícího vyobrazení vrchních částí sítnice, znázornění nervových vláken zřetelně a zajištění obrazu krevních cév i vyobrazení nejmenších cév poblíž makuly. Současně přítomnost infračerveného laseru, jehož hloubka průniku je znatelnější. Slouží převážně k zobrazení vrstvy pigmentového epitelu sítnice a proniká až k avaskulární vrstvě cévnatky. Infračervený laser proniká také přes šedý zákal i opacity vyskytující se v rohovce. RFS je tedy vhodný pro diagnostiku glaukomu, VPMD či diabetické retinopatie. [3, 4]

V porovnání s běžně využívanou fundus kamerou, kde je velikost úhlu zobrazení přibližně 52°x45°, má RFS větší velikost úhlu zobrazení a to 60°x45°. Běžná fundus kamera užívá tradičního kamerového systému, kdežto RFS funguje na principu SLO. V případě RFS je dostačující velikostí zornice 1,5 mm, zatímco u běžné fundus kamery je požadovaná velikost rovna nebo větší jak 3 mm. [29]

Výhodou obsluhy přístroje je taktéž automatizované ovládání spočívající v systému automatického focení, samočinného zaostření obrazu (+/-10 dpt) a v stranovém rozeznání pravého a levého oka. [4]

Přístroj je možno použít u klientů všech věkových kategorií, kdy je ovšem zapotřebí schopnost udržet hlavu v rovnovážné poloze a to po dobu trvání až 5 minut. [1]

3. Experimentální část

Experimentální část bakalářské práce se zabývá využitím přístroje Rodenstock Fundus Scanner podporujícího telemedicínu. Experimentální část je založena na obdržených reportech, výsledcích screeningů, jednotlivých klientů, kteří v očních optikách podstoupili vyšetření právě pomocí přístroje RFS. Získané reporty pocházejí z očních optik sídlících na území České republiky. Soubor výsledků screeningů byl diferencován podle pohlaví a věku vyšetřovaných subjektů. Na základě diferenciac bylo provedeno statistické vyhodnocení míry rizik očních onemocnění či onemocnění, jehož diagnostiku lze započít screeningem očního pozadí.

3.1 Metodika

Klíčové dílčí reporty mi byly zaslány následujícími očními optikami: Oko Optik Liberec, Oko Optik Mladá Boleslav využívající společnou databázi a Diamond Optik Brno.

Každý jeden report je rozvržen do minimálně osmi stran v závislosti na výsledcích měření. Podíváme-li se na jakýkoli report z obecného hlediska, jehož součástí nejsou žádné konkrétní klientovy údaje, první strana s názvem Výsledky Vašeho screeningu obsahuje znázornění míry rizika u VPMD, diabetu a míru rizika abnormalit krevního oběhu, kdy retinální mikrovaskulární abnormality reflektují poškození zapříčiněné právě hypertenzí či jinými cévními procesy. Výpočet míry rizika u VPMD vychází z mezinárodně uznávané studie AREDS (Age-Related Eye Disease Study), jež je preferována při

léčbách věnujících se VPMD. Výpočet míry rizika u diabetu vychází ze studie ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study), která umožňuje vytvoření standardizované normy pro rozdělení změn na sítnici, které vznikají vlivem diabetu. Míra rizika spjatá s krevním oběhem čerpá z mezinárodních studií zaměřujících se na faktory zvyšující riziko mrtvice či srdečního selhání. V průběhu zdokonalování reportů byla na první stranu přidána míra rizika glaukomu, jejíž výpočet pochází z identifikovaných změn na sítnici. Dále je strana doplněna o snímek očního pozadí levého a pravého oka, přičemž je doložen výsledek nálezů, které by mohly vyžadovat lékařskou péči. První strana je zakončena doporučením návštěvy lékaře potřebné specializace. [5, 6]

Druhá strana, nesoucí stále stejný název, obsahuje vyjmenované a vyznačené nálezy pravého a levého oka. Třetí strana, Detailní výsledky Vašeho screeningu, dopodrobna popisuje oční nálezy. Následující čtvrtá a pátá strana je věnována detailnímu doporučení lékařského vyšetření, přičemž daná doporučení vycházejí z platných medicínských směrnic a studií, jež jsou zaměřeny na výsledky provedeného screeningu. Šestá až poslední osmá strana zahrnuje všeobecné informace a rozdělení VPMD, rizika srdečního selhání a cévní mozkové příhody, diabetické retinopatie a glaukomu. [5]

Výše popsany report je zprostředkován prostřednictvím vzájemné spolupráce firmy Rodenstock a Telemedicínské služby em.era analyzující screeningu vyškolenými německými očními lékaři.

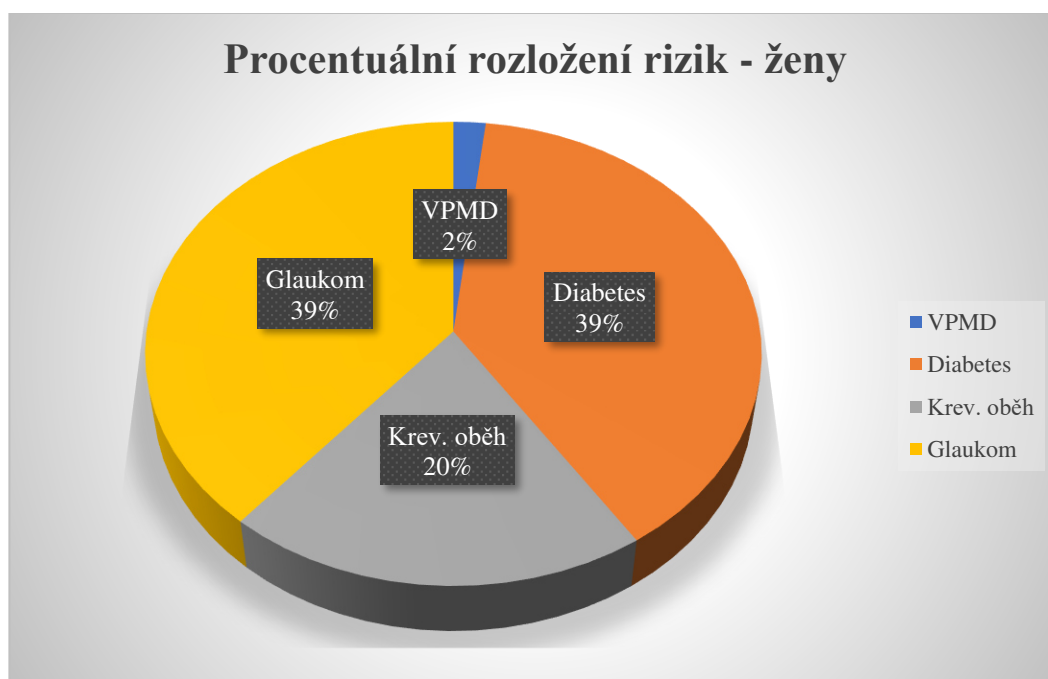
Propůjčené reporty byly podrobeny diferenciaci na základě pohlaví a věku. Následně byly statisticky zpracovány a vyneseny do příslušných grafů.

3.2 Výsledky

Ke zpracování výsledků experimentální části bakalářské práce bylo použito v celkovém počtu 40 reportů, jejichž výsledky měření byly zpracovány německými oftalmology Telemedicínské služby em.era.

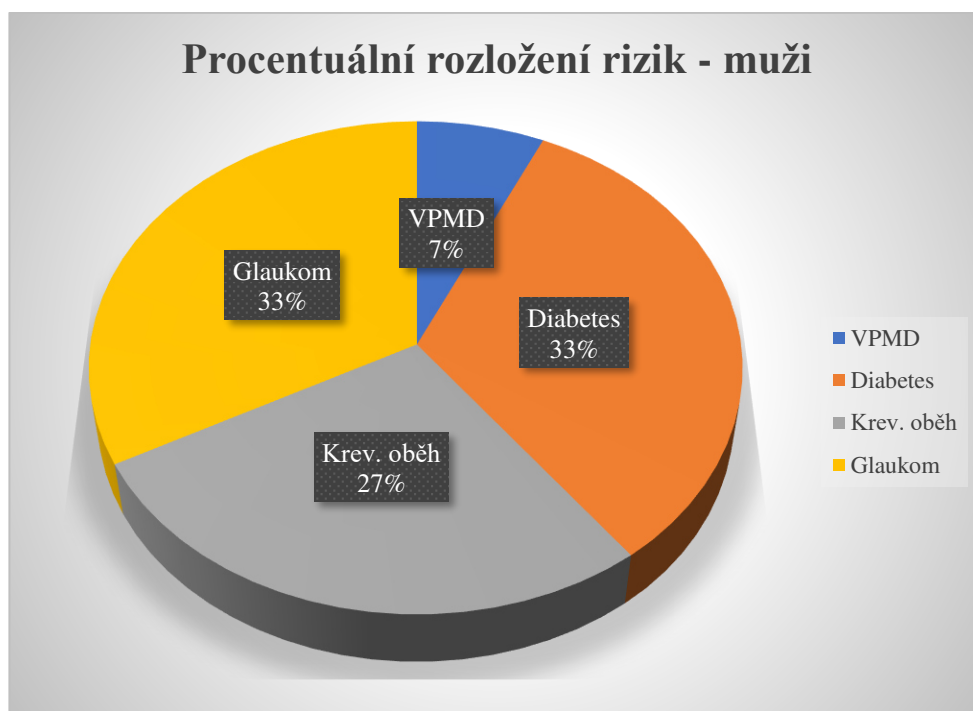
V obdržení reportech figurují ženy a muži různého věku. Podíváme-li se na celkový počet žen, dosahujeme čísla 21, přičemž nejstarší ženě je 74 let a naopak nejmladší ženě je 20 let. Celkový počet opačného pohlaví je nižší a to 19 mužů, kde nejstaršímu muži je 70 let a nejmladšímu 27 let.

První analýza, již byly reporty podrobeny, se zabývá procentuálním rozložením rizik jednotlivých abnormalit nacházejících se na očním pozadí. Procentuálnímu rozložení byly podrobeny zvlášť ženy a muži. U žen bylo potvrzeno riziko VPMD ve 2% případů, riziko očního onemocnění vlivem diabetu ve 39% případů, riziko retinálních mikrovaskulárních abnormalit zapříčiněných anomáliemi krevního oběhu ve 20% případů a riziko glaukomu u 39% žen – graf 1.



Graf 1: Rizika sledovaných onemocnění vztaženo na ženy

V porovnání s ženami nebyl u mužů zaznamenán markantní rozdíl. Riziko VPMD bylo zjištěno u 7% mužů, riziko očního onemocnění vlivem diabetu ve 33% případů, riziko retinálních mikrovaskulárních abnormalit zapříčiněných anomáliemi krevního oběhu u 27% mužského pohlaví a riziko glaukomu ve 33% případů. Procentuální zastoupení rizik u mužů je vyjádřeno v grafu 2.



Graf 2: Rizika sledovaných onemocnění vztaženo na muže

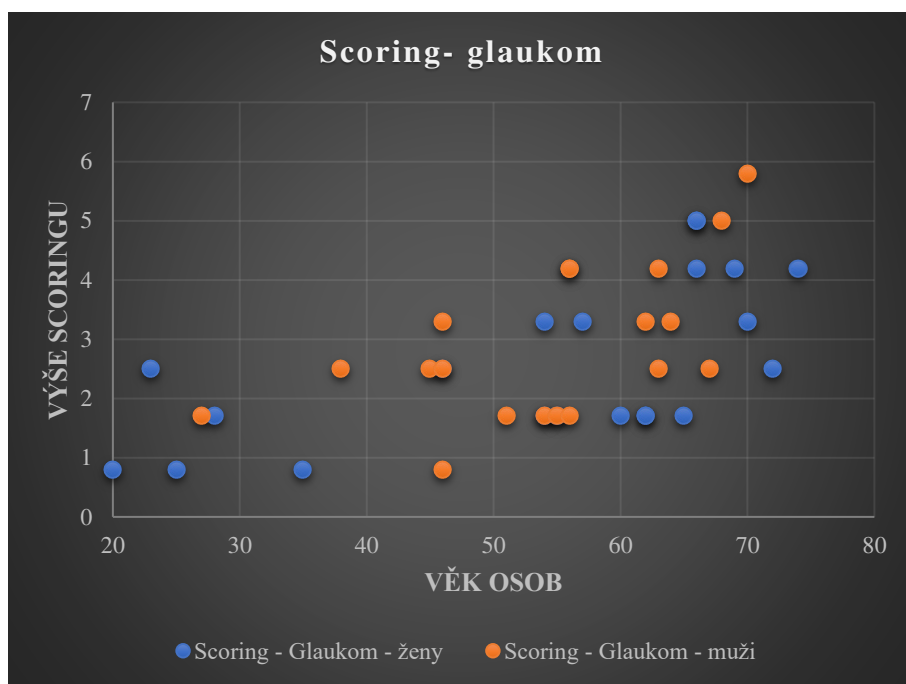
Ze získaných výsledků tudíž vyplývá, že ani jeden subjekt ženského či mužského pohlaví nebyl zcela úplně bez rizika, což také dokládá tabulka 1.

Tabulka 3: Přítomnost rizik sledovaných onemocnění

Rizika sledovaných onemocnění	VPMD	Diabetes	Krev. oběh	Glaukom
Ženy	1	21	11	21
Muži	4	19	16	19
Bez rizika	35	0	13	0
Celkem	40	40	40	40

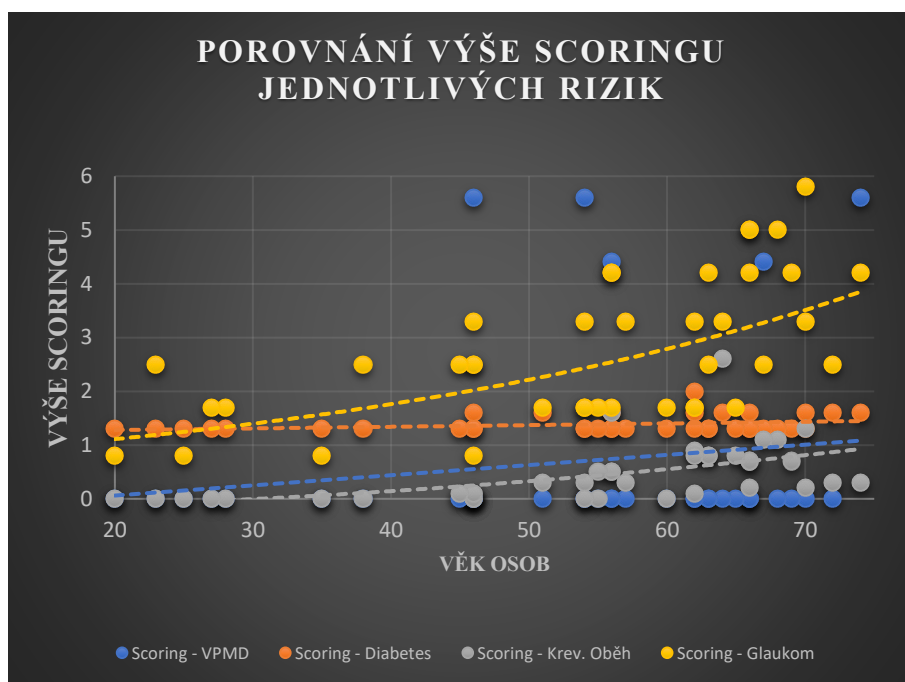
Druhé analyzování proběhlo na základě výše scoringu, míry rizika, vzhledem k věku a pohlaví. Míra rizika je vždy vyjádřena číselnou škálou v rozmezí od 0 do 10, kde 0 neprokazuje žádné riziko a 10 je rizikem nejvyšším. V grafech byla sledována obě pohlaví vzájemně vůči sobě.

Graf 3 znázorňuje míru rizika glaukomu, jejíž výpočet je založen na identifikovatelných změnách na sítnici. Z grafu 3 je zřejmé, že určitá míra rizika se nevyhnula žádnému z vyšetřovaných subjektů. Nejvyšší míry rizika 5,8 dosahuje muž v 70 letech. Druhé nejvyšší míry rizika dosahuje zároveň žena i muž a to 5,0. U míry rizika glaukomu je viditelný nárůst se zvyšujícím se věkem u žen i mužů, samozřejmě s určitými výjimkami.



Graf 3: Scoring – glaukom

Celkový Graf 4 vyjadřuje míry rizik všech sledovaných onemocnění.



Graf 4: Porovnání scoringu jednotlivých rizik

4. Diskuze

Z první provedené analýzy experimentální části bakalářské práce je zřejmé, že u všech 40 reportů, tedy u 21 žen a 19 mužů neexistuje nikdo, jehož výsledek screeningu je zcela úplně bez jakékoli abnormality očního pozadí. Z výsledků screeningů je patrné riziko očního onemocnění vlivem diabetu a riziko

glaukomu u všech žen i mužů. Je tedy zřejmá nadvláda očního onemocnění vlivem diabetu a glaukomu nad VPMD a retinálními mikrovaskulárními abnormalitami zapříčiněnými anomáliemi krevního oběhu. Druhá analýza byla zaměřena na míru rizika v závislosti na pohlaví a věku. V případě VPMD, je-li dosaženo míry rizika, je objevující se míra rizika od počátku mnohonásobně vyšší než u jiných rizik onemocnění. Je tedy zjevné, že u 1 ženy a 4 mužů, u kterých bylo dosaženo míry rizika, jde o závažnější situaci vyžadující lékařský dohled. Onemocnění se vyskytovalo u starších osob, a tudíž byl nemoci udělen název Věkem podmíněná makulární degenerace, což je potvrzeno pouze v případě jediné ženy s mírou rizika VPMD, která je ženou nejstarší. Naopak u muže ve věku 46 let je vyšší míra rizika než u muže, kterému je 67 let.

U výše scoringu rizik očního onemocnění vlivem diabetu je patrná míra rizika ve 3 škálách, přičemž vůči sobě nelze porovnat pohlaví ani ročníky narození, což může být dáno vlivem typu vyskytujícího se diabetu a s ním spjatým životním stylem.

Míra rizika retinálních mikrovaskulárních abnormalit vlivem anomálií krevního oběhu je častější u mužského pohlaví, zároveň dochází k vzestupu míry rizika u mužů vyššího věku. U žen, je-li přítomno riziko, taktéž dochází k jeho zvýšení vlivem vyššího věku.

Míra rizika glaukomu roste se zvyšujícím se věkem jak u mužů, tak u žen. Předpokládaná nejvyšší rizikovost glaukomu byla potvrzena a dokládá, že jsou ženy i muži nejvíce ohroženi vysokou mírou rizika glaukomu.

Prvotním předpokladem byla převaha zdravých jedinců nad jedinci ohroženými riziky onemocnění očního pozadí. Vzhledem k dosaženým výsledkům nelze daný předpoklad potvrdit, neboť se u každého jednoho klienta bez ohledu na věk vyskytla určitá míra rizika minimálně u poloviny z celkového množství sledovaných rizik zapříčiňující onemocnění očí.

Přístroj Rodenstock Fundus Scanner je vhodný pro klienty očních optik, kteří mají zájem o oftalmologickou prevenci cestou telemetrie, přičemž jimi obdržené výsledky mohou následně konzultovat s lékaři potřebné specializace.

5. Závěr

Ze získaných informací, které byly použity k vypracování bakalářské práce, je zřejmé, že zavedení nového směru telemetrie do běžné praxe očního optika a optometristy je vhodným řešením, jak předejít pozdní diagnostice očních onemocnění. Uvedením oftalmologických přístrojů podporující telemetrii by došlo k časnému rozpoznání rizik očních onemocnění. Tím by se vyřešil aktuální nedostatek oftalmologů a zkrátila by se čekací doba na vyšetření očí. Celorepublikově by se kladl větší důraz na ta onemocnění, která nepůsobí akutní obtíže, a to je důvodem, proč se na ně přichází až v jejich pokročilých stádiích.

Nový směr telemetrie využívající se v optometrii má zcela jistě svůj vývoj a již nyní je předpoklad jeho prudkého vzestupu. Vzestup je předpokládán z důvodu stále se zvyšujících požadavků na celkové zdraví člověka všech věkových kategorií, jehož nevyhnutelnou součástí je zdravý a sloužící zrak. Nejen narůstající nároky občanů jsou jediným impulzem k rozvoji telemetrie v optometrii. Ale dalším skutečným podnětem je jistě situace týkající se pandemie COVID-19, která se nevyhnula téměř žádnému lékařskému odvětví, přičemž se značná část zdravotnických pracovníků uchýlila právě k telemetrii.

Z provedených analýz vztahujících se k experimentální části bakalářské práce vyplývá přívětivý fakt, který potvrzuje zájem vícero věkových skupin o vyšetření očního pozadí provedeného pomocí Rodenstock Fundus Scanneru.

Zasednutí za přístroj Rodenstock Fundus Scanner se pro klienta může stát nevšedním zážitkem, což mohu ze své zkušenosti potvrdit, na jehož konci má možnost si prohlédnout snímky svého očního pozadí ještě před finálním vyhodnocením rizik očních onemocnění.

6. Literatura

- [1] Manuál k přístroji Rodenstock Fundus Scanner.
- [2] NETZHAUT-ANALYSE MIT DEM EASYSCAN. *Optik Mangold* [online]. [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.optikmangold.de/sehen-technik.htm>
- [3] Konzultace s panem Vojtěchem Svobodou – obchodní zástupce firmy Rodenstock. Výukové materiály firmy Rodenstock - díl 1.

- [4] Konzultace s panem Vojtěchem Svobodou – obchodní zástupce firmy Rodenstock. Výukové materiály firmy Rodenstock – díl 2.
- [5] Report obdrženy od oční optiky Oko Optik Liberec.
- [6] WONG, Tien Yin, Ronald KLEIN, David J COUPER, Lawton S COOPER, Eyal SHAHAR, Larry D HUBBARD, Marion R WOFFORD a A Richey SHARRETT. Retinal microvascular abnormalities and incident stroke: the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *The Lancet* [online]. 2001, 358(9288), 1134-1140 [cit. 2020-05- 20]. DOI: 10.1016/S0140-6736(01)06253-5. ISSN 01406736. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673601062535>

Optometrie a laserové operace

L. Bernášková¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, náměstí Sítňá 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: lucie.bernaskova@seznam.cz

Abstrakt: Tato práce se zabývá návštěvností Oční kliniky a refrakčního centra. Zabývá se četností refrakčních vad a jejich rozdělením. Dále také indikací k různým metodám, naopak v případě kontraindikování, typům kontraindikací. V případě sdělení důvodu pacientem k rozhodnutí k laserovému refrakčnímu zákroku je uvedeno rozdělení a počet uvedených důvodů. A to jak u žen, tak i u mužů.

1. Úvod:

Zrakem dokážeme vnímat podněty okolního světa. Barvy, tvary, orientaci v prostředí. Díky zraku určíme vzdálenosti. V dnešní době má člověk s refrakční vadou na výběr nejen nošení brýlové korekce a kontaktních čoček, ale také například laserové refrakční výkony. Neříká se jen tak, že zrak je pouze jeden. Proto před jakýmkoli očním zákrokem je potřeba znalost anatomie a fyziologie oka jako takového, jak funguje a jaké jsou jeho meze a hranice. Další nezbytností jsou případná rizika a kontraindikace, které určují, zda je možné, nebo naopak nemožné požadovaný výkon provést. Pro laserové refrakční výkony je důležitá rohovka. Pokud je bez patologických vad, musí být transparentní, bezcévná a elastická. Horizontálně je její velikost 11-12 mm, vertikálně dosahuje velikosti okolo 11 mm. Průměrně tloušťka rohovky v centru má 560 μm , periferii nabývá hodnot 650-1000 μm . Reziiduální tloušťka po laserovém refrakčním výkonu musí být 250 μm . Poloměr zakřivení přední plochy rohovky je 7,8 mm, poloměr pro zadní plochu rohovky je 7,0 mm. Optická mohutnost rohovky je 43 D. Rohovka je tvořena z pěti základních vrstev. Tvoří ji epitel, Bowmanova membrána, stroma, Descemetova membrána a endotel [2,4]. Je důležité znát refrakční vady oka. Jaké existují a jak se korigují. Ať už se jedná o korekci laserovou refrakční metodou nebo jinou. Může nastat stav, kdy je oko emetropické. Tudiž bez refrakční vady. O nastává v případě, kdy se při akomodačním klidu paralelní paprsky po průchodu optickým prostředím lámou tak, že se střetnou a na sítnici se vytvoří ostrý obraz. Může nastat další jev, kdy se paprsky lámou tak, že obraz vniká před nebo za sítnicí [3,5]. První ze sférických refrakčních vad je hypermetropie. Tam se po průchodu světla optickou soustavou zobrazí obraz až za sítnicí. Nižší vady u mladších pacientů se obvykle neprojevují žádnými klinickými příznaky. V případě brýlové korekce se používají ke korigování plusové dioptrické hodnoty. Při korigování hypermetropické vady laserovou metodou, dochází laserem k oploštění periferie části rohovky. [4]. Další je myopická refrakční vada neboli krátkozrakost. Nastává v případě, kdy se paprsky po průchodu optickým aparátem střetávají před sítnicí. Při korigování myopické vady laserovou metodou, dochází laserem k oploštění středu rohovky [3,5]. Mezi asférickou refrakční vadou se řadí astigmatismus. U astigmatismu nemá optický systém oka ve všech meridiánech stejnou optickou mohutnost. Na sítnici oko nezobrazuje bod jako bod, ale zobrazí ho jako dvě na sebe kolmé úsečky. Astigmatismus můžeme rozdělit na čočkový, rohovkový a zbytkový [1,4,5,6,7,8]. Dále je presbyopie. Nejedná se o refrakční vadu jako takovou. Jedná se o fyziologický proces, kdy dochází ke ztrátě akomodační šíře oční čočky. Je to nezvratný proces. Co se týká projevů začínající presbyopie, jsou individuální u každého pacienta. Obvykle se potíže s tímto procesem začínají objevovat okolo 40. roku života [4,5]. Rizik a kontraindikací je v refrakční chirurgii mnoho. A to i přes ohromné množství nových metod a přesnějších přístrojů. Proto je důležité v procesu, který vede k případnému refrakčnímu výkonu, umět odhalit a vyhodnotit možná rizika a kontraindikace. Před podstoupením refrakčního výkonu se provádí celá série vyšetření. Před předáním pacienta doktorům, jsou často z velké části tato vyšetření prováděna optometristou. Dochází totiž často k nálezům očních onemocnění, o jejichž výskytu samotný pacient mnohdy neví, a jenž jsou na seznamu rizik a kontraindikací refrakčního výkonu. U každého chirurgického výkonu se mohou a vyskytují komplikace.

Výjimkou nejsou ani laserové refrakční výkony. Přestože před každým výkonem je řada vyšetření, která mají za úkol omezit rizika a pozdější komplikace, jejich výskyt nelze nikdy úplně eliminovat, i přes širokou nabídku výkonů.

2. Experimentální část

Cílem experimentální části práce bylo vypracovat statistiku návštěvnosti pacientů refrakčního centra. Zjistit četnost refrakčních vad. V případě kontraindikování refrakčního výkonu zpracovat kontraindikace. Dalším cílem bylo zjištění důvodů absolvování refrakčního výkonu. Do výsledné statistiky byli zahrnuti pacienti s refrakční vadou, kteří navštívili oční centrum Gemini v Praze, se zájmem o refrakční výkon. Soubor pacientů byl tvořen z 60 osob ve věku od 18 do 45 let. Kdy u starších pacientů s nastupujícím presbyopickým věkem se již refrakční výkon nedoporučuje. Průměrný věk byl 30let. Z celého souboru dat tvoří 99% pacienti s myopickou refrakční vadou, pouhé 1 % tvoří hypermetropická refrakční vada.

3. Výsledky a diskuze

I přes širokou škálu metod v laserové refrakční chirurgii, se za měsíc využily pouze tři typy výkonů. Samozřejmě v lehkých úpravách, kdy se k metodě přistupuje individuálně podle situace a refrakčního centra. Návštěvnost oční kliniky v průběhu měsíce února činila 150 pacientů za měsíc, z čehož 40 %, tedy 60 pacientů, přišlo z důvodu laserového refrakčního výkonu. Kdy indikování k výkonu bylo ve 45 %. Četnost refrakčních vad tvoří převážně myopické refrakční vady. Procentuálně vychází, že z celkového počtu pacientů je 99 % pacientů s myopickou refrakční vadou, hypermetropická refrakční vada tvoří pouhé 1 % návštěvníků refrakčních laserových výkonů. Důležité ke zmínění je, že mezi nejčastější kontraindikací patřil nestabilní slzný film. Ten je brán jako relativní kontraindikace a je řešen tím způsobem, že při kontrolním vyšetření je předepsáno kapání umělých slz a domluveno zvýšení hygieny víček. Pokud se při dalších kontrolních vyšetřeních ukáže, že potíže se slzným filmem se již nevyskytují, pacient se indikuje pro refrakční výkon. Ve všech případech nestabilního slzného filmu se jednalo o nízké výsledky slzivosti jak kvalitativních, tak kvantitativních testů. Druhou nejčastější kontraindikací byla tenká rohovka, která je brána jako absolutní kontraindikace. Tehdy se místo laserového refrakčního výkonu nabízí varianta fackické čočky. Neustálená refrakční vada se v danou chvíli určí jako relativní kontraindikace a při následných kontrolách se zjišťuje, zda se refrakční vada ustálila, či nikoliv. V případě keratitidy i jiných zánětlivých onemocnění, je nutné pro indikování k výkonu nejprve daného pacienta vyléčit, až poté je možné indikovat k výkonu. Keratokonus, tenká rohovka, hraniční hodnoty keratometrie, jizvy a zajizvení na rohovce jsou brány jako absolutní kontraindikace. Při zpracovávání dat jednotlivých pacientů, vyšlo, že pro rozhodnutí podstoupení laserového refrakčního zákroku došlo z mnoha důvodů. Jednalo se o estetičnost a o omezené zorné pole z důvodu nošení brýlových obrub. Déle se často uvádělo nepohodlí způsobené vysokými dioptriemi, popřípadě nesnášenlivost kontaktních čoček. Dalším důvodem bylo praktikování sportu, kde je brýlová obruba brána jako překážka. Nebo v případě, kdy v daném sportu nejsou dovoleny kontaktní čočky. Mezi sporty, kde není možné nosit tyto korekční pomůcky se řadí box a podobné bojové sporty. Patří sem ale také určitý druh povolání, kde jsou brýle, případně kontaktní čočky, zakázané. K povoláním, kde je nutné odstranit jakékoliv překážky ve vidění například hasiči, vojáci a policisté.

4. Závěr

V případě zákroků, byla metoda LASIK byl indikována v 68 % případech, metoda PRK ve 26 % případech a Metoda ReLex SMILE ze 6 %. Kdy u zákroku PRK se rozhodovalo na základě práce a sportovního zaměření pacienta. Kdy na rozdíl od metody LASIK, nehrozí riziko pooperačního posunutí flapu. Po statistickém vyhodnocení dat vyšla návštěvnost oční kliniky, z celkového počtu 150 pacientů, celých 40 % pacientů jdoucích na laserový refrakční zákrok. Laserová refrakční chirurgie je převážně využívána pacienty s myopickými refrakčními vadami. Při zjišťování případných kontraindikací, vyšel

jako nejčastější nestabilní slzný film. Při porovnávání důvodů k absolvování refrakčního výkonu, vyšlo, že zatímco muži ho zvažují z důvodu omezení brýlovou korekcí v průběhu sportů, u žen se jedná zejména o estetické důvody.

5. Citace

- [1] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006. ISBN 978-0-7506-7524-6.
- [2] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-313-9.
- [3] AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7.
- [4] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [5] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-x.
- [6] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [7] HYCL, Josef. *Oftalmologie: minimum pro praxi*. 2. vyd. Praha: Triton, 2006. Levou zadní. ISBN isbn80-7254-827-1.
- [8] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.

Spasmus akomodace u myopických pacientů

L. Pilzová DiS.

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, náměstí Sítňá 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: pilzoluc@fbmi.cvut.cz

Abstrakt.. Článek se zabývá problematikou akomodace oka. Faktory ovlivňující průběh akomodace, akomodační poruchy a jejich řešení. Článek se věnuje statistickému zpracování dat z vyšetřených refrakcí na oční klinice Gemini. Hodnotila se možnost výskytu akomodačního spasmu u dlouhodobě překorigovaných myopických pacientů a možná souvislost s vnitřními faktory. Také se porovnávaly hodnoty naměřené refrakce před a po aplikaci cykloplegik nebo mydriatik a jejich účinky. Mezi jejich účinkem nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

1. Úvod

Spasmus akomodace neboli akomodační křeč, může být způsobena delším soustředěním se na blízkou vzdálenost, kdy při změně pohledových vzdáleností dochází k problému s přeostrněním. Tento jev však nebývá tak častý. Častějším jevem jsou malé mikrospazmy, které se projevují nejvíce u klientů dlouho a často pracujících na počítači. Nebo vykonávají práci náročnou na pohled do blízké nebo střední vzdálenosti. Častým důvodem spasmu akomodace také bývají neurologické problémy nebo úrazy hlavy. Akomodační spasmus nebývá často diagnostikován a na první pohled často simuluje jiné patologie. Jsou jimi například refrakční defekty, nebo i třeba retrobulbární optická neuropatie, která může být jedním z příznaků roztroušené sklerózy. Akomodační spasmus bývá nejčastěji přítomen na obou očích zároveň, ale může se vyskytovat i jednostranně. Akomodace bez doprovodu akomodačních poruch je pro nás důležitá, neboť nám umožňuje pozorovat obraz umístěný v různých vzdálenostech ostře.

1.1. Akomodace

Akomodace je základním aktivním procesem v optické soustavě oka. Dochází při ní ke změnám parametrů oční čočky. Čočka mění svůj tvar, pozici a rozložení indexu lomu. Tím dojde ke změnám optických vlastností oka a oko má možnost ostřit na různě vzdálené předměty. [1, 2, 3, 4]



Obrázek 1: Jednoduchý nákres průběhu akomodace

Akomodace je závislá na refrakci a její oblast je vymezena intervalem vzdálenosti, ve kterém je oko schopno vidět ostře na určité body. Tento interval je ohraničen dalekým a blízkým bodem, což jsou body, na které je člověk ještě schopen vidět ostře. V případě nekorigovaného myopa hrozí postupná atrofie akomodačního aparátu, která může být způsobena nedostatečnou akomodací na dálku a na blízko. U hypermetropů dochází k přesnému opaku. Hypermetrop nadměrně akomoduje do dálky, a ještě více

do blízké vzdálenosti. Při jeho podkorigování, nebo nedokorigování může dojít ke spasmu akomodace. [5, 6, 7, 8]

2. Akomodační poruchy

K akomodačním poruchám se řadí fyziologické stavy, které jsou zapříčiněny stárnutím, ale v dnešní moderní době se s nimi často setkáváme i u mladých lidí. Poruchou akomodace označujeme patologický proces, který brání normální funkci akomodačního mechanismu. K poruše akomodace zpravidla dochází náhle a může se projevovat v jakémkoli věku.

2.1. Akomodační spasmus

Spasmem akomodace označujeme prodlouženou kontrakci ciliárního svalu. Akomodační spasmus je vzácný a bývá ojediněle diagnostikován. Může totiž na první pohled simulovat jiné patologie, jako jsou refrakční defekty nebo dokonce retrobulbární optická neuropatie. Je charakterizován přehnanými fyziologickými změnami během akomodace, což vede k trojici pseudo-myopie, mióze a esotropií. Vzniká proto u pacientů s podkorigovanou, nebo nedokorigovanou hypermetropií či presbyopií, nebo po aplikaci myotik. Nejčastěji se projevuje na obou očích právě různou mírou pseudomyopie s makropsií. Obdobný stav vzniká při otravě CO₂ nebo morfinem. [8, 9, 10]

Zpravidla se jedná o funkční onemocnění vyvolané dlouhodobou prací do blízka nebo na střední vzdálenost, stresem, a u migrénových záchvatů. Akomodační spasmus bývá často spojen právě s psychogenními a funkčními příčinami, jako jsou poruchy osobnosti a úzkosti, z tohoto důvodu je nutné udělat i neurologická vyšetření. Neurologické vyšetření a magnetická rezonance se provádějí z důvodu, že odborná literatura popisuje mnoho případů spojených s léčením očního traumatu, úrazů hlavy, nádorů epifyzy nebo cévní mozkovou příhodou. Obecně se spasmus vyskytuje bilaterálně, ale jsou i případy, kdy se vyskytl pouze unilaterálně.

Mezi nejčastější příznaky patří rozmazané vidění na dálku, diplopie, esotropie, rozdílná zraková ostrost, bolesti v orbitální oblasti a astenopické obtíže. To vše se může překlenout do chronického stavu. Jako léčba se nejčastěji používají cykloplegické oční kapky a následně správná korekce, nebo atropin, který vykazuje ještě vyšší účinnost než cykloplegika. Neexistuje však přesná shoda, jak akomodační spasmus léčit. Literatura popisuje řadu způsobů. Od předsazení minusové čočky, myotik, cykloplegik s předsazením plusové čočky, až po nedávno použitím multifokální nitrooční čočky. Mohou se použít i vizuální terapie a různá cvičení akomodace. V případech, kdy dochází ke spojení akomodačního spasmu se strabismem důsledkem nadměrné konvergence, byla předepsána terapie. Ta zahrnuje léčbu pomocí hranolů a botulotoxinu. [8, 9, 10]

2.2. Akomodační exces

Dochází k němu spíše u mladých lidí s myopií, ale i hypermetropií při dlouhodobé nebo jemné práci do blízka s nekvalitním nebo příliš intenzivním osvětlením. Jednou z příčin může být i nevyhovující korekce refrakční vady. Nejčastěji se projevuje u neurotických osob se sklonem k přepracování. [1, 9, 11]

Akomodační exces se projevuje nadměrnou konvergencí, těžkými astenopickými obtížemi a myopizací oka. U klienta dochází k potížím s uvolněním akomodace. To může mít za následek vznik akomodačního spasmu. Při nesprávné diagnóze dojde k zesílení myopické korekce a tím ke zhoršení obtíží. Doporučuje se předpis správné brýlové korekce, poučení o ergonomii při práci do blízka a aplikace cykloplegik. Používá se atropin po několik týdnů. [5, 9, 11, 12]

2.3. Akomodační insuficience

Jinak také akomodační nedostatečnost. Jedná se o sníženou hodnotu akomodační šíře vzhledem k věku klienta. Příčinou akomodační insuficience je snížená schopnost kontrakce ciliárního svalu, dochází k němu jen u vyšších ročníků. U dětí k akomodační insuficienci dochází výjimečně, a to po léčbě neurologických onemocnění. Tím je například epilepsie. Často se vyskytuje u myopů a hypermetropů kolem 40. roku života. Hlavními příznaky jsou astenopické obtíže při práci na blízkou vzdálenost. Dochází k diplopii, bolestem hlavy, rozmazanému vidění, pálení očí a další. V počátcích může docházet k akomodační únavě, kdy jsou hodnoty akomodační šíře ještě v normě, ale při delší a namáhavé práci dochází ke snížení akomodační šíře. Normové hodnoty akomodační amplitudy se pohybují okolo 2 Dpt

a méně. Alespoň částečného zlepšení a úlevy lze dosáhnout aktivním cvičením akomodace. Trvalou insuficienci řešíme presbyopickou korekcí. V některých případech je nezbytná prizmatická korekce konvergenčního excesu. [5, 6, 9, 13]

2.4. Akomodační obrna

Při akomodační obrně dochází ke zhoršení visu při pohledu na blízkou vzdálenost, v případě hypermetropů se toto děje i do dálky. Příčinou akomodační obrny může být podání cykloplegik, infekce a trauma CNS, přímý úraz oka, cévní léze, diabetes, chronický alkoholismus, otrava olovem, botulismus a další. Často je tento problém spojen s mydriázou, neboť parasymptická vlákna zásobující musculus ciliaris inervují i svěrač zornic. Aby došlo ke správné léčbě, je nutné primárně identifikovat příčinu akomodační obrny. U patologické mydriázy zornic dochází k její kompenzaci pomocí plastiky duhovky, nebo použijeme aplikaci stenopeické kontaktní čočky. Při dlouhodobých obtížích je předepisován klientovi přídatek do blízka (addice). [1, 5, 6, 9]

3. Experimentální část

Cílem bylo zjistit velikosti rozdílů v různém způsobem naměřených refrakcích a vyhodnotit možný výskyt akomodačního spasmu u myopických pacientů s dlouhodobě překorigovanou korekcí do dálky. Získané parametry budou statisticky zpracovány a na základě nich budou potvrzeny, či vyvráceny předem stanovené hypotézy a předpoklad. Pro nulovou hypotézu H_0 byla stanovena hladina významnosti $\alpha=0,05$.

Hypotéza H_{01} : Dosažené rozdíly výsledků měření ve vyšetření v mydriáze a vyšetření v cykloplegii jsou statisticky významné.

Hypotéza H_1 : Dosažené rozdíly výsledků měření ve vyšetření v mydriáze a vyšetření v cykloplegii nejsou statisticky významné.

Hypotéza H_2 : Hodnoty naměřené v mydriáze, nebo cykloplegii se oproti hodnotám naměřených při subjektivní refrakci liší průměrně o maximální hodnotu 0,50 Dpt.

Předpoklad H_3 : Nejpravděpodobnější předpoklad možného výskytu akomodačního spasmu důsledkem dlouhodobého překorigování je u klientů s nadměrnou zátěží při práci do blízka.

Celkem bylo náhodně vybráno z databáze oční kliniky Gemini a.s. 50 myopických pacientů. Jednalo se o pacienty ve věkovém rozpětí od 18 let do 44 let. Věkový průměr klientů činí 29,8 let a největší zastoupení měla věková skupina od 31 let do 35 let věku. Rozdělení do věkových kategorií je znázorněno na obrázku 6.1. Z kompletního vzorku klientů bylo 30 mužů a 20 žen.

Při výběru dat k posuzování nebylo porušeno GDPR (General Data Protection Regulation), neboť k datům pacientů byl umožněn pouze omezený přístup za přísného dohledu.

Z dostupných záznamů bylo vyhodnoceno, že z 50 klientů má 27 probandů lehkou myopii do -3,0 Dpt, 16 klientů má střední myopii od -3,25 do -6,0 Dpt, 6 klientů má vysokou myopii od -6,25 do -10,0 Dpt a 1 klient měl těžkou myopii nad -10,0 Dpt.

Do záznamů o jednotlivých klientech bylo i zapsáno jaké zaměstnání vykonává a zda je zaměstnání náročné na koukání do blízké, nebo střední vzdálenosti. Dále pak pohlaví, věk, zda pracuje více jak šest hodin denně na počítači, zda utrpěl v minulosti nějaké úrazy nebo operace hlavy a úrazy, nebo operace očí. Také předmětem zájmu, zda jeho povolání spadá do stresové kategorie zaměstnání. Toto se hodnotilo pomocí vl.č.523/2002 Sb., které upravuje předpis o definici faktorů psychické zátěže v původním znění v vl.č.178/2001 Sb.

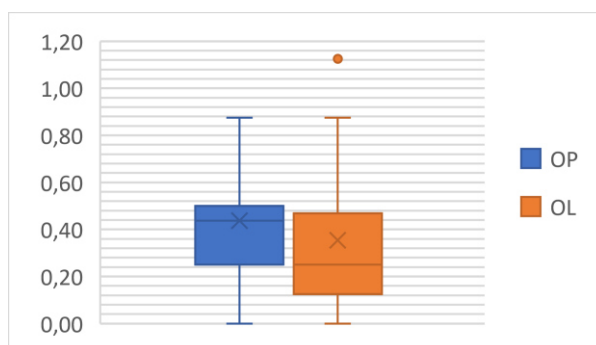
3.1. Výsledky

Z celkové skupiny 50 lidí byla u 24 % provedena cykloplegie a u 76 % byla provedena mydriáza. První se musel vyhodnotit rozdíl mezi naměřenými hodnotami při objektivním vyšetření na utorefrakto-keratometru a hodnotami naměřenými v mydriáze a cykloplegii. Jako první se vyhodnocoval rozdíl v naměřených dioptriích mezi objektivním měření a mezi objektivním měření v cykloplegii. Tento rozdíl činil na pravém oku 0,44 Dpt a na levém oku 0,35 Dpt. Směrodatná odchylka rozdílu naměřených dioptrií na pravém oku byla 0,24 [Dpt] a levém oku 0,33 [Dpt], což nám značí, že rozdíly měření u jednotlivých klientů byly velmi malé. Nejmenším naměřeným rozdílem na pravém i levém oku byla

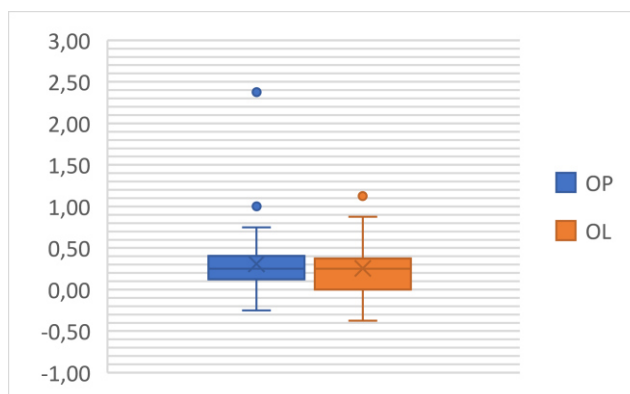
nulová hodnota. Naopak největším rozdílem na pravém oku 0,88 Dpt a levém 1,13 Dpt. Druhý se vyhodnocoval rozdíl mezi objektivním měřením a objektivním měřením v mydriáze. Rozdíl naměřených hodnot činil na pravém oku 0,31 Dpt a na levém oku 0,25 Dpt. Směrodatná odchylka rozdílu naměřených dioptrií na pravém oku byla 0,42 [Dpt] a na levém oku 0,33 [Dpt]. To nám značí, že rozdíly měření u jednotlivých klientů byly opět velmi podobné, ale na pravém oku byly občasné výkyvy. Nejmenším naměřeným rozdílem na pravém oku byla -0,25 Dpt a na levém oku -0,38 Dpt. Naopak největším na pravém oku 2,38 Dpt a na levém 1,13 Dpt.

První hypotézou H_{01} : („Dosažené rozdíly výsledků měření ve vyšetření v mydriáze a vyšetření v cykloplegii jsou statisticky významné.“) Porovnávaly se hodnoty rozdílů měření u každého oka zvlášť a pak i na všech celkem sto očích zároveň. Vyhodnocení hypotézy se provádělo pomocí Studentova dvouvýběrového T-testu. Studentův dvouvýběrový T-test porovnává rozptyl naměřených hodnot a zkoumá jejich rozdíly a významnost lišících se výsledků. Nejdříve bylo potřeba určit hodnotu F-testu, $p=0,17$. Výsledek F-testu vyšel vyšší, než předem stanovená hladina významnosti $\alpha=0,05$ ($p > 0,05$), hypotézu H_{01} tedy nezamítáme. Hypotézu H_1 („Dosažené rozdíly výsledků měření ve vyšetření v mydriáze a vyšetření v cykloplegii nejsou statisticky významné.“) také nezamítáme. Hodnota T-testu vyšla u pravého oka $p=0,29$, u levého oka $p=0,36$ a binokulárně $p=0,18$. T-testem se tedy potvrdilo, že mezi použitím cykloplegik nebo mydriatik pro objektivní vyšetření, není žádný statisticky významný rozdíl.

Zároveň se nám tímto měřením potvrdila i hypotéza H_2 („Hodnoty naměřené v mydriáze, nebo cykloplegii se oproti hodnotám naměřených při subjektivní refrakci liší průměrně o maximální hodnotu 0,50 Dpt.“) Hodnoty naměřené v mydriáze a cykloplegii se opravdu liší o maximální hodnotu 0,50 Dpt.



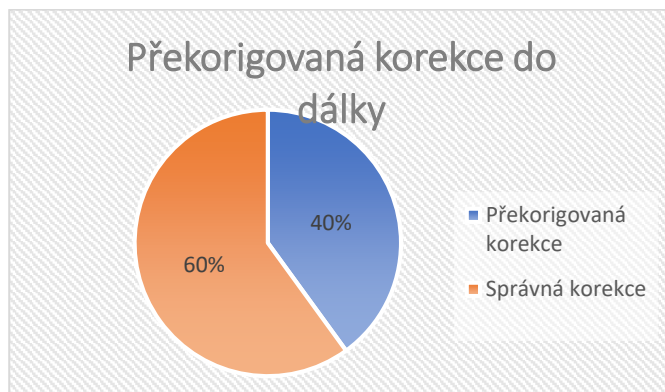
Obrázek 2: Objektivní měření pomocí ARK x Objektivní měření v CYKLO



Obrázek 3: Objektivní měření pomocí ARK x Objektivní měření v MYD

Předpoklad č.1 („Nejpravděpodobnější předpoklad možného výskytu akomodačního spasmu důsledkem dlouhodobého překorigování je u klientů s nadměrnou zátěží při práci do blízka.“) Z celkem zapsaných 50 klientů dlouhodobě nosilo překorigovanou korekci na dálku 20. Z 20 klientů, co nosili dlouhodobě překorigovanou korekci do dálky jich měla více jak polovina zaměstnání náročné na práci do blízka. Častěji dlouhodobě nosí překorigovanou korekci muži než ženy a největší skupina probandů mužů i žen je ve věku od 31 do 35 let. Stanovený předpoklad bohužel nemůže být přímo potvrzena ani vyvrácen,

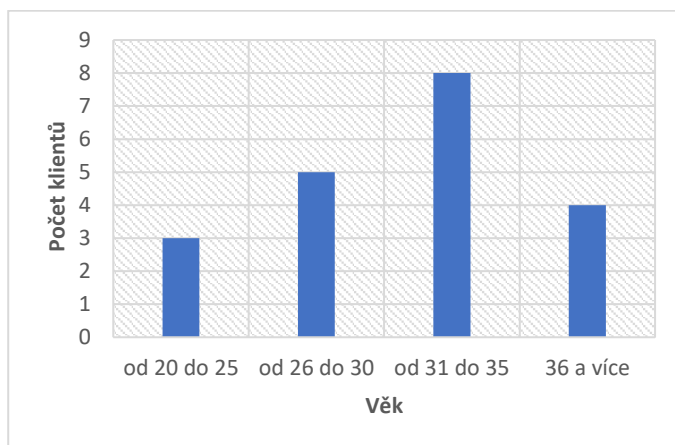
neboť nebylo k dispozici dostatečné množství údajů k vyhodnocení. Mezi hodnocenými daty byla i žena, 38 let, která je v současnosti na mateřské dovolené. Dlouhodobě používá vlastní korekci, která je překorigovaná o -1,50 [Dpt] na pravé oko a o -0,63 [Dpt] na levé oko. Vzhledem k tomu, že je klientka a mateřské dovolené, tak nevykonává práci, která by byla náročná na blízkou vzdálenost. Vymyká se tudíž předpokladu a tím se jen potvrzuje, že předpoklad č.1 nejde potvrdit, ani vyvrátit.



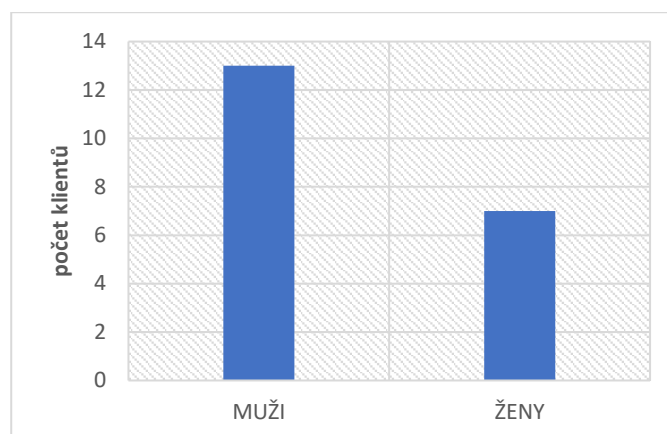
Obrázek 4: Procentuální vyjádření klientů nosících a nenosících překorigovanou brýlovou korekci do dálky.



Obrázek 5: Klient vykonává zaměstnání náročné na pohled do blízka.



Obrázek 6: Rozložení klientů s dlouhodobě překorigovanou korekcí na dálku podle věku.



Obrázek 7: Počet mužů a žen s dlouhodobě překorigovanou korekcí na dálku

4. Závěr

Pomocí počítačového programu Microsoft Excel a za použití Studentova dvouvýběrového T-testu se potvrdila hypotéza, že rozdíl mezi vyšetření v cykloplegii nebo mydriáze není statisticky významné. Překrytí souborů mezi mydriatiky a cykloplegií je 34 % na pravém oku a z 36 % na levém oku. Toto lze vysvětlit dominancí oka u kterého nedochází k tak velkému rozdílu po aplikaci mydriatik nebo cykloplegik. Významnější roli to pravděpodobně má pro klienta. Cykloplegika mají totiž delší dobu ústupu než myotika, tudíž po aplikaci myotik je návrat akomodace rychlejší a z mého pohledu je to jistě pro pacienta příjemnější. Zároveň je použití Myotik finančně méně náročné než použití cykloplegik. Předpoklad výskytu akomodačního spasmu důsledkem dlouhodobého překorigování u myopických pacientů, s nadměrnou zátěží při práci na blízkou vzdálenost. Tato hypotéza se přímo nepotvrdila, ale také jí nebylo možné vyvrátit, neboť více jak 60 % pacientů s překorigovanou refrakcí má náročnou práci do blízka. Klientům s dlouhodobě překorigovanou korekcí na dálku byla předepsána dioptrická korekce nová v 35 % případů.

5. Citace

- [1] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, [2017]. ISBN 978-80-7492-316-6.
- [2] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [3] NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. *Přehled anatomie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
- [4] SEJVAL, Ing. Jan. *Akomodace*. Olomouc, 2009. Bakalářská práce. UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA KATEDRA OPTIKY. Vedoucí práce RNDr. František Pluháček, Ph.D.
- [5] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006. ISBN 978-0-7506-7524-6.
- [6] AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-701-3362-7.
- [7] MCCOLLUM, Jim. Ois.net: progress-of-presbyopia-therapies-liquidvision. *OIS* [online]. New York: The Ophthalmology Innovation Summit (OIS), 2017 [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://ois.net/progress-of-presbyopia-therapies-liquidvision-2017/>
- [8] PEINADO, G.A., P. MERINO SANZ, I. DEL CERRO PÉREZ a P. GÓMEZ DE LIAÑO SÁNCHEZ. Unilateral accommodation spasm: Case report and literature review. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)* [online]. 2019, 94(6), 285-287 [cit. 2019-10-02]. DOI: 10.1016/j.oftale.2019.01.008. ISSN 21735794. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2173579419300556>
- [9] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.

- [10] LINDBERG, L. Spasm of accommodation. *Ncbi.nlm.nih* [online]. Silmätautien erikoislääkäri HYKS: silmätautien klinikka, 2014, 2006, 30(2):168-73 [cit. 2019-12-20]. 24605432. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24605432>
- [11] ANTON, Milan. Korekce refrakčních vad u dětí. *Česká oční optika*. 2007, 48(4), 18. ISSN 1211-233X
- [12] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK. *Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders*. Second Auflage. Philadelphia: LWW; Edice: Second, 2002. ISBN 978-0781732758.
- [13] DIETZE, Holger. *Die optometrische Untersuchung*. 2., vollständig überarbeitete Auflage. New York: Thieme, 2015. ISBN 978-3-13-142232-3.

6. Poděkování

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu Mgr. Jakubu Královi za vstřícnost, ochotu a odborné rady při zpracování práce. Dále také paní Mgr. Zdeňce Vaňharové za konzultace a možnost navštívit pracoviště oční kliniky Gemini.

Digitální zařízení a jejich vliv na oko

Š. Provazník¹

¹ Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, Sitna sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

E-mail: provast1@fbmi.cvut.cz

Abstrakt. Člověk se již po tisíce let vyvíjel pod širou oblohou bez jakéhokoliv jiného osvětlení než slunce. I poté co objevil oheň tak si jím svítil. Ten ale vyzařoval jen část světelného spektra. V průběhu evoluce se lidské tělo, a nejen lidské, ale i různých živočichů přizpůsobilo střídání dne a noci. Pro některé druhy bylo výhodnější být aktivní v noci a pro jiné ve dne. Pro lidstvo nastala ta druhá možnost a tudíž se v noci cítíme ospalí a utlumení. Vše toto dochází proto, že součástí bílého světla vycházejícího ze slunce je modré vysokoenergetické světlo, které je lidský biorytmus schopen registrovat a řídit se jím. V dnešní době obrovského rozkvětu moderních technologií, různých životních povinností a velice malého množství času na obyčejný zdravý odpočinek, je člověk vystavován obrovskému a neustávajícímu náporu škodlivých vlivů nebo zlovyků. Tento určitý problém bohužel zasahuje náš nejdůležitější a nejvyvinutější smysl, bez kterého by se lidstvo jen tak nemohlo obejít, zrak. Modré světlo je schopno ovlivňovat naše zdraví a ve vysoké míře, a to jak v pozitivním vlivu, tak i v negativním. Právě ty moderní technologie, náš organismus modrým světlem přehlcojí. Jak se říká: „Všeho moc škodí.“ Náš biorytmus je tím zmaten, a to neblaze prospívá našemu zdraví. Informace o tomto problému mnohem více rozšířit mezi obyčejné lidi. Přeci jen to přímo ovlivňuje náš životní styl, akorát o tom mnoho jedinců netuší. V této práci je zpracována problematika vlivu modrého záření na oko. Následně popsán Cirkadiální rytmus a narušení spánkového a bdělého stavu digitálními zařízeními. Dále je objasněna tvorba a význam hormonů spánku, odpočinku, aktivity a dobré nálady a jejich nezbytnost.

1. Úvod

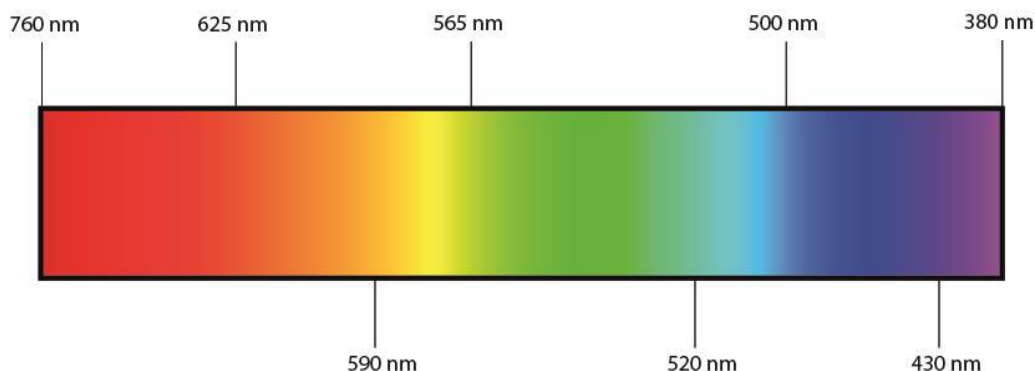
Světlo neboli viditelné záření je nám nejbližší druh elektromagnetického záření. Díky němu máme možnost zjistit pozici, tvar či různé parametry předmětů nebo objektů z dálky. To vše kvůli našemu speciálně uzpůsobenému zrakovému aparátu schopnému registrovat různé vlnové délky světla odražených od prostředí, a tak odlišit barvy různých těles. Vlnové délky viditelného záření se pohybují od 380 do 760nm. Optika je jedním z vědních oborů zabývajících se právě vlastnostmi, šířením a využitím viditelného záření.

Modré světlo, je stejně jako zbytek světelného spektra, druh elektromagnetického záření. Elektromagnetické záření je vlastně jev, kdy se elektromagnetické pole tvořené určitým nabitým tělesem šíří určitou rychlostí prostorem určitým směrem. Toto pole má určitou intenzitu E , což je fyzikální veličina či vektor označující směr a velikost elektrického pole. Tyto veličiny či vektory jsou navzájem k sobě kolmé a jsou také kolmé ke směru šíření v prostoru. Rychlost elektromagnetického záření, světla, ve vakuu se udává $3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. Toto viditelné světlo se šíří prostorem v podobě vln, které mají délku od 390nm do 790nm. [5]

Viditelné světlo pocházející od slunce nebo z nějakého umělého zdroje jako například z lampy, reflektoru od auta, svíčky či svítlny se odráží od zasažených předmětů a vniká do našeho oka. Prochází pak skrz zrakový aparát, dopadá na sítnici, kde podráždí buňky schopné rozpoznat barvy nebo tyčinky schopné lepšího, avšak černobílého vidění ve tmě. Ty pak vzniklý vjem odešlou zrakovým nervem do zrakového centra, kde se zpracuje viděný obraz. Složky o krátkých vlnových délkách, zejména modré a fialové světlo, má určitý fotochemický vliv na naši pokožku a jistá skupina citlivých či nemocných jedinců se může setkat s různými problémy. Naopak oblast viditelného záření pohybující

se okolo 670nm má podobný účinek jako infračervené záření a to, že má tepelný efekt na to, co dopadá a může tak způsobit přehřátí. [9] [10] [11]

Modré světlo je rozmezí vlnových délek viditelného elektromagnetického záření, na které se zaměřuje tato práce. Tato část spektra se pohybuje v rozmezí vlnových délek o 430nm až do 500nm. Má tedy kromě fialové barvy druhou nejmenší vlnovou délku z viditelného záření, a to vysvětluje i jeho vyšší hodnoty přenášené energie. Nachází se všude okolo nás, protože je součástí každého bílého světla. [12]



Obrázek 1: Barevné spektrum podle vlnových délek ELUC.

Největší zdroj modrého záření je samozřejmě Slunce. Díky němu máme modrou oblohu. Dopadající modré záření se sráží s molekulami v atmosféře, přičemž dochází k disperzi paprsků do okolí a dojde tak zabarvení oblohy do modra. S vývojem moderních technologií a jejich rozšířením mezi běžné obyvatelstvo a stálému růstu popularity přenosných zařízení je dnes člověk vystavován vysoké úrovni modrého světla. Tyto zdroje světla mohou být LCD televize, počítače, mobily či tablety, ale i obyčejné LED osvětlení či jiná elektronická zařízení. Dlouhodobé vystavování modrému světlu však může mít neblahé účinky na náš organismus. [12]

Vynalezení elektrického osvětlení změnilo nevratně průběh dějin člověka. Již před 200 lety bylo vynalezena první lampa. Dnes však běžné osvětlení začíná pomalu ustupovat stále rozšířenějším LED technologiím, které jsou mnohem úspornější a trvanlivější. [14] [15]

Název LED pochází z anglického light emitting diode (dioda vyzařující světlo) a jedná se o typ elektronické součástky. Tento zdroj světla je asi o 90 % více efektivní než klasické halogenové žárovky. Funguje na principu polovodiče, v němž se mění elektrický proud na světlo (a nežádoucí teplo). Krom viditelného světla je však LED schopna vyzařovat i záření infračervené nebo ultrafialové. Česky se často LED diodě také přezdívá ledka. Barva LED diody se při výrobě dá změnit, když se použije jiný materiál na polovodič. Nejjednodušší výroba LED diody je právě pro červenou barvu. Zato ale LED diody s modrým světlem jsou schopny odebírat jen velmi malý proud. [14] [15]

Na rozdíl od halogenových žárovek, které fungují na principu rozžhaveného vlákna, a tak vyzařují obrovské množství nepotřebného tepla, LED osvětlení v porovnání téměř žádné teplo nevyzařuje. Maximální teplota dosahuje okolo 60 °C, a tudíž je většina energie vyzářena v podobě světla. Mají také větší svítivost, skoro dvakrát větší nežli žárovky a jsou mnohem odolnější vůči mechanickému poškození. [14] [15]

S technologií LCD se můžeme setkat u každého přístroje co vyžaduje nějaký displej. Ať už je to mobilní telefon, monitor od počítače, či televize. LCD technologie funguje na principu soustavy spousty malých částí nazvaných pixely, které mohou být ovládány tak, aby mohly zobrazit nějakou informaci. Takový displej se skládá z několika vrstev. Nejdůležitější částí jsou však dva skleněné panely, mezi kterými se nachází tenoučká vrstva tekutých krystalů. Panely obsahují drobné kanálky, které jsou schopny krystaly navádět a různě orientovat. Pak už je proces jednoduchý. Z poza těchto vrstev je vyzařováno světlo,

většinou právě z LED diod, které je při průchodu krystalickou vrstvou odfiltrováno do požadovaných barevných spekter.

Cirkadiální rytmus je opakující se biologický proces či cyklus probíhající neustále v těle člověka, ale i jiných živočichů. Ovlivňuje jejich aktivitu, bdělost či denní a noční režim. U člověka, který je naprogramován podle střídání dne a noci se doba jednoho cyklu pohybuje mezi 20 až 28 hodinami, ale většinou trvá jeden cyklus mezi 23,9 a 24,5 hodinami. Tento cyklus je ovlivněn produkcí důležitých hormonů melatoninu a serotoninu. Ty jsou do organismu vylučovány spolu s dalšími hormony z endokrinní žlázy epifyzy. Ty jsou řízeny párovými suprachiasmatickými jádry, které se nachází nad křížením zrakových nervů (chiasma opticum) v předním hypotalamu. Protože se tato jádra nachází blízko oka tak mají přímé spojení se sítnicí, v důsledku čehož je náš biologický rytmus řízen vnějším prostředím, konkrétně právě modrým světlem obsaženém ve viditelném barevném spektru, jehož zdrojem může být slunce či různé druhy osvětlení a přístrojů. [22] [23] [24]

Serotonin je hormon, co nám nejvíce ovlivňuje náladu. Když je ho v lidském těle nedostatek, tak se nálada zhorší, avšak při jeho správném množství se nám nálada zlepšuje. Také má nepřímý vliv na naši aktivitu, pozornost či může ovlivnit i bolest hlavy, hojení ran či udržování kvality kostí. Pokud se pohybujeme na místech, kde jsme vystavováni modrému světlu, produkce tohoto hormonu stoupne. Tímto způsobem dochází k aktivní činnosti organismu, a navíc ke zlepšení nálady. Serotoninové procesy se aktivují s východem slunce a při jeho západu se utlumují. [22] [23] [24]

Obecně se normální hladina serotoninu v krvi pohybuje okolo 101 až 283 nanogramů na mililitr. Tato hodnota se však může mírně lišit v závislosti na jedinci. Léky, které ovlivňují hladinu serotoninu v krvi jsou běžně užívány v léčení depresí, nevolností či migrén a mohou mít také vliv na Parkinsonovu chorobu. Dlouhodobě vysoké hodnoty serotoninu mohou však být případným příznakem rakoviny. [22] [23] [24]

Hormon melatonin je pro změnu znám jakožto hormon spánku. Díky snížení množství modrého světla ve večerních hodinách se produkce a hladina melatoninu zvyšuje a naše tělo začne být utlumené, přechází do klidového režimu a ukládá se ke spánku. [22] [23] [24]

2. Praktická část

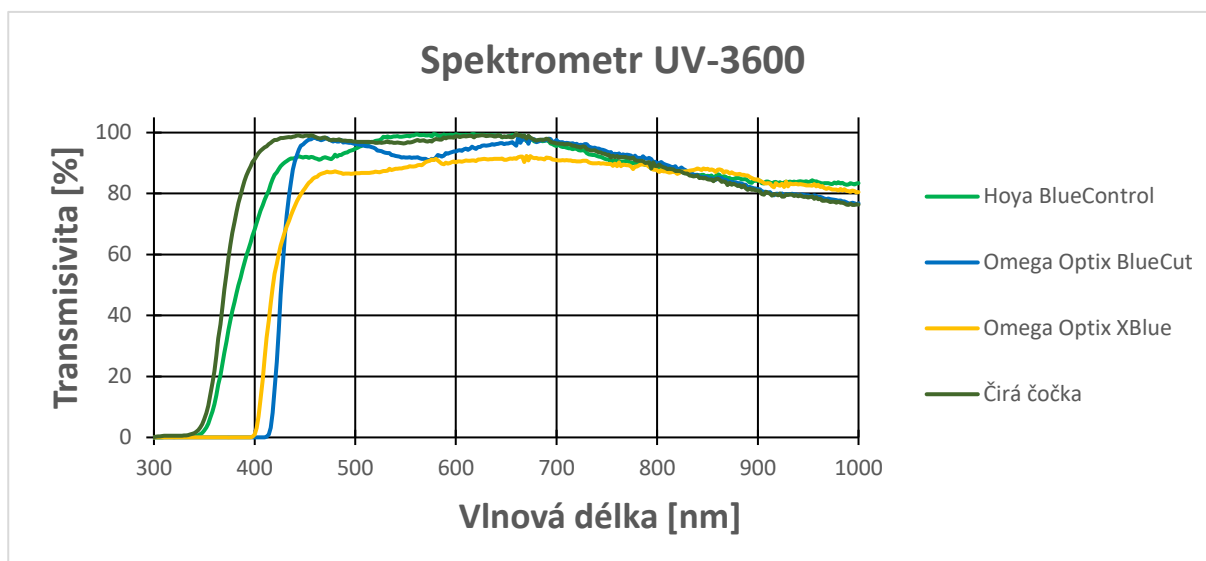
2.1. Metodika

V této části jsou zpracována data naměřených na spektrometru. Výzkum se konal od března 2020 do května 2020 na půdě FBMI ČVUT. Pro toto měření byly použity 3 komerčně dostupné filtry v podobě brýlových čoček od firmy Hoya a Omega Optix. Konkrétně Hoya BlueControl, Omega Optix BlueCut a Omega Optix XBlue. U těchto čoček byla následně proměřena jejich transmisibilita v oblasti kratších vlnových délek, tedy oblasti modrého záření. Měření probíhalo za stálého laboratorního osvětlení, kdy hladina osvětlení v místnosti byla pro přístroj nastavena jakožto nulová hladina neboli tma. Měření nebylo tudíž výrazně ovlivněno parazitním osvětlením. Důležitý aspekt při měření je také náklon čočky, který ovlivní průchod testovacího paprsku. Tento náklon byl u všech čoček stejný, jelikož byly všechny upevněny ve speciálně uzpůsobených držácích.

Pro měření byl použit UV-VIS-NIR automatický spektrometr UV-3600 od firmy Shimadzu. Pořizovací cena tohoto přístroje je asi 2,5 milionu korun, a to se značně odráží na jeho výsledcích. Tento přístroj je uzavíratelný a vzorky se tudíž vyskytují po celou dobu měření uvnitř přístroje. Dochází tedy k naprosté eliminaci okolního parazitického záření. Tento přístroj měří hodnoty od 200 do 1000nm a udává hodnoty každé 2nm.

Jeho příprava je z větší míry automatická. Jen se přístroji vydá pokyn k měření a on si sám proměří dané čočky s pomocí několika světelných zdrojů. Následná data pak přehledně vynese na obrazovku připojeného počítače.

2.2. Výsledky



Graf 1.- Porovnání transmisibilit vzorků čoček spektrometru UV-3600

U grafu 1. je pro porovnání dodána i čirá čočka a její transmisní hodnoty pro porovnání oproti ostatním čočkám. Samotná čirá čočka odfiltrovala jen část UV záření, avšak do modré oblasti nezasahovala. Ostatní filtry už méně nebo více modré záření filtrovaly. Největší filtrace proběhla u Omega Optix XBlue avšak i zde nedosáhla slibovaných hodnot. Míra filtrace ve vlnových délkách mezi 430-500 nm nebyla tak značná, jak bylo předpokládáno. Co se týče čoček Hoya BlueControl, tak se zde křivka ani nijak zásadně nelišila od čiré čočky.

3. Závěr

V této práci je zpracována problematika vlivu modrého záření na oko jeho schopnost ovlivňovat náš organismus a jeho vlastnosti. Poté byl vysvětlen Cirkadiální rytmus a narušení spánkového a bdělého stavu digitálními zařízeními a tvorba a význam hormonů spánku, odpočinku, aktivity a dobré nálady a jejich nezbytnost. V praktické části bylo po orovnání výsledků transmisibility různých čoček zjištěno, že žádná z těchto čoček nedosahuje požadovaných vlastností, jaké udávají výrobci. Největší míra filtrace v modré oblasti vlnové délky viditelného záření zde dosahuje 15% avšak udávaná hodnota je 20%

4. Zdroje

- [1] DVOŘÁK, Petr a Jaroslav ŠTĚPÁNEK. Vliv modrého světla na lidský organismus. 2016. https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=125750
- [2] REICHL, J.; VŠETIČKA, M. Světlo jako elektromagnetické vlnění. Encyklopedie fyziky [online]. [cit. 2015-10-13]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/index.php/main.article/view/434-svetlo-jako-elektromagnetickevlneni>
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ. Elektromagnetické spektrum. Gymnázium F. X. Šaldy [online]. 2006 [cit. 2015-10-26]. Dostupné z: <http://jan.gfxs.cz/studium/files/optika/spektrum.pdf>
- [4] JOSKOVÁ, Jitka. Onemocnění způsobená ionizujícím zářením v České republice: Diseases Caused by Ionizing Radiation in the Czech Republic [online]. Praha, 2011 [cit. 2019-11-18]. Dostupné z: file:///D:/downloads/BPTX_2009_1__0_269188_0_78251.pdf. Bakalářská práce. Karlova univerzita v Praze.

- [5] GOTTVALD, M. Ionizující a neionizující záření ze zdravotního hlediska. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
- [6] DVOŘÁK, Petr a Jaroslav ŠTĚPÁNEK. Vliv modrého světla na lidský organismus. 2016.https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=125750
- [7] REICHL, J.; VŠETIČKA, M. Světlo jako elektromagnetické vlnění. Encyklopedie fyziky [online]. [cit. 2015-10-13]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/index.php/main.article/view/434-svetlo-jako-elektromagnetickevlneni>
- [8] 2 ES, spol. s r.o. [online]. Copyright © [cit. 13.12.2019]. Dostupné z: https://www.2es.cz/med/_layout/download/ir-med.pdf
- [9] JIRÍ, Beneš, Kyplová JAROSLAVA a Vítek FRANTIŠEK. Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory : pro studium i praxi. - vydání. Grada Publishing, a.s., 2015. 236 s. ISBN 9788024747125
- [10] Beneš, Jirí, Jirák, Daniel a Vítek, František. . Základy lékařské fyziky. 4. vydání vydání. 2015. ISBN 978-80-246-2645
- [11] Viditelné světlo – WikiSkripta. [online]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Viditeln%C3%A9_sv%C4%9Btlo
- [12] FONTAINE, M. and FRENETTE, B. Blue light exposed [online]. 2016 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.bluelightexposed.com/#bluelightexposed>
- [13] How The Technology of LCD Displays Works -. [online]. Copyright © Xenarc Technologies Corp. Copyright [cit. 03.01.2020]. Dostupné z: <https://www.xenarc.com/lcd-technology.html>
- [14] LED technologie - LIGHTRONIC. [online]. Copyright © [cit. 03.01.2020]. Dostupné z: <http://www.lightronic.cz/led-technologie.php>
- [15] ENERGY STAR. ENERGY STAR | The Simple Choice for Energy Efficiency [online]. Dostupné z: https://www.energystar.gov/products/lighting_fans/light_bulbs/learn_about_led_bulbs
- [16] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [17] DOUPOVCOVÁ, Kateřina. Ochrana očí před škodlivým elektromagnetickým zářením [online]. Brno, 2006 [cit. 2019-12-14]. Available from: <<https://theses.cz/id/jkr17x/>>.
- [18] ATRAKTIVNÍ BIOLOGIE [online]. Copyright © [cit. 14.12.2019]. Dostupné z: <http://atraktivnibiologie.upol.cz/docs.ppt>
- [19] ALGEVRE, P. and MARSHALL, J. and SEREGARD, S. Age-related maculopathy and the impact of blue light hazard [online]. Acta Ophthalmologica Scandinavica, 2006, pp. 4-15, Dostupné z: http://www.healingtheeye.com/Articles/maculopathy_blue_light_hazard.pdf
- [20] NOVOTNÝ, I. a HRUŠKA, M. Biologie člověka. Praha: Fortuna, 2010, str. 155-158, ISBN 978-80-7373-007-9.
- [21] Nejvýznamnější tělesné pochody během jednoho cirkadiánního cyklu (DVOŘÁK, Petr a Jaroslav ŠTĚPÁNEK. Vliv modrého světla na lidský organismus. 2016. https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=125750)
- [22] Serotonin: Functions, Normal Range, Side Effects, and More. [online]. Copyright © 2005 [cit. 03.01.2020]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/health/mental-health/serotonin#normal-range>
- [23] Vliv modrého světla na oko, 2016. Bakalářská práce. PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI. Vedoucí práce Mgr. Eliška Najmanová.
- [24] MARŠÁLEK, M. Cirkadiánní rytmy a deprese. Psychiatrie pro praxi, roč. 13, 2012, č. 2, str. 50-53, Dostupné z: <http://www.psychiatriepropraxi.cz/pdfs/psy/2012/02/02.pdf>, ISSN 1213-0508

- [25] HORÁKOVÁ, Gabriela. Modré světlo: Neviditelná hrozba. Česká Oční Optika. 2018, 2018(3/2018), 3.
- [26] MARŠÁLEK, M. Cirkadiální rytmy a deprese. Psychiatrie pro praxi, roč. 13, 2012, č. 2, str. 50-53, Dostupné z: <http://www.psychiatriepropraxi.cz/pdfs/psy/2012/02/02.pdf>, ISSN 1213-0508
- [27] Tips to Reduce Hazard of Blue Light. Home - Your Sight Matters [online]. Copyright © 2020 Your Sight Matters. Website design by [cit. 04.01.2020]. Dostupné z: <https://yoursightmatters.com/tips-reduce-hazard-blue-light/>
- [28] BlueControl | Hoya Vision [online]. Dostupné z: <https://www.hoyavision.com/uk/discover-products/eye-care-professionals/anti-reflective-coatings/blue-control/>
- [29] ZEISS DuraVision BlueProtect.[online]. Dostupné z: <https://www.zeiss.com/vision-care/int/eye-care-professionals/products/coatings/duravision-blueprotect.html>
- [30] CRIZAL PREVENCIA. ESSILOR [online]. Dostupné z: <https://www.essilor.com/en/brands/crizal-prevencia/>

Poděkování

Tímto způsobem bych rád poděkoval mému vedoucímu Mgr. Jakubu Královi za jeho vedení, trpělivost a vřelý přístup při tvoření této práce. Stejnou měrou bych rád poděkoval mému konzultantovi Ing. Petru Písaříkovi, Ph.D za pomoc s technikou a přístroji. A v neposlední řadě bych rád poděkoval mé rodině a blízkým, kteří mě po celou dobu podporovali a učinili mi tak vypracovávání této práce mnohem snazší.

Snížení zrakové ostrosti při využití prizmatické korekce

K. Škachová¹

¹České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: kskachova@seznam.cz

Abstrakt. Předmětem je problematika využití prizmat při možnostech řešení šilhání či jiných binokulárních anomálií. Úvodní kapitola je věnována teorii a vývojem binokulárního vidění. Poté je i stručně popsána okulomotorika, neboť okohybné svaly se podílí na vzniku zrakového vjemu. Dále jsou vysvětleny binokulární anomálie související s korekcí pomocí prizmat a jejich vyšetřování prostřednictvím různých testů v klinické praxi. Následně je uveden princip prizmatického klínu, jeho zápis a především podstata disperze světla či jiné nechtěně navozené jevy způsobené prizmatickou korekcí. Experimentální část se zabývá snížením zrakové ostrosti vlivem nechtěně navozených jevů při využití prizmatické korekce.

1. Úvod

Binokulární vidění je definováno jako koordinace a spojení obrazu obou dvou očí za vzniku výsledného jednoduchého zrakového vjemu. Jde o přenos monokulární senzorické a motorické informace. Zrakový vjem je zprostředkován oběma očima cestou zrakové dráhy a zrakového centra pomocí centrální nervové soustavy. Výsledný obraz není dvojitý, ale jednoduchý, je tvořen překrytím obou dvou obrazů separátně z každého oka a jeho následným spojením, ideálně za vzniku hloubkového prostorového vjemu [1,2]. U jednoduchého binokulárního vidění se rozlišují tři kvalitativní úrovně. První úroveň je simultánní percepce se superpozicí. Je to jeden z nejzákladnějších stupňů binokularity a od něho se odvíjí celkově další vývoj binokulárního vidění. Jde o schopnost současně vnímat a překrýt obraz oběma očima. Druhá úroveň se nazývá úroveň fúze, tedy spojení obrazu pravého a levého oka za pomoci motorických a senzorických procesů. Motorický proces funguje na principu šesti okohybných svalů, které spolu kooperují. Senzorická část fúze pracuje na bázi centrální nervové soustavy a její zrakové dráhy. Fúze se dělí dle místa fixace na centrální (foveolární), paracentrální (makulární) a periferní. Třetí a zároveň poslední úroveň binokulárního vidění je stereopse, vznik prostorového vidění, schopnost vnímat trojrozměrný obraz a jeho hloubku ostrosti. Důležitou podmínkou stereopse je fúze [2,3,4]. Zraková ostrost je kvalita a schopnost lidského oka rozlišovat detaily v prostoru. Jedná se o nejmenší vzdálenost dvou bodů v prostoru, kterou lze ještě od sebe rozeznat a nevnímat jako jeden bod, tzv. minimum separabile. Předpokladem musí být obraz na sítnici, který je oddělen alespoň jedním čípkem jako mezera mezi předměty. Jestliže má být dvojice bodů vnímána odděleně, musí dojít k podráždění dvou samostatných světločivných elementů tak, aby mezi nimi zůstal alespoň jeden čípek nepodrážděný. Základní jednotkou rozlišovací schopnosti oka byla ustanovena jedna úhlová minuta (1') [5,6,7]. Binokulární vidění je získaná schopnost, která se začíná vyvíjet ihned po narození s vývojem a dozráváním sítnice a její žluté skvrny, resp. foveoly. Vývoj zrakových funkcí trvá několik let. Je důležité z hlediska diagnostiky jakékoliv odchylky od normálního binokulárního vidění sledovat vývoj již od narození dítěte [4]. Novorozenec má jen základní pupilární reflex, rozpozná světlo a tmu a jeho úroveň sítnice by se dala připodobnit k zvířeti krtku. Již během prvního měsíce se vyvíjí monokulární reflex, v druhém měsíci se postupně zařazují i verzně konjugované pohyby, kdy novorozenec je schopen využít obě oči a vnímat pohybující se objekt, v následujících měsících se přidávají i vergenčně disjungované pohyby pro zaostření objektů v různých vzdálenostech. Do jednoho roku dítěte je plně vyvinut reflex konvergence a akomodace, schopnost zaostřování předmětů a začíná se projevovat pomalu i stereoskopické vidění. První kritický věk pro detekci a diagnostiku jakéhokoliv strabismu je 6. měsíců, v tu dobu by již měla být plně vyvinuta koordinace bulbů. Proces zdokonalení, upevnění a stabilizace probíhá do 6. roku života. Do 6.let věku dítěte se upevňuje binokulární vidění a zraková ostrost by měla

být rovna jedné. Porucha ve vývoji binokulárních funkcí vede k amblyopii či narušení centrální retinální fixace [4,8].

Pohyblivost očí zajišťují okohybné svaly, jejich úkolem je dosáhnout kooperací všech šesti okohybných svalů jednoduchého binokulárního vjemu. Na každém oku se nachází čtyři přímé, dva šikmé svaly a zvedáč očního víčka. Mezi přímé svaly řadíme horní, dolní, vnitřní a zevní (rectus superior, inferior, medialis a lateralis), zatímco šikmé svaly jsou jen horní šikmý (obliquus superior) a dolní šikmý (obliquus inferior). Horizontální svaly, tedy vnitřní přímý a zevní přímý, mají jen jednu primární funkci, umí vykonávat pohyb oka jen v jednom směru. Zbýlé čtyři okohybné svaly mají kromě primární i sekundární funkci, dokáží ovlivnit pohyb oka i v jiných směrech. Vergenční pohyby jsou koordinované ale protisměrné pohyby obou dvou očí, při nichž se osy očí stáčí buď k sobě, odborněji nazývané konvergentním pohybem, nebo se osy stáčí od sebe, divergentním pohybem. Věrní pohyby jsou koordinované stejnosměrné pohyby obou dvou očí, jejichž osy jsou stále paralelní. V klinické praxi lze vyšetřovat šest základních pohledových směrů. Věrní pohyby mají jako hlavní funkci zvětšení zorného pole a monokulární foveální fixaci [3,4]. Mezi reflexní pohyby se řadí vestibulo-okulární reflex a optokinetický nystagmus. Oči vyrovnávají pohyby hlavy právě vlivem vestibulo-okulárnímu aparátu [3,9].

Binokulární vidění se vyvíjí již od narození. Při vývoji může dojít k poruše či různým odchylkám. Pokud je narušena jakákoliv spolupráce očí, nedojde k binokulárnímu vidění, tedy ke vzniku jednoduchého zrakového vjemu, dochází tím ke změně vnímání pozorovaného objektu, snížení zrakové ostrosti, poruchy v zorném poli či nevnímání trojrozměrného prostoru. Následkem může být buď v motorické části úchylka oka či očí, nebo v senzorické části nedopadající zrakový vjem na příslušné místo nejostřejšího vidění na sítnici. Naše tělo může zareagovat na podněty z těchto odchylek různými adaptačními procesy, jako je například suprese oka. Strabismus se dělí na zjevné (heterotropie) a skryté (heteroforie). U dětí se jedná o jednu z nejčastějších zrakových vad [3,10,11]. Porucha vzájemné kooperace očí je nazývána manifestním strabismem, jinak řečeno heterotropií. Postavení očí je viditelně asymetrické, osy bulbů nejdou stejným směrem do jednoho bodu, ale uchylují se. Postavení vedoucího oka je přímo namířeno do bodu fixace, naopak druhé uchylující oko šilhá. Úchylkou šilhání lze nazývat osy obou očí svírající určitý úhel. Přítomna je porucha jednoduchého binokulárního vidění. Existuje několik typů tropií zařazených dle směru úchylky: exotropie (šilhání dovnitř), esotropie (šilhání ven), hypertropie (šilhání nahoru) a hypotropie (šilhání dolů). Dle úhlu úchylky se dělí strabismus na konkomitantní (dynamický) a inkomitantní (paralytický) [3,10]. Heteroforie je popisována jako skryté šilhání, vyskytující se při nerovnováze okulomotorických svalů, dysfunkcí či insuficiencí konvergence nebo akomodace. Skryté šilhání lze rozpoznat při zrušení fúze, to lze docílit zakrytím a vyražením jednoho oka. Oči ve správném postavení během binokulárního vidění udržuje právě fúze. Po překrytí jednoho oka, oko pod okluzí se uchýlí vlivem převahy jednoho z okulomotorických svalů a po odkrytí se prosadí fúzní mechanismus a tím se vrátí oko zpět do paralelního postavení [8,10].

Jedno z nejkomplikovanějších témat v optometrii jsou metody pro vyšetřování stavu binokularity. V současné době existuje opravdu mnoho testů pro zjištění binokulárních funkcí. Vzhledem k jednotlivému principu různých testů, lze očekávat, že každá metoda bude udávat jedincův jiný stav binokulárních funkcí, proto je nebytné při vyšetření používat a vyzkoušet vícero testů pro potvrzení úchylky oka. Anaglyfní a polarizační testy jsou v České republice jedny z nejpoužívanějších. Základem jakékoliv léčby je důkladné vyšetření, zjištění oční, rodinné či pracovní anamnézy a správný postup. Zakrývacím testem se rozumí takový test, při kterém se dokáže diferencovat, zda se jedná o zjevnou úchylku oka (heteroforie) nebo skrytou úchylku oka (heteroforie). Při vyšetřování se sledují klientovi oční pohyby. Je nutnost rozlišovat vyšetřování do blízka a do dálky, oko může mít při změně jeho pozice jinou nebo daleko větší úchylku. Vhodný fúzní podnět je pro tyto testy nezbytný [1,3]. Jeden z nejčastějších testů pro kvantifikaci heteroforie je Worthův test. Skládá se z černého pozadí a čtyř znaků sestaveného do kosočtverce. Červené káro a bílé kolečko jsou umístěny ve vertikále pod sebou. Dva zelené kříže leží v horizontále. Při vyšetření se používá červený filtr před oko pravé a zelený filtr před levé oko. Při okluzi oka levého je vnímáno červené káro a červené kolečko ve vertikále. Naopak při zakrytí pravého oka jsou vnímány dva zelené kříže v horizontále a zelené kolečko ve vertikále [12].

Prizma lze nazývat optickým hranolem či klínem, který láme paprsky ke směru jeho báze. Jedná se o trojboké těleso z průhledného materiálu. Sestavuje se z báze, vrcholu a dvou lomivých ploch. Uchýlí se paprsek ve vzdálenosti 1 m od druhé lámavé plochy hranolu o 1 cm nastává tzv. prizmatický účinek

vyjadřovaný v jednotce jedné prizmatické dioptrie, ve zkratce 1pD. U prizmatického klínu se určuje účinek, jeho síla a směr. Prizmata nezmenšují ani nezvětšují daný vjem. U prizmatické korekce se určují dva základní údaje, velikost prizmatického účinku a směr báze. Zápis se určuje buď pomocí TABO schématu, od 0°- 360°, nebo podle tělesného či stranového směru. Základní orientace prizmatické korekce závisí na směru báze. Orientace báze se odvíjí dle typu oční vady, může být směrem nasálně nebo temporálně či nahoru nebo dolů [8,13]. U prizmatické korekce lze pozorovat její nepřírodní jevy, způsobeny zvláštnostmi zobrazení těchto prizmatických skel. Klient by měl být vždy zřetelně upozorněn na tyto možné jevy, kterým nejde předcházet. Disperze je jev, kdy bílé světlo dopadá na optický hranol a při průchodu přes rozhraní prostředí se láme. Při lomu se bílé světlo rozloží na soustavu barevných pruhů. Světlo se láme, protože prochází do prostředí, v němž se šíří jinou rychlostí. Žádná spektrální barva se dalším průchodem přes optický hranol již nerozkládá. Disperze je závislost fázové rychlosti světla na frekvenci světla v daném prostředí. Tento jev při nošení prizmatické korekce se zobrazí jako barevné lemy na pozorovaných předmětech v periferní části vidění [14].

2. Experimentální část

Problematickou, kterou se budu zabývat je vliv nechtěně navozených jevů na zrakovou ostrost při využití prizmatické korekce na jakékoliv anomálie binokulárního vidění. Jak moc daná prizmatická hodnota ovlivní danou zrakovou ostrost oka? Existují i jiné vlivy nesouvisející s prizmatickou korekcí, které dokáží ovlivnit jedincovu zrakovou ostrost oka, jako je například větší citlivost barev u žen či únava očí po čase aplikace? Objeví se při nějaké hodnotě pomyslná hranice, kdy klesne zraková ostrost natolik, že nechtěně navozené jevy budou v tu chvíli neakceptovatelné? V optometristické praxi se prizmatická korekce nejčastěji využívá pro šilhající děti, ale co když při vyšších hodnotách to má pro ně spíše negativní účinek než ten pozitivní? Cílem experimentální části je vyhodnotit a porovnat snížení zrakové ostrosti při využívání prizmatické korekce v klinické praxi vlivem nechtěně navozených jevů, především disperze světla. Budou mít tyto nechtěně navozené jevy touto korekcí veliký význam na zrakovou ostrost oka a tím ovlivnění kvality života? Dokáže se potvrdit hranice 15 prizmatických dioptrií z klinické praxe, kdy by se již neměla prizmatická korekce předepisovat? Budu se snažit odhalit, jestli vyšší hodnoty prizmatické korekce mají opravdu takový význam na snížení vidění. Dosáhne dominantní oko daleko lepších výsledků než oko nedominantní? Bude mít vliv větší citlivost barev u žen na výraznější vnímání disperze světla a tím jeho nepřipustnost předepisovat především ženám vyšší hodnoty této prizmatické korekce? Dalším cílem bude porovnat souvislost mezi teoretickým výpočtem disperze a fakty ve skutečnosti. Bude hranice disperze z teoretických výpočtů odpovídat hranici jasného vnímání disperze v praxi při jednotlivém experimentu předkládání určitých prizmatických hodnot? Budou tyto výsledky spolu určitým způsobem kolerovat? Nebo opravdu budou hrát roli velmi individuální vjemy každého z vyšetřovaných, které mohou být ovlivněny i několika jinými faktory, které lze jen těžko standardizovat? Jak velká bude adaptační doba a časová odezva odpovědi na vyšší hodnoty prizmatu? Bude se u jednotlivých vyšetřovaných lišit, nebo se i tak u někoho z vyšetřovaných mozek nedovede na takto vysoké hodnoty adaptovat? Na okolnosti měření, pocitů a vjemů vyšetřovaných související s aplikací prizmatické korekce, se chci zaměřit a poté vyhodnotit ve své experimentální části.

3. Výsledky a diskuze

Pro tento experiment bylo vybráno 10 lidí, 5 mužů a 5 žen. Jednotlivé měření probíhalo bez subjektivní refrakce, tudíž tito lidé permanentně nenosí brýlovou korekci, ale i přesto vlivem podmínek měření při této koronavirové situaci mohou být výsledky nepřesné.

Z dosažených výsledků vyplývá, že při tomto experimentu předkládání hodnot prizmatických dioptrií je snížení zrakové ostrosti soustavné, čím vyšší hodnota prizmatických skel, tím i snížení kvality vidění. Zlom nastal již při předložení 8 pD a pokračoval až do 12 pD. Z toho lze vyčíst pomyslnou hranici zhoršení zrakové ostrosti, kterou vyšetřovaní pociťovali již při předložení 8 pD. Ovšem i při nejvyšší hodnotě 20 pD vyšetřovaní přeci jen dokázali alespoň třetinu poloh Landoltových kruhů rozpoznat.

Je zřejmé, že dominantní oko dosáhne lepších výsledků celkově než oko nedominantní. Byl očekáván ale výraznější rozdíl a daleko lepší výsledky u oka vedoucího. Vzhledem k těmto výsledkům lze uvažovat o překorigování či podkorigování dominantního oka či naopak nedominantního dle úchylny oka a hodnoty prizmatické korekce. I vlivem sebemenšího rozdílu dominantního a nedominantního oka je možné dosáhnout pomocí zvýšení či snížení hodnoty na dominantním oku požadovaného zrakového

komfortu a tím příjemného pocitu vidění pro obě oči. Lze tak uvažovat jen u ojedinělých případů, kdy se bude dbát přednostně na pocity a vjemy problémového jedince, pro něhož je třeba adaptace na prizmatickou hodnotu problémová. Při měření mělo vždy oko dominantní daleko rychlejší odpověď a adaptaci, a dalo se s ním lépe pracovat. Ovšem naopak u oka dominantního nastávaly častěji problémy s nevolností, motáním hlavy či bolestí hlavy. Často vyšetřovaní s prizmatickou korekcí na dominantním oku nevydrželi déle než pár minut.

Dalším cílem bylo potvrdit nebo vyvrátit tuto skutečnost, že ženy mají zvýšenou citlivost pro barevné spektrum, tedy by měly pociťovat a vidět barvy již u menších hodnot prizmatických skel. Tento fakt byl potvrzen, opravdu ženy pociťovaly barvy daleko dříve než muži. Rozdíl mezi mužem a ženou byl zásadní, při jednotlivém měření se někdy jednalo až o rozdíl 5 pD. Z tohoto faktu vyplývá, že je možnost u citlivějších žen větší nesnášenlivost vyšších prizmatických skel, tudíž větší nepřipustnost předepsat ženám oproti mužům takovouto korekci.

Hranice disperze světla z teoretických výpočtů se nepotvrdila s pocity a vnímáním barev u vyšetřovaných. U emetropů, bez jakýchkoliv příznaků strabismu se dalo očekávat, že pocítí nechtěně navozené jevy již při nižších prizmatických hodnotách, protože pro jejich mozek byla prizmatická korekce novinkou.

V klinické praxi se udává hodnota 15 pD, kdy by se již neměla prizmatická korekce předepisovat, i při tomto experimentu se dokázala potvrdit tato hranice. Zraková ostrost se vlivem vyšších prizmatických hodnot snížila natolik, že pro předepsání takto vysoké korekce by mohly nastat spíše vedlejší účinky, které by mohly být pro daného klienta naprosto neakceptovatelné.

Otázkou stále zůstává, jestli je prizmatická korekce vhodnou a adekvátní volbou při řešení problémů binokulárních anomálií? Z mého hlediska jde o velice individuální potřebu každého problémového jedince, pokud ovšem správná subjektivní refrakce ani zrakový trénink a ostatní adekvátní metody neulevují potížím a problémům jedince v běžném životě, nebála bych se zvolit tuto alternativu. Z vlastní zkušenosti mohu dodat, že mi zachránila a ovlivnila prizmatická korekce kvalitu života. K určení a detekci správné prizmatické hodnoty korekce musí být ale každý oční specialista pozorný, a to především u vyšších hodnot, protože vzhledem k tomuto experimentu, je hned několik nechtěných a nepřírozených jevů, na který se klient nemusí adaptovat. Měl by být brán zřetel i na rozdílnou snášenlivost prizmatické korekce a její snížení zrakové ostrosti mezi okem dominantním a okem nedominantním.

4. Závěr

Tento článek se věnoval problematice prizmatického klínu a jeho následného využití při binokulárních anomáliích jako jednu z alternativ řešení. V dnešní době je prizmatická korekce u očních specialistů opomíjené téma, přesto se s výskytem dekompenzovaných heteroforií ve vyšetřovnách mohou setkávat velmi často, bohužel málokdo volí tuto alternativu a spousta lidí tím přichází o kvalitu života.

Vyšší prizmatické hodnoty mají opravdu zásadní vliv na vidění, prostorovou orientaci a tím ovlivnění kvality života. Nechtěně navozené jevy touto vyšší korekcí snižují zrakovou ostrost a navozují nepříjemné až nesnesitelné pocity. Vyskytující se barevné lemy kolem předmětů, tedy vznik disperze světla vlivem aplikace vyšších prizmat, ovlivňuje naše vnímání okolí. Dalo by se tedy říci, že prizmatická korekce má smysl jen do určité akceptovatelné míry, kdy jsou vyčerpána jiná alternativní řešení, a astenopické potíže stále přetrvávají.

5. Literatura

- [1] EVANS, B. J. W. a D. PICKWELL. Pickwell's binocular vision anomalies. 5th ed. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, c2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [2] HOWARD, Ian P. a Brian J. ROGERS. Binocular vision and stereopsis. New York: Oxford University Press, 1995. ISBN 0-19-508476-4.
- [3] STIDWILL D. a R. FLETCHER. Normal binocular vision: theory, investigation and practical aspects. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2011. ISBN 9781405192507.
- [4] ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [5] Stanovení naturální zrakové ostrosti [online] . [cit. 2020 - 04 - 07] . Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/03-naturalni-zrakova-ostrost.html

- [6] Zraková ostrost [online] . [cit. 2020-04-07] . Dostupné z: <http://www.ocnioptik.eu/oko-a-videni/zrakova-ostroost/>
- [7] VON NOORDEN, Gunter K. a Gunter K. VON NOORDEN. Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus. 4th ed. St. Louis: Mosby, 1990. ISBN 0-8016-5822-5.
- [8] HROMÁDKOVÁ, Lada. Šilhání. Vyd. 2., dopl. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN isbn80-7013-207-8.
- [9] VON NOORDEN, G. K. a E. C. CAMPOS. Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus. 6th ed. St. Louis, Mo.: Mosby, c2002. ISBN 0-323-01129-2.
- [10] SCHEIMAN, M. – WICK, B. CLINICAL MANAGEMENT OF Binocular Vision. 4th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014, 722 s. ISBN 9781451175257.
- [11] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text (Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví). ISBN 80-7013-148-9.
- [12] Binokulární korekce [online] . [cit. 2019 - 12- 30] . Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/08-bino-korekce.html
- [13] DIVIŠOVÁ, G. Strabismus. 2. vydání. Praha: AVICENUM, 1990. 312 s. ISBN 08-039-90
- [14] FUKA, Josef a Bedřich HAVELKA. Optika a atomová fyzika: fyzikální kompendium pro vysoké školy. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1961.

6. Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Mgr. Jakubu Královi za předání cenných rad a postřehů k dané problematice. Dále bych chtěla poděkovat paní doktorce Mgr. Janě Urzové, Ph.D. za poskytnutí odborných konzultací a materiálů s ohledem na fyzikální stránku práce.

Parametry individuální čtecí vzdálenosti

B. Vaňková¹

¹ České vysoké učení technické, fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: vankova-bara@seznam.cz

Abstrakt. Studie se zaměřuje na vyšetření závislosti mezi tělesnou výškou a čtecí vzdáleností tištěného textu a mobilního zařízení. K vyšetření byla použita Jägerova tabulka a mobilní telefon. Výzkumu se zúčastnilo celkem 88 osob, z toho 55 žen a 33 mužů, při vyšetření zraku byla změřena refrakce do blízka, v případě mladších probandů, kteří adici nepotřebovali, se výzkum do blízka prováděl s vyhovující korekcí do dálky. Jako první se zkoumalo porovnání tělesné výšky a obou čtecích vzdáleností. Dále měl být potvrzen vzájemný vztah čtecích vzdáleností. Bylo zjištěno, že z poskytnutého vzorku probandů vyšší lidé čtou ve větší vzdálenosti než vzrůstově menší. Potvrdilo se, že většina naměřených probandů (75 z 88) drží mobilní telefon blíže než čtený text. Data byla zpracována zvlášť pro muže a ženy a následně pro celý soubor dohromady. Další součástí výzkumu bylo ověření závislosti adice na věku. Výsledkem bylo pro tento soubor probandů potvrzení přímé úměry mezi stoupajícím věkem a rostoucí adicí.

1. Úvod

Stejně tak jako stárne každá buňka v těle, stárne i oko a mění se jeho vlastnosti. Oko v průběhu lidského života neustále pracuje a zaostřuje na různě vzdálené předměty spoluprací mnoha mechanismů. Jeden z nejčastějších úkonů lidského oka je akomodace. Její velikost se určuje pomocí akomodační šíře, která s přibývajícím věkem klesá od cca 20 dpt (předškolní věk) až téměř k nule [1]. Z toho vyplývá, že člověk, který se nachází ve věkové kategorii 40+ let, nedokáže tak dobře zaostřit blízké předměty a potřebuje pomoc korekční pomůckou. Tito lidé proto vyhledávají pomoc oftalmologa či optometristy.

2. Čtecí vzdálenost a ovlivňující faktory

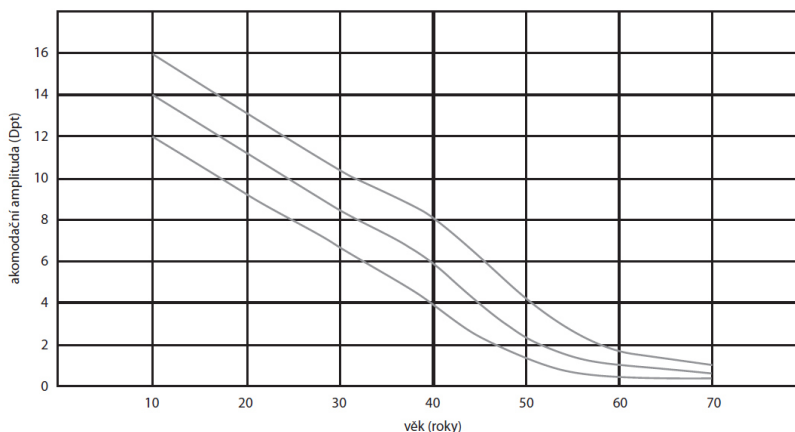
Nejvíce se na změně parametrů čtecí vzdálenosti podílí akomodace oční čočky.

Akomodace je velmi důležitou schopností oka, jelikož díky ní dokáže lidské oko zaostřit na předměty nacházející se ve velmi malé vzdálenosti až po předměty ležící v nekonečnu (uvažujeme vzdálenost 6 m a více, na tuto vzdálenost je oko v relaxovaném stavu a neakomoduje). [1]

Oční čočka je transparentní, pružná a avaskulární, dokáže se vyklenout a vrátit do původního stavu, čemuž napomáhají radiální a cirkulární svaly. Vlákná závěsného aparátu drží čočku na svém místě. Vychází z řasnatého tělesa a upínají se na ekvátor čočky. Tahem za vlákna se čočka oplošťuje nebo naopak uvolňuje a díky elasticitě tím může měnit svou optickou mohutnost, která závisí také na předozadní délce a na poloměrech zakřivení jednotlivých lámavých ploch. [1, 2]

Jeden z důležitých faktorů, který ovlivňuje vzdálenost, ve které člověk čte, je věk. Kolem 40. roku života se objevují potíže se zaostřením blízkých předmětů. Blízký bod oka se posouvá směrem dále od oka a tudíž si člověk text začne oddalovat. To je jeden z nejvýznamnějších ukazatelů počínající presbyopie neboli vetchozrakost [1, 3]. Mezi dalšími příznaky se objevují bolesti hlavy a očí, potřeba většího osvětlení nebo mhouření očí [3].

¹ Komu by měla být adresována veškerá korespondence.



Graf 1. Závislost akomodační šíře na věku [1]

Z grafu 1 je patrné, že schopnost akomodace se snižuje společně s přibývajícím věkem. Akomodační šíře v předškolním věku může dosáhnout až 20 dpt. Kolem 40. roku života klesá přibližně na 6 dpt, kdy se z člověka stává presbyop a potřebuje korekci do blízka v podobě adice [1, 2, 4]. Mezi 60 – 70 lety akomodační schopnost klesá téměř k pouhé 1 dpt. Hodnoty akomodační šíře lze vypočítat jako rozdíl převrácené hodnoty polohy dalekého a blízkého bodu nebo jako rozdíl akomodační schopnosti do dálky a do blízka, resp. rozdíl minimální a maximální akomodace. Pro výpočet akomodační šíře se používá vzorec: [1, 2, 4, 5]

$$A_s = \frac{1}{a_R} - \frac{1}{a_P} = A_R - A_P \quad (1)$$

kde A_s značí akomodační šíři v dioptriích, a_R polohu dalekého bodu a a_P polohu blízkého bodu měřených v metrech, A_R schopnost akomodace oka do dálky a A_P akomodační schopnost do blízka měřených v dioptriích.

3. Experimentální část

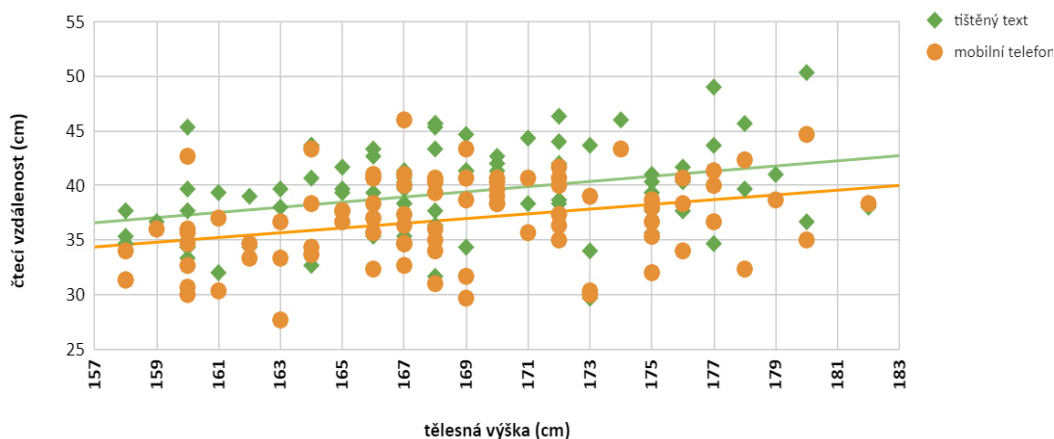
Pro výzkum byl použit soubor čítající 88 probandů ve věkovém rozmezí 16-82 let a výškou mezi 155 – 184 cm. Kritéria pro výběr byla definována následovně - oko bez patologie, tzn. katarakta (šedý zákal), glaukom (zelený zákal), makulární degenerace (onemocnění nebo poškození sítnice), amblyopie (tupožrakost), strabismus (šilhání), diplopie monokulární nebo binokulární (rozdvojené vidění) [1]. Zároveň tyto osoby nesměly trpět celkovým onemocněním, konkrétně diabetem (cukrovka), thyreopathií (onemocnění štítné žlázy) a hypertenzí (vysoký tlak) [1]. V případě jakékoliv patologie mohou být výsledky nepřesné.

Cílem experimentální části bylo porovnání navzájem čtecích vzdáleností pro mobilní telefon a tištěný text. K tomu byla použita Jägerova tabulka.

Pro vyšetření refrakčního stavu do dálky byl použit program OptivisionChart. Obrazovka byla umístěna 5,1 m od vyšetřovaného. Výška znaku na optotypu pro visus 1,0 byla 8 mm.

Nejmenší řádek na Jägerově tabulce byl vysoký 1 mm. Obrazovka použitého mobilního zařízení měla rozměry 12,1 x 6,8 mm a velikost písma nastavená na výšku 2 mm.

Třikrát byly změřeny hodnoty, ve které proband držel text a následně mobilní zařízení, pomocí kancelářského 50cm pravítka. Následně byly tyto hodnoty porovnány s tělesnou výškou vyšetřovaného. Z těchto hodnot byl vypočítán aritmetický průměr a hodnoty zaneseny do grafu 2. Tělesná výška byla sdělena klientem.



Graf 2: Graf závislosti čtecí vzdálenosti na tělesné výšce

Graf ukazuje porovnání jednotlivých čtecích vzdáleností v závislosti na tělesné výšce. Zároveň lze vyčíst vztah obou vzdáleností na čtení mezi sebou.

4. Výsledky

U většiny respondentů (75 z 88) bylo změřeno, že tištěný text drží ve větší vzdálenosti než mobilní zařízení. Naměřené hodnoty byly statisticky zpracovány a získané hodnoty zaneseny do tabulky 1.

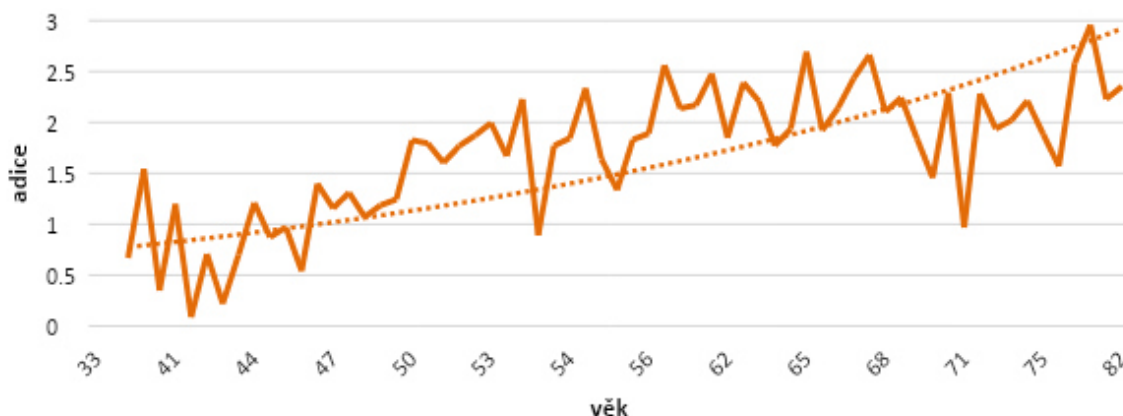
Tabulka 1: Porovnání naměřených dat čtecích vzdáleností pro jednotlivá pohlaví a pro celý soubor probandů (čísla jsou uvedena v cm)

	ženy		muži		celkem	
	text	telefon	text	telefon	text	telefon
maximum	46	46	50	37	50	46
minimum	28	28	32	30	28	28
průměr	39	36	41	38	39	37
modus	40	35	37	41	40	41
medián	39	36	41	39	39	37

Dle získaných dat vyšetřovaní drželi text v rozmezí 28 – 50 cm, což je v toleranci s ideální čtecí vzdáleností uváděnou v literatuře (30 – 40 cm) [3, 6, 7]. Data byla přepočtena na jednotnou vzdálenost 40 cm, aby mezi sebou mohla být relevantně porovnána. Bylo potvrzeno, že s rostoucí tělesnou výškou se prodlužuje i čtecí vzdálenost. Tento vztah byl prokázán pro mobilní telefon i tištěný text.

U probandů byla zjištěna čtecí vzdálenost pro mobilní telefon menší než čtecí vzdálenost pro tištěný text, a to nezávisle na pohlaví probandů, u žen však byla pozorována obecně menší vzdálenost při čtení z Jägerovy tabulky.

Další součástí výzkumu bylo potvrdit závislost adice na věku. Výsledky byly porovnány s výzkumem D. B. Elliotta [7]. Na grafu 3 je patrný stoupající trend, tedy potvrzení, že přídavek do blízka se zvyšuje společně s věkem. Ačkoliv data v grafu kolísají, závislost je i přesto patrná.



Graf 3: Graf závislosti adice na věku

5. Závěr

Studie se zaměřuje na parametry ovlivňující čtecí vzdálenost u mobilního telefonu nebo klasického tištěného textu. Z dat bylo zjištěno, že mobilní telefon obecně lidé drží blíže než tištěný text. Ženy oproti mužům čtou v menší vzdálenosti. Současně jsou zúčastněné ženy obecně menší než muži. Součástí výzkumu bylo porovnání zjištěných údajů s tělesnou výškou probandů. Tato data byla zpracována v grafu 2.

Na stejném souboru byla ověřena teorie porovnávající věk a přídavek do blízka. Adice se společně se s rostoucím věkem zvětšuje, což potvrzuje i graf 3, kde je patrný stoupající trend.

6. Odkazy a zdroje

- [1] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [2] KOLARČÍK, Lukáš, Václav DEDEK a Michal PTÁČEK. Příručka pro sestry v oftalmologii. Praha: Grada Publishing, 2016. Sestra (Grada). ISBN 9788024754581.
- [3] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-x.
- [4] KRAUS, Hanuš. Kompendium očního lékařství. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1
- [5] ESTEVE-TABOADA, José J., Robert MONTÉS-MICÓ a Teresa FERRER-BLASCO. Systematic eye models to mimic the behavior of the accommodated human eye. Journal of Cataract & Refractive Surgery [online] . Wolters Kluwer Health, 2018, 1.5.2018, 44(5), 627-641 [cit. 28-02-2020] . Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.02.024>
- [6] EFRON, Nathan. Optometry A-Z. 1. Oxford, 2007. ISBN 978-0-7506-4913-1.
- [7] ELLIOTT, David B. Clinical procedures in primary eye care. Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-8896-3.

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce, Mgr. Jakubu Králi, za odborné rady v oblasti optometrie a také Mgr. Davidu Přikrylovi za pomoc s editací textu.

Vliv změny individuálních parametrů progresivní čočky na vidění

Adéla Vysušilová¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: a.vysusilova@seznam.cz

Abstrakt. Práce pojednává o konstrukci a výrobě progresivních brýlových čoček. Popisuje výhody a nevýhody měkkého, tvrdého, symetrického a asymetrického designu. Porovnává konvenční a Free-form technologii výroby, která se dnes nejčastěji uplatňuje při výrobě progresivních čoček. Experimentální část byla provedena ve firmě Omega-optix v softwaru pro výrobu brýlových čoček LensWare, kterému je věnována samostatná kapitola. Práce se zabývá vlivem pantoskopického úhlu, wrapu a vertex distance na vidění u progresivních brýlových čoček a možnostmi využití zákonitostí změny individuálních parametrů brýlové korekce v praxi. Dále jsou porovnány teoretické mapy progresivních čoček z programu LensWare a mapy vyrobených čoček analyzované přístrojem Visionix pro zhodnocení přesnosti výroby.

1. Úvod

V dnešní době moderních technologií je zrak velmi namáhaným smyslem. Časté střídání vzdáleností, na které je třeba zaostřit, může být pro akomodační aparát oka náročné, na blízké vzdálenosti u osob s presbyopií nemožné. Presbyopie neboli vetchozrakost je způsobená degenerací oční čočky, která postupně ztrácí schopnost akomodace. Je to fyziologický proces, který se začíná obvykle projevovat okolo 40. roku života.

Vzhledem k rychlému zvyšování průměrného věku světové populace lze očekávat nárůst počtu presbyopů, a tím i poptávky po progresivních čočkách. Jejich výroba prošla dlouhým vývojem, od ručního broušení po automatizovanou výrobu pomocí CNC (Computer numerically controlled) strojů. Nejmodernějším způsobem výroby brýlových čoček je Free-form technologie, kterou využívá i firma Omega-optix. Jejich výroba se opírá o softwarový program LensWare, ve kterém byla provedena experimentální část.

Častým problémem u progresivních čoček je adaptace klienta na progresivní korekci. Vzhledem k finanční náročnosti progresivních čoček pro klienta a samozřejmě snahu optometristy o komfortní a přesnou korekci, je žádoucí, aby byl klient s progresivními čočkami spokojen a poskytly mu co nejvyšší zrakovou ostrost na všechny vzdálenosti. Nejčastějšími důvody špatné adaptace na progresivní čočky jsou chyby měření, chyba centrace a zanedbání individuálních parametrů. I malá chyba měření může klientovi působit velké potíže s adaptací na novou korekci. Drobné odchylky však v určitých případech lze korigovat přizpůsobením obruby ve třech individuálních parametrech – inklinaci (pantoskopickém úhlu), prohnutí obruby (wrap) a vrcholové vzdálenosti (vertex distanc).

V tomto článku jsou popsány zákonitosti mezi změnou individuálních parametrů a sférickým účinkem korekce do dálky, do blízka a jejich rozdílem, tzv. adice. Dále jsou porovnány teoretické mapy progresivních čoček s tvrdým a měkkým designem z programu LensWare a mapy vyrobených čoček z analyzátoru Visionix.

2. Experimentální část

V praxi v očních optikách se poměrně často můžeme setkat s klienty, kteří mají problém s adaptací na progresivní korekci. Důvodem může být chyba ve vyšetření zraku (špatné stanovení sféry, cylindru nebo

adice, chybné nastavení zkušební obruby, lidský faktor), v klientovi (např. únava při vyšetření, vliv farmak, nesoustředěnost) či v podmínkách vyšetření (světelné podmínky, hluk). Výzkum zjišťuje, zda se drobná odchylka v korekci dá upravit pomocí změny individuálních parametrů brýlové obruby a tím by klientům poskytla snadnější adaptaci na progresivní korekci. Dále se zhodnotí přesnost výroby progresivních brýlových čoček díky porovnání teoretické a reálné mapy čočky.

3. Metodika

Experimentální část byla provedena ve firmě Omega-optix, která poskytla data z programu LensWare i čočky pro měření ve druhé části. Pro první část byly použity čočky Exact DS Hard Individual, index lomu 1,5, koridor Regular tzn. výška koridoru je 18 mm. Ve druhé části jsou použity k měření čočky Exact DS Hard 1,5 a Exact DS Soft 1,5, taktéž s koridorem Regular.

První měření proběhlo pro čočky pěti různých dioptrií (-6,0 D; -3,0 D; plan; +3,0 D; +6,0 D) a pro tři různé adice (1,0; 2,0; 3,0). Ve druhé části jsou změřeny čočky -3,0 D s adicemi 1,5 a 3,0.

Ve druhé části jsou čočky měřeny ve fokometru Visionix na akademické půdě FBMI ČVUT.

4. Vliv změny individuálních parametrů progresivní čočky na vidění

4.1. Inklinace (*Pantoskopický úhel*)

Při rovnání obruby z inklinace 10° na 0° se sníží dioptrický účinek o 0,20 D, aniž by se změnila adice. To však platí pouze u sférické korekce +6,0 D. U nižších a mínusových dioptrií je změna sférické korekce zanedbatelná.

Pokud u vysoké hypermetropie došlo k překorigování a je třeba snížit dioptrickou hodnotu o -0,2 D, lze nastavit pantoskopický úhel z polohy 10° na 0° . Pokud je třeba snížit až o -0,4 D, lze nastavit pantoskopický úhel z polohy 10° na 20° .

4.2. Wrap (*Prohnutí v nosníku*)

Při nedokorekci do dálky u plusových čoček, konkrétně +6,0 D, lze zvýšit účinek sférické korekce tím, že se narovná brýlový střed o 10° a tím se zvýší korekce o 0,50 D za cenu úbytku adice o 0,21 D u adice 1,0, o 0,27 D u adice 2,0 a o 0,3 D u adice 3,0. Narovnáním brýlového středu o 5° se korekce zvýší o 0,33 D. To stejné lze udělat s čočkou +3,0 D, kde se narovnáním brýlového středu o 10° zvýší dioptrický účinek o 0,25 D.

4.3. Vertex distance (*Vrcholová vzdálenost*)

Při přiblížení brýlí o 5 mm z vertex distanc 12 mm na 7 mm se zvýší hodnota korekce na dálku o 0,2 D. Výchozí dioptrie jsou -6,0 D a adice hodnotu sférické korekce do dálky nemění.

Při přiblížení brýlí o 5 mm z vertex distanc z 12 mm na 7 mm se zvýší účinnost adice o 0,14 pokud byla původní adice 3,0 a výchozí dioptrie jsou +6,0 D. U stejné dioptrie a adice 1,0 a 2,0 se účinek zvýší o 0,1 D.

Při vyšší adici nemají zákazníci problém, protože si svojí danou korekci najdou v místě nad vztažným dílem do blízka. Pokud však změříme menší adici než zákazník potřebuje, můžeme drobnou nedokorekci spravit přiblížením brýlí směrem k oku.

5. Porovnání teoretické a reálné mapy čočky

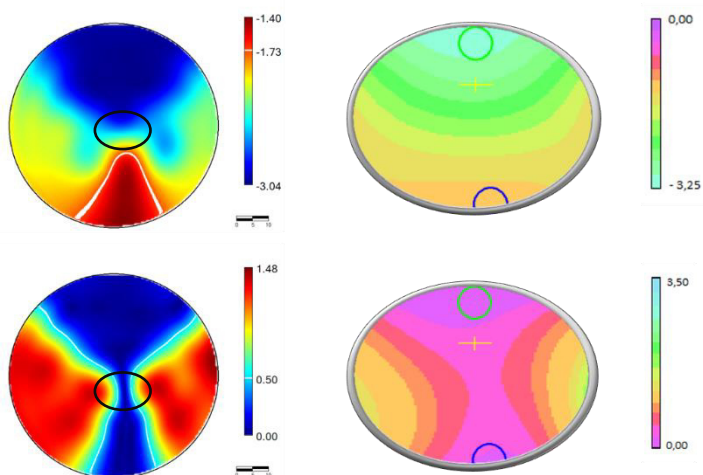
Veškeré teoretické vědomosti je vždy potřeba ověřit v praxi. Proto se tato kapitola věnuje porovnání teoretické mapy vytvořené programem LensWare a skutečné plochy brýlové čočky analyzované přístrojem Visionix na akademické půdě ČVUT FBMI.

Porovnává se vždy mapa sférická a mapa okrajového astigmatismu. Porovnávanými čočkami jsou Exact DS Hard a Exact DS Soft s koridorem Regular (18 mm), index lomu 1,5 v dioptriích -3 s adicemi 1,5 a 3,0.

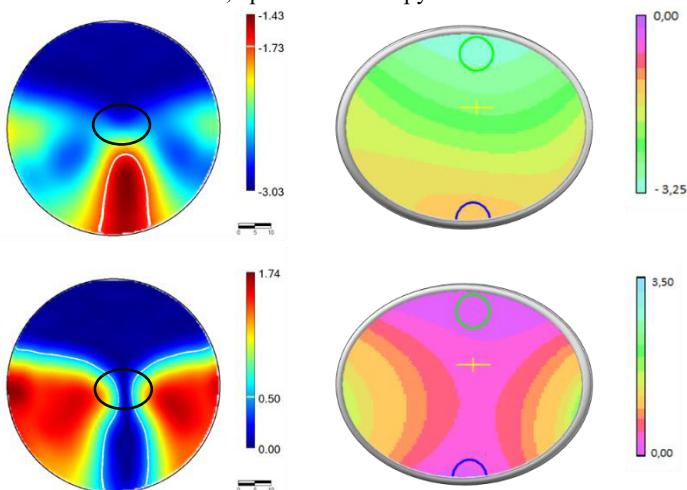
Na obrázku 5.1 jsou v horní části sférické mapy a v dolní části mapy astigmatismu čočky Exact DS Soft s adicí 1,5. Mapy z fokometru Visionix zobrazují pouze centrální část čočky, pro přehlednost je zobrazená oblast na mapě z LensWare vyznačena. Pokud porovnáme teoretickou a reálnou mapu sférického účinku, vidíme, že mapa je odpovídající. Stejně tak u map v dolní části obrázku znázorňující astigmatismus.

Pokud tyto mapy měkkého designu čočky porovnáme s obrázkem 5.2, kde vidíme čočku Exact DS Hard, tedy s tvrdým designem, můžeme pozorovat tři hlavní rozdíly. Šírka zóny na dálku a na blízko je vyšší u měkkého designu. Dále lze říct, že koridor u měkkého designu je pozvolnější, podle tyrkysové barvy značící přibližně polovinu adice. Pak si lze všimnout rozložení okrajového astigmatismu, kde u měkkého designu je rovnoměrnější.

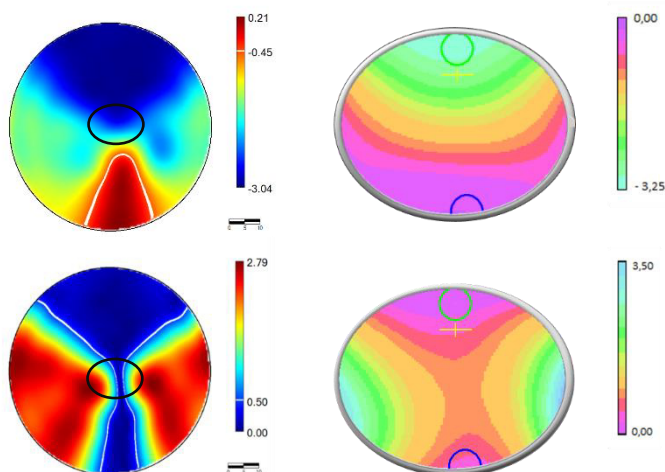
Na obrázku 5.3 a 5.4 jsou vyobrazeny mapy progresivních čoček Exact DS Soft a Hard o dioptrii -3, obdobně jako u předchozích obrázků, ale s adicí 3,0. Platí zde stejné rozdíly mezi měkkým a tvrdým designem, ovšem oproti adici 1,5 je zde znatelně užší koridor. Zúžila se i zóna do blízka u obou designů. Se strmějším nárůstem adice se zvýšila i strmost nárůstu astigmatismu na okrajích čočky.



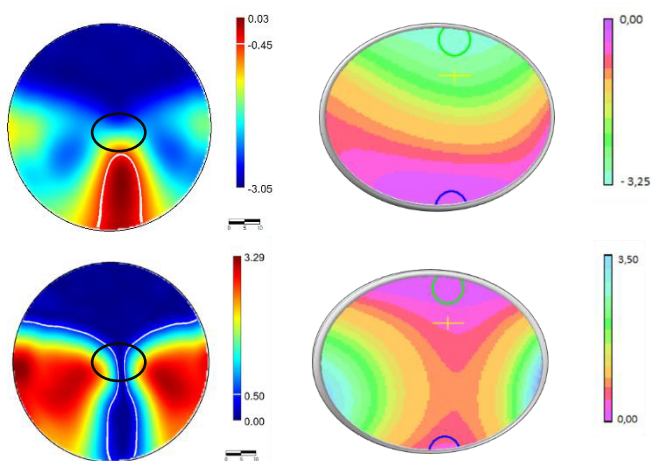
Obrázek 5.2 – Exact DS Soft R 1,5 -3,0 D add 1,5, vlevo teoretické mapy z LensWare, vpravo reálné mapy z Visionix



Obrázek 5.1 – Exact DS Hard R 1,5 -3,0 D add 1,5, vlevo teoretické mapy z LensWare, vpravo reálné mapy z Visionix



Obrázek 5.3 – Exact DS Soft R 1,5 -3,0 D add 3,0, vlevo teoretické mapy



Obrázek 5.4 - Exact DS Hard R 1,5 -3,0 D add 3,0, vlevo teoretické mapy

6. Diskuse

Cílem experimentu bylo určení zákonitostí při změně individuálních parametrů progresivní čočky. Z výsledků vyplývá, že u dioptrií od -5,0 D do + 2,0 D vliv změny jednotlivých parametrů není klinicky významný.

U progresivní čočky +3,0 D lze narovnáním brýlového středu o 10° (snížením wrapu o 10°) zvýšit korekci do dálky o 0,25 D u libovolné adice.

U dioptrie -6,0 s libovolnou adicí lze korekci snížit na -5,8 D přiblížením brýlí z vertex distance 12 mm na 7 mm.

Největší vliv změny individuálních parametrů byl zjištěn u čoček +6,0 D. Přehledně jsou naměřená data shrnuta v tabulce 6.

Tabulka 1 – Vliv změny individuálních parametrů na progresivní čočku +6,0 D

	Sféra do dálky	Adice
Změna inklinace 10° na 20°	-0,4 D	Beze změny
Změna inklinace 10° na 0°	-0,2 D	Beze změny
Změna wrapu o -5°	+0,3 D	Beze změny
Změna wrapu o -10°	+0,5 D	-0,3 D u adice 2,0 a 3,0 -0,2 D u adice 1,0
VD z 12 mm na 7 mm	Beze změny	+0,1 D u adice 1,0 a 2,0 +0,14 D u adice 3,0

Výsledky první experimentální části jsou překvapivé, vliv individuálních parametrů byl očekáván vyšší. Aby byl výzkum proveden plně, bylo by nutné zjistit změnu hodnot i pro progresivní čočky s cylindry pro různé změny vertex distance, pantoskopického úhlu a změnu zakřivení obruby. Zajímavý by mohl být i obdobný experiment pro více designů čoček např. Exact DS Soft Individual a také pro vyšší indexy lomu 1,6, 1,67 a 1,74.

Bohužel, kvůli nouzovému stavu v České republice vyvolanému nemocí Covid-19 nešlo z důvodu bezpečnostních opatření získat všechna potřebná data.

U druhé experimentální části bylo cílem porovnat mapy generované v systému LensWare před samotnou výrobou čočky a mapy již vyrobené čočky z fokometru Visionix.

Visionix umožňuje měřit pouze centrální, ovšem nejdůležitější, část progresivní čočky v oblasti progresivního kanálu. Oproti minulosti, kdy se často stávalo, že finální čočka neodpovídala návrhu, lze říct, že nynější výroba je velice přesná. Mapy jsou identické a díky tomu lze odhadnout chování čočky a zvolit tak nejvhodnější design progresivní čočky pro konkrétního klienta.

7. Závěr

Progresivní brýlové čočky jsou nejlepší možností korekce presbyopie. Umožňují vidění na všechny vzdálenosti a oproti ostatním možnostem korekce jsou nejméně invazivní. Cílem dalšího vývoje konstrukce progresivních brýlových čoček je co největší redukce aberací nižších i vyšších řádů, zejména v okrajových částech čočky. V zónách ostrého vidění byly aberace, díky novým designům a inovacím, ve velké míře potlačeny. Tomu přispěla i možnost výroby brýlových čoček pomocí Free-form technologie, která umožnila softwarem modelované nové designy vyrobit s přesností na 0,01 D.

Jedním z takových softwarů je LensWare od firmy Omega-optix. Oproti minulosti jsou mapy návrhu a finální vyrobené čočky takřka identické.

Vliv individuálních parametrů na chování progresivní čočky byl zjištěn v menší míře, než bylo očekáváno. Největší vliv inklinace, wrapu a vertex distance byl zjištěn u čočky +6,0 D nezávisle na velikosti adice. Porovnání map z LensWare a z Visionix potvrdilo, že Free-form technologie je velice přesným způsobem výroby progresivních čoček na rozdíl od starší konvenční výroby.

Do budoucna by bylo vhodné rozšířit experimentální část práce o vliv individuálních parametrů na progresivní čočky s cylindry korigující astigmatismus, případně i progresivní čočky s korekcí heteroforie prizmaty.

Závislost P.D. na individuálních parametrech dospělých osob

M. Katona¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: marcelkatona@gmail.com

Abstrakt. V bakalářské práci se budu věnovat měření a problematice PD u dospělých. Chystám se porovnávat různé způsoby měření vzdáleností zornic, jako jsou metody použití PD metru, foropteru, PD pravítka a nanášení vzdálenosti zornic pomocí křížku na fólie (Viktoriina metoda) ve vybrané obrubě. Dále pak bude použito PD, které pacient bude mít ve své korekci. Budu zkoumat velikost PD v závislosti na parametrech obličeje a výšce klienta.

1. Úvod

Zrak je nejdůležitějším smyslem člověka. Většinu informací z vnějšího světa získáváme právě očima. Oko je párový orgán, který umožňuje vidět prostorově a zajišťuje hloubkový vjem viděných předmětů. Nedílnou součástí správného počítka obrazu je i zornice, její tvar a možnost změny jejího průměru zajišťuje správné zobrazení obrazu pozorovaného předmětu na sítnici. Vzdálenost očí pak udává, jak velkou schopnost má daná osoba rozpoznat hloubkový vjem.

2. Anatomie oka

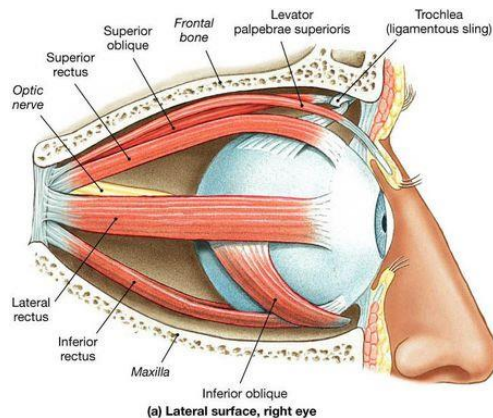
Bulbem pohybuje šest okohybných svalů. Čtyři z nich jsou přímé a dva jsou šikmé. Mezi přímé svaly patří musculus rectus superior, inferior, medialis a lateralis. Tyto svaly se k bulbu upínají před jeho ekvátorem v rozdílné vzdálenosti od limbu. Tenká vazivová membrána intermuskulárního septa je napnutá mezi dvěma sousedícími svaly, blokuje orbitální tuk a plní funkci brzdícího vazy, který brání výraznému předozadnímu posunu bulbu při retrakci a kontrakci svalu. Pro vertikální pohyb zajišťuje brzdící pohyb Lockwoodovo spodní příčné ligamentum. Nachází se mezi bulbem a dolním víčkem. Přímé svaly jsou zakončené společně a vstupují do společného vazivového prstence, který se nachází v hrotu orbity. Hrotem orbity prochází zrakový nerv společně s hlavními cévními kmeny. Levátor horního víčka se upíná do téhož vazivového prstence. Mezi funkce zevních přímých svalů patří retrakce a vtahování bulbu do orbity. Tukový polštář působí proti nim a vyrovnává tak polohu oka v očníci. [1, 5]

Mezi šikmé svaly patří musculus obliquus superior a musculus obliquus inferior. Musculus obliquus superior je horní šikmý sval a má nejméně pravidelnou intericii ke sklěře oproti ostatním zevním svalům. Svou vazivovou šlachu směřuje nazálně přes kladku a šikmo nahoru, ke stěně očníce. V hrotu orbity, ve vazivovém prstenci je ukončená vlastní svalová část ležící za kladkou. Dolní šikmý sval musculus obliquus inferior se pod zevním přímým svalem upíná ke sklěře. Je ukončen u kostěného okraje a jeho dráha vede ve vlastní vazivové povázce, nad a přes dolní přímý sval do dolního kvadrantu očníce. [1, 5, 10]

Musculus rectus superior, inferior, medialis a musculus obliquus inferior jsou inervovány pomocí třetího hlavového nervu, n. III. (nervus oculomotorius), pomocí n. IV. hlavového nervu (nervus trochlearis) je inervován horní šikmý sval (musculus obliquus superior). V neposlední řadě pomocí n. VI. hlavového nervu (nervus abducens) je inervován poslední přímý sval a to zevní přímý sval (musculus rectus lateralis). [1, 10]

Okohybné svaly jsou v porovnání s jinými svaly velmi jemné i přes to, že jsou to svaly příčně pruhované. V očních svalech jsou svalová vlákna tenčí a jejich součástí je velké množství elastických vláken. Horní přímý sval je nejdelší, naopak nejkratší je dolní přímý sval. Horizontální svaly mají pouze primární funkci a to jednosměrný pohyb oka. Ostatní svaly pak mohou okem pohybovat různými směry. Hlavní funkce musculus rectus superior je pohyb nahoru (elevace), vedlejší funkce jsou pak addukce a intorze (pohyb dovnitř a stočení oka dovnitř). Musculus rectus inferior má jako primární funkci depresi (dolů), jako sekundární funkci má addukci a extorzi (pohyb dovnitř a stočení

oka ven). Musculus rectus medialis má pouze jednu funkci a to addukci, stejně jako musculus rectus lateralis. Intorzi (stočení oka dovnitř má za úkol musculus obliquus superior. Jeho dalšími funkcemi jsou deprese a abdukce (pohyb oka dolů a zevně). Poslední z okohybných svalů musculus obliquus inferior se stará o extorzi (stočení oka ven), dále pak o elevaci a abdukci. [1, 10]



Obr. 1: Okohybné svaly [11]

Zraková dráha je tří neuronová a spojuje sítnici se zrakovým centrem v týlním laloku. Prvním neuronem jsou bipolární buňky sítnice, druhým neuronem jsou gangliové buňky. Zrakovou dráhu dělíme na periferní a centrální části. Bipolární buňky vytvářejí primární zrakovou dráhu a také spojení mezi tyčinkami a čípkami s gangliovými buňkami. Sekundární zraková dráha začíná u corpus geniculatum laterale a je tvořena gangliovými buňkami. Axony gangliových buněk jsou dlouhé, vedou sítnici a následně tvoří zrakový nerv. [3, 5]

Duhovka tvarem připomíná mezikruží. v jejím středu se nachází pupila. Pupila je mírně decentrovaná nazálně, tzn., že temporální část duhovky je širší než nazální část. Duhovka rozděluje oko na přední a zadní komoru. Přední strana duhovky nemá žádný epitel. Pod vrchním vazivem duhovky se nachází vrstva hladké svaloviny. Musculus sphincter pupillae je kruhovitě uspořádaná svalovina, umožňuje svírání duhovky neboli miozu. Parasympatická vlákna z nervus oculomotorius inervují musculus sphincter pupillae. Naopak musculus dilator pupillae je inervován sympatickými vlákny a je radiálně uspořádaný a rozšiřuje pupilu a umožňuje mydriázu. [2] Barvu duhovky určuje tloušťka vazivového stromatu, pigment prosvítající ze zadní plochy a hustota cév. Duhovka funguje jako clona, pokud je přicházejícího světla málo, pupila se rozvírá a při nadměrném množství světla se stahuje. [2, 5]

Zornice má šířku okolo 2-5 mm, tato šířka závisí od intenzity světla refrakce či věku. Terapeutická mydriáza, často se navozuje při zánětech duhovky neboli iridocyklitidách, aby bylo oko chráněno před možným vznikem komplikací. [2, 5]

Fyziologická mydriáza může vzniknout při psychickém rozrušení, nebo bolesti. Diagnostickou mydriázu používají oční lékaři k důkladnému vyšetření očního pozadí. Používají se parasympatikolitika, nebo sympatikomimetika. Anizokorie je stav, kdy má každé oko různou šířku zornice. Pokud je rozdíl velikosti zornic do 0.3 mm, tak tento rozdíl je fyziologický. Spastická mydriáza vzniká, pokud je nějakým způsobem drážděn sympatikus a stahem dilatátoru zornice. Vzniká vzácně a je krátkodobá. Spastická mioza vzniká, pokud je nějakým způsobem drážděn parasympatikusa stahem sfinkteru zornice. Paralytická mydriáza, jde o častý stav, kdy dochází k totální ztuhlosti zornice, následovaná poruchou reakce na světlo. Vzniká samostatně nebo s poruchou akomodace. [2, 5, 7]

3. Rozteč zornic a měření individuálních parametrů

Přesné určení vodorovné i svislé polohy zornic v korekční pomůcce je nutná, ke kvalitnímu zhotovení brýlí. Je zjišťováno, kudy prochází pohledové osy očí přes brýlovou čočku. PD je možno měřit různými způsoby - PD metr, křížky na fólie neboli Viktoriina metoda, centrovací věž, milimetrové pravítko a pomocí autorefraktometru. Pupilární vzdálenost můžeme měřit jak pro každé oko zvlášť, tak i binokulárně. Pokud měříme vodorovnou vzdálenost zornic, měříme ji při pohledu do nekonečna. Vzdálenost PD vyměřujeme nejlépe ve stoje cca půl metru od klienta. [12]

Pokud je zjišťována svislá poloha, vždy použijeme milimetrové pravítko popřípadě sofistikovaný software. Hodnotu výšky zornice zjistíme změřením vzdálenosti od středu křížku na brýlové fólii po spodní hranu obruby. Pro přesnou výšku musíme očnici dát na čtvercový papír a očnici brát jako čtverec a měřit výšku od vnější hrany očnice. [12]

4. Experimentální část

V experimentální části práce bylo cílem vyměřování PD a výšky dospělých klientů. PD bylo změřeno dvěma metodami a to pomocí autorefraktometru a také digitálního PD metru. Předmětem zájmu je zjistit průměrnou rozteč zornic u mužů a žen v České republice a následně zjišťovat její závislost na osobních parametrech, jako je právě výška. Výsledky jsou srovnány s bakalářskou prací s názvem Odhad centračních údajů nespolečného klienta dle anatomických detailů obličeje od autorky Bc. Simony Stuchlíkové.

Při vyměřování experimentální části bakalářské práce byl používán autorefraktometr značky COT typu ARK7800B a digitální PD metr pro změření rozteče zornic klientů a metr pro změření výšky. Vyměřování probíhalo ve standardních podmínkách vyšetřovny, která je součástí optiky Dr. Optic, tedy v takových podmínkách, aby se zamezilo oslnění klienta a tím i zkreslení naměřených hodnot. Měření klientů probíhalo od února do května 2020.

Pro zjištění závislosti PD na výšce bylo nutno změřit alespoň 50 klientů. Soubor měřených klientů byl ve věkovém rozmezí od 16 do 82 let. Výškově byli klienti od 159 cm do 190 cm.

Nejdříve byl klient vyměřen pomocí autorefraktometru, kde byly zjištěny jejich přibližné dioptrické hodnoty a poté i rozteč zornic. Poté bylo přistoupeno ke zjištění jejich anamnézy, kde jsem se mimo jiné zeptal i na výšku a dále byla výška i pomocí metru zkontrolována, aby hodnoty byly přesné. Klientům bylo provedeno standardní optometristické vyšetření a na konec jejich PD změřeno pomocí digitálního PD metru. Pomocí digitálního PD metru byly zjištěny hodnoty monokulárně i binokulárně. Z naměřených hodnot získaných pomocí autorefraktometru a PD metru bylo zjištěno, že mezi výškou člověka a jeho PD je určitá souvislost. Hodnoty výšky a PD byly dány do poměru (výška/PD) a výsledky zprůměrovány a zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Pro autorefraktometr vyšla hodnota 2,69 a pro PD metr 2,70. U dětí se tato hodnota nedala zjistit s takovou přesností, z důvodu toho, že data byla převzata z jiné bakalářské práce, kde nebyly uvedené hodnoty výšek dětí. Hodnoty výšek podle věku dětí byly převzaty z tabulky (viz příloha č. 1). Dle výpočtů z tabulkových hodnot mi tato hodnota vyšla 2,15.

6. Závěr

Na závěr mé práce bych rád zmínil, že každý člověk je originál a nemůže na všechny být stejné měřítko. Každá populace má jiné zastoupení jedinců, a proto není možné tuto studii aplikovat na všechny.

I přes to, že bylo změřeno 50 klientů, z mého pohledu to není dostatečný vzorek lidí pro výzkum této problematiky. Bohužel z důvodu Corona krize nebylo možné více lidí vyšetřit, a tudíž tyto výsledné hodnoty jsou ovlivněny malým vzorkem klientů. Samozřejmě naměřené hodnoty mohly být ovlivněny i lidskou chybou, ať už mojí nebo klientovou (nerespektoval moje pokyny, při vyšetření mohl být nervózní,...). Dále je zde samozřejmě nutné zmínit i možnou chybu přístrojů. I přes tyto překážky mohu potvrdit svou první hypotézu a to, že PD klientů bude záviset na výšce. Druhá hypotéza: Průměrné PD mužů bude větší, než průměrné PD žen, byla tímto výzkumem také potvrzena. Předpoklad, že rozteč zornic bude také záviset na výšce, se mi povedlo také potvrdit.

7. Zdroje

- [1] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [2] ROZSIVAL, Pavel. Oční lékařství. Praha: Galén, 2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [3] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [4] ŘEHÁK, Svatopluk. Oční lékařství: učebnice pro lékařské fakulty. 2. přeprac. vyd. Praha: Avicenum, 1989.
- [5] ČIHÁK, Radomír. Anatomie 3. Svazek III, Periferní nervový systém, kůže a kožní orgány, smyslové orgány. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. Strana 528-722, xxiii. ISBN 978-80-247-5636-3.

- [6] NAJMAN, Ladislav. *Dílenská praxe očního optika*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-701-3328-7.
- [7] CONSEJO, Alejandra, Hema RADHAKRISHNAN a D. Robert ISKANDER. Scleral changes with accommodation. *Ophthalmic and Physiological Optics*. Wiley Subscription Services, 2017, **37**(3), 263-274. DOI: 10.1111/opo.12377. ISSN 02755408. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/opo.12377>
- [8] RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-701-3301-5.
- [9] BAŠTECKÝ, Richard. *Praktická brýlová optika*. Praha: R+H Optik, 1997.
- [10] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-716-9079-1.
- [11] Okohybné svaly. In: *Šance pro oči* [online]. [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: <https://www.sanceprooci.cz/kapela/>

Zvýšená osmolarita slzného filmu a suché oko

M. Čisláková¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: monika.c134@seznam.cz

Abstrakt. Tento projekt nese název Zvýšená osmolarita slzného filmu a suché oko. V teoretické části práce je pojednání o slzném filmu. Kde jsou popsány jednotlivé vrstvy a jejich tvorba. Dále možnosti vyšetření slzného filmu kvantitativně i kvalitativně. Další kapitoly pojednávají o Suchém oku, který je příčinou poruch vrstev slzného filmu a možnosti jeho léčby. V praktické části je proveden experiment posouzení tří metod vyšetření slzného pomocí fluoresceinového barvení. U metody BUT, kde zjišťujeme kvalitu slz a u dvou metod kdy se sleduje, zda oko je zatíženo vyšší osmolaritou slz, která je předzvěst výskytu suchého oka u pacienta.

Abstract. This project is called Increased tear film osmolarity and dry eye. In the theoretical part of the thesis is a treatise on tear film. Where individual layers and their creation are described. Furthermore, the possibilities of tear film testing quantitatively and qualitatively. The next chapters deal with Dry Eye, which is the cause of tear film layer disorders and its treatment options. In the practical part, an experiment is made to assess three methods of lacrimal testing using fluorescein staining. For the BUT method, where we find tear quality and two methods to see if the eye is loaded with higher tear osmolarity, which is a precursor to dry eye in the patient.

Moderní technologie a jejich vliv na zrak

K. Frančová¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: kajafran@post.cz

Abstrakt. Tématem této práce jsou moderní technologie a jejich vliv na zrak. Rozebrána jsou témata anatomie oka, refrakční vady a jejich prevalence v populaci. Dále moderní technologie s ohledem na zrak či problematika syndromu počítačového vidění nebo ergonomie pracoviště. Experimentální část je složena z dotazníku na pracovní návyky a subjektivní obtíže spojené s prací na VDT zařízeních klasifikované též jako příznaky CVS. Dále se také skládá z výzkumu frekvence mrkání a rozdílu časů potřebných k přečtení daného textu před a po soustředěném pohledu do blízka na displej mobilního telefonu u dvou rozdílných profesních skupin. Zaměřena je rovněž na zhodnocení změny objektivní refrakce, akomodační a vergenční facility před pracovním výkonem a těsně po něm u pracovníků s digitálním zařízením.

Abstract. The topic of this thesis is the modern technologies and their effect on the eye sight. There are described the themes as anatomy of the eye, refraction defects and their prevalence in population. Then there are described modern technologies involved in the eye sight or the issue of the computer vision syndrome or the ergonomics of a work place. Experimental part contains a questionnaire about the work routine and subject problems connected with work on the vision digital terminal known as symptoms of computer vision syndrome. Then it is consisted of blink rating and the difference of the time needed to read a text before and after the continual watching a mobile phone display for two different kinds of workers. As well it is focused on rating the change of objective refraction, accommodation and vergence facility before job start and immediately after job end for VDT users.

Kvalita zraku tenisových rozhodčích

V. Kopriva ¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: Kopriva.Vojta@seznam.cz

Abstrakt. Cílem této práce je upozornit na problematiku prověrky kvality zraku tenisových rozhodčích jako možné součásti zkoušky k získání licence rozhodčího tenisu v České republice. Ta je součástí zkoušky pro získání licence mezinárodního rozhodčího. Kromě popisu náplně práce tenisových rozhodčích s ohledem na zrak, je součástí práce také soubor testů a zrakových funkcí vhodných pro tuto činnost. Zrakové funkce včetně zrakových testů jsou zde popsány též. Hlavní myšlenkou je jednak zlepšení kvality tenisu, ale především také možnost rozšíření pracovních možností optometristů.

Abstract. The aim of this work is to draw attention to the issue of quality control of tennis judges as a possible part of tests for obtaining a license of tennis referee in the Czech Republic. This is part of the exam for obtaining an international referee license. In addition to describing the work of tennis judges with regard to sight, a set of tests and visual functions appropriate to this activity are part of the work. Visual functions including visual tests are also described here. The main idea is, on the one hand, the improvement of the quality of tennis, but also the possibility of expanding the optometrist's work possibilities.



ISBN 978-80-01-06769-7

Kladno 2020