

# **BIOMEDICAL INFORMATICS AND ENGINEERING 2023**

**June 15th-16th, 2023  
Czech Technical University in Prague  
Faculty of Biomedical Engineering  
Kladno, Czech Republic**

## **CONFERENCE PROCEEDINGS**



**[www.bie2023.fbmi.cvut.cz](http://www.bie2023.fbmi.cvut.cz)**



# **BIOMEDICAL INFORMATICS AND ENGINEERING 2023**

**Conference proceedings**

**Edited by**

**Písařík Petr, Remsa Jan, Otáhal Martin**

**Published by** Czech Technical University in Prague

**Compiled and printed by** Faculty of Biomedical Engineering

First Edition

**Kladno 2023**

## **Contact:**

Czech Technical University in Prague  
Faculty of Biomedical Engineering  
Sítňá sq. 3105  
272 01 Kladno  
Czech Republic  
phone: (+420) 224 358 798  
email: BIE2023@fbmi.cvut.cz

**ISBN 978-80-01-07214-1**



**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ  
ČVUT V PRAZE**



**FZU**

Fyzikální ústav  
Akademie věd  
České republiky

**The Biomedical Informatics and Engineering 2023 conference is designed for students, academics and researchers in the fields of biomedical engineering and informatics, biomaterials, optics and optometry.**

**The conference will be divided into three sessions:**

1. Optics and optometry
2. Biomedical Informatics and Engineering
3. Biomaterials in medicine and new trends in implantology

**This workshop was supported by the Grant Agency of the Czech Technical University in Prague, grant No. SVK 55/23/F7.**

# Committees

- **Ing. Petr Písařík, Ph.D.** - Conference Chair, CTU in Prague, FBME, Kladno, Czech Republic, petr.pisarik@fbmi.cvut.cz
- **doc. Mgr. Radim Krupička, Ph.D.** - Conference Co-Chair: Section Biomedical Informatics and Engineering, CTU in Prague, FBME, radim.krupicka@fbmi.cvut.cz
- **Ing. Jan Remsa, Ph.D.** - Conference Co-Chair: Section Biomaterials in medicine and new trends in implantology, CTU in Prague, FBME, jan.remsa@fbmi.cvut.cz
- **Mgr. Žáková Markéta, Ph.D.** - Conference Co-Chair: Section Optics and optometry, CTU in Prague, FBME, marketa.zakova@fbmi.cvut.cz
- **Bc. Kučera Přemysl** - Member of the Organizing Committee, CTU in Prague - FBME, premysl.kucera@fbmi.cvut.cz
- **Ing. Jan Mikšovský, Ph.D.** - Member of the Organizing Committee, CTU in Prague - FBME, jan.miksovsky@fbmi.cvut.cz
- **Ing. Martin Otáhal, Ph.D.** - Member of the Organizing Committee, CTU in Prague - FBME, martin.otahal@fbmi.cvut.cz
- **PhDr. Mgr. Pavel Böhm, Ph.D., MSc., MBA** - Member of the Organizing Committee, CTU in Prague - FBME, pavel.bohm@fbmi.cvut.cz
- **Ing. Lucie Košinová** - Member of the Organizing Committee, CTU in Prague - FBME, kosinluc@fbmi.cvut.cz
- **Mgr. Jakub Král** - Member of the Organizing Committee, CTU in Prague - FBME, jakub.kral@fbmi.cvut.cz
- **Dipl. Ing. Christiane Malá** - Member of the Organizing Committee, CTU in Prague - FBME, malachri@fbmi.cvut.cz

# Contents

Petr Písařík, et al.: Optics and Optometry at CTU, Faculty of Biomedical Engineering	1
Tereza Suchomelová, et al.: Color vision and its changes in patients with cataract	6
Klára Potěšilová, et al.: Comparison of subjective and objective methods for examination of refractive errors	14
Anna Potěšilová, et al.: Effect of corrective optical aids on visual acuity	22
Barbora Hamouzová, et al.: Influence of light conditions on color vision and its examination	29
Bára Ježková, et al.: Functionality of driver's lenses	36
Eliška Klabíková, et al.: First-time wearers of contact lenses	51
Markéta Žáková: Myopia control	58
Adéla Králová, et al.: Presbyopia and adaptation to presbyopic correction	65
Tereza Peschková, et al.: The effect of antireflection layer and color filters on vision changes	71
Aneta Sauerová, et al.: Aids for visually impaired students and possibilities of providing them during their studies	77
Richard Dupal, et al.: Temperature impact on photochromatic frame lenses	83
Lenka Jabůrková, et al.: Adaptation on glasses correction in real conditions	90
Eliška Šalounová, et al.: Prevalence of refractive errors in Czech Republic	96
Jiří Vaňásek, et al.: Evaluation of anterior chamber parameters and factors affecting them	102
Tereza Puldová, et al.: Therapeutic contact lenses for local drug release	104
Tereza Dominová, et al.: Ocular straylight in patients with arthepthakia	106
Markéta Hábová, et al.: Disorders of colour vision and diagnosis	112
Veronika Vrbová, et al.: Use of the Brock string for diagnostic purposes	119
Ilona Fejfarová, et al.: Selected parameters of contact lenses and its measurements	128
Nikol Zimová, et al.: Intraocular pressure in ophthalmological practice	135
Kateřina Ditrichová, et al.: Short-term effect of soft contact lenses on the refraction of the eye	143
Barbora Poulová, et al.: Effect of cataract surgery by the patients with and without diabetes	150
Nicola Šefrnová, et al.: Measurement of the Size of the Irido-cornea Angle	157
Tereza Svejkská, et al.: Cataract surgery after refractive operations	164
Kateřina-Nela Volfová, et al.: Effect of perceptual learning on visual functions in myopic patients	169

Klára Modrová, et al.: Comparison of tear film analysis methods	177
Jáchym Velebný, et al.: The effect of dietary supplements on vision	183
Adéla Kolbabová, et al.: Contrast sensitivity with reduced spherocylindrical correction	190
Klára Veselovská, et al.: Vision therapy for convergence insufficiency	195
Košinová, L., et al.: Biocompatible laser-treated material for improving the properties of implants	202
Iva Klimešová, et al.: Orientation of blind in space and obstacle detection aids that help with it	211
Ján Varga, et al.: Ultrasenzitive detector based on functionalized nanofibers in odorology	219
Leontýna Varvařovská, et al.: The Optimization of the Parameters of Nanofiber Membranes Suitable for the Pathogen Interception	229
Aleksei Pashchenko, et al.: Ultrasensitive bionanosensors based on functionalized nanofibers for orthopedic periprosthetic complications	238
Štěpánka Tomášková, et al.: Modification of implant surface properties by thin layer	240
Radka Staňková, et al.: Analysis of mechanical properties of cells	242
Petra Průchová, et al.: Mechanical properties of biocompatible layers for use in medicine	244
Kristýna Jirásková, et al.: Automatic evaluation of origami DNA images from atomic microscopy	248
Kateřina Nevšímalová, et al.: Cultured neurons as a platform for assessing psychoactive substances	250
Jiří Kubín: Miniaturized sensor node for three-electrode ECG signal sensing in the field conditions	252
Matěj Krása: 3D UWB radar system for non-invasive breast cancer diagnosis	254
Michaela Součková: A tool for RNAseq data processing in patients with leukemia	256
Kateřina Štěpánová: Correlation of brain morphology and gait of patients with presymptomatic and manifested Parkinson's disease	258
Jovan Gliguroski, et al.: Implementation of the Metaverse in the practical teaching	260
Natálie Baborová: Educational game for children with type 1 diabetes focusing on carbohydrate counting	266
Veronika Bůžková: Processing, storage and aggregation of genetic variants	271
Písařík, P., et al.: Surface modification of 3D-printed metal samples using thin films	273
Magdaléna Zbořilová, et al.: Examination of vergence facility as an alternative to the examination of fusional reserves	280

## Optika a optometrie na ČVUT, Fakultě biomedicínského inženýrství

**Petr Písařík<sup>1</sup>, Ondřej Polícar<sup>1</sup>, Eva Urbánková<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: [pisarpet@fbmi.cvut.cz](mailto:pisarpet@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Optické a oftalmologické přístroje, Oční optika, Oftalmologie

**Abstrakt:** Bakalářský studijní program Optika a Optometrie na Kladně poskytuje studentům hluboký vhled do světa zraku a zrakových vad. Tato odborná dráha kombinuje teorii s praktickými dovednostmi, připravující absolventy na kvalifikovanou péči o zrak a diagnostiku očních onemocnění. S využitím moderních zařízení se studenti učí provádět oční vyšetření, navrhnout korekce a správně doporučit brýle nebo kontaktní čočky. Kladno jako kulturní a průmyslové centrum poskytuje inspirující prostředí pro studium i praxi. Absolventi získávají cenné znalosti pro úspěšnou kariéru v očních optikách a oftalmologických klinikách.

## Optics and Optometry at CTU, Faculty of Biomedical Engineering

**Petr Písařík<sup>1</sup>, Ondřej Polícar<sup>1</sup>, Eva Urbánková<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [pisarpet@fbmi.cvut.cz](mailto:pisarpet@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Optical and ophthalmic instruments, Refraction, Ophthalmology

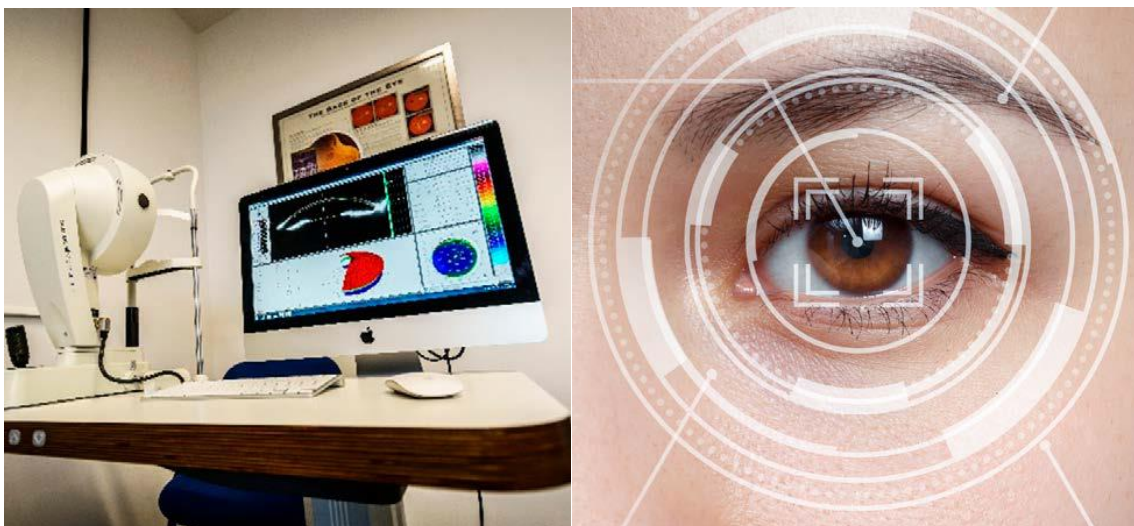
**Abstract:** The Optics and Optometry Bachelor's degree programme at Kladno provides students with a deep insight into the world of vision and visual impairment. This professional pathway combines theory with practical skills, preparing graduates for skilled eye care and diagnosis of eye diseases. Using state-of-the-art equipment, students learn how to perform eye examinations, suggest corrections and correctly recommend glasses or contact lenses. As a cultural and industrial centre, Kladno provides an inspiring environment for study and practice. Graduates gain valuable knowledge for a successful career in opticians and ophthalmology clinics.

Like everyone else, the CTU was affected by the emergency associated with the Covid-19 disease epidemic. Limited opportunities for face-to-face meetings made teaching and communication with students difficult. However, this period was overcome quite successfully. Over the last three years, the Faculty of Biomedical Engineering at CTU has made significant innovations in the opportunities for hands-on learning within the Optics and Optometry program. New instrumentation and one laboratory for practical teaching of students were added (supported by CTU ESF II grant - CZ.02.2.69/0.0/0.0/18\_056/0013243 and CTU ERDF II. MMR CZ.02.2.67/0.0/0.0/18\_057/ 0013271).

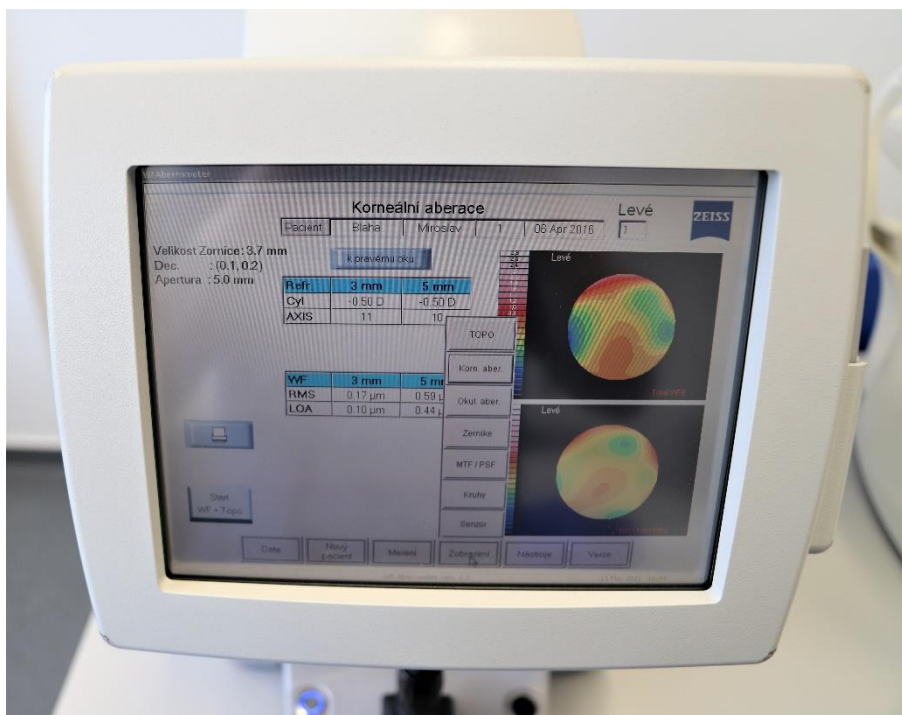
Now practical teaching at the faculty takes place in five laboratories. In the contact lens laboratory, students learn how contact lenses can be applied, in another laboratory they practice measuring vision and visual functions using subjective procedures, and in the binocular vision laboratory they expand their knowledge in understanding binocular functions. In the ophthalmology laboratory they measure various parameters of the eye. Last but not least, in the optical laboratory, students gain an understanding of the design, assembly and repair of corrective aids - spectacles.



Newly, the ERDF project provided equipment for a room dealing with ophthalmological aspects of optometric practice. A device for measuring the density of corneal endothelial cells was purchased - a Perseus endothelial microscope, then a direct ophthalmoscopy trainer to practice screening of the posterior segment of the eye and an OCT Maestro 2, which is an optical coherence tomograph for 3D examination of the retinal layers. This allowed to significantly expand the examination possibilities in the field of ophthalmology teaching directly at the faculty and these devices will be used by students also in the preparation of their final theses. Another new instrument is the Topcon TRK-2P automatic kerato-refracto-ono-pachymeter, which measures refractive error of the eye, intraocular pressure, corneal thickness and corneal curvature using a non-contact method. In addition, an additional workstation for training of subjective refraction measurements was added with a new examination unit and a Topcon CC-100XP LCD optotype. This has increased the capacity of the examination rooms so that up to 8 groups of students can now measure at the same time.



From September 2022, students have already started studying under the new accreditation of the Optics and Optometry programme. The new guarantor of the programme is Ing. Petr Písařík, Ph.D. from FBMI CTU. In 2021, during emergency measures, the university exceptionally admitted students without admission tests. There was a great interest in the optometry programme, which resulted in almost full occupancy of the practical teaching laboratories. Two new PhD students, Ing. Simona Stuchlíková and Ing. Leontýna Varvařovská. Our colleague Iva Klimešová M.Sc., who has completed her Master's degree in Augenoptik/Optometry at the Berliner Hochschule für Technik in Berlin, has included a workshop on gas permeable rigid contact lenses for the second time in the contact lens teaching for students. Graduates of the Faculty of Biomedical Engineering of the CTU in Optics and Optometry also attended the XIIth National Student Conference of Optometry and Orthoptics in Brno on 19 October 2021. The quality of our graduates is evidenced by the fact that our graduate Bc. Kristýna Rádlová won the competition for the best paper with her paper "Botanical properties of contact lenses and their measurement".



Healthy Vision Days are major events at FBMI aimed at raising awareness about eye care. Through eye exams, workshops and awareness activities, they highlight the importance of preventing vision problems and the proper use of digital devices. These days bring awareness, encourage healthy habits and motivate to maintain quality vision.



Those interested in studying Optics and Optometry are recommended to visit the faculty on the Open Day, when not only its teaching facilities are presented, but there is also an opportunity to talk about their studies with both teachers and current students. Further information about the field can be found on the faculty's website [www.fbmi.cvut.cz](http://www.fbmi.cvut.cz) or also at the FBMI CTU study department (tel.: +420 224 358 459, e-mail: [studijni@fbmi.cvut.cz](mailto:studijni@fbmi.cvut.cz)).

## Color vision and its changes in patients with cataract

**Tereza Suchomelová<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [suchoter@fbmi.cvut.cz](mailto:suchoter@fbmi.cvut.cz), [urzovjan@fbmi.cvut.cz](mailto:urzovjan@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Color vision, color vision disorder, color vision theory, acquired color vision disorders, cataract

**Abstract:** The aim of the bachelor thesis entitled "Color vision and its changes in patients with cataracts" is to present the summary of factors of acquired barvocite disorders and then to focus on the influence of cataract on barvocite. The theoretical part of the thesis focuses on anatomy of eye, physiology of vision and colour perception. There are explained three most well-known accepted theories of color vision and their divisions. Subsequently, there are specified methods for measuring color vision. The work takes a closer look and also compares color vision disorders, both congenital and acquired. It classifies the disorders according to manifestation, causes and degree of disease. The entire chapter is devoted to acquired disorders. In the practical part, color was measured in 23 patients with cataracts. The measurements resulted in 10 case reports describing the changes in the measured patients.

## Barvocit a jeho změny u pacientů s kataraktou

**Tereza Suchomelová<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**Email:** [suchoter@fbmi.cvut.cz](mailto:suchoter@fbmi.cvut.cz), [urzovjan@fbmi.cvut.cz](mailto:urzovjan@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Barevné vidění, porucha barvocitu, teorie barevného vidění, získané poruchy barvocitu, katarakta

**Abstrakt:** Cílem bakalářské práce s názvem „*Barvocit a jeho změny u pacientů s kataraktou*“ je uvést souhrn faktorů získaných poruch barvocitu a následně se zaměřit na ovlivnění barvocitu kataraktou. V teoretické části se práce orientuje na anatomii oka, fyziologii vidění a vnímání barev. Jsou vysvětleny tři nejznámější přijímané teorie barevného vidění a jejich rozdělení. Následně jsou specifikovány metody měření barvocitu. Práce se blíže specializuje na porovnání poruch barvocitu jak vrozených, tak i získaných. Získaným poruchám je v práci věnována celá kapitola. Poruchy jsou dále rozděleny dle projevu, příčin a stupně onemocnění. V praktické části byl změřen barvocit u 23 pacientů, kteří trpěli kataraktou. Výstupem z měření se stalo sepsání 10 kazuistik, které případově uvádí dané změny u jednotlivých měřených pacientů.

### 1. Úvod

Barvy působí jak na psychiku tak i na emoce. A s rozlišováním barev se setkáme například i u sportu, kdy musíme odlišit černý puk na bílém ledovém podkladu nebo bíločerný fotbalový míč na zeleném trávníku. Šimpanzi zas musí být schopni rozeznat zralé či nezralé ovoce. Samotné barvy jsou proto nepostradatelnou součástí života. [1]

Oko je schopno rozeznat záření o vlnové délce 380-760 nm. Fyziologický stav oka je trichromatické vidění, kde díky třem druhům čípků dokáže oko rozlišit až 150 barev a z toho 2 000 barevných odstínů. Při defektu jednoho či dvou čípků dojde k vrozené poruše vnímání barevného vjemu. Jako druhá je porucha získaná, která je ovlivněna vnějšími faktory. [2, 3]

V praktické části své bakalářské práce jsem se zaměřila na změnu barvocitu vlivem katarakty. Téma bakalářské práce jsem si vybrala díky výzkumu pana J. Ventruby dle jeho

publikace „Vliv implantace IOL na zrakovou ostrost, kontrastní citlivost a barvocit za 2 a 4 měsíce po operaci katarakty“. Výsledky jeho práce poukázaly na změnu barvocitu u pacientů s progredující kataraktou v modrozeleném spektru barev. [4]

Má práce zahrnuje 10 vybraných kazuistik z 23 naměřených. Nejvíce pacientů bylo naměřeno v ordinaci MUDr. Ivany Valentové. Do práce byla zařazena i kazuistika, která obsahuje výsledky před operací, při jednostranné artefakii a při oboustranné artefakii. Tato kazuistika kvůli časové náročnosti byla změřena online. Každá vybraná kazuistika uvádí pacientův stav, zda se jedná o pokročilou kataraktu, jednostrannou artefakii či oboustrannou artefakii. Je vložen i visus, nošená korekce, objektivní refrakce a čas vyhotovení seřazovacího testu.

## 2. Metodika

Pro testování změn barvocitu u pacientů s kataraktou jsem si vybrala dva nejčastěji používané testy na barvocit a tím jsou pseudoizochromatické tabulky a seřazovací test, které byly vypůjčené z FBMI ČVUT v Praze.

Pseudoizochromatické tabulky jsou zkonstruovány pomocí barevných bodů, které tvoří různé obrazce. V nejčastějším případě tvoří čísla, která se pacientovi postupně ukazují a zhruba za 15 s musí pacient odpovědět, jaké číslo na stránce vidí. Text je pacientovi vložen do jeho individuální čtecí vzdálenosti. Na první stránce testu je vždy demonstrován princip, jak test bude probíhat. Test dohromady tvoří 14 obrazců. Ve své práci jsem výsledky zapisovala přímo do tabulky uvedené v publikaci. Výsledek byl následně odvozen dle chybovosti pacienta. [5]

Dalším testem byl zvolen Farnsworth D-15 Color test. Test je jednodušší forma testu Farnsworth - Munsell 100 Hue. Obsahuje pouze 15 očíslovaných barevných terčů. Test nám odhalí defekty v protan, deutan a tritan ose. Na vyšetření byl zvolen test saturevaný, tedy v sytých barvách. Referenční, první disk má nulovou hodnotu. Jedná se o první pevně zařazený disk, podle kterého se následně zařazují další barevné disky. Po vložení barevných disků do plastového uzávěru, pacient může ještě některé disky přeskupit. Poté je test ukončen a zapsán do kruhové grafu podle čísel na spodní části disků. Test je nejčastěji vyhotoven za monokulárních podmínek. V některých vypracovaných kazuistikách jsou zařazeny i výsledky za binokulárních podmínek. [6]

Při testování měl pacient nasazenou zkušební obrubu s nově naměřenou korekcí na blízko a nebo svou vyhovující korekci. Testování probíhalo více jak 30 minut jelikož se jednalo o probandy vyššího věku a měla jsem s nimi více trpělivosti a testy musela častěji a dlouze vysvětlovat.

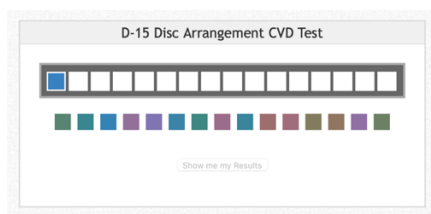
Při zvolení testů pro pacienta měřeného online jsem se inspirovala bakalářskou prací Ing. Leontýny Varvařovské pod názvem „Porovnání testů pro určení barvocitu“.

Zvolila jsem obdobné testy jako u pacientů měřených v ordinaci. Pacientovi jsem zaslala naskenované pseudoizochromatické tabulky, D15 Color Arrangement test a Farnsworth Munsell 100.

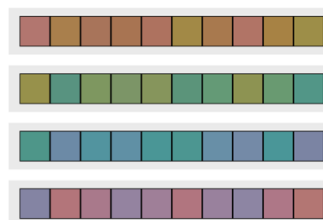
D15 Color Arrangement test je srovnatelný s Farnsworth D-15 Color test (Obrázek 1.). I tento test obsahuje 15 žetonů a úkolem pacienta je složit žetony dle odstínů barev. Vyhodnocení je opět zakresleno do kruhového grafu.

Úkolem Farnsworth Munsell 100 testu (Obrázek 2.) je seřadit čtyři řádky barev dle prvního a posledního barevného žetonu. Zbylé odstíny barev v daném řádku jsou pohyblivé. Test je vyhodnocen podle skóre chyb.

Testování probíhalo na počítači Omen by HP s 15,6 palcovým displejem, 1920 x 1080 pixelů a 250 nitů vždy v podobný čas. Pacient byl upozorněn, aby test vyhotovil vždy ve stejný čas a za podobného denního osvětlení.



**Obrázek 1.** Ukázka D15 Color Arrangement test [7]



**Obrázek 2.** Ukázka testu Farnsworth Munsell 100 [8]

### 3. Výsledky

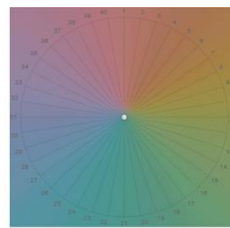
Výsledky z testování jsou uvedené formou kazuistik. Naměřeno bylo více jak 20 pacientů. Do práce byly vybrány pouze plnohodnotné výsledky.

#### 1. Kazuistika – online testování

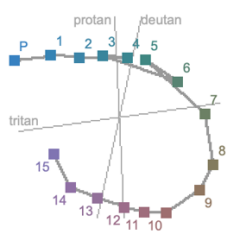
Jelikož zde bylo zvoleno větší množství testů a více podrobnější vyšetření, lze tyto výsledky brát za vypovídající. U testování před operací je viditelná častější chybovost v odstínech zelené a modré jak je již patrné z grafů. Chybovost se objevila u obou seřazovacích testů. Při dalším testování těsně před druhou operací s jednostrannou artefakii jsem pacienta poprosila, aby test vyhotovil za binokulárních i monokulárních podmínek. I zde se výsledky mírně liší a to především u Farnsworth Munsell 100 Hue test. U ostatních výsledků se žádná chybovost v modrém spektru barev neobjevila a to ani při testování oboustranné artefakie. Odlišnost výsledku je patrná z obrázků.



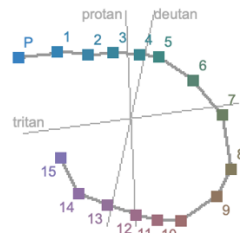
**Obrázek 3.** Snímek testu Farnsworth Munsell 100 Hue test - před operací, score 6 [8]



**Obrázek 5.** Farnsworth Munsell 100 Hue test po operaci binokulárně, score 0 [8]



**Obrázek 4.** D-15 test - před operací, TES 15,2 [7]



**Obrázek 6.** Výsledek D-15 testu po operaci, TES 11,4 [7]

## 2. Kazuistika

Tato pacientka byla již po operaci obou očí tzv. oboustranná artefakie. Pacientka je vyššího věku a u pseudoizochromatických tabulek si tabulky velmi často pootáčela a nakláněla hlavu. Na tabulkách se u pravého oka spletla pouze u čtyř obrazců, u levého oka pouze u tří a binokulárně byla chyba u třech obrazců. Na seřazovacích testech se vyskytly pouze minimální změny.

## 3. Kazuistika

Zde se jednalo o progredující kataraktu na obou očí. Při testu pomocí pseudoizochromatických tabulek bylo vyšetření znatelně lepší u levého oka než u pravého. To samé je vidět i na výsledcích seřazovacího testu. U pravého oka se vyskytlo více chyb než u oka levého. U levého oka se jedná pouze o chybu při záměně 9 a 15.

## 4. Kazuistika

Tato kazuistika je typ jednostranné artefakie. Výsledky vyšetření na barvocit byly více než výborné. Na tabulkách pacient rozeznal všechny obrazce a u seřazovacích testů se nevyskytla jediná chyba. Zde došlo k testování i za binokulárních podmínek a i tak výsledky byly velmi uspokojivé. Jelikož u pravého oka je teprve počínající katarakta, nebyla na testech nalezena znatelná chyba.

### *5. Kazuistika*

Zde byl testován pacient monokulus s progredující kataraktou. Vyšetření pomocí tabulek proběhlo bez problémů a pacient rozpoznal všechny obrazce. U seřazovacích testů se opět vyskytl problém se zařazením žetonu s číslem 15. Pacient vložil žeton fialové barvy hned za žeton 9.

### *6. Kazuistika*

Pacient s kataraktou u pseudoizochromatických tabulek zapochyboval na pravém oku třikrát a na levém pouze dvakrát. Binokulární vyšetření bylo dle něj mnohem lepší a pohodlnější. Při vyšetření pomocí seřazovacích testů se po zakrytí levého oka zmínil, že pravé oko je pro něj o dost horší. I tak ale pochybil stejně jako u levého. Opět se zde vyskytla záměna žetonů 9 a 15.

### *7. Kazuistika*

Při vyšetření u jednostranné artefakie pacientka odlišila rozdílnost kontrastu barev při monokulárním vyšetření. I tak zachybovala na pseudoizochromatických tabulkách stejně jak na pravém, tak i na levém oku. Na pravém oku při monokulárním vyšetření zaměnila čtyři žetony a na levém pouze dva. Binokulárně pacientka opět prohodila 9 a 15 žeton.

### *8. Kazuistika*

Pacientka s oboustrannou artefakii na pseudoizochromatických tabulkách se zmýlila na pravém oku s jednou chybou, na levém se dvěma a binokulárně s jednou chybou. U abstraktního devátého obrazce viděla binokulárně číslo 2. U seřazovacích testů se vyskytla opět ta stejná chyba jako u předchozích kazuistik a to záměna žetonu 9 a 15.

### *9. Kazuistika*

Tato kazuistika je speciální především díky multifokálním IOL. U pravého oka se pacient při testování pomocí tabulek nezmýlil ani jednou. Pouze jedna chyba se vyskytla u levého oka. Tabulky si nenatáčil a vyšetření bylo rychlé a svižné. Při seřazovacích testech opět zaměnil 10 žeton za 15. Dále však šly barvy dle odstínů.

### *10. Kazuistika*

Pacient byl do mé bakalářské práce zařazen především díky pozitivním výsledkům jak u pseudoizochromatických tabulek tak i u seřazovacích testů. Při vyšetření levého oka pomocí tabulek měl pacient problém s čísly 35 a 95. Výsledky poukázaly na vadu – mírný deutan. Na tabulkách postřehl pouze číslo 3 a 9. Deutan se následně ukázal i na seřazovacích testech. Na

pravém oku bylo vše v pořádku, u levého se v grafu promítla deuteranopie. Testováno bylo pouze monokulárně.

## 4. Diskuze

Velmi často se vyskytla záměna 9 a 15 žetonu v seřazovacím testu. I když návod k testu uvádí, že se nejedná o chybu, pokud po záměně žetonu i tak pacient pokračuje v zařazení dalších odstínů správně, pokusila jsem se na kontrolní skupině mladších jedinců zjistit, zda i tady se chyba vyskytne. Chyba se u mých vrstevníků neobjevila. Zde dle mého názoru hraje velkou roli věk probanda.

## 5. Závěr

Z naměřených hodnot vyplývá, že testování v ordinaci nezjistilo žádné velké chyby v předpokládaných modrých odstínech. Změna byla patrná pouze u pacienta testovaného online, který byl změřen pomocí Farnsworth 100 Hue testu. Pro pokračování práce bych se zaměřila na pacienty těsně před operací a zvolila pro vyšetření podrobnější test a to například výše zmíněný Farnsworth 100 Hue test.

## 6. Zdroje

- [1] ŠIKL, Radovan. *Zrakové vnímání*. Praha: Grada, 2012. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3029-5.
- [2] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [3] ASIMELLIS, George. *Visual Optics: Lectures in Optics, Vol. 4*. Washington: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 2022. Press Monograph Series. ISBN 9781510622616.
- [4] VENTRUBA, J. Vliv implantace IOL na zrakovou ostrost, kontrastní citlivost a barvocit za 2 a 4 měsíce po operaci katarakty. *Česká a slovenská oftalmologie* [online]. 2006, 62(2), 133-143 [cit. 2022-12-05]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-ofthalmologie/2006-2/vliv-implantace-iol-na-zrakovou-ostrost-kontrastni-citlivost-a-barvocit-za-2-a-4-mesice-po-operaci-katarakty-2919>
- [5] ISHIHARA, S. *Ishihara's test for colour deficiency: Concise Edition*. Japan: Kanehara Trading, 2017.
- [6] Farnsworth D-15 Color Test: Part Number: 730022, 730023. In: Good-lite [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://good-lite.com/products/730022>

- [7] Free Online Color Challenge and Hue Test; *X-Rite Color Management, Measurement, Solutions, and Software* [online]. Dostupné z: <https://www.xrite.com/hue-test>
- [8] Color Arrangement Test. *Colblindor*. [online]. 2006 [cit. 12.05.2023]. Dostupné z: <https://www.color-blindness.com/color-arrangement-test/>

## Comparison of subjective and objective methods for examination of refractive errors

**Klára Potěšilová<sup>1</sup>, Jiří Novák<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Thákurova  
2077/7, 160 00 Prague 6, Czech Republic

**E-mail:** [k.potesilova@seznam.cz](mailto:k.potesilova@seznam.cz), [novakji@fsv.cvut.cz](mailto:novakji@fsv.cvut.cz)

**Keywords:** Refractive errors, visual acuity, objective refraction, subjective refraction

**Abstract:** The thesis is focused on the analysis of the differences between the methods and results achieved in the examination of refractive errors by subjective and objective methods. In the theoretical part of the thesis, a description of refractive errors, the relation between visual acuity and refractive errors, methods of subjective and objective examination of refractive errors and an analysis of the differences between these two different examination approaches are presented, where the reliability, repeatability and accuracy of each measurement method is evaluated on the basis of relevant scientific studies. Then, in the experimental part, a study on a set of examined subjects is conducted to analyse the differences between the results obtained by the subjective method of refractive error examination using a trial frame, trial lens case and Jackson's crossed cylinder and the objective method of monocular refractive error measurement using an autorefractometer. Subsequently, a comparison of the achieved visual acuity from the two methods of examination, an analysis of the relationship between the size and type of refractive error and the achieved visual acuity, an analysis of the correlation between the size of an amplitude of accommodation and the absolute difference between the objective and subjective methods of examination, and a determination of the relationship of visual acuity during spherical lens fogging are also made.

# Porovnání objektivních a subjektivních metod vyšetření refrakčních vad

**Klára Potěšilová<sup>1</sup>, Jiří Novák<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice

**E-mail:** [k.potesilova@seznam.cz](mailto:k.potesilova@seznam.cz), [novakji@fsv.cvut.cz](mailto:novakji@fsv.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Refrakční vady, zraková ostrost, objektivní refrakce, subjektivní refrakce

**Abstract:** V článku je provedena experimentální analýza rozdílů zrakové ostrosti a refrakčních vad při subjektivním optometrickém vyšetření pomocí brýlové skříňe a optotypu a objektivním vyšetřením pomocí autorefraktometru. Je ukázáno, že subjektivní metoda poskytuje lepší praktické výsledky z hlediska dosahované kvality vidění po korekci refrakčních vad. Dále je analyzován vztah mezi dosahovanou zrakovou ostroší a refrakčními vadami.

## 1. Úvod

Stanovení velikosti refrakční vady a její optimální korekce je hlavní součástí klinické praxe optometristů a oftalmologů. I přes stále sofistikovanější přístrojovou techniku v oblasti objektivního měření refrakčních vad a aberací oka zůstává stále zlatým standardem subjektivní vyšetření refrakčních vad, které je obvykle prováděno pomocí brýlové zkušební skříňe (popř. foropteru) a optotypu. Pro uskutečnění subjektivního vyšetření je zapotřebí aktivní účasti pacienta v podobě vzájemné komunikace s vyšetřujícím. Tento proces může být časově náročný, pro pacienta nepohodlný a v některých případech neuskutečnitelný. Oproti tomu objektivní metody vyšetření refrakčních vad nevyžadují aktivní účast pacienta při vyšetření. Refrakční vady můžeme změřit například pomocí skiaskopie nebo automatizovaných přístrojů jako jsou autorefraktometry a aberometry. Zejména automatizované přístroje poskytují změření refrakční vady během několika sekund. Objektivní vyšetření refrakčních vad pomocí autorefraktometru však ve většině případů stále zůstává pouze orientačním výchozím bodem pro následné subjektivní vyšetření, které se řídí potřebami pacienta.

Subjektivní a objektivní metody vyšetření refrakčních vad se liší nejen svými postupy, ale i dosahovanými výsledky. Měření refrakčních vad mohou být ovlivněna řadou faktorů, které snižují jejich přesnost. Právě odhalení a minimalizace těchto faktorů umožňuje kvalitnější a spolehlivější výsledky při korekci zraku.

Cílem tohoto článku je provedení experimentální analýzy rozdílů mezi objektivním měřením pomocí autorefraktometru a subjektivním vyšetřením pomocí brýlové skříně a brýlové obruby, jak z hlediska získané hodnoty refrakční vady, tak z hlediska dosahované zrakové ostrosti se získanou korekcí podle obou typů metod. Dále je zkoumána závislost mezi dosahovanou zrakovou ostroší a velikostí refrakční vady a závislost zrakové ostrosti na velikosti zamlžení sférickou čočkou.

## 2. Experimentální analýza

Veškeré měření probíhalo ve stejné vyšetřovací místnosti, aby bylo docíleno stálých vyšetřovacích podmínek a spolehlivosti měřených dat. Během vyšetření byl kladen důraz na minimalizování faktorů, které by mohly výsledky nepříznivě ovlivnit

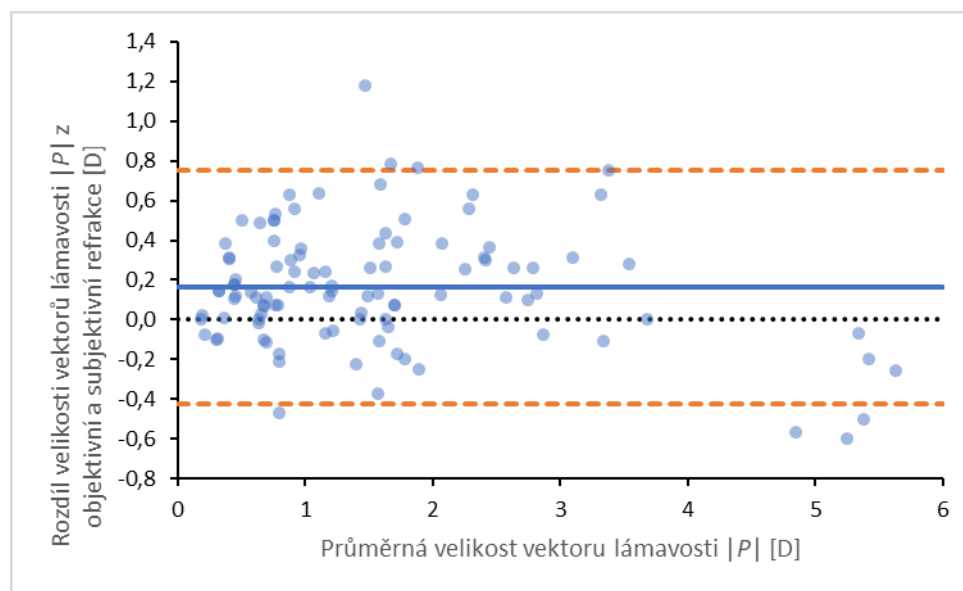
Objektivní měření refrakčních vad bylo stanovováno pomocí autorefraktometru Nidek ARK-1a od firmy Oculus. Subjektivní měření probíhalo vždy stejnou vyšetřovací osobou za využití brýlové skříně a zkušební brýlové obruby. K měření dosažené zrakové ostrosti byl použit optotyp PolaSkop3D 24“ FullHD firmy Augenoptik. Měření v této experimentální studii proběhlo na 52 osobách, z čehož bylo 24 mužů a 28 žen, ve věkovém rozmezí 20 – 68 let. V souboru vyšetřovaných došlo k vyřazení jedinců např. s oční patologií nebo jedinců po refrakčním zákroku.

Metodika získání experimentálních dat byla následující. Nejprve bylo provedeno monokulární a binokulární vyšetření naturální zrakové ostrosti bez korekce. Následně bylo provedeno objektivní monokulární měření refrakčních vad pomocí autorefraktometru. Výsledné dioptrické hodnoty korekčních čoček byly nasazeny do zkušební obruby, aby se mohla stanovit monokulárně i binokulárně zraková ostrost s korekcí podle autorefraktometru. Dalším krokem bylo stanovení refrakčních vad subjektivní metodou, ke které bylo využito brýlové obruby, zkušební skříně, Jacksonova zkříženého cylindru a digitálního optotypu. Pro získané hodnoty refrakčních vad byly naměřeny hodnoty dosažené zrakové ostrosti s korekcí (monokulárně i binokulárně). U 10 vybraných jedinců dále proběhlo vyšetření zrakové ostrosti při postupném zamlžování z nejlepší dosahované zrakové ostrosti spojnou sférickou čočkou v rozmezí +0,25 D až +2,00 D.

Naměřená data objektivní i subjektivní metodou byla pro účely statistické analýzy převedena ze sférocylindrického zápisu na nezávislé dioptrické složky  $M$ ,  $J_0$  a  $J_{45}$  vektoru lámavosti  $|\mathbf{P}|$ . Celková velikost refrakční vady byla pak posuzována pomocí délky vektoru lámavosti  $\mathbf{P} = |\mathbf{P}|$ . Data pro hodnocení zrakové ostrosti byla zaznamenána v decimálním zápisu prezentovaném zrakovou ostroší odpovídající velikosti posledního čteného řádku a počtem nepřečtených písmen. Pro statistické zpracování byla zraková ostrost mezi řádky interpolována.

### 2.1. Analýza refrakčních vad a dosahované zrakové ostrosti pomocí subjektivní a objektivní metody vyšetření

První část statistické analýzy zkoumala rozdíly mezi daty refrakčních vad naměřenými autorefraktometrem a subjektivním vyšetřením pomocí brýlové skříně. Pro testování hypotéz byl zvolen Studentův párový t-test s 5% stanovenou hladinou významnosti. Pomocí statistického testu bylo potvrzeno, že rozdíl středních hodnot velikosti vektoru lámavosti  $|P|$  objektivního a subjektivního měření není nulový a je statisticky významný. Výsledky refrakčních vad se tedy u subjektivní a objektivní metody odlišují. Obrázek 1 představuje Bland-Altmanův graf pro porovnání rozdílu velikosti vektoru lámavosti  $|P|$  objektivního a subjektivního měření. Tento graf popisuje shodu mezi dvěma kvantitativními měřeními pomocí konstrukce 95% limitu shody. Na zmíněných obrázcích oranžové přerušované linie znázorňují 95% limit shody a modrá souvislá linie znázorňuje průměrný rozdíl mezi měřeními.



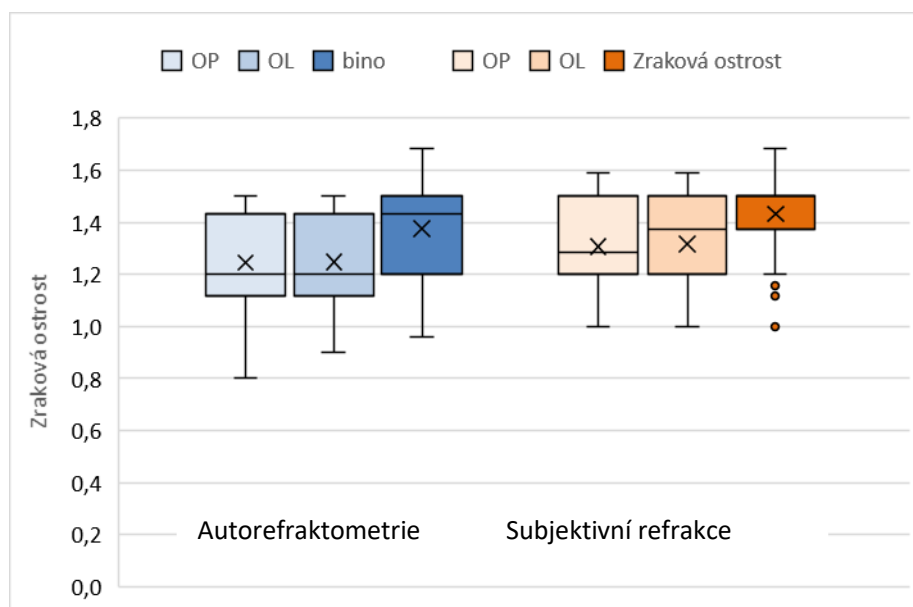
**Obrázek 1.** Bland-Altmanův graf pro velikost vektoru lámavosti  $|P|$

Další část analýzy se zabývá porovnáním dosažené zrakové ostrosti z vyšetření pomocí autorefraktometru a subjektivní metodou. Průměr a směrodatná odchylka ( $SD$ ) naměřených hodnot pro pravé oko, levé oko a binokulárně jsou zaznamenány v tabulce 1.

**Tabulka 1.** Přehled hodnot zrakové ostrosti z autorefraktometrie a subjektivní refrakce

	Autorefraktometrie		Subjektivní refrakce	
	Průměr	SD	Průměr	SD
<b>OP</b>	1,24	0,20	1,31	0,17
<b>OL</b>	1,25	0,18	1,32	0,17
<b>BINO</b>	1,38	0,17	1,43	0,15

Rozdíly mezi dosahovanou zrakovou ostroostí pravého oka, levého oka a binokulárně pomocí objektivní a subjektivní metody znázorňuje obrázek 2.



**Obrázek 2.** Porovnání dosažené zrakové ostrosti z autorefraktometrie a subjektivní refrakce

Bylo provedeno statistické testování shody středních hodnot zrakové ostrosti získané s korekcí podle objektivní a subjektivní metody. Bylo potvrzeno, že ve všech případech (monokulárně, binokulárně) je statisticky významný rozdíl mezi středními hodnotami zrakové ostrosti, přičemž u subjektivní metody je dosahováno vyšších hodnot zrakové ostrosti. To znamená, že subjektivní metoda vyšetření refrakčních vad poskytuje lepší zrakovou ostrost (lepší vidění) nežli objektivní metoda měření refrakčních vad autorefraktometrem.

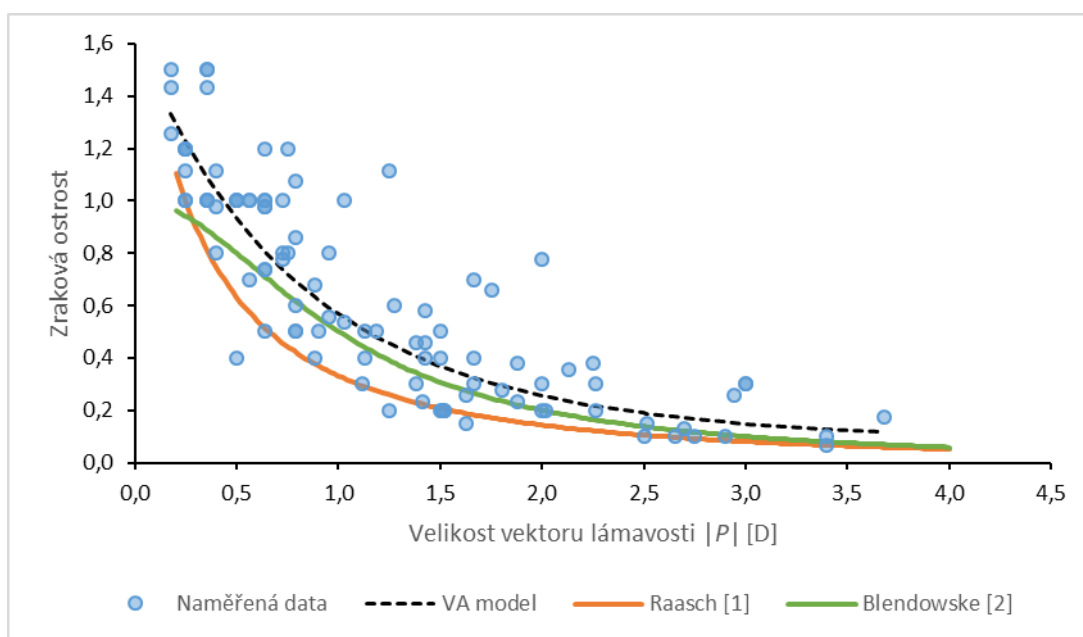
## 2.2. Analýza souvislosti zrakové ostrosti a refrakční vady

Dalším předmětem statistické analýzy bylo stanovení závislosti mezi velikostí refrakční vady dané velikostí vektoru lámavosti  $|P|$  a naturální zrakovou ostroostí jedinců v datovém

souboru. Pro výpočet hladiny významnosti byl použit Pearsonův korelační koeficient. Naměřená data byla proložena následující závislostí:

$$VA = 10^{(a_2 \cdot |P|^2 + a_1 \cdot |P| + a_0)} \quad (1)$$

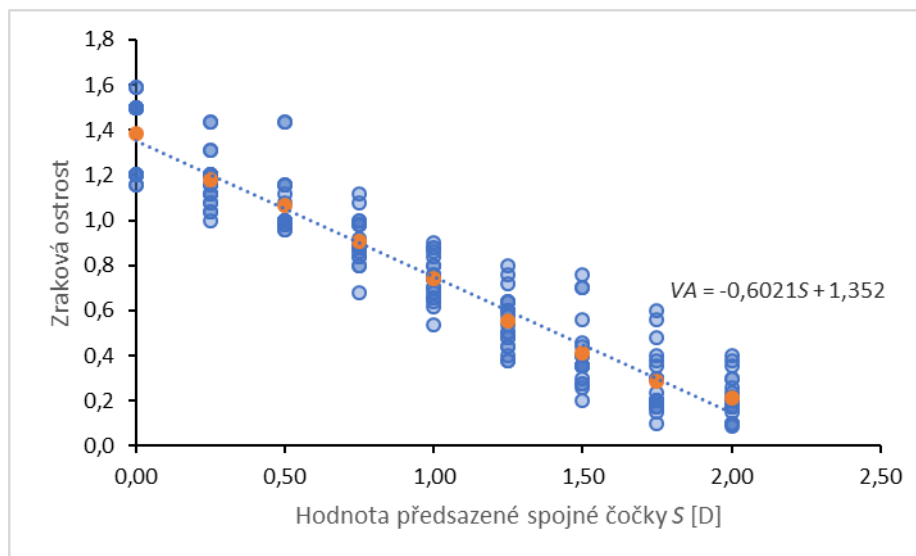
kde  $a_2 = 0,0566$ ,  $a_1 = -0,5166$  a  $a_0 = 0,2138$ . Pro popis kvantitativního vztahu mezi nekorigovanou zrakovou ostrostí a rozostřením způsobeným refrakční vadou vzniklo několik modelů. Pro porovnání byl použit standardní model T. W. Raasche [1] a model R. Blendowskeho [2]. Získaná závislost (1) je proložená experimentálními daty společně s publikovanými modely T. W. Raasche [1] a R. Blendowskeho [2] na obrázku 3.



**Obrázek 3.** Graf závislosti zrakové ostrosti na velikosti refrakční vady

Posledním předmětem statistické analýzy bylo stanovit závislost zrakové ostrosti na velikosti zamlžení sférickou čočkou. Pro stanovení 5% hladiny významnosti byl použit Pearsonův korelační koeficient. Na obrázku 4 je znázorněna závislost zrakové ostrosti na hodnotě předsazené spojné čočky. Všichni vyšetřovaní jedinci byli nejprve plně korigováni a následně bylo prováděno zamlžení sférickou čočkou v brýlové obručce. Pro zamlžení byly zvoleny hodnoty od 0 do +2 D. Data byla proložena lineární spojnici trendu a oranžové body znázorňují průměrné hodnoty zrakové ostrosti pro jednotlivé dioptrické hodnoty lámavosti spojných čoček. Model lineární závislosti zrakové ostrosti na zamlžení sférickou čočkou  $S$  je pak možno popsat vztahem

$$VA = -0,6021 \cdot S + 1,352. \quad (2)$$



**Obrázek 4.** Graf závislosti zrakové ostrosti na velikosti zamlžení sférickou čočkou

### 3. Závěr

Z výsledků porovnání refrakčních vad naměřených autorefraktometrem a subjektivní refrakcí lze říci, že rozdíly výsledných refrakčních vad z obou metod jsou statisticky významné. Tudíž nelze v praxi zaměnit subjektivní vyšetření objektivním měřením pomocí autorefraktometru. K obdobnému závěru došli i dříve publikované studie, které zhodnocují různé modely autorefraktometrů ve vztahu k subjektivní refrakci [3-5]. Korekce refrakčních vad podle metody subjektivního vyšetření poskytuje pak obecně lepší výsledky s vyšší dosahovanou zrakovou ostrostí korigovaného jedince (monokulárně i binokulárně). Z těchto výsledků je zřejmá důležitost subjektivní refrakce v optometristické praxi a její postavení jakožto zlatého standardu v měření refrakčních vad i přes stále se vyvíjející automatizované objektivní metody určení refrakčních vad. Standardem pro optimální vyšetření refrakční vady tak stále zůstává subjektivní metoda vyšetření a vyšetření z objektivní metody (např. autorefraktometru, aberometru) by mělo být v praxi využíváno především jako pomocné rychlé měření. Na základě získaných dat refrakčních vad a odpovídajících hodnot dosahované zrakové ostrosti byl daty aproximován model zrakové ostrosti v závislosti na velikosti refrakční vady, který byl porovnán se dvěma modely, publikovanými v odborné literatuře. V poslední řadě byl na základě experimentálních dat vytvořen lineární model závislosti zrakové ostrosti na velikosti zamlžení sférickou čočkou, který může být využíván v optometristické praxi.

### 4. Reference

- [1] RAASCH, THOMAS W. Spherocylindrical Refractive Errors and Visual Acuity. Optometry and Vision Science [online]. 1995, 72(4), 272-275 [cit. 2022-12-09]. ISSN 1040-5488. Dostupné z: doi:10.1097/00006324-199504000-00008

- [2] BLENDOWSKE, Ralf. Unaided Visual Acuity and Blur. *Optometry and Vision Science* [online]. 2015, 92(6), e121-e125 [cit. 2022-11-13]. ISSN 1040-5488. Dostupné z: doi:10.1097/OPX.0000000000000592
- [3] ZADNIK, Karla, Donald O. MUTTI a Anthony J. ADAMS. The Repeatability of Measurement of the Ocular Components. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 1992, 33(7), 2325-2333.
- [4] BULLIMORE, Mark A., Robert E. FUSARO a Craig W. ADAMS. The Repeatability of Automated and Clinician Refraction. *Optometry and Vision Science* [online]. 1998, 75(8), 617-622 [cit. 2022-12-10]. ISSN 1040-5488. Dostupné z: doi:10.1097/00006324-199808000-00028
- [5] Jorge, Jorge & Queirós, António & Almeida, Jose B. & Parafita, Manuel. (2005). Retinoscopy/Autorefracton: Which is the best starting point for a noncycloplegic refraction?. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry*. 82. 64-8. 10.1097/01.OPX.0000150182.91410.97.

## Effect of corrective optical aids on visual acuity

**Anna Potěšilová<sup>1</sup>, Leontýna Varvařovská<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [anapotesilova@gmail.com](mailto:anapotesilova@gmail.com)

**Keywords:** Optical media, refractive errors, corrective aids, visual acuity comparison

**Abstract:** The bachelor thesis deals with the effect of various corrective aids on visual acuity. The most commonly used corrective optical aid is undoubtedly glasses, but in recent decades contact lenses are also gaining importance. Therefore, after the subjective refraction is completed, it is always important to discuss the individual requirements with the client and recommend the appropriate optical aid, whether spectacle frames, contact lenses or a combination of both. Firstly, for a better understanding of the subject, I describe the optical media and discuss the issue of refractive errors. I follow this with the various refractive options and conclude by mentioning the types of corrective aids that we, as optometrists, can recommend. The practical part is divided into two parts. The first focuses on the measurement and subsequent comparison of the degree of visual acuity achieved in spectacles and contact lenses. In the second part, the data from the questionnaire are analysed and then compared with the measured results in the first part. Subsequent analysis of the data shows that there are only minimal differences in the achievement of visual acuity in the two aids mentioned.

## Porovnání zrakové ostrosti v závislosti na využití korekční pomůcky

**Anna Potěšilová<sup>1</sup>, Leontýna Varvařovská<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: [anapotesilova@gmail.com](mailto:anapotesilova@gmail.com)

**Klíčová slova:** Optická média, refrakční vady, korekční pomůcky, porovnání visu

**Abstrakt:** Bakalářská práce se zabývá vlivem různých korekčních pomůcek na zrakovou ostrost. Nejčastěji využívanou korekční optickou pomůckou jsou v dnešní době brýle, avšak v posledních desetiletích nabírají na významu také kontaktní čočky. Proto je po skončení subjektivní refrakce vždy důležité s klientem probrat jeho individuální požadavky a na základě toho mu doporučit vhodnou optickou pomůcku, ať už brýlové obruby, kontaktní čočky či jejich kombinaci. Pro lepší pochopení problematiky v práci popisuji optická média a zabývám se problematikou refrakčních vad. Dále se zabývám možnostmi měření refrakčního stavu klientů a závěrem zmiňuji typy korekčních pomůcek, které můžeme, jakožto optometristé, doporučit. Praktická část je rozdělena na dvě části. V první části se zaměřuji na měření a následné porovnání stupně zrakové ostrosti dosažené v brýlových a kontaktních čočkách. Ve druhé části vyhodnocuji data z připraveného dotazníku a následně je porovnávám s naměřenými výsledky z první části. Z následné analýzy dat vyplývá, že jsou v dosažení visu v obou zmíněných pomůckách pouze minimální rozdíly.

### 1. Úvod

Historie kontaktních čoček sahá až do dob slavného Leonarda Da Vinciho, který se jako první o tuto možnost řešení korekce zajímal. Dále vývoj provázelo několik dalších významných jmen, přičemž rozhodně nesmíme opomenout Ottu Wichterleho, který kontaktní čočku dovedl již do podoby, jak ji známe dnes. Tento vynález se pro mnohé stal nedílnou součástí jejich životů. Učinily sport svobodnějším pro ty z nás, kteří se bez své korekce nemohou obejít. Nutno ale podotknout, že nošení čoček má i svá úskalí, zejména pokud není dodržována doporučená péče a s tím spojená hygiena. Při závažnějších problémech je dokonce nutné přerušit užívání kontaktních čoček a navrátit se k brýlové korekci.

Při své práci se jakožto optometristi a kontaktologové pravidelně setkáváme s oběma typy korekčních pomůcek. Naším úkolem je v takovém případě pro klienta vybrat nejvhodnější možnou korekci, a to ať už z hlediska zrakové ostrosti, tak komfortu během nošení. Cílem této bakalářské práce je zjistit, zdali je možné z hlediska dosažené zrakové ostrosti považovat jednu z korekčních pomůcek za vhodnější. Výsledek této práce by s ohledem na zrakovou ostrost mohl pomoci usnadnit výběr vhodné korekční pomůcky pro různé typy refrakčních vad.

## 2. Experiment

V experimentální části své bakalářské práce se zabývám porovnáním zrakové ostrosti dosažené v různých korekčních pomůckách. Celý tento výzkum je dále doplněn o subjektivní pocity probandů, které byly následně hodnoceny dle připraveného dotazníku. Do měření jsem zahrнула dohromady 24 probandů ve věku od 17 do 50 let. Ve skupině bylo 12 mužů a 12 žen. Rozložení zrakových vad se pohybuje od -7,00 D do +5,00 D. Pro co největší objektivnost jsem do výzkumu zařadila klienty používající jak sférické, tak torické kontaktní čočky. K měření objektivní refrakce byl využit autorefraktometr Nidek ARK 1a, Oculus (Německo). Pro zhodnocení visu byl využit LCD optotyp PolaSkop 3D, Augenoptik. Ke stanovení subjektivní refrakce byla použita zkušební obruha a brýlová skříň.

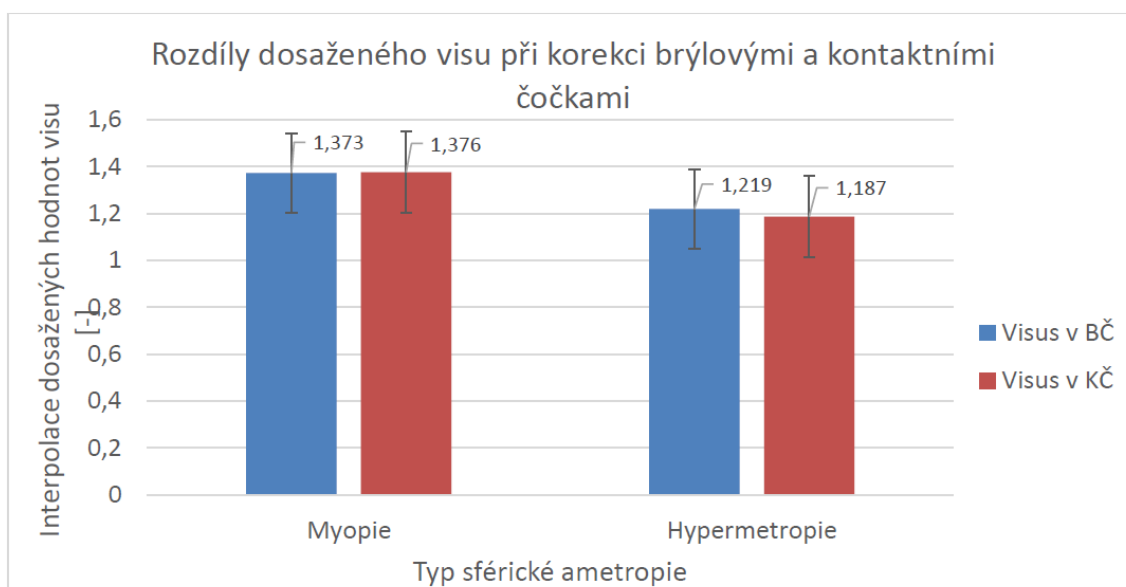
Před vyšetřením byli klienti požádáni, aby nenosili kontaktní čočky po dobu 24 hodin před samotným vyšetřením a dostavili se na vyšetření ve své brýlové korekci. Před zahájením měření dat k bakalářské práci jsem si zaznamenala jejich anamnézu a provedla objektivní i subjektivní refrakci. Nejdříve byla změřena objektivní refrakce. Výsledky keratometrie jsem použila k posouzení správnosti parametrů kontaktní čoček, které klienti používají. Dalším krokem bylo provedení subjektivní refrakce, tedy stanovení správného poměru mezi nejlepším visem a komfortem klienta. Dosažený monokulární i binokulární visus jsem si zaznamenala do připravených tabulek. Poté jsem požádala klienta, aby si nasadil svoje kontaktní čočky. Dosažený monokulární i binokulární visus jsem si opět zaznamenala do tabulek. Abych zjistila klientovy subjektivní pocity ohledně zrakových preferencí, využila jsem strukturu 14-VF Questionnaire, který jsem přeložila z anglického do českého jazyka pro příjemnější komunikaci s respondenty. Dotazník byl vytvořen přes formuláře Google, pro lepší zpracování dat. Samotný dotazník se skládá ze 14 otázek týkajících se problémů spojených s nošením brýlové korekce. Ty samé otázky byly položeny v závislosti na nošení kontaktních čoček. K dotazníku byly přidány další dvě otázky, které již nejsou obsahem 14-VF dotazníku, ale slouží pro ujasnění, jak respondenti hodnotí kvalitu vidění v různých korekčních pomůckách (brýle, kontaktní čočky). Jejich odpovědi jsou porovnány s objektivními výsledky naměřenými ve vyšetřovně.

## 3. Výsledky a diskuze

### 3.1. Rozdíly dosaženého visu při korekci BČ a KČ pro typy ametropie

Graf se zabývá korelací mezi dosaženými hodnotami visu a použitou korekční pomůckou pro daný typ sférické ametropie. Z grafu vyplývá, že dosažený visus v brýlových čočkách u

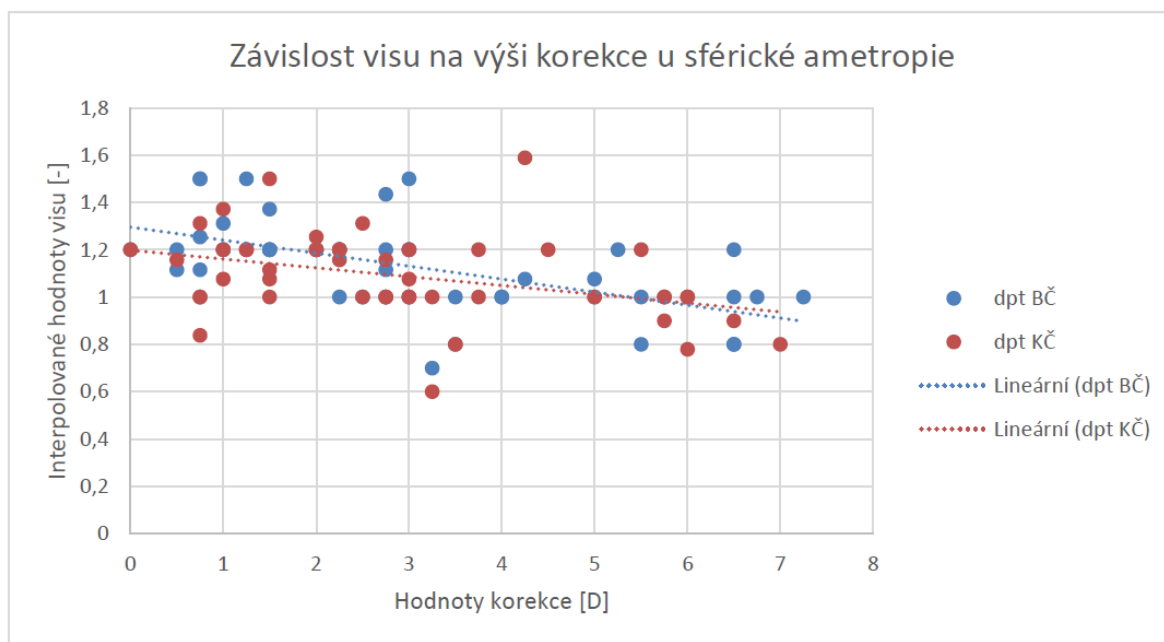
myopických pacientů po interpolaci dosahuje průměrných hodnot 1,373, což se oproti visu v kontaktních čočkách, který vykazuje průměrné hodnoty 1,376, liší minimálně. Větší rozdíl mezi brýlovou korekcí a korekcí kontaktní čočkou můžeme pozorovat u hypermetropických pacientů, kdy průměrný visus po interpolaci dosahuje hodnot 1,219, přičemž v kontaktních čočkách dosahuje pouze 1,187. Z výsledných hodnot vyplývá, že myopičtí pacienti mají v kontaktních čočkách lepší visus, než v brýlových, a visus hypermetropických probandů je vyšší při korekci brýlovou čočkou.



**Obrázek 1:** Rozdíly dosažených visu při korekci brýlovými a kontaktními čočkami

### 3.2. Závislost visu na výši korekce u sférické ametropie

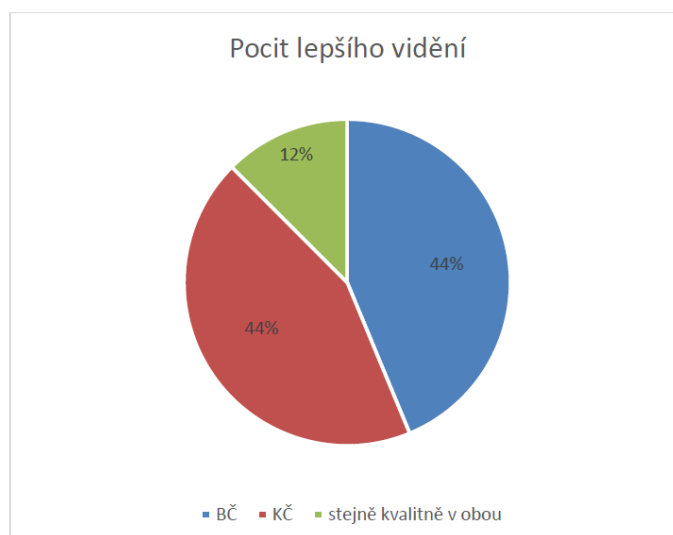
V grafu je zobrazena závislost interpolovaných hodnot visu na výši korekce u vyšetřovaných klientů. Po proložení hodnot lineární křivkou můžeme vidět lehce klesající trend, tedy s rostoucí hodnotou korekce klesá dosažený visus.



**Obrázek 2:** Závislost visu na výši korekce u sférické ametropie

### 3.3. Odpovědi klientů, v jaké korekční pomůcce vidí lépe

Do dotazníku byly přidány také 2 otázky týkající se komfortu probandů ve vybraných korekčních pomůckách. První z otázek se týkala pocitu probandů, zda subjektivně lépe vidí v brýlových, či kontaktních čočkách. 12 % respondentů uvedlo, že nepoznají rozdíl, tedy vidí stejně kvalitně.



**Obrázek 3:** Pocit lepšího vidění

## 4. Diskuze

Vliv na výsledky však mohou mít například nevhodné parametry kontaktních čoček. Do praktické části bakalářské práce jsem mimo jiné zahrnula pravidelné klienty Optiky dak. V rámci měření jedné z klientek došlo k výraznému zhoršení zrakové ostrosti v kontaktních čočkách jak oproti výsledkům z minulého roku, tak oproti zrakové ostrosti v brýlové korekci. Po kontrole klientky na šterbinové lampě se ukázalo, že kontaktní čočky, které si klientka kupuje přes internet, mají špatné parametry – byly příliš těsné. Po re aplikaci klientky vhodnějšími kontaktními čočkami došlo nejen k vylepšení visu, ale také ke zvýšení komfortu nošení. Nové měření se správně vybranou korekcí kontaktními čočkami jsem dále zahrnula do statistické analýzy práce. Kromě nevhodně vybraných kontaktních čoček může zrakovou ostrost v dané korekční pomůcce ovlivnit také další zrakové vady, jako je například strabismus. Například u 20letého muže, který byl zahrnut do měření, došlo v kontaktních čočkách ke snížení monokulárního i binokulárního visu oproti visu v brýlové korekci. V brýlích dosáhl monokulárně na OP visu 1,2 na OL 0,7 a binokulárně 1,2 +3. V kontaktních čočkách pak na OP 1,0 na OL 0,6 a binokulárně 1,0 +2. Při kontrole klienta pomocí polarizačních testů jsem odhalila lehkou fórii. Vzhledem k tomu, že klient nepociťoval žádné problémy a na prizmatickou korekci není zvyklý, stávající korekci jsme neměnili. I takto lehká fórie však v tomto případě mohla snížit visus v kontaktních čočkách, a tím ovlivnit celkové výsledky výzkumu. Z výsledků v první části experimentů je jasné, že hypotézu  $H_0$  nelze zamítnout na stanovené hladině významnosti 5 % ( $p = 0,139 < 0,05$ ). Rozdíl mezi dosaženými hodnotami visu v brýlových a kontaktních čočkách není signifikantní, tudíž se alternativní hypotéza  $H_1$  zamítá. Pro testování hypotéz byl zvolen Wilcoxonův párový test. Dotazník kopíroval strukturu 14- VF Questionnaire, který byl použit také ve výzkumu, ale mapoval pouze myopické klienty. Přesto jsem zde objevila podobnost s mými výsledky, a to v otázce používání brýlí na sport, kdy 40 % respondentů uvedlo, že pociťují střední až velké obtíže při jejich používání. Výsledek může být ovlivněn zejména omezením zorného pole a rozsahem mobility. Dalším výrazným faktorem je strach o brýle, který může negativně ovlivnit jak prožitek ze sportu, tak jeho samotný výkon.

## 5. Závěr

Bakalářská práce byla zaměřena na objektivní i subjektivní porovnání dosažené zrakové ostrosti v brýlích a kontaktních čočkách. Teoretická část popisovala optická média oka pro lepší pochopení refrakčních vad, které byly také dále klasifikovány. Závěrem teoretické části popisují postupy objektivní i subjektivní refrakce a následně způsoby korekce refrakčních vad. Praktická část byla rozdělena do dvou částí. V první části byla měřena zraková ostrost probandů s různými refrakčními vadami. Do výzkumu byli zahrnuti probandi jak se sférickými vadami (myopie, hypermetropie), tak s vadami asférickými (astigmatismus). V rámci této části byla zkoumána a porovnána zraková ostrost naměřená v brýlových a následně i kontaktních čočkách. Visus byl testován ve vyšetřovně na LCD optotypu PolaSkop 3D. Ze statistické analýzy vyplynulo, že zraková ostrost myopických probandů je v obou typech korekčních pomůcek téměř totožná. U hypermetropických probandů byl rozdíl výraznější. V brýlových čočkách měli

hypermetropičtí probandi průměrný interpolovaný visus lepší o 0,032. V obou případech se však jedná o velice malé rozdíly. Druhá část výzkumu byla zaměřena na subjektivní hodnocení respondentů. Do připraveného dotazníku respondenti vyplňovali, jaké aktivity jim mohou působit problémy v brýlových, potažmo kontaktních čočkách. Z výsledků je patrné, že obě korekční pomůcky byly probandům komfortní pro jiné aktivity. V otázce sportů je však jisté, že kontaktní čočky jsou pro většinu respondentů preferovanější volbou. Cílem praktické části bylo zjistit, jestli a jak se liší zraková ostrost v brýlových a kontaktních čočkách. Z dosažených výsledků vyplývá, že se visus v těchto pomůckách nijak zásadně neliší. Dle posledních otázek z dotazníku bylo zjištěno, že 56 % respondentů není schopno rozpoznat, která z korekčních pomůcek přináší vyšší zrakovou ostrost. Subjektivní pohodlí v dané korekci je tedy pro klienty výrazně přednější než vyšší zraková ostrost.

## Influence of light conditions on color vision and its examination

**Barbora Hamouzová<sup>1</sup>, Leontýna Varvařovská<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [hamoubar@fbmi.cvut.cz](mailto:hamoubar@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Color vision, photoreceptors, color vision deficiency, light

**Abstract:** The thesis is dedicated to the influence of lighting conditions on color vision and its investigation. In low light conditions, color perception is different than in bright daylight. The theoretical part of the thesis describes the anatomy and physiology of the retina, photoreceptors, and visual pathways. Basic knowledge about light, eye adaptation to light changes, and color perception are also summarised. In the last row, individual color vision disorders and possible variants of color perception tests are described. The work's practical part deals with measuring color vision under different light conditions, namely 1-500 lx. The work aims to verify in color how the lighting conditions affect vision. Furthermore, the goal was to determine whether it is essential that different types of color tests have prescribed light conditions under which to examine and whether compliance with these conditions is necessary for the correct examination and interpretation of results.

## Porovnání zrakové ostrosti v závislosti na využití korekční pomůcky

**Barbora Hamouzová<sup>1</sup>, Leontýna Varvařovská<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [hamoubar@fbmi.cvut.cz](mailto:hamoubar@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Barevné vidění, fotoreceptory, poruchy barvocitu, světlo

**Abstrakt:** Práce se věnuje vlivu světelných podmínek na barevné vidění a při jeho vyšetřování. Při snížených světelných podmínkách je vnímání barev odlišné než za jasného denního světla. V teoretické části práce je popsána anatomie a fyziologie sítnice, fotoreceptory a zraková dráha. Dále jsou shrnuty základní poznatky o světle, adaptaci oka na světelné změny a barevném vnímání. V neposlední řadě jsou popsány jednotlivé poruchy barevného vidění a možné varianty testů pro vyšetření barvocitu. Praktická část práce se zabývá měřením barevného vidění při odlišných světelných podmínkách, a to 1-500 lx. Cílem práce je ověřit, jak světelné podmínky ovlivňují barevné vidění. Dále bylo cílem určit, zda je důležité, aby měly různé druhy barevných testů předepsané světelné podmínky za jakých vyšetřovat a zda je dodržování těchto okolností nezbytné pro správné vyšetření a interpretaci výsledků.

### 1. Úvod

Barevné vidění je nepostradatelnou součástí našeho zrakového smyslu, které nám pomáhá rozlišovat povrch, tvar a velikost sledovaných předmětů. Barevné vnímání může ovlivňovat mnoho činitelů. Jedním z nich je světlo, jelikož barva je odpovědí centrálního nervového systému na vyzařované elektromagnetické záření dopadající na sítnici. Při snížených světelných podmínkách díky fyziologickým jevům můžeme stejnou barvu vnímat jako naprosto odlišnou, než tuto barvu vidíme za jasného denního světla.

Cílem práce bylo určit, zda je důležité, aby měly různé druhy barevných testů předepsané neměnné světelné podmínky za jakých vyšetřovat a zda je dodržování těchto okolností nezbytné pro správné vyšetření a interpretaci výsledků.

## 2. Anatomie sítnice

Sítnice je místem obrazové roviny optického systému. Dochází zde k přeměně obrazu na nervové vzruchy, které jsou následně převáděny zrakovou dráhou do mozku. Sítnice obsahuje několik druhů buněk. Mezi nejdůležitější pro vznik obrazu patří fotoreceptory neboli tyčinky a čípky. Při skotopickém neboli nočním vidění se aktivují pouze tyčinky. Mezopická úroveň osvětlení aktivuje jak tyčinky, tak čípky, a fotopické neboli denní vidění vnímají pouze čípky [2, 3].

V sítnici se nachází přibližně 140 milionů tyčinek, které jsou mnohem citlivější než čípky a umí vnímat světlo o minimální intenzitě. Za nízkých světelných podmínek, jsou schopny vytvořit monochromatický neboli černobílý vjem. Tyčinka obsahuje zrakový pigment rodopsin, který je v disku zevního segmentu fotoreceptorů. Funkcí tohoto segmentu je přeměna světelné energie na elektrický signál a obnova disku v případě jeho porušení. [2, 4].

Čípků je v sítnici přibližně 7 milionů a slouží k barevnému vnímání. Čípky obsahují fotopigment opsin, který se dělí na červený, zelený a modrý. Podle toho můžeme rozlišovat i tři typy čípků. Podle anglického překladu délek vln je nazýváme S (short wave), M (medium wave) a L (long wave) čípky. Modré S čípky jsou nejcitlivější na krátké vlnové délky okolo hodnoty 445 nm a obsahují pigment cyanolab. Zelené M čípky, obsahující pigment chlorolab, mají svou senzitivitu při středních vlnových délkách v maximální hodnotě 543 nm a lehce překrývají svou oblast s dlouhovlnnými červenými L čípky obsahujícími erytrolab, které mají své maximum okolo 566 nm [2, 5].

## 3. Proces vidění

Celý proces vidění se skládá z několika na sebe navazujících chemických reakcí. Vše začíná dopadem světla na sítnici, kde dochází k jeho absorpci. Tato absorpce vede k podráždění membrány fotoreceptoru, což se projeví izomeraací 11-cis-retinalu na all-trans-retinal a přeměně jeho struktury. Následkem dopadu fotonu je odloučení barviva od bílkoviny. Trans-izomer už nezapadá do vazebného místa, a tak se rhodopsin rozpadá na opsin a all-trans-retinal, který dále aktivuje G-protein transducin. Jako další proces nastává aktivace fosfodiesterázy, která hydrolyzuje cGMP na necyklický 5'-GMP. Dochází k uzavření kanálu pro Na<sup>+</sup> ionty a tok kanálem je zastaven. To způsobuje hyperpolarizaci membrány, čímž je umožněn přenos vzruchu dál od gangliových buněk po zrakové dráze [6].

## 4. Poruchy barvocitu

Porucha barvocitu znamená neschopnost rozeznat od sebe barvy. Podle závažnosti rozlišujeme barvoslepost na plnou a částečnou. Při úplné barvosleposti neboli monochromazii jsou okolní předměty vnímány jako černobílé s různě rozdílným jasnem. Při částečné barvosleposti neboli dichromazii či trichromazii jsou barvy vnímány a upraveny podle toho, jaký ze tří čípků je dysfunkční nebo úplně chybí. Dále můžeme vady barvocitu rozdělit na

vrozené nebo získané, které bývají zapříčiněny poškozením oka, optického nervu nebo mozku [5, 7, 8].

Názvosloví těchto deficitů pochází z řeckého překladu pro pořadí. Protos (první) je přiřazeno L čípkům, deuterios (druhý) M čípkům a tritos (třetí) náleží S čípkům. Koncovkou poruchy rozeznáme závažnost poškození. Pokud čípek úplně chybí, označujeme tuto poruchu jako anopii. Dysfunkce čípků je znázorněna pouze sníženým vnímáním barvy a označujeme ji jako anomálii [5, 7].

#### *4.1. Vyšetření barvocitu*

K vyšetření barvocitu se používá několik metod, které můžeme rozdělit do tří kategorií. První kategorií jsou metody pro rozlišení vrozené či získané vady. Druhá kategorie se zaměřuje na druh a míru vady. Třetí kategorie testů se používá pro stanovení významu defektu vzhledem k určitým typům zaměstnání. Dále můžeme vyšetřovací metody barvocitu rozdělit podle způsobu provedení na testy rozlišovací (Ishihara test), seřazovací (Farnsworth-Munsell 100 Hue test, Farnsworth-Munsell D-15), míchací (Anomaloskop, OSCAR) a pojmenovávací (Farnsworth lantern test) [8].

Pokud je požadována úplná a jednoznačná diagnostika barevného vidění, je nutné použít celou řadu testů. Pokud lze problematiku zúžit na jediné rozhodnutí, může stačit jediný test. Diagnostika závažnosti je nejdůležitější u vrozené vady barevného vidění u posouzení vhodnosti pro konkrétní operaci a poradenství pacientů s abnormálními stavy špatného barevného vidění [9].

## **5. Praktická část**

Praktická část se zabývá experimentálním porovnáním světelných podmínek při vyšetřování barvocitu na seřazovacím a pseudoizochromatickém testu. Cílem práce je ověřit, jak světelné podmínky ovlivňují barevné vidění a jeho vyšetřování. Podle České technické normy EN 12464-1 má být vyšetřování zraku prováděno při osvětlení v hodnotě 300 lx, testy čtecí a testy barvocitu při hodnotě 500 lx [1]. Jednotlivé barevné testy mají své doporučené světelné podmínky vyšetřování; a to denní světlo, které ovšem není definované určitou hodnotou.

#### *5.1. Hypotézy*

Před začátkem měření byly stanoveny výzkumné otázky, podle kterých byly vytvořeny následující hypotézy.

- H1:** Při zvyšujícím se osvětlení se bude barevné vidění zlepšovat.
- H2:** Barevné vidění bude při hodnotách osvětlení 500 lx stejné jako při denním světle.
- H3:** Jednotlivé barevné testy budou dosahovat stejných závěrů z měření.
- H4:** S přibývajícím věkem se barevné vidění zhoršuje.
- H5:** Ženy budou mít lepší barevné vidění než muži.

## 5.2. Postup měření

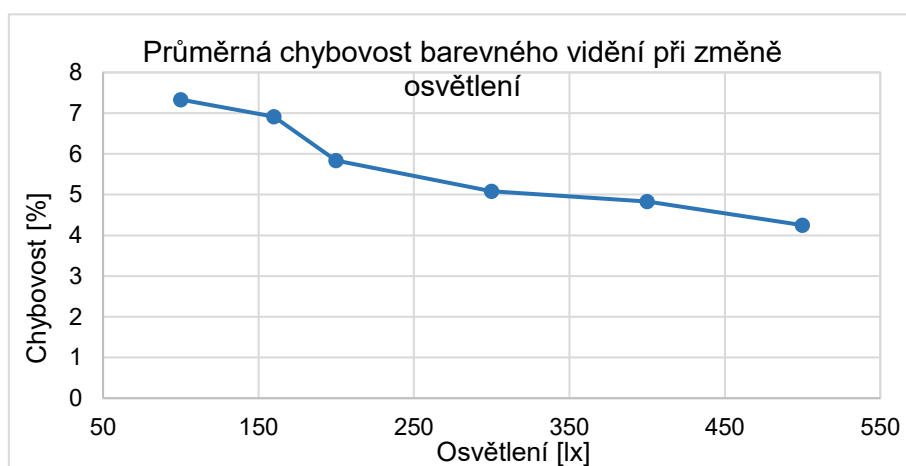
Nejprve byli probandi vyšetřeni na testech Ishihara a Farnsworth-Munsell D-15 za denního světla, které je u obou testů požadováno. Následně bylo změněno a změřeno luxmetrem pokojové osvětlení na hodnotu 100 lx. Poté bylo zopakováno měření Ishihara tabulkou a Farnsworth-Munsell dichotomous D-15 testem. Stejný postup byl dodržen i zvyšujících se hodnotách osvětlení 200 lx, 300 lx, 400 lx a 500 lx. Denní světlo bylo luxmetrem v prostoru testování barvocitu změřeno na hodnotu v průměru 160 lx, se směrodatnou odchylkou 101 lx. Denní světelné podmínky se u každého probanda měnily v závislosti na čase měření, poloze slunce a počasí v daný moment.

Pro širší a ucelenější pohled závislosti světelných podmínek na barevné vidění, bylo ze skupiny testovaných vybráno 6 osob (3 muži a 3 ženy) v různém věku, se kterými bylo podstoupeno rozšířené měření při minimálních hodnotách osvětlení, a to 1 lx, 2 lx, 5 lx, 10 lx, 20 lx a 50 lx.

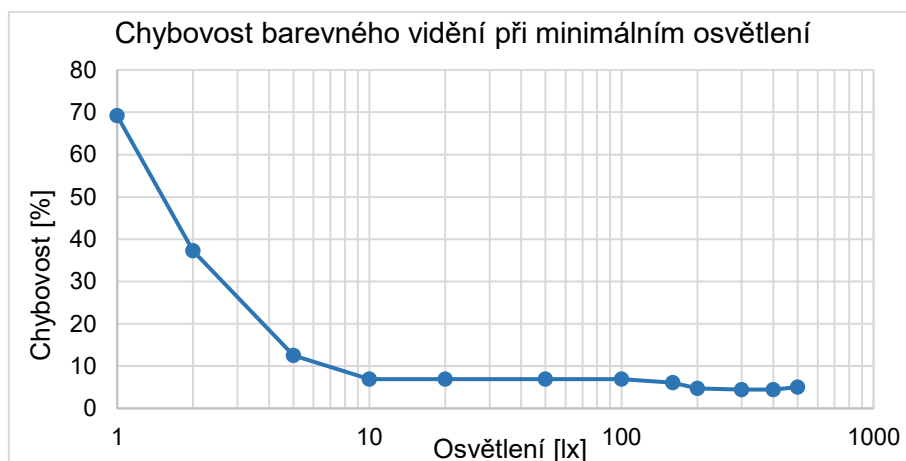
## 5.3. Výsledky

Měření se zúčastnilo celkem 20 osob ve věku 16-63 let. Průměrný věk byl 34,55 let se směrodatnou odchylkou 15,98 roku. Průměrný naměřený naturální vizus či vizus s korekcí byl 1,16 se směrodatnou odchylkou 0,41. Při požadovaných světelných podmínkách jednotlivých testů nebyla u žádného probanda zjištěna porucha barevného vidění. U třech osoby by se podle naměřených výsledků na Farnsworth-Munsell dichotomous D-15 testu dalo hovořit o sníženém vnímání barev, ale bez prokázání, zda se jedná o protanii, deuteranii, či tritanii. Toto tvrzení se ovšem na Ishihara tabulkách nepotvrdilo.

Měření bylo provedeno za světelných podmínek denního světla o hodnotě  $160 \text{ lx} \pm 101 \text{ lx}$ . Následně byly světelné podmínky upraveny na hodnoty 100 lx, 200 lx, 300 lx, 400 lx a 500 lx. U každého probanda byl zapsán počet chyb v dané intenzitě osvětlení na testech Ishihara a Farnsworth-Munsell dichotomous D-15.



**Graf 6.1:** Procentuální chybovost při změně osvětlení



**Graf 6.2:** Procentuální chybovost při minimálním osvětlení

## 6. Závěr

Bakalářská práce se zabývala závislostí světelných podmínek na barevném vidění a jeho vyšetřování. Hlavním cílem práce bylo ověřit, jak světelné podmínky ovlivňují barevné vidění a zda je důležité dodržovat předepsané světelné podmínky v optometrických, oftalmologických a jiných vyšetřovnách, které používají testy barvocitu.

Praktická část se zabývala změnami barevného vidění při měnících se světelných podmínkách, a to v rozmezí hodnot 100-500 lx. Pro ucelenější pohled na dané téma bylo u šesti probandů změřeno také barevné vidění v rozsahu 1-500 lx. Před samostatným měřením byly stanoveny výzkumné otázky a hypotézy. První hypotéza, která říkala, že při zvyšujícím se osvětlení se bude barevné vidění zlepšovat, byla potvrzena. Druhá hypotéza, která srovnávala výsledky barevného vidění při hodnotách osvětlení 500 lx a při denním světle, byla zamítnuta. Chybovost barevného vidění byla totiž v uvedených situacích odlišná. Třetí hypotéza byla zamítnuta, jelikož výstupy z měření Farnsworth-Munsell dichotomous D-15 testu a Ishihara karet se neshodovaly. Farnsworth-Munsell dichotomous D-15 test se podle výsledků ukázal jako přesnější a podrobnější. Čtvrtá hypotéza, která porovnávala výsledky podle věku, byla potvrzena. S přibývajícím věkem se barevné vidění zhoršilo. Poslední, pátá hypotéza byla zamítnuta, jelikož z celkových dvaceti probandů, kteří se měření zúčastnili, měli barevné vidění lepší muži.

Cílem praktické části bakalářské práce bylo stanovit vhodné podmínky pro vyšetřování barvocitu. Z výsledků vyplývá, že nejvhodnější podmínky pro měření barevného vidění jsou při osvětlení 500 lx. Toto osvětlení je pro testování barvocitu předepsáno Českou technickou normou EN 12464-1. Přesto mají Farnsworth-Munsell dichotomous D-15 a Ishihara test doporučené pouze denní světlo. Přestože denní světlo nezakresluje či nenavozuje poruchy barevného vidění, jeho síla osvětlení není konstantní. To může být problém, zejména u kontrol, kde se výsledky porovnávají. Z výsledků bakalářské práce lze tedy říct, že nejvhodnější podmínky pro vyšetření barvocitu jsou při konstantní hodnotě 500 lx, která nebude dále ovlivněna geografickými či meteorologickými jevy.

## 7. Literatura

- [1] ČSN EN 12464-1: Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovišť – Část 1: Vnitřní pracoviště. 2022
- [2] ŘEHÁK, Jiří a Matuš REHÁK. *Venózní okluze sítnice*. Praha: Grada, 2021. ISBN 978-80-247-3480-4
- [3] KOLB, Helga. Simple Anatomy of the Retina. *Webvision: The Organization of the Retina and Visual System* [online]. Salt Lake City (UT): University of Utah Health Sciences Center, 2005 [cit. 2022-11-14]
- [4] Anatomie a fyziologie sklivce a sítnice. In: KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada, 2016, s. 332-461. ISBN 9788024750798
- [5] DOHNAL, Miroslav. *Barevné vidění - Kolorimetrie*. Univerzita Pardubice, 2019. ISBN 978-80-7560-246-6
- [6] LEDVINA, Miroslav, Alena STOKLASOVÁ a Jaroslav CERMÁN. *Biochemie pro studující medicíny*. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0850-2
- [7] AUTRATA, Rudolf a Jana ČERNÁ. *Nauka o zraku*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství, 2006. ISBN 80-7013-362-7
- [8] VESELÝ, Petr. Současné metody vyšetřování barvocitu. *Česká oční optika*. 2010, 51(4), 54-66. ISSN 1211-233X
- [9] DAIN, Stephen J. Clinical colour vision tests. *Clinical and experimental optometry*. 2004, 87(4-5), 276-293

## Functionality of driver's lenses

**Bára Ježková<sup>1</sup>, Petr Písařík<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [jezkobar@fbmi.cvut.cz](mailto:jezkobar@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Spectacles, lens, lenses for drivers, DriveSave, EnRout, EyeDrive, CrizalDrive, Drivewear, Road, spectrometer, spectral transmittance

**Abstract:** Nowadays, the topic of lenses for drivers is often discussed. What problems drivers have when driving, such as glare, reflections, and how to prevent these problems. This bachelor thesis also answers such questions. In particular, it focuses on the spectral transmittance of driver's lenses, which was measured using a spectrophotometer. For this experiment we had samples of DriveSafe (Zeiss), EnRoute and EnRoute Pro (Hoya), Crizal and EyeDrive (Essilor), Road (Rodenstock) and Drivewear (Chivice). At the same time, we have added a control lens, Plastic Organic, with a refractive index of 1.5 for comparison. We used a portable fiber spectrometer to determine the spectral characteristics of the light sources. This made it possible to measure the spectrum of the most commonly represented headlights (H7 and H4 halogen bulbs, LED-lights and xenon lamps), which were embedded in external plastic housings, to increase the realistic conditions. This research shows that driver lenses, in terms of spectral transmittance, are not that effective. In most cases, there is minimal difference after the spectacle lens is pre-fitted. Hoya clearly came out best of the selected lens manufacturers, with spectral transmittance starting at 430 nm.

# Funkčnost brýlových čoček pro řidiče

**Bára Ježková<sup>1</sup>, Petr Písařík<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: [jezkobar@fbmi.cvut.cz](mailto:jezkobar@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Čočky pro řidiče, materiály brýlových čoček, povrchové úpravy brýlových čoček, DriveSave, EnRout, EyeDrive, CrizalDrive, Drivewear, Road, spektrometr, spektrální propustnost, transmisivita

**Abstrakt:** V dnešní době se často řeší téma brýlových čoček pro řidiče. Jaké mají řidiči problémy při řízení, jako je např. oslnění, odlesky, a jak těmto problémům předejít. I na takové otázky tato bakalářská práce odpovídá. Především se zaměřuje na spektrální propustnost brýlových čoček pro řidiče, kterou jsme měřili pomocí spektrofotometru. Pro tento experiment jsme měli k dispozici vzorky DriveSafe (Zeiss), EnRoute a EnRoute Pro (Hoya), Crizal a EyeDrive (Essilor), Road (Rodenstock) a Drivewear (Čivice). Zároveň jsme přidali k porovnání kontrolní čočku plast Organic o indexu lomu 1,5. Pro určení spektrální charakteristiky světelných zdrojů jsme využili přenosný vláknový spektrometr. Díky tomu bylo možné měřit spektrum nejčastěji zastoupených světlometů (halogenové žárovky H7 a H4, LED-světla a xenonové výbojky), které byly zasazeny ve vnějších plastových krytech, pro navýšení realistických podmínek. Z tohoto výzkumu vyplývá, že brýlové čočky pro řidiče, z hlediska spektrální propustnosti, nejsou až tak účinné. Většinou dochází k minimálnímu rozdílu po představení brýlové čočky. Nejlépe z vybraných výrobců brýlových skel vyšla jednoznačně společnost Hoya, kdy její spektrální propustnost začíná až na 430 nm.

## 1. Úvod

Bez brýlí by si dnes někteří z nás nedovedli představit život. Jejich podoba se od 10. století razantně změnila a dovedla téměř k dokonalosti. Dnes dokážeme přesně naměřit korekci pro jakéhokoli člověka. Ve většině případů jsme schopni zhotovit brýle, které mu pomohou v každodenním životě. Brýle dnes ale mají více než jen jedno zaměření. Každý z nás se v

současné době specializuje na něco jiného. Proto se i brýlové čočky musí více orientovat na různé činnosti.

Jako nejjednodušší rozdělení můžeme brát brýle na blízko a na dálku. Díky materiálům, zábrusu nebo povrchovým úpravám brýlových čoček však máme mnoho jiných zaměření. Můžeme je rozdělit na monofokální, bifokální a multifokální brýlové čočky. Stejně tak se ale mohou brýlové čočky orientovat i profesně. Dnes se vyrábí brýle speciálně do kanceláří – office brýle, které pomáhají často začínajícím presbyopům a zároveň mají speciální povrchovou vrstvu, která blokuje modré světlo.

Stejně jako se office brýle zaměřují na práci u počítače, máme úzce specializované brýle pro řidiče. Tyto brýle samozřejmě člověk využije i mimo vozovku v každodenním životě. Mají však vlastnosti, které velmi ulevují očím, když se musíte soustředit na více věcí, jako např. snížení oslnění z protijedoucích aut. Brýlové čočky pro řidiče v dnešní době využívá mnoho lidí, z nichž někteří nejsou ani profesionální řidiči a brýle mají na každodenní nošení.

Na brýlové čočky pro řidiče se specializuje více firem. Pro tuto práci byly vybrány společnosti Zeiss, Hoya, Essilor, Rodenstock a Čivice. Všechny se zabývají řešením, jak nejlépe snížit nežádoucí odlesky a oslnění (ve dne od slunce, v noci od protijedoucích aut) a zároveň zlepšit vidění při řízení v noci. Každá z nich se ale ve zpracování těchto brýlových čoček liší, protože sází na jiný aspekt pomoci při řízení [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7].

Nejčastěji se ale jedná o problematiku snížení oslnění z protijedoucích aut. Některé společnosti se tento problém snaží řešit tak, že posilují transmitanci modrého světla [1; 8; 6]. Jiné ho naopak potlačují, čímž získávají lepší podmínky a prostor pro mezopické a skotopické vidění [7; 4]. Vytváří se i nové filtry, které vytahují kontrasty mezopických a skotopických podmínek [1]. Potlačuje tak oslnění tím, že snižuje Úvod 2 intenzitu jasného viditelného světla. [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7]. V této práci se zaměříme především na to, zda samotná spektrální propustnost brýlových čoček opravdu ovlivní spektrum světla, které následně dopadá do oka na sítnici řidiče.

## 2. Experimentální část

### 2.1. Měření spektrální propustnosti a spektrálních charakteristik

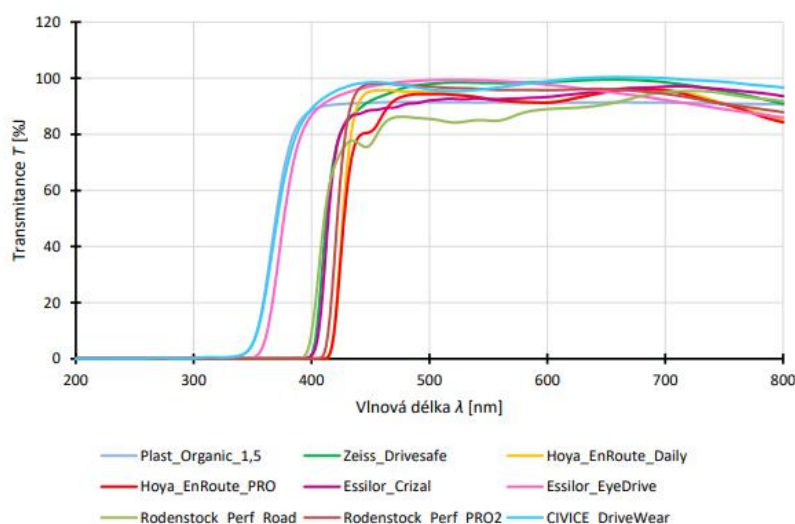
Celá experimentální část byla shrnuta do dvou částí. Celé měření probíhalo na půdě nebo v blízkosti Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze. První část měření probíhala v laboratoři KL:B-s104. Abychom mohli určit, která společnost se úkolu transmisivity brýlových čoček pro řidiče zhostila nejlépe, bylo potřeba jednotlivě naměřit spektrální propustnosti vybraných brýlových čoček pro řidiče. Pro lepší znázornění jsme určovali i spektrální propustnost čelního skla u automobilu.

V druhé části jsme se přesunuli před fakultu na Sítenské náměstí, abychom získali co nejvěrohodnější spektrální charakteristiku světlometů protijedoucích aut, se kterými se v běžném provozu potkáme. V dnešní době je více rozdílných druhů světlometů. Proto jsme se

rozhodli vybrat čtyři nejčastěji používané světlomety v dnešní době (halogenové žárovky H7 a H4, LED-světla a xenonové výbojky)

## 2.2. Měření transmisivity brýlových čoček

Pro měření spektrální propustnosti jsme vybrali brýlové čočky DriveSafe (Zeiss), EnRoute a EnRoute Pro (Hoya), Crizal a EyeDrive (Essilor), Road (Rodenstock) a Drivewear (Čivice). Všechny vzorky, kromě čočky Drivewear, měli dioptrickou hodnotu plan. Od společnosti Čivice jsme měli k dispozici vzorek s dioptrickou hodnotou -4,00 dpt. Abychom zjistili, jaké vlnové spektrum zvolené čočky propustí, použili jsme spektrometr UV-VIS spektrofotomet UV-2600 a určili si rozmezí vlnových délek od 200 nm do 800 nm. Následně jsme změřili každou čočku zvlášť a zaznamenali si pro nás důležitá data ohledně spektra, které propustila. Poté jsme jednotlivá data zanesli do grafu č. 4.1.

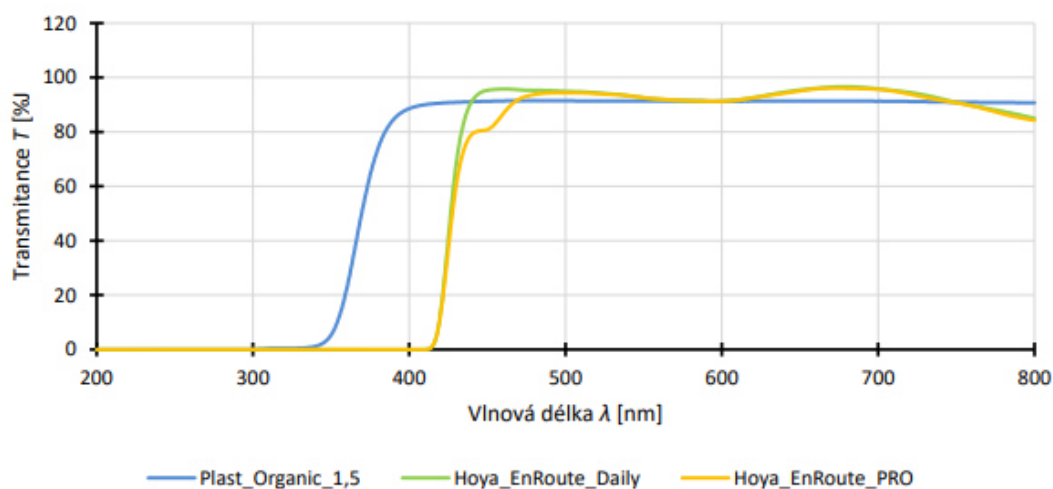


**Obrázek 4.1:** Spektrální propustnost všech získaných vzorků brýlových čoček

Pro lepší porovnání jsme zahrnuli do měření spektrální propustnosti kontrolní čočku, která nebyla určena pro řidiče. Jednalo se o čočku Plast Organic o indexu lomu 1,5.

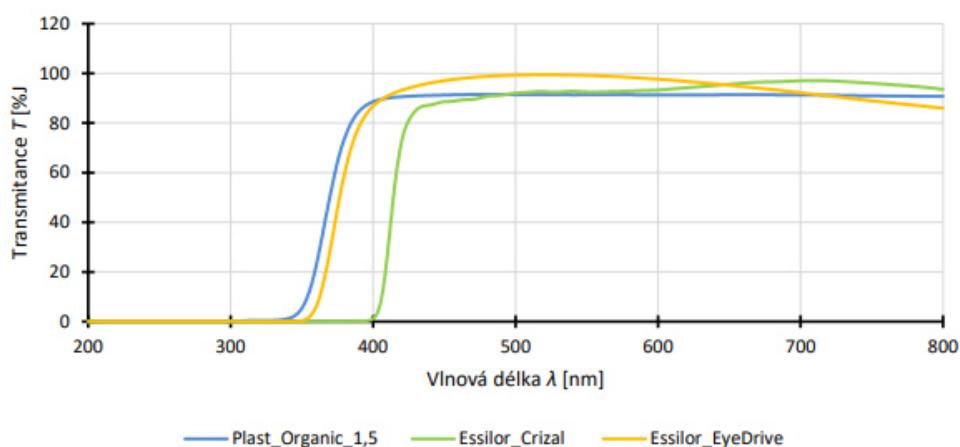
Abychom mohli lépe pozorovat rozdíly, rozdělili jsme kontrolní vzorky čoček do čtyř skupin podle společností, kde v první skupině jsou vzorky od firmy Hoya. Ve druhé skupině můžeme najít vzorky od společnosti Essilor. Do třetí skupiny jsme zahrnuli vzorky čoček Rodenstock, kde nám poskytli i jednu zabarvenou čočku, kterou jsme pro zajímavost zařadili do grafu také. V poslední, čtvrté skupině potom najdeme společnosti, od kterých jsme získali pouze jeden vzorek. V každé ze skupin je zařazena čočka Plast Organic 1,5, která slouží pouze k porovnání.

V grafu první skupiny (obrázek č. 4.2) se můžeme podívat na spektrální propustnost vzorků od společnosti Hoya. EnRoute Daily a EnRoute Pro jsou čočky přímo určené pro řidiče. To zapříčiní, že čočky začínají propouštět světlo až kolem 430 nm, na rozdíl od čočky, která nemá úpravu pro řidiče (propouští přibližně od 330 nm). Zároveň mají povrchovou úpravu uzpůsobenou tak, že je čočka ještě propustnější, než klasická čočka Plast Organic o indexu 1,5 se základní povrchovou úpravou. Čočky EnRoute Pro ještě mají mírný žlutý podtón, proto propouští spektrum jinak než EnRoute Daily.



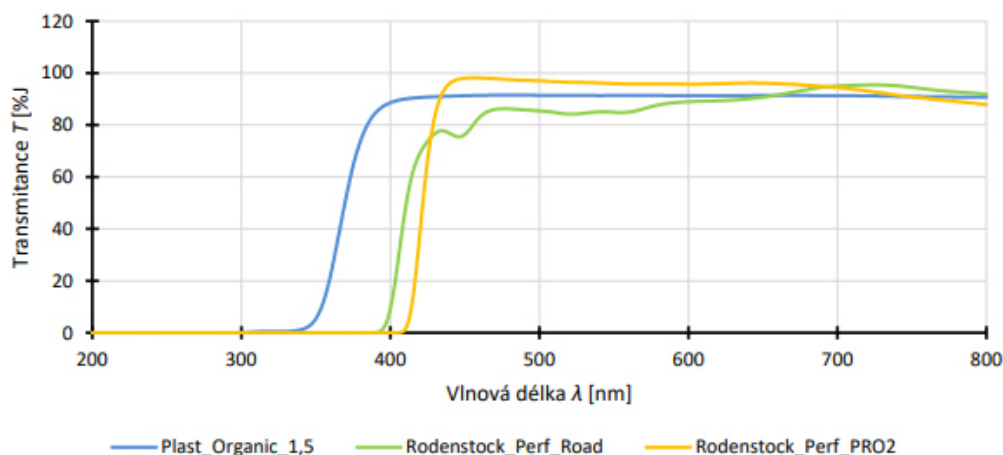
**Obrázek 4.2:** Spektrální propustnost vzorků společnosti Hoya

Do druhé skupiny jsme zařadili čočky od společnosti Essilor, konkrétně povrchovou úpravu Crizal a Eyedrive. Kdy EyeDrive začal propouštět světlo už u 353 nm. Oproti tomu čočka Crizal začala propouštět kolem 400 nm. Zároveň čočka s úpravou Crizal Drive má i nižší pík ve spektru modré barvy, v porovnání s čočkou EyeDrive. Tento průběh můžeme vidět na obrázku č. 4.3.



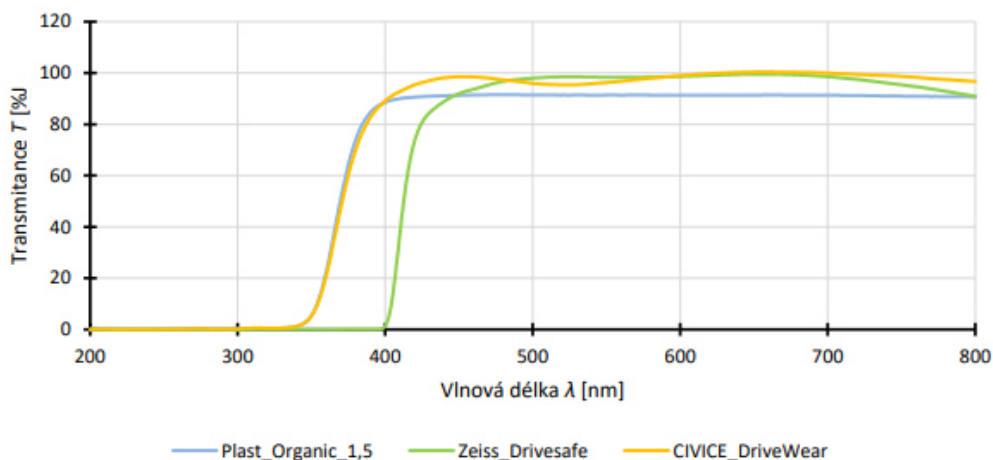
**Obrázek 4.3:** Spektrální Propustnost vzorků od společnosti Essilor

Hned v následujícím grafu (obrázek č. 4.4) se můžeme podívat na vzorky od společnosti Rodenstock. Zde nám poskytli tři vzorky. Prvním je čočka s povrchovou úpravou Road Perfalit Protect, která se bere jako základní brýlová čočka pro řidiče. Má žluté tónování, proto má podobný průběh jako EnRoute PRO, brýlová čočka pro řidiče od firmy Hoya. Propouští přibližně od 394 nm. U druhého vzorku můžeme vidět spektrální propustnost čočky Perfalit Protect PRO2, která se využívá i k dennímu nošení a propouští světlo s vlnovou délkou kolem 410 nm.



**Obrázek 4.4:** Spektrální Propustnost vzorků od společnosti Rodenstock

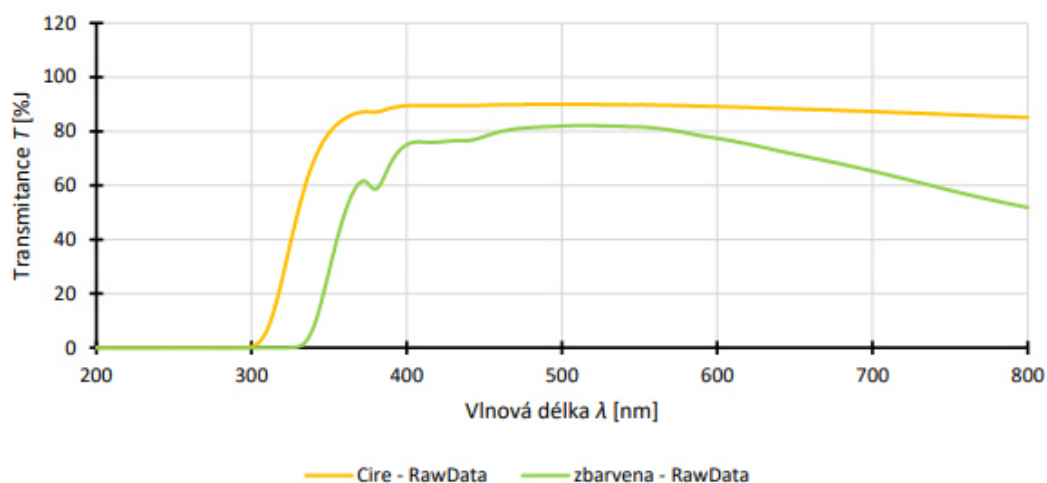
Ve čtvrté skupině jsou zařazeny společnosti Zeiss a Čivice. DriveSafe. Čočka od firmy Zeiss začíná propouštět světlo až kolem 400 nm. V dalším průběhu křivky se hodnoty blíží téměř ke 100 %. Zatím co čočka DriveWear od společnosti Čivice začíná propouštět již kolem 340 nm, podobně jako čočka EyEdrive. U čočky DriveWear jsme bohužel nesehnali vzorek s dioptrickou hodnotou plan. Proto se může jednat o nepřesný výsledek.



**Obrázek 4.5:** Spektrální Propustnost vzorků od společností Zeiss a Čivice

### 2.3. Měření transmisivity čelního skla

Abychom se to nejvíce přiblížili skutečnosti, zkusili jsme si přeměřit spektrální transmisivitu dvou vzorků čelního skla automobilů. Jeden vzorek byl s mírným podtónem do zelena a druhý byl čirý. Na grafu č. 4.6. můžeme vidět, že čiré čelní sklo začíná propouštět už vlnové délky o 300 nm. Zatím co zabarvené čelní sklo se zeleným podtónem propouští vlnové délky od 330 nm.



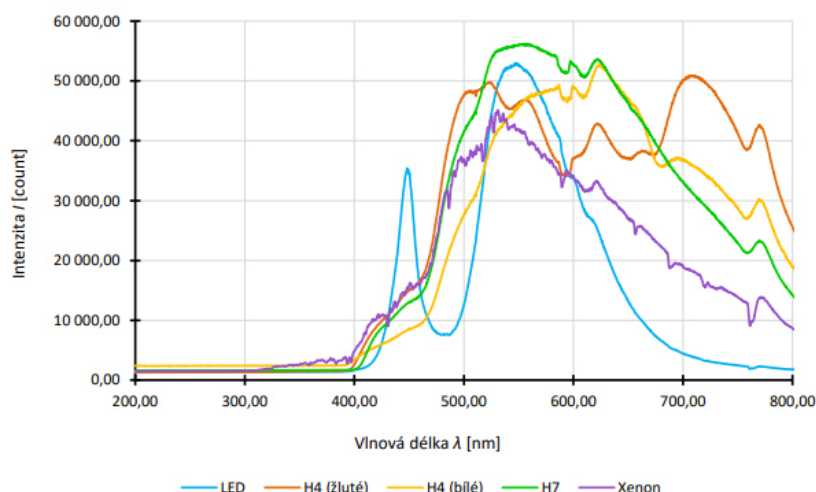
**Obrázek 4.6:** Spektrální propustnost čelních skel

### 2.4. Měření spektrálních charakteristik světlometů

Pro zjištění spektrálních charakteristik světelných zdrojů, které mohou řidiče oslňovat, jsme vybrali nejčastěji zastoupené druhy světlometů: halogenové žárovky H7 a H4, LED-světla a xenonové výbojky. Abychom měli co nejbližší hodnoty reálným situacím, uskutečnili jsme měření venku přímo na světlometech. Světlomety mají vnější kryt tvořený plastem (např. polykarbonátem) [48], který také ovlivňuje spektrum oslňujícího světla protijedoucích aut. Tím jsme se vyvarovali zanedbání blokace spektra od jednotlivých vnějších krytů světlometů.

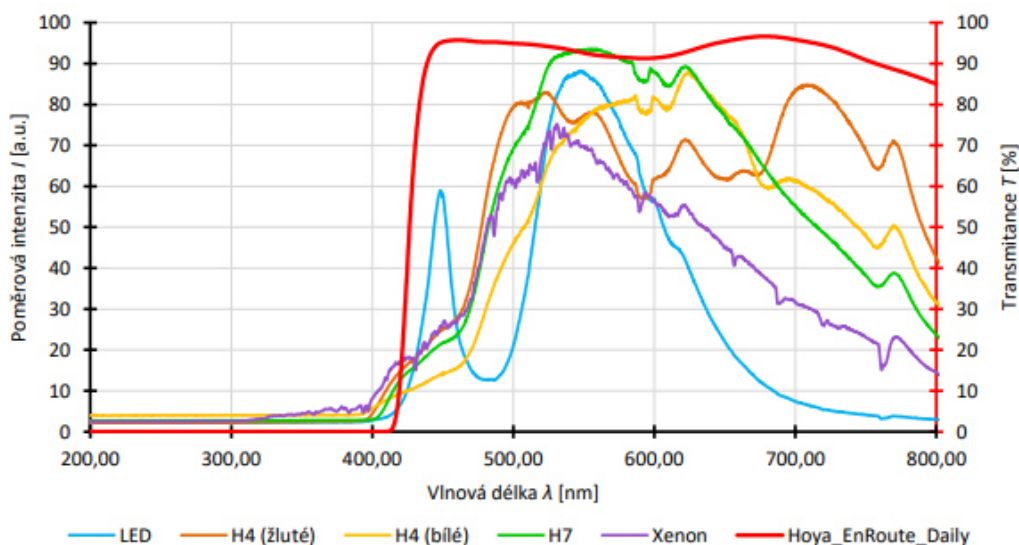
Měření jsme prováděli pomocí UV-VIS vláknového spektrometru USB2000+, který je přenosný. Díky této skutečnosti jsme nebyli nuceni zdroje světla nijak nahrazovat v laboratorním prostředí a získali jsme tak bližší výsledky realitě.

Při každém měření jsme si opět zaznamenali data, která jsme následně zanesli do grafu č. 4.7.



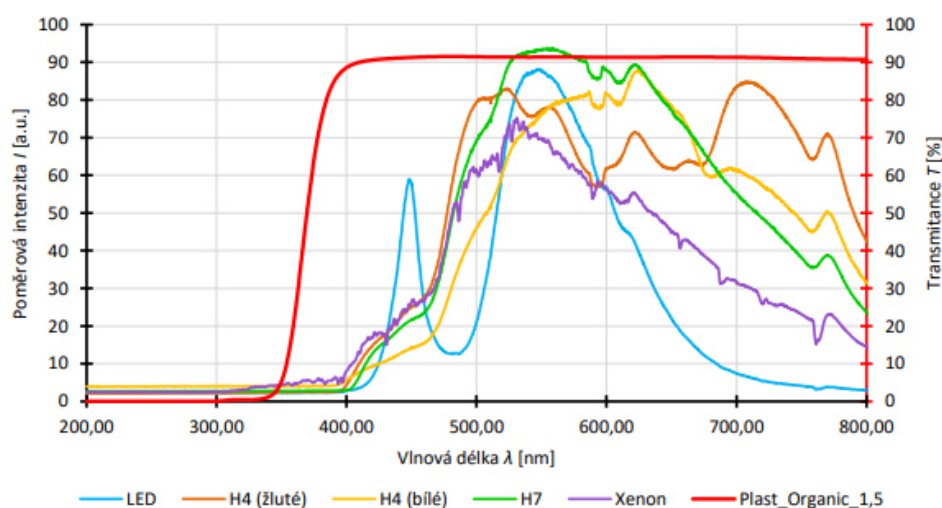
**Obrázek 4.7:** Spektrální charakteristika světlometů

Pro představu jsme vytvořili grafy č. 4.8 a 4.9, na kterých můžeme vidět, jak moc nám brýlové čočky pro řidiče ovlivní spektrum protijedoucích aut. Na grafu č. 4.8 se můžeme podívat, jak to zvládá brýlová čočka pro řidiče EnRoute Daily od společnosti Hoya.



**Obrázek 4.8:** Hoya EnRoute Daily a charakteristiky světlometů

Zatím co na grafu č. 4.9 se můžeme podívat, jak to zvládla brýlová čočka, která pro řidiče nebyla určena a nemá tedy predispozice v tomto ohledu ovlivnit propuštěné spektrum vlnových délek.



**Obrázek 4.9:** Plast Organic 1,5 a charakteristiky světlometů

### 3. Diskuse

V experimentální části této bakalářské práce byly testovány povrchové úpravy brýlových čoček pro řidiče od vybraných společností. Důraz byl kladen především, jak moc účinné, s ohledem na transmitanci, brýlové čočky s úpravou pro řidiče jsou.

Problém spektrální propustnosti a snížení oslnění již řešili v červnu roku 2022 v článku Special spectacle lenses for driving and their spectral effects [1]. V této studii porovnávali čtyři brýlové čočky (refrakční síla 0,00 D, index lomu 1,6) (DriveSave – Zeiss; EnRoute PRO – Hoya; Formula Drive – Optovision a Streetlife – Essilor). Při tomto experimentu však neuvažovali možnost odfiltrování světla ještě jinými prvky ve světelné dráze paprsku směrem k sítnici.

Porovnání tedy bylo na první pohled zřetelné. Oproti obyčejné brýlové čočce o indexu  $n=1,6$  byly brýlové čočky pro řidiče viditelně efektivnější. Přesto došli k výsledku, že každému člověku vyhovuje něco jiného.

Při výzkumu této práce jsme tedy nepoužívali jen zářivky. Jako zdroje oslňujících světél jsme použili přímo světlomety aut. Žárovky tedy byly zasazeny do vnějších polykarbonátových krytů světlometů, které odfiltrovali hladiny vlnových délek pod 400 nm. U dvou měřených čoček (EyeDrive – Essilor, DriveWear – Čivice) bychom dokonce našli nižší propustnost spektra, na kterou se můžeme podívat na grafu č. 4.3 a 4.5.

Od společnosti Čivice jsme ale získali vzorek s dioptrickou hodnotou -4,00 D. To nám mohlo způsobit trochu jiný průběh propustnosti a mohlo způsobit chyby. Díky tomu nám vyšla vyšší transmitance, než 100 %.

U zbylých čoček (bez kontrolní čočky o indexu 1,5) je ovšem propustnost vyšší než u vnějších plastových krytů světlometů. Čočka s úpravou Road Perfalit Protect od společnosti Rodenstock, kterou můžeme vidět na grafu č. 4.4, začíná propouštět vlnové délky nad 394 nm.

Vlnové délky nad 400nm začínají potom propouštět čočky Crizal drive od firmy Essilor (graf č. 4,3) a Drivesafe od společnosti Zeiss (graf č. 4,5). Od 410 nm pak začíná propouštět světlo čočka Perfalit Protect PRO2 (graf č. 4,4). Nejlépe blokují modré světlo čočky EnRoute a EnRoute PRO od společnosti Hoya. Jejich spektrální propustnost začíná až na 430 nm.

#### 4. Závěr

V prvních kapitolách jsme se podívali na přehled dnes používaných materiálů pro výrobu brýlových čoček a jejich povrchových úprav. Zaměřili jsme se převážně na typy brýlových čoček používaných pro řidiče. Zjistili, co vše může ovlivňovat kvalitu vidění řidiče a jak jí popřípadě můžeme zlepšit pomocí brýlových čoček.

Nejprve jsme provedli měření transmisivity brýlových čoček zaměřených pro řidiče od 200 nm do 800 nm pomocí UV-VIS spektrofotometru UV-2600. Pro získání těchto informací jsme vybrali brýlové čočky DriveSafe (Zeiss), EnRoute a EnRoute Pro (Hoya), Crizal a EyeDrive (Essilor), Road (Rodenstock) a Drivewear (Čivice). Výsledky jsme si znázornili v grafu č. 4.1 a pro větší přehlednost jsme průběh porovnávali s čočkou Plast organic o indexu 1,5. Tyto výsledky jsou v grafech 4.2, 4.3, 4.4 a 4.5.

Dále jsme použili UV-VIS vláknový spektrometr USB2000+ pro zjištění vyzařovacích charakteristik nejčastěji zastoupených druhů světlometů (halogenové žárovky H7 a H4, LED-světla a xenonové výbojky). Výsledky jsme následně zanesli do grafu č. 4.7 a porovnali jednotlivé účinky vybraných čoček.

Po naměření spektrální propustnosti čoček a spektrální charakteristiky světlometů automobilů, jsme ještě zjišťovali spektrální propustnost čelního skla (dvou vzorků – jednoho zabarveného a druhého čirého), kterou máme znázorněnou na grafu č. 4.6. Můžeme tedy tvrdit, že čelní sklo snižuje intenzitu oslňujícího záření, neovlivní však propuštěné spektrum.

Po srovnání naměřených dat jsme vypožadovali, že brýlové čočky pro řidiče nejsou moc efektivní z hlediska spektrální propustnosti a blokace modrého světla. Spektrum kolem vlnové délky 400 nm často odfiltrují vnější plastové kryty automobilových světlometů (vyrobené např. z polykarbonátu) [48]. Nejlépe se tohoto úkolu zhostila společnost Hoya, která docílila transmisivity až u 430 nm (jak můžeme vidět na grafu č. 4.2).

Abychom si utvořili lepší představu, vytvořili jsme nakonec grafy č. 4.8 a 4.9, na kterých máme znázorněné maximum a minimum ovlivnění spektra oslňujících zdrojů (protijedoucích aut).

#### 5. Literatura

- [1] HARTWING, Andreas. Special spectacle lenses for driving and their spectral effects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* [online]. 2252 – F0460. 2022, 763(7) [cit. 2023-01-03].

- [2] KUSS, Joachim. ZEISS Makes Car Driving Safer [online]. In: . s. 5 [cit. 2023- 01-03]. Dostupné z:  
<https://www.zeiss.com/content/dam/Vision/Vision/International/Pdf/en/newsroom/2015-10-05-press-release-drivesafe-long-version.pdf>
- [3] ESSILOR. Crizal drive: Essilor [online]. In: . [cit. 2023-01-04]. Dostupné z:  
<https://ecp.essilor-pro.com/gb/lenses/lens-coatings/crizal-drive>
- [4] ESSILOR. EyeDrive: Rozjed' to s EyeDrive [online]. In: . [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.essilor.cz/vase-videni/blog/rozjedte-to-s-eyedrive>
- [5] Rodenstock Road: Úspěšné brýle pro řidiče nyní ve sluneční variantě. See better. Look perfect. [online]. In: RODENSTOCK ČR S.R.O. Dr. Sedláka 841 339 01 Klatovy, 2017, s. 9 [cit. 2023-01-11]. 70010415 01/2017.
- [6] EnRoute: Čočky, které vás dovezou až do cíle. In: Hoya Vision Care [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.hoyavision.com/cz/optickevyrobky/specialni-ocoky/enroute/>
- [7] Drivewear: inteligentní brýle pro řidiče. In: Optika Čivice [online]. [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <http://www.drivewear.cz/techno.html>
- [8] Rodenstock Road: Brýle pro řidiče - jistota za volantem, která si rychle získá Vaše zákazníky. See better. Look perfect [online]. In: RODENSTOCK ČR S.R.O. Dr. Sedláka 841 339 01 Klatovy, 2016, s. 11 [cit. 2023-01-11]. 70010122 09/2016.
- [9] KRÁL, Jakub. Sklo: prezentace [online]. In: . FBMI, ČVUT v Praze [cit. 2023- 01-03].
- [10] BAŠTECKÝ, Richard. Praktická brýlová optika. Praha: R H Optik, 1997.
- [11] NAJMAN, Ladislav. Dílenská praxe očního optika. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-7013-328-7.
- [12] FUKA, Josef a Bedřich HAVELKA. Optika a atomová fyzika. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1961.
- [13] BORN, Max a Emil WOLF. Principles of optics: electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light. 7th expanded ed. New York: Cambridge University Press, 1999. ISBN isbn0-521-64222-1.
- [14] Lens Materials. In: Laramy-K Optical Lab: Lens Options and Materials [online]. 2010 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z:  
<https://www.laramyk.com/resources/education/lens-options-and-materials/lensmaterials/>
- [15] SANJIV, Nayan a Isdin OKE, Shruti AGGARWAL, MD, ed. EYEWIKI. Lens Material Properties [online]. November 17, 2022 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: [https://eyewiki.aao.org/Lens\\_Material\\_Properties](https://eyewiki.aao.org/Lens_Material_Properties)

- [16] POSPÍŠOOLOVÁ, Marie. INTERFERENCE: prezentace [online]. In: . [cit. 2023-01-03].
- [17] WALDMAN, Gary. Introduction to light: the physics of light, vision, and color. Dover ed. Mineola, N.Y.: Dover Publications, 2002. ISBN 978-0-486-42118-6.
- [18] JELÍNEK, Miroslav, Leopold CUDZIK, Jan REMSA, Veronika VYMĚTALOVÁ, Helena JELÍNKOVÁ a Tomáš KOCOUREK. Biofotonika. 1. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05709-4.
- [19] KRÁLOVÁ, Magda. Polarizace Světla. EDU portál: Techmania Science Center [online]. [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/svetlo/polarizace-svetla>
- [20] CARL ZEISS VISION. Handbook of Ophthalmic Optics [online]. Německo, 1991 [cit. 2023-01-03].
- [21] BHOOTRA, Ayay Kumar. Ophthalmic lenses. Jaypee Brothers. Medical Publishers Pvt: Limited, 2009.
- [22] FOX, Mark. Optical properties of solids. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2010. ISBN 9780199573370.
- [23] PILLAY, Rayishnee, Rekha HANSRAJ a Nishanee RAMPERSAD. PHistorical Development, Applications and Advances in Materials Used in Spectacle Lenses and Contact Lenses/p. Clinical Optometry [online]. 2020, 12, 157-167 [cit. 2022-11-27]. ISSN 1179-2752. Dostupné z: doi:10.2147/OPTO.S257081
- [24] BENJAMIN, W. J. Borish's Clinical Refraction. 2nd ed. St. Louis: ButterworthHeinemann, 2006.
- [25] BROOKS, C. a I. BORISH. System for Ophthalmic Dispensing. 3rd ed. St Louis: Butterworth-Heinemann, 2007.
- [26] FAULSTICH, M., V. GEILER a G. GLIEMEROTH, Jenaer GLASWERK, Schott GEN. High refractive index glasses of limited specific gravity for distance and near vision spectacle lenses. United States: patent US 4213787A, 1978. Seznam použité literatury 40
- [27] JANČÍK, Petr. Optické materiály pro výrobu brýlových čoček [online]. Brno, 2006 [cit. 2023-01-03]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce MUDr. Zdeňka Mašková.
- [28] KRÁL, Jakub. Prezentace Plastové čočky a Tenké vrstvy [online]. In: . FBMI, ČVUT v Praze [cit. 2023-01-03].
- [29] VESELÝ, Petr, Peter ŠIMOVIČ a Sylvie PETROVÁ. Konvenční a free-form technologie výroby brýlových čoček. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2014. ISBN 978-80-7013- 566-.

- [30] RUBIN, Melvin L. Spectacles: Past, present, and future. Survey of Ophthalmology [online]. 1986, 30(5), 321-327 [cit. 2022-11-27]. ISSN 00396257. Dostupné z: doi:10.1016/0039-6257(86)90064-0
- [31] Manufacturing: Materials selection: Open Learn [online]. 1999 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.open.edu/openlearn/science-mathstechnology/designinnovation/manufacturing/content-section-7.9>
- [32] Geometrická optika: Učební text k přednášce UFY102. In: Univerzita Karlova: Oddělení fyziky biomolekul Fyzikální ústav UK [online]. Fyzikální ústav UK, 2020 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: [http://fu.mff.cuni.cz/biomolecules/media/files/courses/Geometricka\\_optika.pdf](http://fu.mff.cuni.cz/biomolecules/media/files/courses/Geometricka_optika.pdf)
- [33] Multifokální brýle. In: Moderní optika: Vše se točí kolem očí [online]. 2019 [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.modernioptika.cz/dioptrickebryle/brylove-cocky/multifokalni-bryle/>
- [34] LEHKÁ, Věra. Přednášky Strabologie: 17PBOSRBA. Kladno, nám. Sítná: FBMI, ČVUT v Praze.
- [35] Polarized sunglasses [online]. In: . [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <http://destylo.blogspot.com/2010/11/polarized-sunglasses.html>
- [36] HEITING, Gary. Lens coatings: Anti-reflective, scratch resistant, anti fog, UV.: All about vision [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.allaboutvision.com/lenses/coatings.htm>
- [37] Povrchové úpravy brýlových čoček, fyzikální princip [online]. Brno, 2015 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/avrs7/Povrchove\\_upravy\\_brylovych\\_cocok.pdf](https://is.muni.cz/th/avrs7/Povrchove_upravy_brylovych_cocok.pdf). Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. Jitka Krasňanská Ph.D.
- [38] A Simple Guide to Eyeglass Lens Coatings: What are eyeglass lens coatings, and do you need them?. Vision Source: Signature Eye Care [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://visionsource.com/blog/eyeglass-lens-coatings/> Seznam použité literatury 41
- [39] CARL ZEISS VISION. Polarizované sluneční brýlové čočky: Pohodlné vidění bez nepříjemných odrazů [online]. In: . [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/vision-care/zeiss-vyrobky/slunecni-brylovecocky/polarizovane-slunecni-brylove-cocky.html#wha>
- [40] JALIE, M. Ophthalmic lenses and dispensing. Elsevier, 2003.
- [41] Brýlové čočky ZEISS DriveSafe. In: ZEISS [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/vision-care/pro-lekare-ci-optometristy/produkty/brylovecocky/brylove-cocky-drivesafe.html>

- [42] COZZA, Federica, Matteo COMPAGNONI, Chiara AIROLDI et al. The effects of two longpass filters on visual performance. *Journal of Optometry* [online]. 2020, 13(2), 102-112 [cit. 2023-01-03]. ISSN 18884296. Dostupné z: doi:10.1016/j.optom.2019.07.001
- [43] BURDOVÁ, Pavla. Filtry v optice a optometrii [online]. Brno, 2012 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/levto/BP\\_final\\_tisk.pdf](https://is.muni.cz/th/levto/BP_final_tisk.pdf). Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. Pavel Beneš.
- [44] ESSILOR. EYE PROTECT SYSTEM: Chraňte svůj zrak [online]. In: . [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.essilor.cz/brylove-cocky-essilor/eye-protectsystem>
- [45] SKRBKOVÁ. Samozabarvovací brýlové čočky: Kdo lépe vidí, více vidí. In: Optik Skrbková [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.optikskrbkova.cz/uzitecne-informace/slovnicek-odbornychvyrazu/samozabarvovaci-brylove-cocky>
- [46] TRANSITIONS XTRACTIVE: Chraňte svůj zrak [online]. In: . [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.essilor.cz/brylove-cocky-essilor/transitions/transitionsxtractive>
- [47] Transitions: Světlo pod kontrolou [online]. In: . [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.transitions.com/cs-cz/products/#style-colors>
- [48] KRÁL, Dominik. Materiál pro výrobu části světlometu osobního automobilu. Brno, 2020. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Eva Molliková, Ph.D., Paed IGIP.
- [49] Wave Interference: Arbor Scientific. In: YouTube [online]. 2019 [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=JBuW385IT38>
- [50] Dispersion: Geosciences. In: LibreTexts: Geosciences [online]. 2022 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: [https://geo.libretexts.org/Bookshelves/Geology/Book%3A\\_Gemology/07%3A\\_Optical\\_Properties\\_of\\_Gemstones/7.16%3A\\_Dispersion](https://geo.libretexts.org/Bookshelves/Geology/Book%3A_Gemology/07%3A_Optical_Properties_of_Gemstones/7.16%3A_Dispersion) Seznam použité literatury 42
- [51] Polymethylmethakrylát. In: Wikipedie: Otevřená encyklopedie [online]. online: Wikipedie, 2022 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Polymethylmethakrylát#/media/Soubor:PMMArepeat.png>
- [52] CR-39. In: Wikipedie: Otevřená encyklopedie [online]. Online: Wikipedie, 2022 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/CR39#/media/File:PADC\\_neu.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/CR39#/media/File:PADC_neu.svg)
- [53] Polykarbonát. In: Wikypedie: Otevřená Encyklopedie [online]. online: Wikipedie, 2023 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Polykarbonát#/media/Soubor:Lexan.svg>

## **6. Poděkování**

Tato práce byla podpořena Studentskou grantovou agenturou Českého vysokého učení technického v Praze (grant č. SGS22/131/OHK4/2T/17).

## First-time wearers of contact lenses

**Eliška Klabíková<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [klabiel@fbmi.cvut.cz](mailto:klabiel@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Contact lenses, ametropies, effect of contact lenses on the eye, rules for wearing contact lenses

**Abstract:** The thesis "First-time wearers of contact lenses" deals with the issue of first-time contact lens wearers and related complications and possible solutions. In the introduction, the anatomy of the anterior segment of the eye is elaborated. Furthermore, the work deals with spherical and aspheric types of ametropia, such as nearsightedness, farsightedness, astigmatism and presbyopia. It describes their principle, classification and possibilities for solving ametropia using contact lenses. Next, briefly the development of refractive errors with respect to age. Basic methods and principles of objective examination of refraction with an autorefractometer and keratometry and slit lamp are described. It also deals with contact lenses, their division according to different points of view, contraindications to wearing them and the effect of contact lenses on the eye. The practical part of the work is devoted to the processing of the results from the exercises of first-time contact lens wearers and the application of lessons learned from previously conducted studies, as well as the detection of frequent complications during the exercise. The goal was to understand this issue and apply the knowledge to improve the quality of the course with an emphasis on the client. As one of the outputs of the work, an educational program for first-time owners and instructions for trainees is prepared.

## Prvonositelé kontaktních čoček

**Eliška Klabíková<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [klabiel@fbmi.cvut.cz](mailto:klabiel@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Kontaktní čočky, ametropie, vliv kontaktních čoček na oko, pravidla pro nošení kontaktních čoček

**Abstrakt:** Práce „Prvonositelé kontaktních čoček“ se věnuje problematice prvonositelů kontaktních čoček a k tomuto tématu přidružených komplikací a možných řešení. V úvodu je zpracována anatomie předního segmentu oka. Dále se práce zabývá sférickými a asférickými typy ametropií, jako krátkozrakost, dalekozrakost, astigmatismus a presbyopie. Popisuje jejich princip, klasifikaci a možnosti řešení ametropií pomocí kontaktních čoček. Dále krátce vývoj refrakčních vad vzhledem k věku. Jsou popsány základní metody a principy objektivního vyšetření refrakce autorefraktometrem a keratometrie a šterbinové lampy. Dále se zabývá kontaktními čočkami, jejich dělením dle různých hledisek, kontraindikacemi k jejich nošení a vlivu kontaktních čoček na oko. Praktická část práce je věnována zpracování výsledků ze zácvků prvonositelů kontaktních čoček a uplatnění poučení z dříve provedených studií, dále zjištění častých komplikací při zácviku. Cílem bylo této problematice porozumět, a poznatky uplatnit ke zkvalitnění průběhu zácviku s důrazem na klienta. Jako jeden z výstupů práce je zpracován edukační program pro prvonositele a návod pro zacvičující osoby.

### 1. Úvod

Tato práce se zabývá problematikou prvonositelů kontaktních čoček, kde cílem bylo zjistit zastoupení refrakčních vad prvonositelů, důvodu pro jejich korekci kontaktními čočkami a komplikace spojené se zácvikem, blíže s nasazením a vyjmutím kontaktních čoček. Celkem byly zpracovány údaje od 75 prvonositelů kontaktních čoček.

## 2. Experimentální část

Data byla rozdělena do kategorií dle ontogeneze člověka podle WHO. První kategorie nazvána starší školní věk, zahrnuje děti <11-15) let. Druhá kategorie adolescenti zahrnuje dospívající ve věku <15-18) let. Třetí kategorie plné dospělosti mezi <18-30) lety. Čtvrtá kategorie mladého věku, zařazeny osoby <30-45) let a poslední, pátá je kategorie středního věku kam se řadí osoby <45-60) let

Rozdělení do kategorií dle typu a stupně vady vycházela ze sférického ekvivalentu  $SE$  u každého oka, spočteného pomocí rovnice 1 refrakční hodnoty ve sféře  $Sf$  a poloviny hodnoty cylindru  $Cyl$ .

Výpočet sférického ekvivalentu:

$$SE = Sf + \frac{Cyl}{2} [D] \quad (1)$$

Rovnice 1 Vzorec pro výpočet sférického ekvivalentu.

$SE$  sférický ekvivalent

$Sf$  velikost sféry

$Cyl$  velikost cylindru

Hypermetropie byla v naší studii určena pouze jako kladná hodnota sférického ekvivalentu, bylo určeno minimum a maximum hypermetropie na základě sférického ekvivalentu, stejně tak bylo určeno minimum a maximum cylindru, medián a průměrná hodnota se směrodatnou odchylkou u sférického ekvivalentu, astigmatismu a osy hypermetropických očí. Na základě sférického ekvivalentu byly hodnoty rozděleny do kategorií podle závažnosti vady. Jedná se o rozdělení na lehkou, do +3 D, střední, do +6 D vysokou nad + 6 D. Bylo spočteno procentuální zastoupení hypermetropických očí v námi zkoumaném vzorku populace.

Myopie byla v naší studii dána pouze jako záporná hodnota sférického ekvivalentu, bylo určeno minimum a maximum sférického ekvivalentu, stejně tak cylindru, medián a průměrná hodnota se směrodatnou odchylkou u sférického ekvivalentu, cylindru a osy hypermetropických očí. Na základě sférického ekvivalentu byly hodnoty rozděleny do kategorií podle závažnosti vady na lehkou, do -3 D, střední, do -6 D vysokou myopii nad - 6 D. Bylo spočteno procentuální zastoupení hypermetropických očí v námi zkoumaném vzorku populace.

Všechny osoby zahrnuté do studie měly visus bez korekce horší než 1,0. Všichni proto byli zařazeni mezi ametropy, emetrop nebyl žádný.

Kategorie addice, kde nízká je do 1,25 D, střední od 1,5 D do 2,0 D a vysoká addice je nad 2,0 D, vychází z rozdělení měkkých multifokálních kontaktních čoček podle ALCONu.

### 3. Výsledky a diskuze

#### 3.1 Věk

Věk vzorku 75 prvnositelů kontaktních čoček byl v rozmezí od 12 let až do 59 let. Průměrný věk prvnositelů byl  $28 \text{ let} \pm 13,9 \text{ let}$ . Medián věku všech prvnositelů byl 20 let. Početní zastoupení věku a pohlaví v jednotlivých kategoriích je zobrazeno grafem 1. Vidíme, že největší zastoupení měly dospívající ženy od 15 let do 17 let. Mezi žadateli o kontaktní čočky byly zastoupeny všechny kategorie základních refrakčních vad. Výslednou refrakci jsem přepočítala na sférický ekvivalent a rozdělila do kategorií myopie, hypermetropie, astigmatismus, presbyopia.

#### 3.2. Zastoupení refrakčních vad

Myopických očí bylo celkem 117, to odpovídá 78,5 % počtu očí prvnositelů. Minimum bylo -0,25, maximum -7,9 D. Medián myopických očí vyšel -1,5 D. Průměrná hodnota korekce myopie se směrodatnou odchylkou byla  $-2,0 \text{ D} \pm 1,3 \text{ D}$ . Lehká myopie do -3 D byla zastoupena v počtu 98 očí, 65,8 %, střední myopie do -6 D byla zastoupena počtem 18 očí, 12,1 % a vysoká myopie nad -6 D byla zastoupena 1 okem, 0,7 %. Pouze sférická myopie byla přítomna u 70 očí prvnositelů a astigmatická korekce při myopii byla přítomna u 47 očí. Maximální hodnota astigmatismu u myopie byla -2,25 D, minimální -0,75 D. Medián astigmatismu u myopických očí byl -0,75, průměr se směrodatnou odchylkou  $-1,0 \text{ D} \pm 0,4 \text{ D}$ . Medián osy astigmatické korekce kontaktních čoček prvnositelů byla  $100^\circ$ , průměrně také  $100^\circ \pm 57,2^\circ$ .

Hypermetropických očí bylo celkem 32, to odpovídá 21,5 % počtu očí prvnositelů. Minimum sférického ekvivalentu bylo +0,125 D, maximum +7,125 D. Medián hypermetropických očí vyšel +2,0 D. Průměrná hodnota hypermetropické korekce se směrodatnou odchylkou byla  $+2,75 \text{ D} \pm 2,0 \text{ D}$ . Lehká hypermetropie do +3 D byla zastoupena v počtu 23 očí, 15,4 %, střední hypermetropie do +6 D byla zastoupena počtem 4 očí, 2,7 % a vysoká hypermetropie nad +6 D byla zastoupena 5 očima, 3,4 %. Pouze sférická hypermetropie byla přítomna u 17 očí prvnositelů a astigmatická korekce při hypermetropii byla přítomna u 15 očí. Maximální hodnota astigmatismu u hypermetropie byla -4,75 D, minimální -0,75 D. Medián astigmatismu u hypermetropických očí byl -1,25, průměr se směrodatnou odchylkou  $-1,75 \text{ D} \pm 1,1 \text{ D}$ . Medián osy astigmatické korekce kontaktních čoček prvnositelů byla  $80^\circ$ , průměr  $97,3^\circ \pm 63,2^\circ$ .

Astigmatismus byl korigován u očí prvnositelů. Nejvíce se kontaktními čočkami korigoval astigmatismus podle pravidla okolo osy  $180^\circ$  se zastoupením přibližně 44 %, dále astigmatismus proti pravidlu okolo osy  $90^\circ$  se zastoupením přibližně 35 %, nakonec také astigmatismus šikmý v osách okolo  $45^\circ$  a  $135^\circ$  s přibližným zastoupením 21 %.

Prvnositelů s multifokálními čočkami bylo celkem 16, z toho 11 prvnositelů mělo korekci na dálku pouze sférickou a 5 astigmatickou. Věkové kategorie, kde se prvnositelé s multifokální korekcí v kontaktních čočkách vyskytli byly 2. V první kategorii období středního věku bylo 13 prvnositelů, a 3 se vyskytli také v kategorii období mladého věku od

30 do 45 let. Prvonošitelů s nízkou addicí, do 1,25 D bylo 5, se střední addicí, do 2,0 D bylo 10 a s vysokou addicí, nad 2,0 D bylo 2. Dělení rozmezí kategorií addice vychází ze členění addice multifokálních kontaktních čoček od ALCONu.

### *3.3. Důvod volby korekce*

Důvody proč klienti žádali kontaktní čočky byly různé. Nejčastější důvod, které pro volbu korekce ametropií pomocí kontaktních čoček klienti uváděl, byl sport a dále pohodlí. Viz tabulka 1. Překvapením pro mne bylo, že ani jeden z prvonošitelů nežádal kontaktní čočky ke změně barvy očí.

### *3.4. Nasazení a vyjmutí*

Bez obtíží celkem nasadilo kontaktní čočky 23 osob, to odpovídá 30 % a bez obtíží vyjmul 45 osob, to je 60 %. Z tohoto plyne, že vyjmutí kontaktních čoček je pro prvonošitele jednodušší. Mezi nejčastější komplikace při nasazení čoček bylo špatné držení víček, dále nervozita, nedůraznost. Viz tabulka 2. Nejčastější komplikací při vyjmutí čoček z očí byla nedůraznost, špatný úchop čočky a nervozita. Viz tabulka 3.

Nejčastější prvonošitelé byli myopové s lehkou formou vady, do -3 D, většinou se jednalo o ženy, medián věkového zastoupení byl 20 let, prvonošitelé byli především mladší osoby. Nejčastější komplikací při nasazení bylo špatné držení víček a u vyjmutí to byla nedůraznost. Nejčastějším důvodem pro volbu korekce kontaktními čočkami byl sport, dále pohodlí. Výsledné poznatky zdaleka nepostihují všechny varianty komplikací u prvonošitelů. Data a závěry ze zkoumané malé skupiny prvonošitelů i přesto mohou být užitečnou inspirací a rozšířením znalostí k řešení komplikací při zácviu. Závěry studie slouží pouze jako náhled do praxe, s jakými komplikacemi se prvonošitelé často setkávají, a má dopomoci navrhnout možná řešení ze strany optometristy či kontaktologa.

## **4. Závěry**

Okolnosti ovlivňující schopnost prvonošitelů se o čočky starat byla mentální vyzrálost, zodpovědnost, inteligence, neochota se o kontaktní čočky každodenně starat. Dále znalost a povědomí o správné péči a manipulaci s kontaktními čočkami, základní informace o režimu nošení a výměny, dodržování hygieny a ostražitosti k předcházení rizikových situací, jako kontakt čoček s vodou či pohybem v čočkách v prašném prostředí, povědomí o možných komplikacích. Dále se během zácviu projevila různá míra zručnosti prvonošitelů, s vyhlídkou že nabytím zkušeností s nasazováním a vyjímáním čoček z očí dojde ke zlepšení zručnosti.

Vliv na povědomí klienta má i kolik času je na klienta vyhrazeno. Pokud je zácvik příliš rychlý, klient často nedokáže množství informací pobrat, a nemá čas se doptat na případné informace, co si uvědomí v průběhu, že neví. Je také velmi vhodné prvonošitele několikrát

během zácvičku pobídnout, zda má nějaký dotaz, případně na základě informací o klientovi a představě o jeho životním stylu různé informace podrobněji rozebrat.

Při aplikaci kontaktních čoček v ordinaci optometristy je vždy klient pečlivě instruován. Po skončení aplikace jsou mu předány vlastní kontaktní čočky, případně starterové balení roztoku a návod k péči o kontaktní čočky, kde si může v případě potřeby základní informace klient dohledat. Při aplikaci je klientovi stanoven visus a korekce do kontaktních čoček a keratometrie. Dále jsou s klientem probány jeho důvody, potřeby a očekávání od kontaktních čoček. Poté na základě těchto informací je doporučen režim nošení a výměny a materiál kontaktních čoček. Při vlastní aplikaci je dán důraz na stručnost a jednoznačnost jednotlivých pokynů. Je třeba brát v úvahu, že pro prvnositele se jedná o mnoho nových informací, které si musí zapamatovat a pochopit během jednoho sezení. Je dobré během aplikace informace několikrát opakovat. Bylo zdůrazněna důležitost si před nasazením či vyjmutím kontaktních čoček z očí pečlivě umýt a osušit ruce. Vyjmutí kontaktních čoček z oka je pro většinu jednodušší. Je to pro oko více přirozené, kde člověk je zvyklý v případě potřeby z oka vymnout nečistotu.

## 5. Tabulky

**Tabulka 1.** Zastoupení důvodů pro volbu kontaktních čoček u prvnositelů.

Důvod volby korekce KČ	Početní zastoupení všichni prvnositelé	Procentuální zastoupení (%)
Sport	42	56
Pohodlí	31	41,3
Nechce brýle	22	29,3
Estetika	15	20
Vyzkoušet	7	9,3
Nutnost stálé korekce	4	5,3
Zorné pole	2	2,7
Zaměstnání	2	2,7
Sluneční brýle	1	1,3
Zamlžování brýlí	1	1,3

**Tabulka 2.** Zastoupení nejčastějších komplikací při nasazení kontaktních čoček u prvnositelů.

Komplikace při nasazení	Zastoupení (%)
Špatné držení víček	50,6
Špatně míří	10,7
Mrkne ihned do/po přiložení	6,7

**Tabulka 3.** Zastoupení nejčastějších komplikací při vyjmutí kontaktních čoček u prvnositelů.

Komplikace při vyjmutí	Zastoupení (%)
Nedůraznost	28
Špatný úchop kč	9,3
Nervozita	9,3

## 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*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-316-6.
- [3] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [4] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Kontaktní čočky*. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2003. ISBN 80-701-3387-2.

## 7. Acknowledgments

Při zpracování práce zabývající se tématem problematiky prvonostelů kontaktních čoček mi byla velkou pomocí paní doktorka Jana Urzová, Mgr., Ph.D. Dále take veškerá měření k získání dat do práce byla získána v rámci spolupráce s oční optikou Optika -Šimůnková se sídlem v Ústí and Labem.

## Myopia control

**Markéta Žáková<sup>1</sup>, Martin Fůs M<sup>1,2</sup>, Hana Chylová<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Eye's clinic JL, V Hůrkách 1296, 158 00 Prague, Czech Republic

**E-mail:** [marketa.zakova@fbmi.cvut.cz](mailto:marketa.zakova@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Myopia, refractive errors in children, myopia control, slowing myopia progression

**Abstract:** Myopia is a refractive error that will threaten up to half of the world's population by 2050. Myopia not only has an impact on the quality of life of the myopic client (higher risks of ocular pathologies), but also socioeconomic implications. The fundamental need for a solution is demonstrated by the interest in this topic by the WHO (World Health Organization), with the first World Report on vision to be published in 2019. The world's eye experts are currently addressing this topic and trying to slow this increase by controlling myopia.

## Kontrola myopie

**Markéta Žáková<sup>1</sup>, Martin Fůs M<sup>1,2</sup>, Hana Chylová<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> Klinika JL, V Hůrkách 1296, 158 00 Praha, Česká republika

**E-mail:** [marketa.zakova@fbmi.cvut.cz](mailto:marketa.zakova@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Myopie, krátkozrakost, refrakční vady u dětí, kontrola myopie, zpomalení progresu myopie

**Abstrakt:** Krátkozrakost je refrakční vadou, která do roku 2050 bude ohrožovat až polovinu světové populace [1]. Krátkozrakost má nejen dopad na kvalitu života myopického klienta (vyšší rizika očních patologií), ale i socioekonomické dopady. Zásadní nutnost řešení dokládá zájem o toto téma WHO (Světové zdravotnické organizace), kdy v roce 2019 vydává první report o zraku (World report on vision). Světoví oční odborníci se tímto tématem aktuálně zabývají a snaží se kontrolou myopie tento nárůst zpomalit.

### 1. Úvod

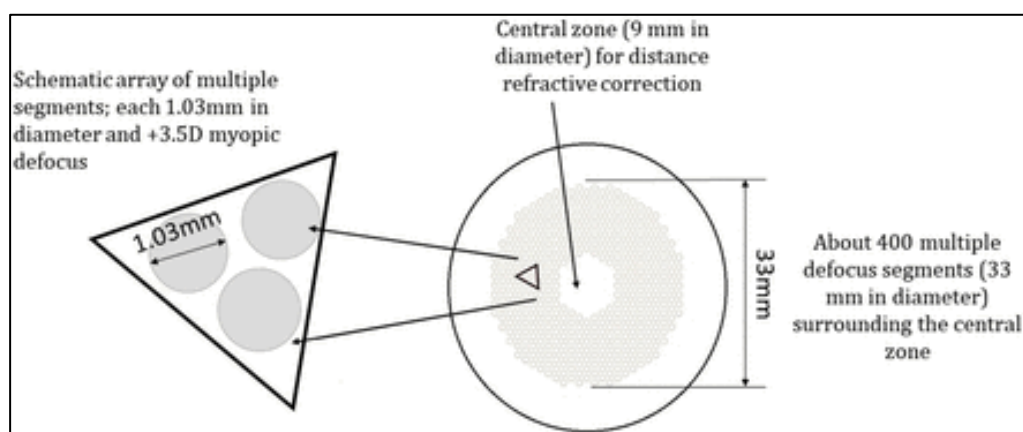
Myopie (krátkozrakost) je refrakční vadou, kterou trpí v České republice až 30% populace [2]. Závažnost krátkozrakosti přitom nespočívá pouze ve snížené nekorigované zrakové ostrosti, ale zejména v přidružených komplikacích, které doprovázejí vysoký stupeň vady a jež mohou mít fatální dopad na vidění: odchlípení sítnice (4 - 10x více), choroidální atrofie, katarakta (zadní subkapsulární katarakta 2 - 5x více), glaukom (glaukom s otevřeným úhlem 2 - 3x více) [3]. Nejčastější příčinou vzniku myopie je prodloužení předozadní osy bulbu (axiální, osová myopie). Obvyklý scénář vývoje vady je takový, že se růst bulbu během fáze emetropizace nezastaví na optimální úrovni, ale pokračuje v prodlužování. Výsledkem je relativně dlouhé oko a vznik ohniska před sítnicí. Dva hlavní faktory, které zvyšují riziko výskytu krátkozrakosti, jsou genetika a enviromentální faktory. Děti, jejichž oba rodiče jsou krátkozrací, mají 50% pravděpodobnost, že se u nich tato oční vada také objeví. Riziko výskytu krátkozrakosti také zvyšuje moderní životní styl, zahrnující činnosti prováděné na blízko, jako je dlouhé čtení nebo používání digitálních zařízení, málo venkovních aktivit a nevhodné

osvětlení. Věk jedince hraje v rozvoji myopie významnou roli. Největší progresi myopie zaznamenáváme u dětí od 7 do 14 let. Ale vlivem zrakové zátěže do blízka i progresi ve věku starším (období studia na SŠ a VŠ). Cílem našeho tříletého projektu je realizace analýzy efektivity kontroly progresu myopie za využití technologie integrovaných defokusačních segmentů (DIMS) v brýlových čočkách na úrovni dětských a dospívajících pacientů

### 1.1. Brýlové čočky s technologií DIMS

Brýlové čočky s technologií DIMS (Defocus Incorporated Multiple Segments) jsou individuálně zhotovované polykarbonátové brýlové čočky pro kontrolu progresu myopie. Vyrábí je firma Hoya a jsou na světovém trhu pod označením Miyosmart od roku 2014. Brýlová čočka s DIMS technologií má prstencovitý design a skládá se z centrální a funkční zóny. Centrální zóna o průměru 9,4mm poskytuje nezkreslenou korekci myopie a ve směru do periferie je funkční zóna myopického rozostření na ploše 33mm. Myopické rozostření probíhá díky malým segmentům (každý o hodnotě +3,5D) ve voštinové struktuře s jejich vysokou hustotou. [4]

Schéma: viz obrázek1



**Obrázek 1:** Schéma brýlové čočky s DIMS technologií [5]

## 2. Metodika

Po dobu 3 let (2023-2026) je sledován soubor 75 myopických pacientů ve věku 6-26 let. Vstupními kritérii byla prokázána progresivita myopické vady alespoň u jednoho oka (u dětí pod 15 let minimálně o 0,5 D a nad 15 let o 0,25 D sférického ekvivalentu za rok), absence binokulárních poruch a očních patologií potvrzená oftalmologem. Kromě subjektivní a objektivní refrakce v cykloplegii se stanovením optimální brýlové korekce, byly v rámci vstupní prohlídky změřeny axiální a keratometrické parametry optickou biometrií (Lenstar 900). Tento cyklus je u všech pacientů opakován po 3 měsících a následně každých 6 měsíců po celkové období 3 let. Přitom 50 pacientů (30 ve věku 8-15 let a 20 ve věku nad 15-26 let) bylo korigováno brýlovou čočkou na zpomalení progresu myopie s technologií DIMS. Zbýlých

25 probandů tvořilo kontrolní skupinu s brýlovou korekcí konvenční sférocylindrickou brýlovou čočkou s antireflexní úpravou. Dle zahraničních vědeckých studií zpomaluje technologie DIMS myopickou progresi o 59 % a růst axiální délky oka o 60 % u dětí do 15 let. Model brýlových čoček je v České republice dostupný od podzimu 2022 a považujeme za nezbytné jeho hodnocení v porovnání s kontrolní skupinou a také v kategorii nad 15 let.

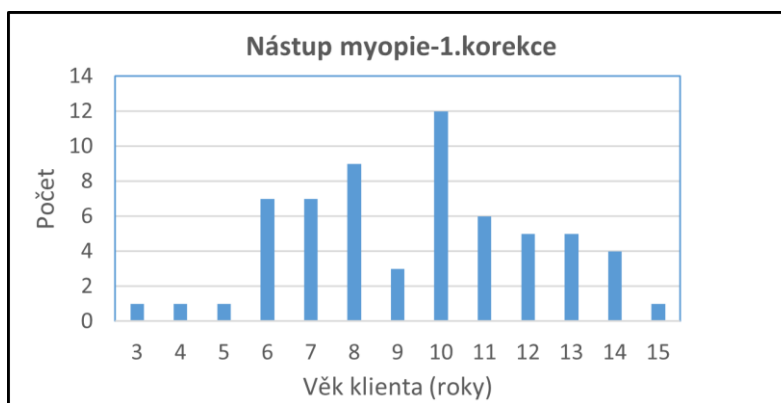
### 3. Experimentální část a výsledky

Soubor je momentálně ve fázi sběru vstupních hodnot (refrakce, biometrie, zrakové ostrosti) a také do kontrolního souboru ukončujeme nábor probandů. Nelze tedy v současné době hodnotit změny refrakčního stavu a axiální délky očí našich probandů. Součástí vstupního vyšetření byl dotazník na analýzu prostředí a návyků myopického klienta a dotaz na rodinnou anamnézu ve vztahu k myopii. Provedeme zde tedy rozbor těchto dotazníků. Dotazníků bylo analyzováno 63 (vzhledem k nedokončenému náboru probandů). Odpovědi byly vybrány od účastníků ve věku 6-26 let.

#### 3.1. Věk nástupu myopie

Krátkozrakost nejrychleji progreduje u mladších dětí a souvisí s jejich rychlým růstem. Nejčastěji se myopie demonstuje ve školním věku 8-15let (0,6D/rok) a pak pozvolna růst myopie zpomaluje. [6]

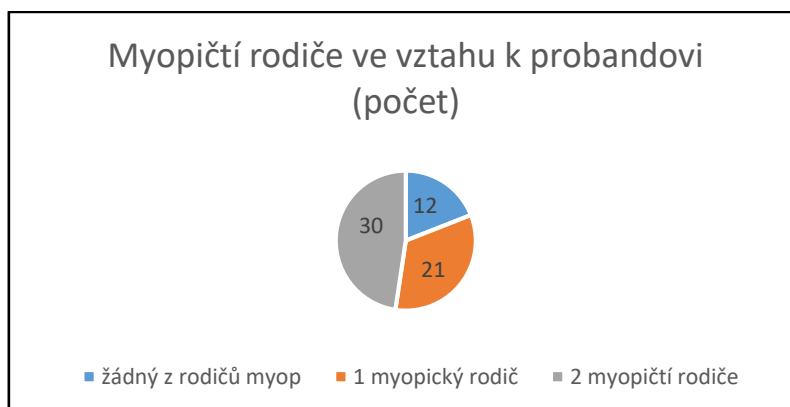
V našem souboru byla nejčastější první předepsaná myopická korekce v 10letech věku viz graf 1.



**Graf 1:** Nástup myopie (klientova první korekce)

#### 3.2. Myopie v rodinné zátěži

Pravděpodobnost, že dítě myopických rodičů bude mít také krátkozrakost je 50% (pokud jsou oba dva rodiče myopičtí). V našem souboru bylo toto zastoupení nejčtenější. Ze 63 probandů bylo 30, kteří mají oba dva rodiče myopické.



**Graf 2:** Genetická zátěž myopa

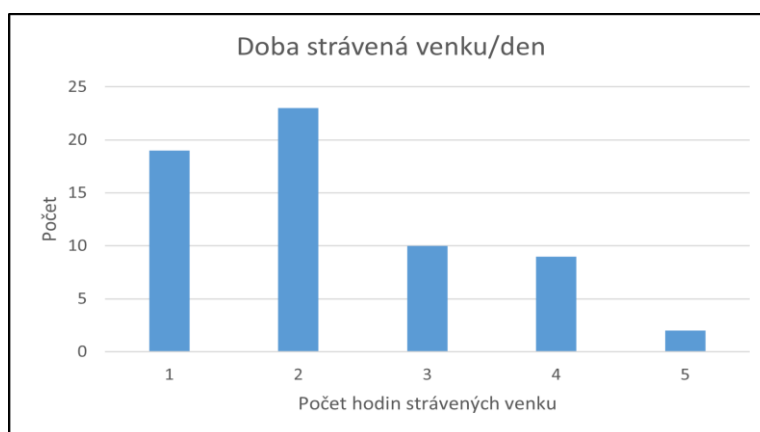
### 3.3 Vliv prostředí na progresi myopie

Krátkozrakost má multifaktoriální etiologii a převládají vlivy prostředí. Podle studie na 25 025 dětech ve věku 6-18 let byla prokázána souvislost nadměrné práce do blízka a progresi krátkozrakosti. Pravděpodobnost krátkozrakosti se zvýšila o 2 % z každé další dioptrie/hodinu (h) více práce do blízka za týden [7]. Proto je pro prevenci krátkozrakosti u dětí důležité vyvinout strategii ke snížení nadměrné práce na blízko. K rychlejší progresi myopie přispívá i kratší čtecí vzdálenost pod 20 cm [8]. Ke stejnému efektu přispívá dle výzkumů i čtení bez přestávky delší než 45 min [9]. V našem souboru naši účastníci pracují do blízka nejčastěji 4 h/denně viz graf.



**Graf 3:** Doba do blízka/den

Jsou známy vědecké důkazy, že delší pobyt venku je účinný v prevenci proti počínající myopii [10-12]. Není ovšem jasné, zda je čas strávený venku účinný pro zpomalení progresu u očí, které jsou již myopické. Studie dětí ve věku 6-8 let během COVID prokázala významný myopický progres v souvislosti s nedostatečným časem stráveným venku [13-15]. Doporučení pro prevenci myopie u dětí rodičů, kteří jsou myopičtí, je být alespoň dvě hodiny každý den na denním světle. V našem souboru je nejčastěji zastoupen počet myopů, kteří v jejich současné praxi tak činí. Viz graf.



**Graf 4:** Doba venku/den

#### 4. Závěr

Výzkum myopie a kontrola myopie je v dnešní době vysoce aktuální téma. Nárůst myopických dětských klientů strmě stoupá a vzhledem ke kvalitě jejich budoucího života a rizik spojených s dalšími očními komplikacemi je nutné toto téma mezi českou společností a českými očními odborníky více propagovat. Věřím, že náš výzkum v českých podmínkách a na českých probandech k této osvětě přispěje a pomůže tak zapojit kontrolu myopie do každodenní rutiny očních odborníků.

#### 5. Reference

- [1] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, Wong TY, Naduvilath TJ, Resnikoff S. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. 123, 2016, Sv. 5.
- [“] Běliková J. Vývoj myopie, 1.část. *Česká oční optika*. 4, 2012, Sv. 53.
- [3] Fricke TR, Holden BA, Wilson DA, et al. Global cost of correcting vision impairment from uncorrected refractive error. *Bulletin of the World Health Organisation*. 90, 2012, Sv. 10
- [4] <https://www.hoyavision.com/cz/opticke-vyroby/miyosmart/> (dostupné online)
- [5] Lam CSY, Tang WC, Tse DY, et al Defocus Incorporated Multiple Segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: a 2-year randomised clinical trial *British Journal of Ophthalmology* 2020;104:363-368.
- [6] Donovan L, Sankaridurg P, Ho A, et al. Myopia progression rates in urban children wearing single-vision spectacles. *Optom Vis Sci* 2012;89:27–32
- [7] Huang HM, Chang DS, Wu PC. The Association between Near Work Activities and Myopia in Children-A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*. 2015 Oct

- 20;10(10):e0140419. doi: 10.1371/journal.pone.0140419. PMID: 26485393; PMCID: PMC4618477.
- [8] Wen L, Cao Y, Cheng Q, Li X, Pan L, Li L, Zhu H, Lan W, Yang Z. Objectively measured near work, outdoor exposure and myopia in children. *Br J Ophthalmol*. 2020 Nov;104(11):1542-1547
- [9] Li SM, Li SY, Kang MT, Zhou Y, Liu LR, Li H, Wang YP, Zhan SY, Gopinath B, Mitchell P, Wang N; Anyang Childhood Eye Study Group. Near Work Related Parameters and Myopia in Chinese Children: the Anyang Childhood Eye Study. *PLoS One*. 2015 Aug 5;10(8):e0134514.
- [10] Jones LA, Sinnott LT, Mutti DO, et al. Parental history of myopia, sports and outdoor activities, and future myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48:3524–3532.
- [11] Rose KA, Morgan IG, Ip J, et al. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology*. 2008;115:1279–1285.
- [12] Xiong S, Sankaridurg P, Naduvilath T, Zang J, Zou H, Zhu J, Lv M, He X, Xu X. Time spent in outdoor activities in relation to myopia prevention and control: a meta-analysis and systematic review. *Acta Ophthalmol*. 2017 Sep;95(6):551-566
- [13] Wang J, Li Y, Musch DC, Wei N, Qi X, Ding G, Li X, Li J, Song L, Zhang Y, Ning Y, Zeng X, Hua N, Li S, Qian X. Progression of Myopia in School-Aged Children After COVID-19 Home Confinement. *JAMA Ophthalmol*. 2021 Mar 1;139(3):293-300
- [14] Hu Y, Zhao F, Ding X, Zhang S, Li Z, Guo Y, Feng Z, Tang X, Li Q, Guo L, Lu C, Yang X, He M. Rates of Myopia Development in Young Chinese Schoolchildren During the Outbreak of COVID-19. *JAMA Ophthalmol*. 2021 Oct 1;139(10):1115-1121.
- [15] Ma M, Xiong S, Zhao S, Zheng Z, Sun T, Li C. COVID-19 Home Quarantine Accelerated the Progression of Myopia in Children Aged 7 to 12 Years in China. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2021 Aug 2;62(10):37. doi: 10.1167/iovs.62.10.37. PMID: 34463719; PMCID: PMC8411864

## 6. Poděkování

Tato práce byla podpořena Studentskou grantovou agenturou Českého vysokého učení technického v Praze (grant č. SGS23/195/OHK4/3T/17).

# Presbyopia and adaptation to presbyopic correction

**Adéla Králová<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [kraload@fbmi.cvut.cz](mailto:kraload@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Presbyopia, correction of presbyopia, refraction errors

**Abstract:** This Bachelor's Thesis "Presbyopia and adaptation to presbyopic correction" is focused on the problem of presbyopia and to necessary time to adapt to presbyopic correction. The introductory chapter briefly describes the anatomy of the eye and the physiology of vision. The following part is dedicated to basic refractive errors - hypermetropia, myopia and astigmatism. The typical symptoms, correction methods, and physiological findings on the human eye are described here. Whole the fourth chapter is focused on presbyopia. The basic information about presbyopia and symptoms of presbyopia according to basic refractive errors are described here. Both invasive and non-invasive methods are mentioned in the chapter describing the correction of presbyopia. Non-invasive correction includes spectacle correction, contact lens correction, and monovision. Laser correction, surgical correction, and correction with corneal implants are the methods of invasive presbyopia correction. The practical part of Bachelor's Thesis has been divided into two parts. The first of them is about survey and survey results which were made at the GrandOptical branch in Aupark Shopping Center in Hradci Králové. The survey was focused on clients who came for the first time for their first correction to near distance. The second part is showing two selected case studies.

# Presbyopie a adaptace na presbyopickou korekci

**Adéla Králová<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [kraload@fbmi.cvut.cz](mailto:kraload@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Presbyopie, korekce presbyopie, refrakční vady

**Abstrakt:** Tato bakalářská práce s názvem „Presbyopie a adaptace na presbyopickou korekci“ je věnována problematice presbyopie a době potřebné pro adaptaci na presbyopickou korekci. V úvodní kapitole je stručně popsána anatomie oka a fyziologie vidění. Následující kapitola je věnována základním refrakčním vadám – hypermetropii, myopii a astigmatismu. Zde jsou popsány typické projevy, symptomy, způsob korekce i fyziologický nález na lidském oku. Problematice presbyopie je věnována celá čtvrtá kapitola. Popsány jsou zde základní informace týkající se presbyopie, ale i projevy s ohledem na základní refrakční vady. V kapitole popisující korekci presbyopie jsou zmíněny způsoby invazivní i neinvazivní. Neinvazivní korekce zahrnuje: brýlovou korekci, korekci kontaktními čočkami a metodu monovision. Invazivní metody korekce presbyopie jsou laserová korekce, chirurgická korekce, korekce rohovkovými implantáty. Experimentální část bakalářské práce je rozdělena do dvou oddílů. V první z oddílů jsou rozebrány výsledky z dotazníkového šetření, které probíhalo na pobočce GrandOptical v Aupark Shopping Center v Hradci Králové. Dotazníkové šetření bylo zaměřeno na klienty, kteří poprvé přišli pro svou korekci do blízka. Druhý oddíl obsahuje ukázkou dvou vybraných kazuistik.

## 1. Úvod

Zrak je jeden ze základních lidských smyslů, které tvoří neodmyslitelnou součást celého života a bez něhož si většina lidí svůj život neumí představit. Zrak nám slouží v každodenních všedních i nevšedních činnostech, a proto se o něj snažíme co nejlépe pečovat už od raných let. Základní refrakční vady, které nás provázejí po celý život či po jeho část, jsou vhodně korigovány specializovanými odborníky, kterými jsou oftalmologové a optometristé.

Každý z nás na této planetě se za svůj život potká s presbyopií. Presbyopie je věkem podmíněný stav, při kterém v praxi klesá akomodační rozsah na 3-4 dioptrie. Díky ztrátě elasticity oční čočky dochází k poklesu schopnosti akomodace. První presbyopické obtíže se vyskytují mezi 40. až 45. rokem věku klienta, a to s ohledem na individuální základní refrakční stav klienta. Mezi základní presbyopické projevy řadíme: oddalování čteného textu, astenopické obtíže či zvětšování textu na elektronických zařízeních.

Cílem experimentální části bylo vyhodnocení dotazníkového šetření a ukázka dvou vybraných kazuistik. Dotazníkové šetření bylo zaměřeno na klienty v prvotní fázi presbyopie. Zjištěná data umožnila vyhodnotit základní informace týkající se první návštěvy klientů pro brýlovou korekci či korekci kontaktními čočkami pro obnovu kvalitního vidění do blízka. Ukázka dvou vybraných kazuistik umožnila porovnání presbyopie u hypermetropů a myopů.

## 2. Experimentální část

Experimentální část práce byla věnována presbyopickým klientům, kteří se svými nově vzniklými presbyopickými problémy zavítají pro svou první brýlovou korekci do blízka, tedy klientům s počínající presbyopií. Zjištěná data z dotazníkového šetření nám umožnila stanovit průměrný věk a hodnotu první zjištěné adice při které se tento klient v optice objevil.

## 3. Metodika

Vyšetření pro experimentální část bylo rozděleno do několika částí. V první části proběhlo získání osobních údajů o klientovi a následná anamnéza (osobní, oční, rodinná i pracovní). Za pomoci digitálního fokometru značky Topcon byla zjištěna dosavadní dioptrická korekce klienta. Následně přišla na řadu objektivní refrakce, při které se monokulárně naměřilo pravé a levé oko. Dále probíhalo zjištění dat pro naturální visus a visus s korekcí. Subjektivní refrakce do dálky probíhala následovně: monokulární zjištění nejlepší sférocylindrické korekce (proveden i červenozelený test), binokulární zjištění nejlepší sférocylindrické korekce, kontrola na nekonečno, Worthův test pro oční dominanci a K-test bez fúzního podnětu.

Po stanovení správné korekce do dálky bylo provedeno subjektivní zjištění hodnot adice pro vidění do blízka. Nejprve byla předložena velikost adice úměrná věku jedince dle předepsaných tabulek. Tato hodnota byla následně upravována pro individuální potřeby klienta. Vyšetření probíhalo za pomoci čtecích tabulek a spojných čoček. Výsledná hodnota byla ověřena na červenozeleném testu do blízka.

Na základě zjištěných dat a požadavků klienta byla doporučena nejvhodnější korekce – jednoohniskové brýle, pracovní brýle, multifokální brýle či multifokální kontaktní čočky. Při možnosti brýlové korekce presbyopie byl použit PD metr. Pokud byla zvolena presbyopická korekce pomocí měkkých kontaktních čoček, tak bylo využito šterbinové lampy.

Posledním krokem experimentální části bakalářské práce bylo vyplnění dotazníku. Klienti vyplňovali dotazník na základě nově zjištěných dat. Tato data byla následně zpracována pomocí webové aplikace Survio. Dotazníkové šetření obsahovalo 14 otázek – možnosti odpovědí byly: jedna či více možných odpovědí nebo otevřené otázky. Dotazník byl rozdělen do třech okruhů: otázky týkající se základních informací o klientovi (2 otázky), otázky ohledně refrakčního stavu klienta (5 otázek), otázky týkající se presbyopie (7 otázek). Zúčastnilo se ho 30 respondentů. Na základě získaných dat byly vytvořeny grafy.

#### 4. Výsledky dotazníkového šetření

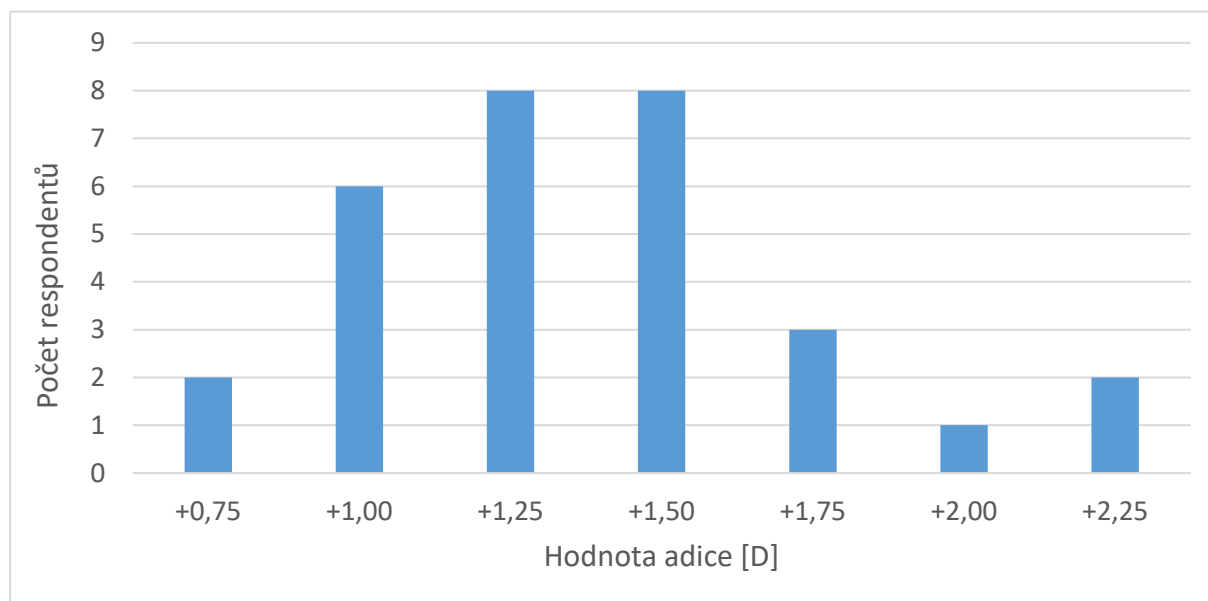
Ze získaných dat bylo zjištěno, že se dotazníkového šetření zúčastnilo 14 žen a 16 mužů ve věkové hranici od 42 let do 61 let. Průměrný věk prvně příchozích presbyopů z řady respondentů byl 48,5 let. Nejvíce zastoupenou věkovou skupinou byli klienti ve věku 47 let.

V otázce týkající se refrakční vady dotazovaných klientů byla nejčastěji volena možnost „Mám problém s viděním do blízka (dalekozrakost, presbyopie).“ Tato možnost odpovídá problematice bakalářské práce, proto její nejčtetnější zastoupení nebylo překvapením. Celkem se zmíněná možnost objevila ve všech vyplněných dotaznících. Ze základních refrakčních vad byla nejčastěji udávána myopie v kombinaci s astigmatismem. Zvolilo ji 36,7 % respondentů, tedy 11 klientů. Druhou volenou eventualitou byla kombinace hypermetropie a astigmatismu. Zde volilo 7 dotazovaných.

Dotaz směřující na počátky nošení brýlové korekce získal největšího zastoupení ve věkovém rozmezí mezi 41. až 50. rokem věku klienta. Jde o rozmezí let, kdy dochází k prvním známám presbyopie a oční čočka začne měnit své vlastnosti. Tyto změny klienty donutí navštívit oftalmologa či optometristu, kde jim je zjištěna korekce do blízka, tak i pro dálku, kterou do té doby nikdy (kolikrát zdánlivě) nebylo potřeba korigovat.

Třetí okruh otázek se zaměřením na presbyopii byl nejvíce důležitou částí dotazníkového šetření. První otázka posledního okruhu byla zaměřena na prvotní povšimnutí změn ve vidění do blízka. V této otevřené otázce respondenti zapisovali číselný údaj, při kterém si změn všimli. Nejhojněji zastoupeným věkovým údajem byl 45. rok věku klienta. Nejnížší uvedená hodnota byla 40 let – tento životní milník odpovídá nástupu presbyopických problémů. Naopak nejvyšší věkový údaj byl 58 let.

Hodnoty prvně zjištěné adice, tedy na velikost první zjištěné hodnoty dioptrického přídavku při pohledu do blízka. U tohoto dotazu respondenti zapisovali jejich zjištěnou hodnotu. Při vyhodnocení bylo zjištěno, že první naměřená hodnota adice je +1,25 D a +1,5 D. Tyto hodnoty jsou dle rozpisu určeny pro věkovou kategorii 45 až 50 let. Díky tomuto faktu bylo zjištěno, že hodnoty adice jsou správně naměřené, protože nejhojněji zastoupenou věkovou kategorií tohoto dotazníkového šetření jsou právě klienti v tomto věkovém rozmezí.



**Obrázek 5:** Graf první zjištěné adice

## 5. Výsledky vybraných kazuistik

Ve druhém úseku experimentální části mé práce jsou popsány dvě kazuistiky. Tyto případové studie byly pořízeny při první návštěvě klientů s počínajícími projevy presbyopie. Zmíněné osoby byly vybrány na základě věku. Jelikož je věk důležitým faktorem při presbyopických projevech, tak byl vybrán nejmladší muž a nejstarší dotazovaná žena.

## 6. Závěr

Experimentální část bakalářské práce obsahuje dva oddíly. V prvním z nich je vyhodnocení dotazníkového šetření, které probíhalo na pobočce GrandOptical v Aupark Shopping Center v Hradci Králové. Účastníci šetření byli klienti, kteří si poprvé přišli pro svou brýlovou korekci či pro korekci kontaktními čočkami poprvé, aby si zlepšili své vidění do blízka. Z dosažených výsledků byly stanoveny základní informace o počátcích presbyopie. Vyhodnocení je doplněno o grafy. Ve druhém oddílu experimentální části bakalářské práce je ukázka dvou vybraných kazuistik. Jsou zde popsáni dva klienti – nejstarší dotazovaná žena a nejmladší dotazovaný muž. Jde o ukázku dvou respondentů, jejichž vidění do blízka je ovlivněno základní refrakční vadou. Jde tedy o ukázku presbyopie s hypermetropií a myopií.

Cíle, které byly stanoveny pro tuto bakalářskou práci byly téměř všechny splněny. Výjimkou je porovnání potřebné doby pro návyk na zvolený způsob korekce presbyopie. Výsledky skupiny respondentů měly být porovnány s údaji dostupnými v odborných publikacích. Závěr 56 Bohužel se mi nepodařilo dostat zpětnou vazbu od všech dotazovaných klientů, o kterou jsem je prosila při výběru vhodné korekce. Každý respondent byl poučen o době potřebné pro návyk na jejich zvolený způsob korekce. Šlo o údaje, které se vyskytují v literatuře. Někteří

respondenti se po uplynulém čase zastavili, aby potvrdili, že udávaný čas v literatuře odpovídá době potřebné pro návyk v praxi. Výjimkou byla u některých klientů první multifokální brýlová korekce. Někteří klienti zde udávali, že potřebná doba pro adaptaci trvala až jeden měsíc. U klientů, kteří se nedostavili se lze domnívat, že časové údaje v odborné literatuře korespondují s dobou potřebnou na návyk v praxi, jelikož je nová korekce nedonutila přijít řešit vzniklé problémy spojené s adaptací.

Tím, že je presbyopie věkem podmíněný stav, který během života dříve či později postihne každého z nás, značí, že se s ním jako budoucí optometristé budeme setkávat každý den. Ráda bych, aby výsledky mé práce sloužily jako pomoc při počátcích presbyopie pro začínající i zkušené optometristy

## 7. Reference

- [1] AUTRATA, Rudolf a Jana ČERNÁ. Nauka o zraku. Brno: MIKADAPRESS, 2006. ISBN 80-7013-362-7.
- [2] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. Druhé. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978- 80-247-5079-8.
- [3] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. Třetí. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2004. ISBN 80-7013- 402-X

# The effect of antireflection layer and color filters on vision changes

**Tereza Peschková<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [peschter@fbmi.cvut.cz](mailto:peschter@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Refractive errors, eye diseases, coating, colour filters

**Abstract:** This Bachelor's thesis deals with refractive errors, eye diseases and commonly available filters. The individual refractive errors and eye diseases are described in terms of symptoms, breakdown, their management and possible correction. Furthermore, the basic parameters are given and the advantages and disadvantages of coating are evaluated. The experimental part of the paper is devoted to the subjective perception and changes in visual acuity with commonly available colour filters and anti-reflective coating. The research was carried out with the clients of Halo – optika s.r.o. in Kladno. Specifically, it deals with the assessment of subjective perception in six groups of selected clients and their assessment of changes in visual acuity during various tests.

# Vliv antireflexní vrstvy a barevných filtrů na změny vidění

**Tereza Peschková<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: [peschter@fbmi.cvut.cz](mailto:peschter@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Refrakční vady, oční onemocnění, povrchová úprava, barevné filtry

**Abstrakt:** Tato bakalářská práce se zabývá refrakčními vadami, očním onemocněním a běžně dostupnými filtry. Jednotlivé refrakční vady a oční onemocnění jsou popsány z hlediska příznaků, členění, jejich řešení a případné korekce. Dále jsou popsány základní parametry, zhodnoceny výhody a nevýhody povrchových úprav. Experimentální část práce se věnuje subjektivnímu vnímání a změn visu s běžně dostupnými barevnými filtry a antireflexní vrstvou. Výzkum byl prováděn na klientech Halo – optiky s.r.o. v Kladně. Konkrétně se zabývá hodnocením subjektivního vnímání u šesti skupin vybraných klientů a jejich posouzením změn visu při různých testech.

## 1. Úvod

Zrak je jeden ze základních lidských smyslů, které tvoří neodmyslitelnou součást celého Zrak, jako jeden z našich klíčových smyslů, nám umožňuje vnímat svět kolem nás a orientovat se v něm. Moderní optika nabízí širokou škálu možností pro optimalizaci našeho zraku a zlepšení kvality vidění. Nové technologie v oblasti brýlí, kontaktních čoček a chirurgických zákroků nabízejí různé refrakční vady a oční onemocnění. Povrchové úpravy a barevné filtry jsou nedílnou součástí pohodlného vnímání okolí a vidění. Jejich použití je rozmanité a specifické, každá povrchová úprava nebo barevný filtr má své vlastní výhody a nevýhody.

Cílem experimentální části bylo vyhodnotit použití a možnosti ovlivnění kvality vidění u jednotlivých filtrů a antireflexní vrstvy v závislosti na refrakčních vadách nebo očních onemocněních. Proto byli klienti v experimentální části rozděleni do skupin dle refrakční vady či vybraného očního onemocnění a to za pomoci třech barevných filtrů a antireflexní povrchové úpravy.

## 2. Experimentální část

V rámci experimentální části mé práce jsem se zaměřila na zkoumání subjektivního vnímání a vlivu použití dostupných barevných filtrů a antireflexní vrstvy na vidění. Pro tento výzkum jsem spolupracovala s klienty společnosti Halo – optika s.r.o. v Kladně, kde pracuji. Se zájmem o povrchové úpravy a barevné filtry se setkávám čím dál častěji. Tyto otázky mě přivedly na otázku, jak jednotlivé filtry budou nápomocny různým lidem. Pro experiment byly použity barevné polarizační filtry od firmy Centrostyle (hnědý a šedý filtr s 75 % barvy, žlutý s 25 % barvy) a antireflexní povrchová úprava HMC od firmy Thalia optik.

## 3. Metodika

Pro můj experiment jsem rozdělila cílovou skupinu do následujících skupin: refrakční vady – myop, hypermetrop, latentní hypermetrop, oční onemocnění – diabetická retinopatie, VPMD, glaukom a IOL (klient po operaci oboustranné katarakty s implantovanou nitrooční čočkou).

Vyšetření probíhalo v následujícím postupu. Prvním krokem bylo vyplnění podrobné anamnézy, jak celkové, tak především oční. Následovalo objektivní měření refrakce na auto – keratorefraktomeru KR 8800 od firmy Topcon a poté vyšetření subjektivní refrakce za pomoci Snellova projekčního optotypu ACP 8 od firmy Topcon, ve vzdálenosti 5 m. Po stanovení optimální korekce bylo prováděno hodnocení subjektivního vnímání při předložení jednotlivých barevných filtrů či antireflexní úpravy. Klient při předložení filtru hodnotil metodou/způsobem jako se využívá u JZC, zda je obraz s filtrem lepší – horší – stejný.

**Tabulka 1:** Vysvětlivky ke způsobu hodnocení klientem

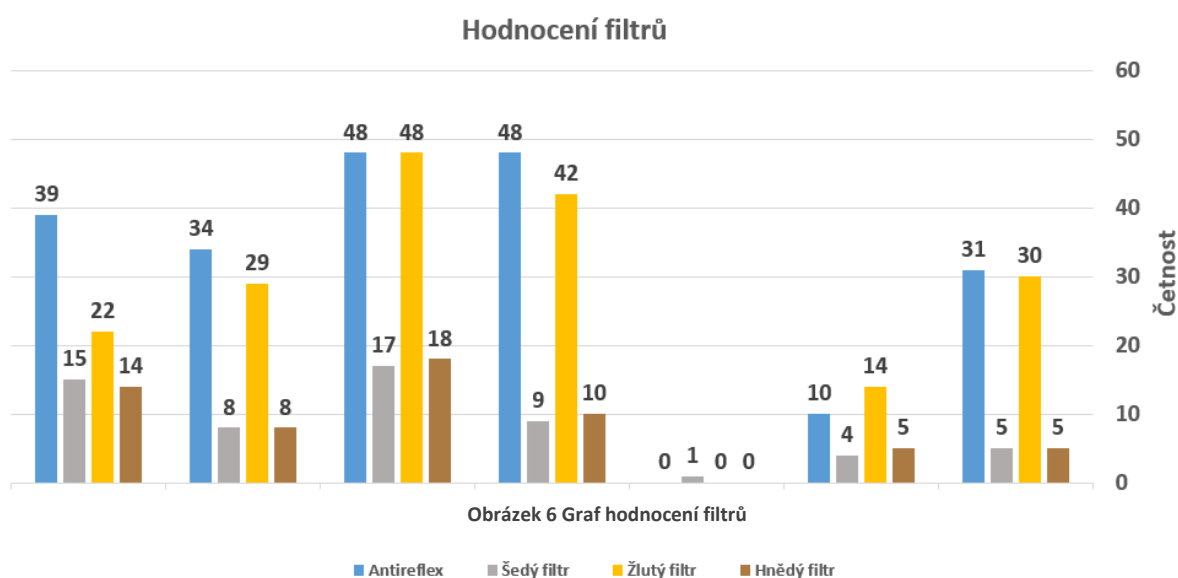
-1	0	1
horší	stejný	lepší

Posouzení jednotlivých vlivů bylo rozřazeno do šesti částí (změna visu do dálky a do blízka, barvocit, kontrast/kontury, vliv na slunce a změna barev). Jednotlivé části subjektivního hodnocení byly prováděny na různých typech testů.

Na základě současných poznatků o vlivu barevných filtrů můžeme očekávat určité výsledky experimentu. Hnědý filtr se vyznačuje částečným rozjasněním a zdůrazněním kontrastu mezi různými barvami a objekty. Naopak šedý filtr nezkrasluje barvy a zachovává přirozený pohled. Žlutý filtr je obzvláště užitečný při zhoršených světelných podmínkách, jako je zatažená obloha ranní mlhy, protože zvyšuje kontrast a zvýrazňuje kontury. Nevýhodou může být lehké zkreslení barev díky svému zbarvení.

## 4. Výsledky

V grafu na obrázku můžeme vidět porovnání jednotlivých refrakčních a očních onemocnění s pozitivními výsledky hodnocení všech barevných filtrů a antireflexní úpravy, které klienti hodnotili odpovědí „lepší“. Jak je zde vidět, nejlépe hodnocená byla antireflexní úprava spolu se žlutým filtrem. Využití antireflexní úpravy nemusí být pouze z hlediska vzhledu brýlí, jelikož snižuje odlesky na povrchu brýlových čoček a umožňuje tak vidět oči nositele. Z pohledu nositele je vidí přes brýlové čočky jasné a bez rušivých odlesků, což můžeme potvrdit z výsledků grafu. Je důležité si uvědomit, že antireflexní úprava může mít určitý vliv na kvalitu obrazu a barev, ale tento efekt by měl být minimální. V následujícím odstavci jsou jednotlivé testy s antireflexní úpravou zhodnoceny.



**Obrázek 1: Hodnocení filtrů**

## 5. Diskuse

Celkově bylo změřeno 55 klientů, přičemž celkový počet žen činil 36, průměrný věk činil 48,8 let. Měřené skupiny obsahovaly v průměru 8 lidí, jelikož výskyt některých očních onemocnění není příliš velký s ohledem na místo měření. Skupina s diabetickou retinopatií obsahovala jen 3 klienty a VPMD pouze jednoho klienta. Z toho vyplývají ne příliš jednoznačné výsledky.

Všechny filtry mají své výhody a úskalí, které experiment ukázal. Antireflexní úprava se ukázala jako nejlépe hodnocená z pohledu glaukomatiků a latentních hypermetropů, kteří filtr výrazně ocenili než ostatní skupiny měřených klientů. Šedé a hnědé filtry jsou

nejběžnější variantou při výběru slunečních brýlí nebo výběru slunečních skel. Oba odstíny filtrů snižují jas a jsou vhodné jako ochrana proti slunci s podmínkou kvalitního UV filtru.

Šedý filtr nezkrasuje barvy a zachovává přirozený pohled, hnědý filtr zvyšuje kontrast. Z měření vyšel výsledek, že ani jeden z filtrů není jednoznačně lepší či horší pro jednotlivé refrakční vady. Hnědou barvu hodnotila kladně skupina myopů a skupina hypermetropů ji vnímalo stejně, zatímco šedé zabarvení nejlépe hodnotili latentní hypermetropové a stejně hypermetropové.

Žlutý filtr je především využíván kvůli zvýšení kontrastu a kontur při zhoršených světelných podmínkách, nevýhodou však může být lehké zkreslení barev díky svému zbarvení. Výsledky kladně hodnoceného žlutého filtru jsou výrazně znatelné u glaukomatiků, latentních hypermetropů a klientů po operaci oboustranné katarakty. Těmto skupinám lidí filtr zlepšil všech šest prováděných testů, především zlepšil visus do blízka, čitelnost čísel v Ishiharových tabulkách a rozjasnil kontury.

## 6. Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo posouzení změn visu a subjektivního vnímání při použití dostupných barevných filtrů a antireflexní vrstvy. Dílčím cílem této bakalářské práce bylo vytvořit popis jednotlivých refrakčních vad a vybraných očních onemocnění a sestavit porovnání běžně dostupných barevných filtrů a antireflexní vrstvy.

Experimentální část bakalářské práce poskytuje výsledky k vyhodnocení vhodnosti použití a možnosti ovlivnění kvality vidění u jednotlivých vybraných barevných filtrů a antireflexní úpravy v závislosti na refrakční vadě či očním onemocnění. Naměřené výsledky jsem získala prostřednictvím testování vybraných filtrů a antireflexní úpravy s ohledem na vnímání klientů v rámci různých testů. Posuzované testy byly rozřazeny do šesti skupin, podle různých aspektů (změna visu do dálky a do blízka, barvocit, kontrast/kontury, vliv na slunce a změna barev).

Z porovnání antireflexní úpravy a barevných filtrů u experimentální části vyplývá skutečnost, kterou můžeme označit jako pozitivní, a to využití ve zlepšení zrakového vnímání u vybraných skupin klientů. Hodnocení barevných filtrů a antireflexní úpravy musíme hodnotit vůči jednotlivým refrakčním vadám či očním onemocněním. Všeobecný výsledek vlivu vnímání s jednotlivými filtry nejde zcela definovat, jelikož je ovlivněn spoustou faktorů, každý filtr má svoje výhody, ale i nevýhody. Při výběru filtrů je velmi důležité klást důraz na individuální přístup a vždy pečlivě zkonzultovat a vyzkoušet příslušný filtr, s ohledem na odlišné vnímání barevných tónů každého člověka.

Domnívám se, že povědomí o barevných filtrech se postupem času více rozšíří, jako tomu bylo u antireflexních úprav. Jejich případné využití u různých typů očních onemocnění by se mohlo začít uplatňovat u některých případů, kdy je možno hendikepovanému jedinci s očním onemocněním těmito filtry zlepšit kvalitu vidění a života.

## 7. 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 80-7262-404-0
- [3] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9

## 8. Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat paní Mgr. Janě Urzové, Ph.D. za vedení mé práce, za cenné připomínky a rady. Dále bych chtěla poděkovat paní Bc. Haně Ouředníčkové z firmy Halo – Optika s.r.o. za poskytnutí prostor a práci s klienty pro měření praktické části.

## Aids for visually impaired students and possibilities of providing them during their studies

**Aneta Sauerová<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [sauerane@fbmi.cvut.cz](mailto:sauerane@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Visual acuity, blindness, eye diseases, eye injuries, compensatory aids for visually impaired, visually impaired students

**Abstract:** The thesis deals with low vision, its cause, solution and method of visual acuity examination. It focuses on congenital visual impairment and diseases acquired during life. It describes their causes, methods of treatment, risk factors. It also focuses on injuries causing a decrease in visual acuity up to complete monocular or binocular vision loss. It describes optical, electronic and non-optical compensatory aids, which are essential for the visually impaired to improve their quality of life. It summarizes how to obtain compensatory aids and lists manufacturers. It also focuses on the most important organizations, foundations, and schools that assist the visually impaired and blind in obtaining and handling compensatory aids. A questionnaire has been developed based on a summary of optical, electronic and non-optical aids. The questionnaire survey focuses on the frequency of use of compensatory aids by visually impaired students. Based on the results, it is evaluated which aids are most helpful for students and which ones are least helpful. It also includes a comparison of compensatory aids and the fields studied by visually impaired students at five universities in the Czech Republic.

# Pomůcky pro slabozraké studenty a možnosti jejich zajištění v době studia

**Aneta Sauerová<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [sauerane@fbmi.cvut.cz](mailto:sauerane@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Zraková ostrost, slepota, oční onemocnění, úrazy oka, kompenzační pomůcky pro slabozraké, slabozrací studenti

**Abstrakt:** Práce se zabývá slabozrakostí, její příčinou, řešením a způsobem vyšetření zrakové ostrosti. Zaměřuje se na vrozená zraková postižení a onemocnění získaná v průběhu života. Popisuje příčiny jejich vzniku, způsoby léčby, rizikové faktory. Dále se věnuje úrazům způsobujícím snížení zrakové ostrosti až po úplnou monokulární či binokulární ztrátu zraku. Popisuje kompenzační pomůcky optické, elektronické a neoptické, které jsou pro slabozraké nezbytnou součástí pro zlepšení kvality jejich života. Shrnuje způsob získání kompenzačních pomůcek a seznam výrobců. Dále se zaměřuje na nejdůležitější organizace, nadační fondy, školy, které pomáhají slabozrakým a nevidomým se získáním kompenzační pomůcky a s jejím zacházením. Na základě souhrnu optických, elektronických a neoptických pomůcek byl vytvořen dotazník. Dotazníkové šetření je zaměřeno na četnost používání kompenzačních pomůcek slabozrakými studenty. Na základě výsledků je vyhodnoceno, které pomůcky jsou pro studenty nápomocné nejvíce a které naopak nejméně. Součástí je také porovnání kompenzačních pomůcek a studovaných oborů slabozrakými studenty na pěti vysokých školách v České republice.

## 1. Úvod

Slabozrakost je stav, kdy dojde ke snížení zrakové ostrosti na základě špatného vývoje oka, onemocnění či úrazu. Lidé se zrakovým postižením mají mnohem náročnější život oproti těm, kteří mají zrak v pořádku. Je důležité, aby okolí zvládlo slabozrakému pomoci, ať už v běžném životě, tak i v méně běžných situacích. Zrakově postižení či nevidomí ocení pomoc při zajišťování kompenzačních pomůcek.

V dnešní době díky kompenzačním pomůckám mohou slabozrací a nevidomí zvládat mnohem více činností bez jakékoliv pomoci okolí a žít plnohodnotný život, jako lidé bez zrakového postižení. Velkou zásluhu na zlepšení kvality jejich života mají nadační fondy a organizace pro slabozraké a nevidomé, které poskytují odbornou pomoc, podporu a porozumění.

Kvůli špatné a nedostatečné lékařské péči v rozvojových zemích jsou na světě desítky milionů zrakově postižených lidí. Ve vyspělých státech jsou lékaři schopni některá onemocnění vyřešit pomocí operace a u některých onemocnění zpomalit progres. Proto je důležité zabývat se problematikou slabozrakých a snažit se zdokonalovat jak léčbu, tak i používání korekčních a kompenzačních pomůcek. Zároveň je důležité zajistit jejich dostupnost na školách při vzdělávání slabozrakých na základě jejich potřeb a podnětů ke zlepšení. Hlavním cílem práce je vyhodnocení využívání a vhodnosti kompenzačních pomůcek pro slabozraké studenty.

Práce je rozdělena na jednotlivé části podle jejich účelu. Cílem první části je charakterizovat slabozrakost a její klasifikaci, definici pojmu slepota a vyšetřovací způsoby zrakové ostrosti slabozrakých pacientů. V dalších částech jsou popsána vrozená zraková postižení, získaná zraková postižení a úrazy. Dále se práce zabývá kompenzačními pomůckami, jejich výrobci, možnostmi, jak slabozraký může kompenzační pomůcku získat a organizacemi pro slabozraké, nevidomé pacienty a také pro jejich blízké okolí. V rámci praktické části je provedeno dotazníkové šetření na základě, kterého byla sesbírána data o využívání kompenzačních pomůcek slabozrakými studenty. Získaná data jsou přehledně uvedena v grafech a tabulkách. Tato část obsahuje také vyhodnocení kvality pomůcek a doporučení, které pomůcky by měly být více využívány.

## 2. Experimentální část

Praktickou část jsem zpracovávala pomocí dotazníkového šetření, které nese název Pomůcky pro slabozraké studenty a jejich zajištění v době studia. Dotazník obsahoval 11 otázek. Otázky byly rozdělené nejprve na ty, které se týkaly jejich pohlaví, věku a zrakového postižení a v další části na otázky týkající se kompenzačních pomůcek a studia. Odpovědi od studentů jsem nejčastěji získávala přes Google Forms formuláře. Některé jsem měla možnost i osobně kontaktovat prostřednictvím sociálních sítí, kde mi odpovědi nahráli do hlasové zprávy, což pro ně bylo pohodlnější a snazší než zprávy psát. Část odpovědí na otázky jsem získala i prostřednictvím telefonického hovoru po domluvě s daným respondentem. Výstupy z dotazníkového šetření obsahují odpovědi od 18 respondentů, z toho je 12 žen a 6 mužů.

Vzhledem k tomu, že se moje práce věnuje studentům se zrakovým postižením, zaměřila jsem se na to, aby se dotazník dostal právě do jejich věkové skupiny, a to mezi slabozraké a nevidomé studenty do 30 let. Setkala jsem se i s tím, že někteří respondenti začali studovat vysoké školy později kvůli tomu, že se stali slabozrací v průběhu života. Začali studovat, až se naučili fungovat se zrakovým postižením a kompenzačními pomůckami, tím pádem je

jejich věk vyšší než 30 let. Věku odpovídá poté i stupeň vzdělání. U osob mladších 20 let, je vzdělání zatím středoškolské. Průměrný věk činí 34,8 let.

Počet vrozeného a získaného zrakového postižení je velmi odlišný. Převažuje vrozené onemocnění spojené s refrakčními vadami, které do určité míry mohou někteří respondenti korigovat brýlemi. Respondenti se získaným zrakovým onemocněním postupně o zrak přicházejí nebo přicházeli a stávají se z nich nevidomí. Proto jsou jimi uváděné kompenzační pomůcky odlišné od těch, které uváděli slabozrací. Studenti, kteří mají slabozrakost lehčí nebo střední, je jejich stav konstantní a v průběhu let se u dotázaných příliš nemění. Počet respondentů s vrozeným onemocněním je 14 (10 žen a 4 muži) a se získaným onemocněním jsou 4 (2 ženy a 2 muži).

Nejvhodnější kompenzační pomůcky pro slabozraké studenty jsou mobilní telefon, kamerová lupa a notebook se specializovanými programy, proto samotný notebook není v práci porovnáván. Díky chytrým aplikacím mají studenti možnost využívat programy Zoomtext nebo Jaws. Tyto programy studenti ve svých odpovědích uvádějí nejčastěji. Zoomtext slouží pro zvětšení obrazu. Program Jaws používají studenti s těžkým stupněm zrakového postižení nebo nevidomí studenti.

V současné době mají slabozrací možnost si pořídit optickou lupu do ruky nebo stojánkovou v několika variantách. Lupa do ruky existuje již od 2,5x zvětšení textu až do možnosti 15x většího textu, a to v rozmezí od 6 do 56 dpt. Nejčastěji si slabozrací pořizují lupu s 6x větším zvětšením. Díky takovému zvětšení jsou schopni číst krátké texty pohodlně. Pro větší zvětšení a delší texty používají buď lupy se stojánkem s 3x větším zvětšením až po 15x větší text nebo kamerové lupy.

Nejčastější modely kamerových lup jsou ClearView C 22“, ClearView C 24“ či ClearView C 24“ s hlasovým výstupem a Traveller HD. Liší se velikostí obrazovky, cenou a možností hlasového výstupu. Pokud chtějí slabozrací mít kamerovou lupu přenosnou, mají možnost zakoupení několika typů, Compact 6HD, Compact 6HD s hlasem, Compact 10HD s hlasem či Compact 7HD.

Ve skupině kamerových lup stolních jsou nejvhodnější ClearView C a ClearView C s hlasovým výstupem. Důvodem je jednoduché ovládání, velká obrazovka, cena a možnost využít tyto lupy i pro drobné domácí práce.

Ve skupině kamerových lup přenosných jsem vybrala za nejvhodnější Compact 6HD vzhledem k váze a cenové dostupnosti a rovněž také Compact 10 HD s hlasem, kde je k dispozici kamera a možnost zobrazení celého formátu A4.

Za cenově neoptimálnější pro slabozraké považuji pořízení kombinace stolní kamerové lupy ClearView C22“ a kamerové lupy přenosné Compact 6HD při zohlednění příspěvku z Úřadu práce.

### 3. Diskuse

V centrech specifické pomoci studentům se zrakovým postižením je velmi často poskytováno převádět knihy a skripta do online podoby, ze které si studenti pomocí speciálních programů mohou texty zvětšit či přehrát. Součástí bývají i stolní kamerové lupy, které většina respondentů považuje za důležitou pomůcku jak při studiu, tak i pro běžné domácí práce. Stolním kamerovým lupám jsem se věnovala v praktické části práce a porovnávala několik typů. Z tabulky jsem poté vyhodnotila, který typ kamerové lupy je pro studenty nejvhodnější variantou. Dále jsem porovnávala i kamerové lupy přenosné, které jsou součástí center pro studenty se specifickými potřebami. Využití přenosných kamerových lup je menší než využití kamerových lup stolních. A to hlavně z důvodu, že jsou cenově dostupnější a velikostně praktičtější.

Další pomůcka, která bývá v centrech pro slabozraké studenty vysokých škol, je diktafon. V současné době je diktafon již méně používanou pomůckou, protože je snadno nahraditelný chytrým mobilním telefonem.

Optické a elektronické pomůcky jsem konzultovala s organizací, která se zabývá těmito pomůckami. Na základě schůzky jsem vyhodnotila a porovnávala několik typů nepoužívanějších stolních a přenosných kamerových lup, které nabízí společnost Spektra. Stejným způsobem jsem porovnávala i mobilní telefony, u kterých je značný rozdíl v jejich vzhledu, ceně i kvalitě.

Přístup organizací ke slabozrakým studentům je velmi pozitivní. V organizacích pracují vstřícní zaměstnanci, kteří rozumí kompenzačním pomůckám i potřebám klienta. Odborně poradí slabozrakým a nevidomým klientům s kompenzačními pomůckami i se způsobem jejich získání či případným servisem. Centra jsou slabozrakým přizpůsobena i prostory, např. v Tyfloservisu mají prostory zvýrazněné kontrastními barvami, aby slabozrakým byl pohyb po centru jednodušší a bezpečnější. V centru se nachází i cvičná kuchyňka, kde se slabozrací a nevidomí seznamují a prakticky se učí s kuchyňskými pomůckami. Stejně tak jako ve výrobním družstvu nevidomých mají možnost si klienti vyzkoušet kamerové lupy, případně i jiné pomůcky.

### 4. Závěr

Práce popisuje problematiku slabozrakých pacientů a možnosti zlepšení kvality jejich života pomocí kompenzačních pomůcek. Teoretická část práce byla zaměřena na klasifikaci zraková postižení. Způsoby, jakými oftalmologové či optometristé definují slabozrakost a proces, jak ji vyšetřují. Byl definován pojem slepota. Dále byly popsány nemoci i úrazy způsobující zrakové postižení ale i monokulární či binokulární nevidomost. Nemoci byly rozděleny na vrozené a získané. Byly popsány způsoby jejich léčby a průběh onemocnění. Úrazy byly rozděleny do skupin podle jejich typu. Byly shrnuty kompenzační pomůcky, které studenti využívají jak v době studia i běžném životě. Byl vytvořen seznam dodavatelů

kompenzačních pomůcek a popsán způsob, jak kompenzační pomůcku získat. Dále byl sepsán seznam organizací, nadačních fondů a škol pro zrakově postižené.

V praktické části práce byl zpracován dotazník, pomocí kterého jsem zjistila, jaké kompenzační pomůcky studenti používají nejčastěji. Získané informace od zrakově postižených studentů jsem zpracovala do grafů. V grafech bylo zobrazeno, které kompenzační pomůcky jsou využívány nejvíce při studiu a které patří mezi méně frekventované. Dále jsem porovнала technické parametry nejdůležitějších a nejmodernějších kompenzačních pomůcek pro studenty a vyhodnotila, které typy konkrétních pomůcek jsou nejvhodnější. Zároveň tyto pomůcky jsem vyhodnotila, jako nejvíce nápomocné studentům. Na základě výše uvedeného, lze prohlásit, že pokyny pro vypracování bakalářské práce byly splněny.

## **5. Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí své bakalářské práce Mgr. Janě Urzové, Ph.D. za cenné rady a připomínky poskytnuté v průběhu psaní práce a za její ochotu a vstřícnost. Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří mi poskytli získat data pro praktickou část bakalářské práce. Zároveň děkuji své rodině za podporu ve studiu.

# Temperature impact on photochromatic frame lenses

**Richard Dupal<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [richarddupal@gmail.com](mailto:richarddupal@gmail.com)

**Keywords:** photochromatic frame lenses, self-tinting frame lenses, photosensitive frame lenses, organic phototropic materials, transitions

**Abstract:** In the presented thesis on the topic „Temperature impact on photochromatic frame lenses“, the aim of which was to determine the effect of temperature on the speed of tinting and discolouration of spectacle lenses, a basic overview of quantities and phenomena related to the given issue is prepared in the form of research. The thesis deals with spectacle lenses, their individual materials and surface treatments. In the main chapter of this thesis, Photochromatic frame lenses, the history, production and basic principle of operation of the mentioned lenses are described. In the experimental part, a procedure is proposed to investigate the dependence of temperature on self-tinting spectacle lenses. Furthermore, the thesis describes the heating of individual spectacle lenses, or their cooling to a certain temperature, which starts at 22 °C and is graduated in 5 °C increments. The lenses were heated using an air thermostat and cooled using dry ice. After the temperature „adjustment“, the lenses were exposed to UV radiation (under a UV lamp) and then the speed of their coloring and discoloration was measured. A USB2000+ fiber spectrometer with a range of 200-900 nm for spectrophotometric measurements (transmittance and reflectance) was used to determine the percentage coloration.

# Vliv teploty na samozabarvovací brýlové čočky

**Richard Dupal<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: [richarddupal@gmail.com](mailto:richarddupal@gmail.com)

**Klíčová slova:** Fotochromatické brýlové čočky, samozabarvovací brýlové čočky, fotosenzitivní brýlové čočky, organické fototropní materiály, transitions

**Abstrakt:** V předkládané práci na téma „Vliv teploty na samozabarvovací brýlové čočky“, jejímž cílem bylo zjištění vlivu teploty na rychlost zabarvení a odbarvení brýlových čoček, je formou rešerše zpracován základní přehled veličin a jevů, jež se dané problematice týkají. Práce se zabývá brýlovými čočkami, jejich jednotlivými materiály a povrchovými úpravami. V hlavní kapitole této práce, Fotochromatické brýlové čočky, je popsána historie, výroba a základní princip fungování zmíněných čoček. V experimentální části je navržen postup, jak prozkoumat závislost teploty na samozabarvovací brýlové čočky. Tato část práce popisuje zahřívání jednotlivých brýlových čoček, respektive jejich ochlazování na určitou teplotu, která začíná na 22 °C a je odstupňována po 5 °C. Zahřívání čoček probíhalo pomocí vzduchového termostatu a ochlazování pomocí suchého ledu. Po teplotní „úpravě“ byly čočky vystaveny UV záření (pod UV lampou) a následně byla změřena rychlost jejich zabarvení, respektive odbarvení. K zjištění procentuálního zabarvení byl využit přístroj vláknový spektrometr USB2000+ s rozsahem 200-900 nm pro spektrofotometrická měření (transmisní a reflexní).

## 1. Úvod

Fototropní brýlové čočky jsou ve světě oční optiky zajímavým tématem, ať už z pohledu zákazníka (uživatele), či očního optika. Jedná se o dynamickou skupinu organických brýlových čoček, která se v posledních desetiletích významně technologicky rozvíjela a stále rozvíjí. Výrobou samozabarvovacích brýlových čoček se zabývá zejména firma Transitions Optical, Inc., která byla první firmou, jež uvedla na trh tento typ brýlových čoček. Ale i další

přední světoví výrobci brýlových čoček, jako jsou firmy Hoya, Zeiss či Rodenstock, se snaží nabízet tento druh brýlových čoček a nezůstávat v tomto optickém odvětví pozadu.

Samozabarvovací brýlové čočky prošly od počátku svého vývoje, jež je datován v 60. letech 20. století, různými proměnami spojenými hlavně s kvalitou a rychlostí jejich zabarvení, respektive odbarvení.

Hlavním úkolem fototropních brýlových čoček je absorpce neboli změna intenzity světla. Struktura materiálu se mění v závislosti na intenzitě slunečního záření. K tomuto procesu dojde u většiny fototropních materiálů pouze za pomoci UV záření. Tedy i za podmínek, kdy na čočku nedopadá přímé sluneční záření, ale odráží se od určitých předmětů jako je např. sníh nebo vodní plocha. Zabavení, respektive odbarvení brýlových čoček je závislé hlavně na teplotě okolního prostředí. Při vyšší teplotě dochází ke zvýšenému pohybu molekul a čočky i za stejného přístupu UV záření rychleji blednou. Naopak v prostřední chladném dochází k pomalejšímu a méně intenzivnímu odbarvení. Proto se samozabarvovací čočky mohou jevit tmavší v zimě než v létě. Intenzita zabarvení je výrobci proto obvykle vztahováno k teplotě 21-23 °C. To je hlavní důvod, proč se budu zabývat samozabarvovacími brýlovými čočkami ve své bakalářské práci.

Jejím cílem bude zjištění vlivu teploty na rychlost zabarvení brýlových čoček.

Téma bakalářské práce jsem si vybral díky několikaletému působení v oboru oční optiky, abych prozkoumal funkčnost nových typů samozabarvovacích brýlových čoček, které jsou optickému světu představovány.

## 2. Experiment

Experimentální část této práce se bude zabývat výzkumem, jehož obsahem bude zahřívání, respektive ochlazování samozabarvovacích brýlových čoček na určité teploty. Po procesu zahřátí a ochlazení budou čočky vloženy pod UV lampu a po námi stanoveném časovém intervalu (10 sekund) budou vkládány pod spektrometr, který zjistí propustnost brýlové čočky při určité teplotě. Měření jsem prováděl na půdě Fakulty biomedicínského inženýrství v rámci ČVUT. Nejprve jsme provedli testovací měření, abychom zjistili rychlost zabarvování (vyjádřenou transmisí), respektive odbarvování brýlových čoček za stálé okolní teploty (22,2 °C). Dalším testovacím měřením jsme zjišťovali, k jakým ztrátám teploty bude docházet vlivem ohřívání, respektive ochlazování brýlových čoček. V neposlední řadě byly čočky (v inaktivovaném stavu), podrobeny transmisí, abychom zjistili, jaká je jejich propustnost s antireflexními povrchovými úpravami. Na základě provedených testovacích měření jsme vyhodnotili a stanovili, že brýlové čočky budou pod UV zářičem vystaveny UV záření po dobu deseti sekund. Tato hodnota byla vybrána jako maximální vzhledem k rychlosti zabarvování těchto čoček a vzhledem k velkým ztrátám teploty při delších časových intervalech. Vstupní teplota měření byla 22 °C. Tuto teplotu jsme přijali jako výchozí i vzhledem k tomu, že se jedná o teplotu, kterou výrobce používá (21-23 °C) pro testování brýlových čoček.

Ochlazování, respektive zahřívání čočky bylo odstupňováno po 5 °C. Maximální (50 °C) a minimální (-6 °C) teploty budou brány jako extrémy vzhledem k poloze České republiky, respektive Evropy. K zahřívání čoček jsme využili vzduchový inkubátor ICT 18 od výrobce FALC s teplotní stabilitou  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  a funkcí digitální regulace teploty. K ochlazování na požadovanou teplotu byla využita pevná forma oxidu uhličitého neboli suchý led. Pomocí Termometru TES 1320 typ K, ke kterému jsme měli připojenou teplotní sondu, jsme měřili námi požadovanou teplotu brýlových čoček. [33, 34]

K zjištění transmitance byl využit vláknový spektrometr S2000 od firmy Ocean Optics, Inc. Na detektor s rozsahem vlnové délky 200-900 nm dopadá světlo, které je přenášeno optickým vláknem. Přístroj DH-2000 slouží jako zdroj světla a umí volně kombinovat světlo z deuteriové a halogenové lampy. Pro naše měření byla použita lampa halogenová. Tento přístroj je také od firmy Ocean Optics, Inc. [35, 36]

Brýlové čočky byly vystavovány UV záření pomocí UV lampy Suntec Tester s výkonem UV lamp 2xTL6W a příkonem 0,07 A.

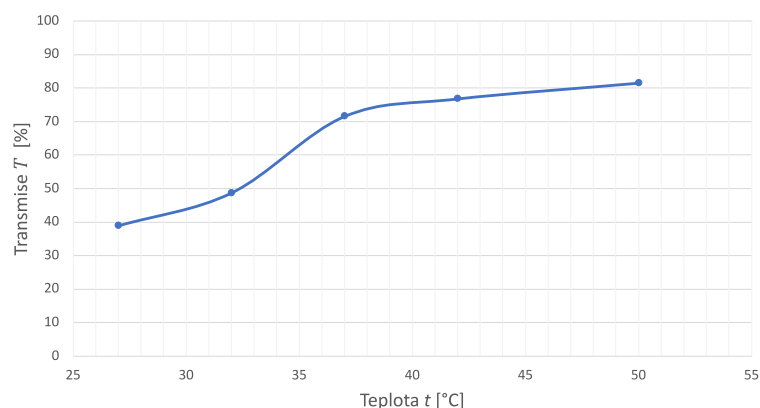
### 3. Výsledky a diskuze

#### 3.1. Výsledky transmise při zahřívání brýlových čoček

V průběhu měření byly brýlové čočky zahřívány na teploty: 27 °C, 32 °C, 37 °C, 42 °C a 50 °C. Po zahřátí na určitou teplotu byly vloženy pod UV zářič po stanovenou dobu deseti sekund a následně byly vloženy pod spektrometr k vyhodnocení transmise. Naměřené hodnoty transmise po zahřátí na výše zmíněné teploty představuje tabulka 1. Graficky jsou pak tyto výsledky zobrazeny v grafu 1, který nám ukazuje průběh transmise pro jednotlivé teploty. Nejnižší rozdíl transmise má teplota s hodnotou 27 °C, hodnota relativně blízká se okolní teplotě, a naopak nejvyšší nárůst transmise zaznamenala teplota s hodnotou 50 °C.

**Tabulka 1:** Transmise brýlových čoček po zahřátí a vystavení UV záření po dobu 10 sekund

Transmise při 27 °C [%]	Transmise při 32 °C [%]	Transmise při 37 °C [%]	Transmise při 42 °C [%]	Transmise při 50 °C [%]
38,9	48,7	71,5	76,8	81,5



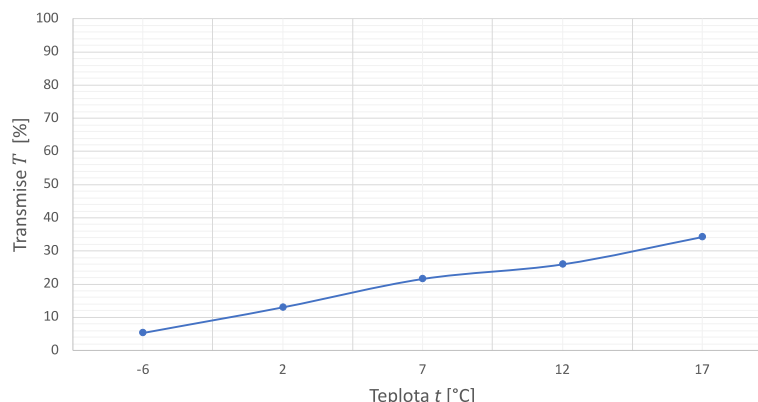
**Graf 1:** Transmise po zahřátí brýlových čoček při procesu zabarvování

### 3.2. Výsledky transmise při ochlazování brýlových čoček

V rámci měření byly nejprve brýlové čočky ochlazovány na teploty: 17 °C, 12 °C, 7 °C, 2 °C a -6 °C. Poté byly vloženy pod UV zářič po stanovenou dobu deseti sekund a následně byly vloženy pod spektrometr k vyhodnocení transmise. Graf 2 nám opět nabízí průběh transmise v závislosti na teplotě. Výchozí hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2. Z výsledků můžeme vyčíst, že nejvyšší hodnoty transmise dosáhla brýlová čočka při 17 °C. Naopak nejnižší hodnoty transmise dosáhla čočka při -6 °C. Můžeme tedy říci, že čím nižší je teplota, tím nižší je i transmise a naopak.

**Tabulka 2:** Transmise po ochlazení brýlových čoček a vystavení UV záření po dobu 10 sekund

Transmise při 17 °C [%]	Transmise při 12 °C [%]	Transmise při 7 °C [%]	Transmise při 2 °C [%]	Transmise při -6 °C [%]
34,1	25,9	21,5	12,9	5,2



**Graf 2:** Průběh transmise po ochlazení brýlových čoček při procesu zabarvování

## 4. Diskuze

Experimentální část této práce se zabývá transmisivitou samozabarvovacích brýlových čoček Transitions Signature GEN8, které jsme zahřívali a ochlazovali, abychom zjistili závislost teploty na jejich vlastnosti. Experimentu byly podrobeny čočky o indexu lomu 1,5, optické mohutnosti -1,0 dpt s povrchovými úpravami HMC+. Z výsledků uvedených níže se nám závislost podařila potvrdit. Výsledky jsou i určitým způsobem zkresleny, a to na základě ztrát tepla v průběhu měření. Brýlové čočky Transitions Signature GEN8 nabízí již po 10 sekundách vystavení UV záření hodnotu transmise 37,8 % neboli přes 60 % zabarvení za okolní teploty 22 °C. Po jedné minutě se hodnota transmise sníží na 21,8 % a zabarvení se blíží necelým 80 %. Zahřátím brýlových čoček na teploty 27 °C a 32 °C měla transmise lehce vzrůstající tendenci. Hodnoty transmise stoupali k 40 %, respektive k 50 %. Nárůst transmise přes 70 % zaznamenalo ohřívání brýlových čoček na teploty 37 °C a vyšší. Alternativní hypotéza náš předpoklad, že vyšší teplota brýlových čoček nebude mít vliv na rychlost jejich zabarvení se nám nepotvrdila a na základě výsledků tedy můžeme říct, že je zde značný vliv teploty na rychlost zabarvení brýlových čoček. Se vzrůstající teplotou se brýlové čočky jeví v letním období ve stínu světlejší, což nám i potvrdily výsledky transmise při odbarvování brýlových čoček. Předpoklad, že se vzrůstající teplotou se budou brýlové čočky rychleji odbarvovat se nám potvrdil. Pro čočky GEN8 platí, že při odbarvování stoupne transmise za 30 sekund na hodnoty přes 70 % a po jedné minutě na hodnoty dokonce přes 80 %. Čím vyšší tedy byla jejich teplota, tím světlejší brýlové čočky byly. Na druhou stranu, jakmile jsme čočky GEN8 ochladili na teplotu 17 °C, tak výsledek transmise byl o něco nižší oproti původní hodnotě. Snížení transmise na hodnoty 26 % a 21 % vyvolalo ochlazení brýlových čoček na teploty 12 °C a 7 °C. Následné ochlazení na teploty 2 °C a -6 °C vedlo ještě k většímu snížení transmise na hodnoty 13 % a 5 %. Výsledky odbarvování jasně ukazují na to, že pokud budeme za chladného podnebí s brýlovými čočkami ve stínu, tak jim bude trvat déle návrat do původního stavu. Výsledky transmise při odbarvování se pro jednotlivé teploty velice liší. Transmise necelých 50 % dosáhne za 2 minuty čočka s teplotou 17 °C, zatímco ty samé hodnoty bude vykazovat čočka s teplotou 7 °C po 5 minutách. V porovnání s předchozími výsledky jsou brýlové čočky se snižující se

teplotou tmavší. Porovnáme-li Transitions Signature GEN8 s generací Transitions VI v rychlosti aktivace, tak novější generace dosáhne o jednu třetinu rychlejšího zabarvení za časový interval 30 sekund při teplotě 35°C. Kde však nová generace těchto brýlových čoček vyčnívá, je v procesu odbarvování. Nárůst hodnot transmise byl po 30 sekundách i 2 minutách u nové generace o 10 %. [6] Hodnoty transmise pro Transitions VII generace nám nejsou známy, proto je nemůžeme porovnat s našimi výsledky. Pro další experimentální výzkumy tohoto typu bych doporučil snížit ztráty tepla na minimum. Tomu by teoreticky mohla sloužit klimatická komora s možností úpravy teploty podle potřeby. Vně této komory by se nacházel světelný zdroj, který by zajišťoval aktivaci brýlových čoček. Uvnitř komory by se nacházela uchycená brýlová čočka, jejíž transmise by byla měřena pomocí spektrometru, který by měření prováděl kontinuálně. Veškerá data by měla být zpracovávána a uchována v počítači s potřebným softwarem. Následně bych doporučil porovnat brýlové čočky od různých výrobců mezi sebou. Výsledky transmise by měly být odlišné i vlivem použité technologie na výrobu těchto brýlových čoček. Musí však být dodrženy stejné klimatické podmínky pro testování jednotlivých brýlových čoček, aby mohlo dojít k jejich porovnání.

## 5. Závěr

Cílem práce bylo zjištění závislosti teploty na samozabarvovací brýlové čočky. Pro tento výzkum byly použity brýlové čočky Smile od firmy Essilor, o stejném indexu lomu a optické mohutnosti. Na základě testovacích měření jsme stanovili kritické body popsané v experimentální části, které byly stěžejní pro následná měření. Zkoumanou závislost jsme testovali ohříváním a ochlazováním brýlových čoček na námi stanovené teploty. Jakmile byly brýlové čočky zahřáty, respektive ochlazený na určitou teplotu, tak byly vloženy pod UV zářič po stanovenou dobu 10 sekund. Po působení UV záření, které aktivovalo fotochromní molekuly, jsme vložili brýlové čočky pod spektrometr a změřili jejich transmissi. Výsledky ukazují na to, že se zvyšující se teplotou transmise brýlových čoček stoupá, a naopak se snižující se teplotou jejich transmise klesá. Závislost teploty na brýlové čočky Transitions Signature GEN8 se nám podařilo potvrdit a cíl práce byl tedy splněn. Na základě výzkumu i osobní několikaleté praxe bych výrobcům samozabarvovacích brýlových čoček do budoucna doporučil hledání dalších možností, jak zlepšit funkci jejich odbarvování, která je stále Achillovou patou tohoto výrobku, a tím tak zlepšit komfort a praktické využití u koncového nositele. S přihlédnutím na dnešní technologické možnosti by výhledově nositel samozabarvovacích brýlových čoček mohl mít možnost volby v rámci daného produktu, jestli bude mít variantu čirou nebo zabarvenou. Věřím, že s touto možností by produkt samozabarvovacích brýlových čoček mohl lépe konkurovat dalším produktům na trhu jako jsou například brýle s magnetickým klipem.

## Adaptation on glasses correction in real conditions

**Lenka Jabůrková<sup>1</sup>, Markéta Žáková<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [jaburlen@fbmi.cvut.cz](mailto:jaburlen@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Myopia, hypermetropia, astigmatism, correction, adaptation

**Abstract:** Refractive defects, such as myopia, hypermetropia and astigmatism, are common vision problems that can be corrected with glasses or contact lenses. However, the process of adapting to a correction of glasses may vary from individual to individual and may be influenced by factors such as the size of the refractive defect, the patient's age and the type of correction used. This study aims to better understand the factors that influence the process of adapting to a correction under real conditions. The methods used, the results of the findings obtained are presented and discussed throughout the article.

# Adaptace na změnu brýlové korekce v reálných podmínkách

**Lenka Jabůrková<sup>1</sup>, Markéta Žáková<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [jaburlen@fbmi.cvut.cz](mailto:jaburlen@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Myopie, hypermetropie, astigmatismus, korekce, adaptace

**Abstrakt:** Refrakční vady, jako je krátkozrakost, dalekozrakost a astigmatismus, jsou běžné problémy se zrakem, které lze korigovat brýlemi nebo kontaktními čočkami. Proces adaptace na korekci brýlí se však může u jednotlivců lišit a může být ovlivněn faktory, jako je velikost refrakční vady, věku pacienta a typu použité korekce. Tato studie si klade za cíl lépe porozumět faktorům, které ovlivňují proces adaptace na korekci v reálných podmínkách. Použité metody, získané výsledky a zjištění jsou uvedeny a diskutovány v celém článku.

## 1. Úvod

Téma adaptace na brýlovou korekci v reálných podmínkách mě velmi zaujalo. Jelikož pracuji v oční optice, vidím různé reakce klientů po převzetí korekční pomůcky, ať už pozitivní, či negativní. Chtěla jsem proto toto téma více prozkoumat, řešením vědeckých prací na toto téma a posléze i vlastním výzkumem.

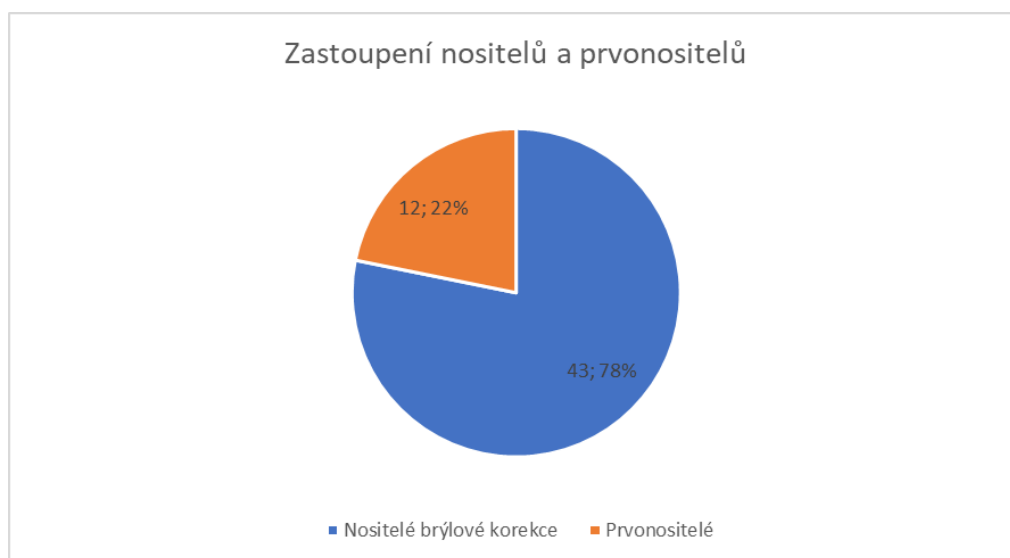
## 2. Experimentální část

V praktické části bakalářské práce se budu zaměřovat na adaptaci klientů, kterým se změnila korekce jejich refrakční vady. Výzkum zaměřím pouze na návyk u brýlové korekce, protože s tou se v praxi setkávám nejčastěji. V následující části metodiku představím podrobněji. Měření probíhalo na kladenské pobočce Doctor optic, v časovém rozmezí od října roku 2022 do února roku 2023. Tuto pobočku jsem si zvolila z důvodu vysoké návštěvnosti a měla jsem tak dostatek materiálu pro praktickou část. Pro praktickou část

jsem vybrala 55 osob, kterým jsem odeslala dotazník. Dotazník obsahoval celkem 19 otázek, které jsme vyplnili společně, aby nedocházelo k chybným výsledkům.

Celkem bylo do výzkumu zahrnuto 55 osob různé věkové kategorie. Snažila jsem se, aby byl výběr vyrovnaný, co se týče zastoupení refrakčních vad, věku klientů a pohlaví. Především se jednalo o stálou klientelu oční optiky. Snažila jsem se o výběr takových kazuistik, u kterých jsem předpokládala možné komplikace. Zaměřila jsem se pouze na změnu korekce refrakční vady do dálky.

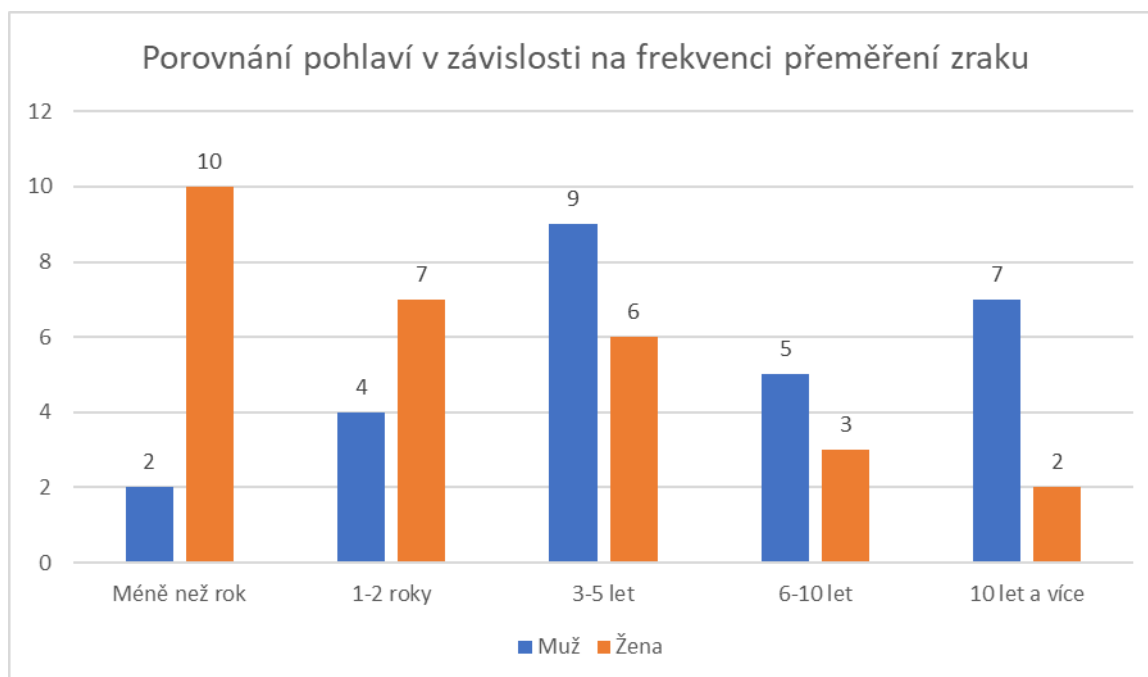
### 3. Výsledky



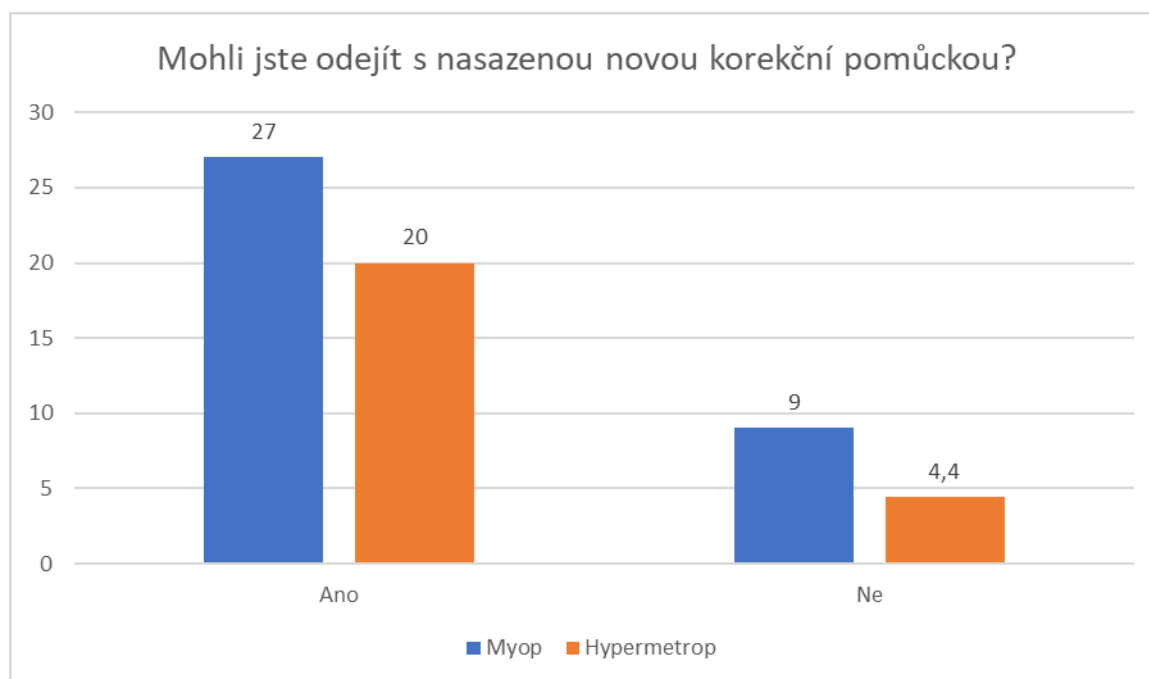
**Obrázek 7** Zastoupení nositelů a prvnositelů



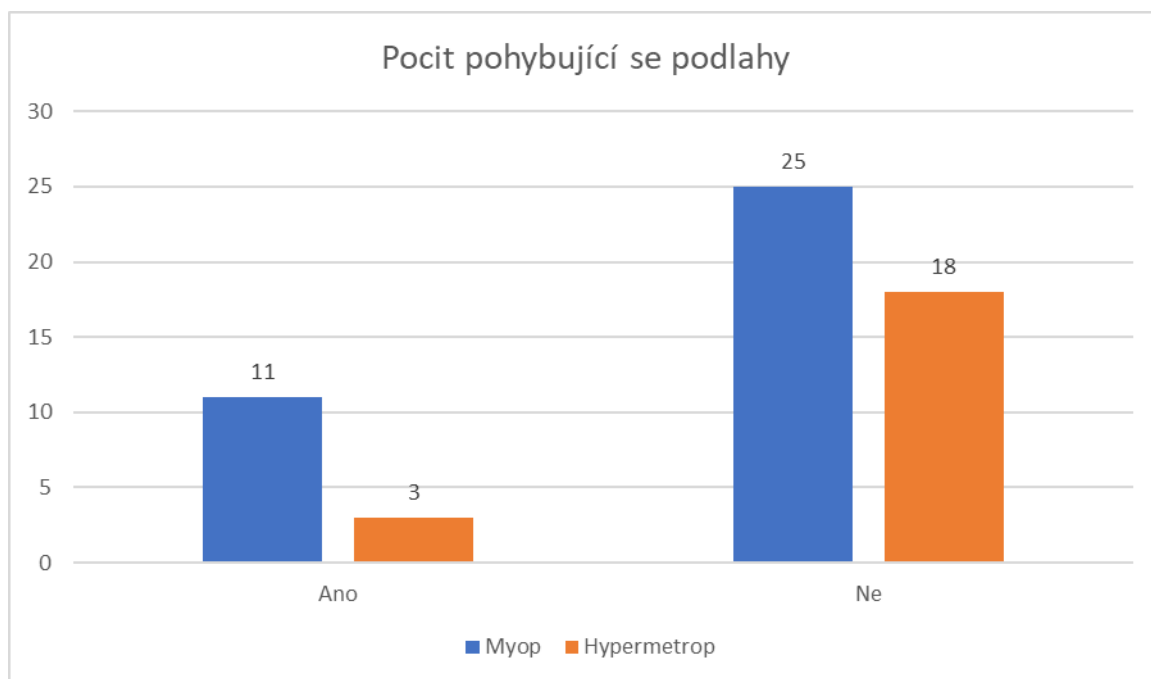
**Obrázek 8** Jak často chodí klienti na přeměření zraku



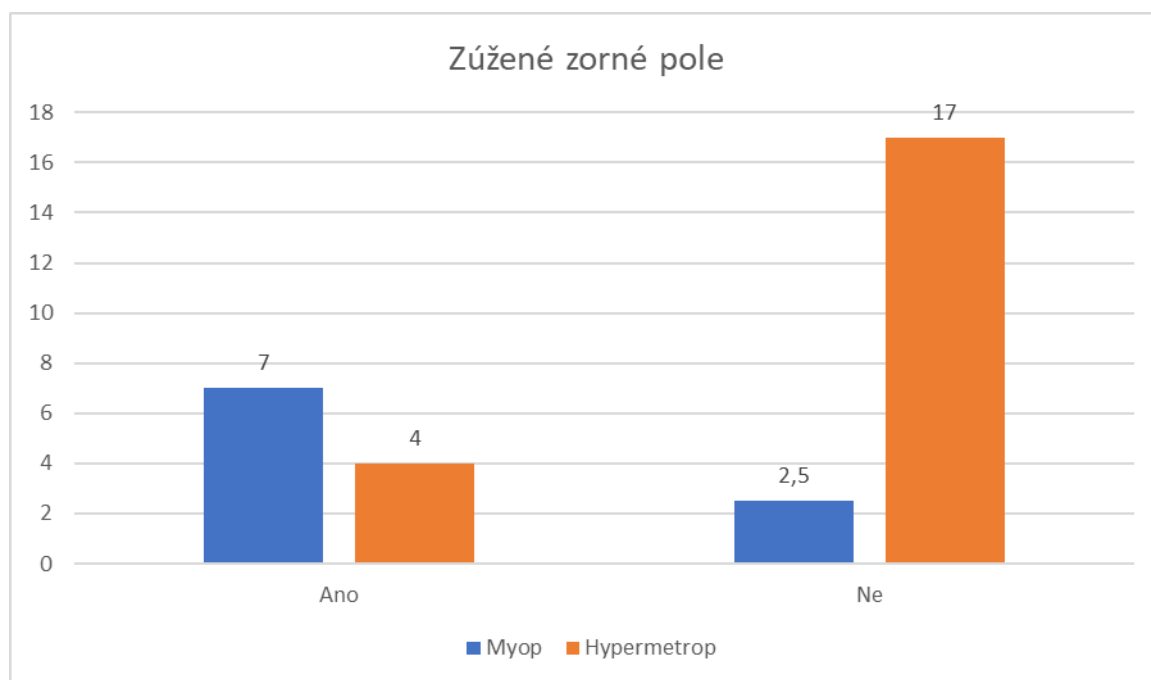
**Obrázek 9** Porovnání pohlaví v závislosti na frekvenci přeměření zraku



**Obrázek 10** Mohl klient odejít s nasazenou korekční pomůckou?



**Obrázek 5** Pocit pohybující se podlahy



**Obrázek 6** Zúžené zorné pole

#### 4. Závěr

Návyk na změnu brýlové korekce je proces, který vyžaduje čas a trpělivost. Je důležité si uvědomit, že změna korekce zraku není pouze jednorázovou událostí, ale dlouhodobým procesem, který vyžaduje pravidelnou péči. [1,2] Pacienti by měli být motivováni k trvalému

udržování návyku na změnu korekce a věnovat pozornost jak praktickým, tak psychologickým faktorům. Kromě zlepšení zraku může návyk na změnu brýlové korekce přinášet také další potenciální výhody, jako je zlepšení kvality života, zvýšení sebedůvěry a snížení rizika očních onemocnění.[3] Tyto výhody by měly být klientům zdůrazněny. Oftalmologové a optometristé hrají klíčovou roli v podpoře návyku na změnu korekce. Jejich úkolem je nejen předepsat korekci zraku, ale také pacienty motivovat a poskytnout jim potřebné informace a nástroje pro úspěšnou změnu korekce. [4, 5, 6]

Důležitou součástí je také pravidelná kontrola zraku a přizpůsobení korekce v případě potřeby. Všichni klienti, které jsem do výzkumu uvedla, neměli s korekční pomůckou obtíže, které by přetrvávaly déle než týden. Z výsledků vyplývá, že změnu korekce refrakční vady snášejí hůř myopové než hypermetropové.

## 5. References

- [1] Kanski, Jack J. *Clinical ophthalmology*. Edinburgh : Butterworth-Heinemann, 2003. 0-7506-5541-0.
- [2] Hale, Mike. How practitioners are tackling the challenge of spectacle intolerance. *opticianonline*. [Online] Červenec 16, 2014. [Cited: Listopad 29, 2022.] <https://www.opticianonline.net/features/spectacle-intolerance>.
- [3] Hrynychak, Patricia. Prescribing spectacles: reasons for failure of spectacle lens acceptance. 2006.
- [4] Hughes, Amy, Fylan, Fiona a Elliot, David B. Wiley Online Library. *Prescribing spectacles: reasons for failure of spectacle lens acceptance*. [Online] 21. Prosinec 2005. [Citace: 5. 1 2023.] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-1313.2005.00351.x>
- [5] Zeiss. Vision problems despite a new pair of glasses? You may have to get used to your new glasses to get the most out of them. *Zeiss*. [Online] 16. Říjen 2017. [Citace: 3. Leden 2023.] <https://www.zeiss.com/vision-care/int/better-vision/health-prevention/vision-problems-despite-a-new-pair-of-glasses-.html>.
- [6] How long does it take to adjust to new glasses? *All About Vision*. [Online] [Citace: 1. 11 2022.] <https://www.allaboutvision.com/eyeglasses/adjustment-time/>.

## Prevalence of refractive errors in Czech Republic

**Eliška Šalounová<sup>1</sup>, Jakub Král<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [saloueli@fbmi.cvut.cz](mailto:saloueli@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Ametropia, myopia, hypermetropia, astigmatism, emmetropia, occurrence of refractive errors in the population of the Czech Republic, distribution of refractive errors

**Abstract:** The thesis mostly deals with refractive errors both spherical and aspherical. In the theoretical part, the models of eye and mentioned refractive errors which are hyperopia, myopia, astigmatism, presbyopia are described. Further, the procedure of subjective refraction is briefly described. The instruments methods of measurement are described in the chapter of objective refraction. The research of representation of refractive errors in the Czech Republic and prevalence of refractive errors in the world is in there. In the practical part, the graphs are depicted which were created from data gathered from objective refraction thanks to automatic refractometer used for 7 years. Data from graphs are evaluated. Hypermetropia and astigmatism against-the-rule which is at 90° are the majority in the thesis.

## Výskyt refrakčních vad na vzorku dospělé populace

**Eliška Šalounová<sup>1</sup>, Jakub Král<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [saloueli@fbmi.cvut.cz](mailto:saloueli@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Ametropie, myopie, hypermetropie, astigmatismus, emetropie, výskyt refrakčních vad v populaci ČR, rozložení refrakčních vad

**Abstrakt:** Tento článek se zabývá především refrakčními vadami jak sférickými, tak i asférickými. V experimentální části jsou popsány a vyobrazeny grafy, které jsou vytvořeny z dat posbíraných objektivní refrakce pomocí automatického refraktometru po dobu sedmi let. Data z grafů jsou vyhodnocena. V této práci je nejvíce zastoupena hypermetropie z refrakčních vad a astigmatismus proti i podle pravidla je zde zastoupen stejně.

### 1. Úvod

V tomto článku bude popsán sběr spolu s interpretací refrakčních vad z objektivní refrakce, které byly získány z oční optiky Remi Optic s. r. o. a z Nadačního fondu Dar zraku, který pomáhá s osvětou ohledně této problematiky v různých soukromých firmách i seniorských domech po celé České republice. Tento výzkum probíhal po dobu sedmi let. Hodnoty jsou změřeny pomocí objektivní refrakce na automatickém refraktometru. Výsledná data budou zpracována do přehledných grafů. Cílem této práce je rozřazení jednotlivých refrakčních vad na vybraném vzorku populace České republiky.

### 2. Experimentální část

Data pro praktickou část jsou sesbírána z očí optiky Remi Optic s. r. o. a z nadace Dar Zraku. Výsledky byly měřeny od září roku 2016 do února roku 2023. Pro objektivní refrakci byly k dispozici autorefraktometry G-Medics GRK-2100, TOMEY TR 4000, Topcon RM

800. Celkem se výzkumu zúčastnilo 1 328 probandů, což je 2 656 očí. Všichni účastníci studie byli starší 15 let.

### 2.1. Metodika

Při objektivní refrakci byl použit autorefraktometr, který nám naměří dioptrickou a cylindrickou hodnotu, osu cylindru, pupilární distanci neboli PD a sférický ekvivalent nám vypočítá, vždy pro pravé a levé oko. Pro jednotlivé refrakční vady jsou zde nastavena kritéria. Za hypermetropii se považuje hodnota  $\leq +0,25$  D, u myopie je hodnota  $\geq -0,25$  D, u emetropie je hodnota rovna 0,0 D a u astigmatismu se zahrnuje hodnota cylindrické složky od -0,25 D a méně.

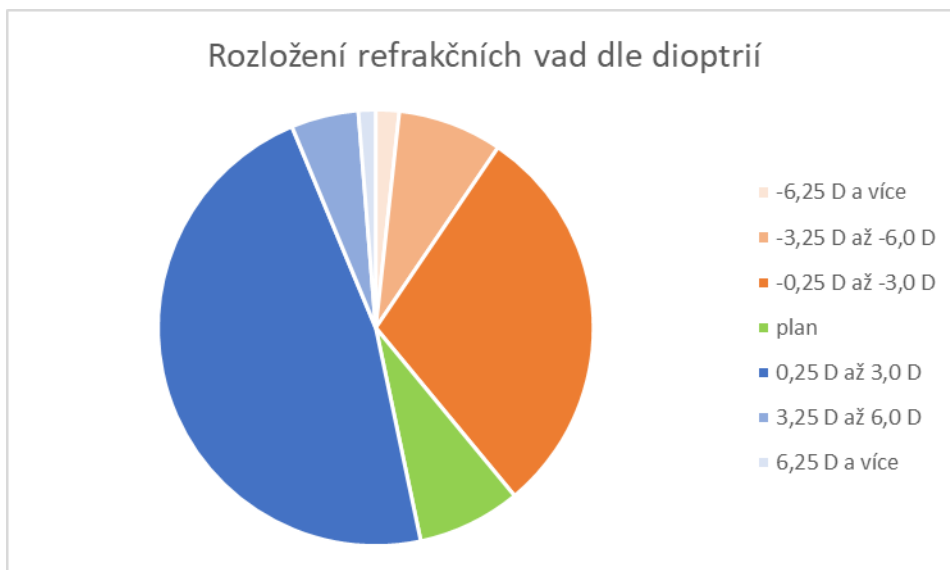
### 2.2. Výsledky

Graf číslo 1 rozděluje refrakční vady, které jsou zastoupeny v populaci, na tři základní, což jsou hypermetropie, myopie a emetropie. Nejvíce zastoupena v této práci je hypermetropie (53 %), druhá nejčastější je myopie (39 %) a poslední je emetropie (8 %). Modus je 0,0 D, medián je +0,25 D a směrodatná odchylka je  $\pm 2,395$  D.



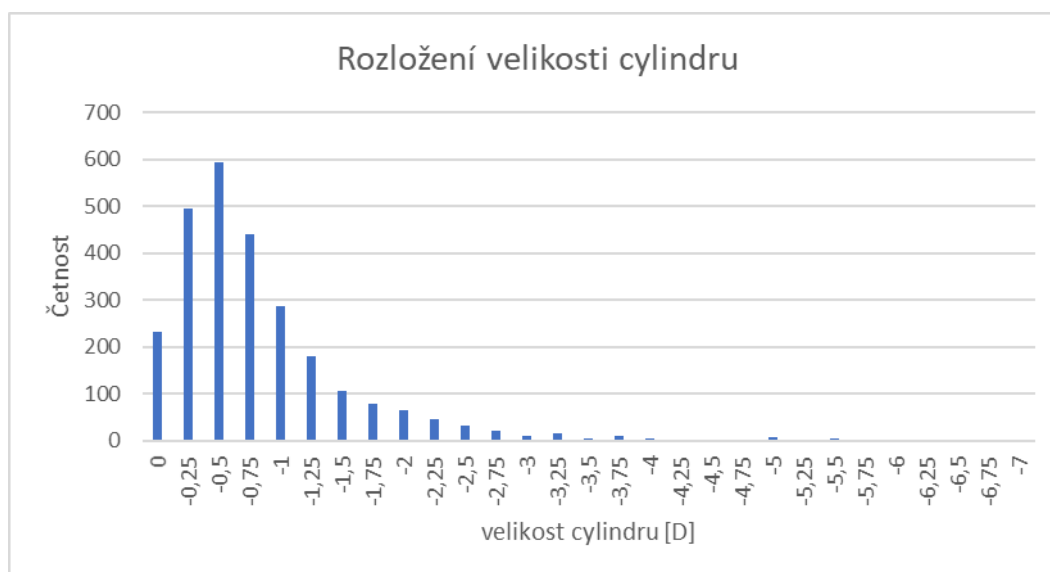
**Obrázek 11:** Graf rozložení refrakčních vad

Na grafu číslo 2 jsou znázorněny procentuální hodnoty rozložení refrakčních vad podle dioptrií. Refrakční vady jsem rozdělila do sedmi skupin, a to na nízkou ( $\pm 0,25$  D až  $\pm 3,0$  D), střední ( $\pm 3,25$  D až  $\pm 6,0$  D), vysokou ( $\pm 6,25$  D a více) myopii a hypermetropii, samostatnou emetropii (0,0 D). Nejvíce zastoupena je nízká hypermetropie 47 %, naopak nejméně těžká hypermetropie 1 %. Emetropie je zde zastoupena v 8 %.



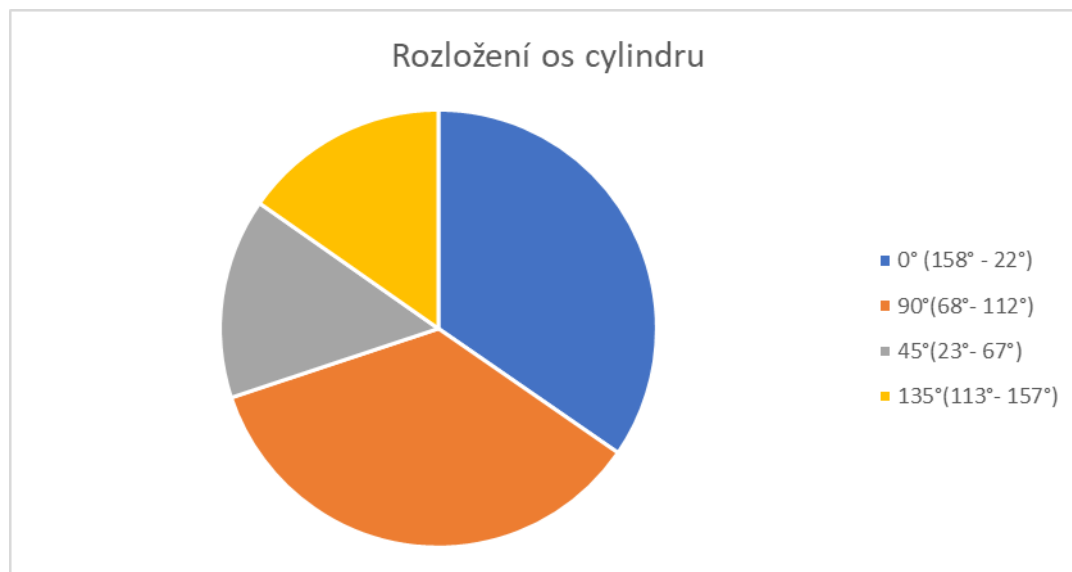
**Obrázek 12:** Graf rozložení refrakčních vad dle dioptrií

V grafu číslo 3 je vyobrazena četnost síly cylindru. Největší hodnota cylindru činí  $-7,0$  D. Modus se rovná  $-0,5$  D, medián je  $-0,65$  D a směrodatná odchylka  $\pm 0,825$  D.



**Obrázek 13:** Graf rozložení velikosti cylindru

Tento graf číslo 4 nám znázorňuje rozložení os u astigmatismu. Očí s astigmatismem bylo 2 421, z toho vyplynulo, že proti pravidlu ( $90^\circ$ ) a podle pravidla ( $0^\circ$ ) mají stejné zastoupení, a to 35 %. U šikmých ( $45^\circ, 135^\circ$ ) os vycházejí také stejně, s hodnotami 15 %



**Obrázek 14:** graf rozložení os cykindru

### 3. Diskuse

Porovnávání praktické část s dosavadními studiemi.

#### 3.1. Srovnání výsledků s tuzemskou studií

Výsledky výzkumu pana docenta Mgr. Pavla Beneše, PhD., vycházejí jak z objektivní, tak i ze subjektivní refrakce. Bylo zahrnuto ve výzkumu 615 respondentů, v této studii jich je více než dvojnásobek, a to 1 330. U studie pana docenta Beneše převládala myopie, kde bylo zaznamenáno 636 očí. V této studii je to druhá nejpočetnější a to s 1 035 očima. Hypermetropie je zastoupena 348 očí a v této studii je hypermetropie nejpočetnější a je zastoupena 1 415 očí.

### 4. Závěr

Z této studie vyplývá, že převládá hypermetropie s 53 %, myopie je zde zastoupena 39 % a emetropie je zastoupena 8 %. U astigmatismu je nejčastější hodnota  $-0,5$  D s počtem 595 očí. Procentuální hodnota očí s astigmatismem je 91 % a bez něj je 9 %. U astigmatismu vyšly hodnoty jak u osy podle pravidla v  $0^\circ$  tak i u osy proti pravidlu v  $90^\circ$  s minusovou cylindrickou hodnotou stejně, a to 35 %. Šikmé osy vyšly také stejně a to 15 % ve  $135^\circ$  a  $45^\circ$ .

## 5. Reference

- [1] BENEŠ, Pavel et al. Výskyt refrakčních vad s následnou volbou korekční pomůcky. Česká a slovenská oftalmologie. 2012, 68(1), 11–16. ISSN 1211-9059.
- [2] KUČHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [3] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 3., přeprac. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80- 7013-402-X.
- [4] BENJAMIN, William. Borish's Clinical Refraction. Oxford: Butterworth-Heinemann 2006. ISBN 9780750675246.
- [5] AUTRATA, Rudolf. Nauka o zraku. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7.

## 6. Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat svému vedoucímu práce Mgr. Jakubu Královi. Optice Remi optic s. r. o. a své rodině za podporu.

## Evaluation of anterior chamber parameters and factors affecting them

**Jiří Vaňásek<sup>1</sup>, Gabriela Mahelková<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> 2nd Medical Faculty, Charles University and University Hospital Motol, Department of Ophthalmology for Children and Adults, V Úvalu 84, 150 06 Prague 5, Czech Republic

**E-mail:** [jiri.vanasek@fbmi.cvut.cz](mailto:jiri.vanasek@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Anterior chamber, eye anatomy

**Abstract:** The thesis evaluates the parameters of the anterior chamber in a group of individuals are using a Wave Analyzer Medica 800 (Essilor). In particular, the thickness of the cornea, the size of the irido-corneal angle and the depth of the anterior chamber are monitored. The dependence of these parameters on age and refraction is evaluated. The trend of a decreasing anterior chamber depth and the irido-corneal angles value was assumed primarily with increasing age, especially in hypermetropes, and this assumption is statistically confirmed in the results.

## Hodnocení parametrů přední komory oka a faktory, které je ovlivňují

**Jiří Vaňásek<sup>1</sup>, Gabriela Mahelková<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> Oční klinika dětí a dospělých 2. LF UK a FN Motol, V Úvalu 84, 150 06 Praha 5, Česká republika

**E-mail:** [jiri.vanasek@fbmi.cvut.cz](mailto:jiri.vanasek@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Přední komora, anatomie oka

**Abstrakt:** V rámci práce jsou hodnoceny parametry přední komory u skupiny jedinců za použití přístroje Wave Analyzer Medica 800 (Essilor). Sledovány jsou zejména tloušťka rohovky, velikost komorového úhlu a hloubka přední komory. Je vyhodnocena závislost těchto parametrů na věku a refrakci. Předpokládán byl primárně trend snižující se hloubky přední komory a velikosti komorových úhlů se stoupajícím věkem především u hypermetropů a tento předpoklad je v práci statisticky potvrzen.

## Therapeutic contact lenses for local drug release

**Tereza Puldová<sup>1</sup>, Jiří Michálek<sup>2</sup>, Marie Pospíšilová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Institute of Macromolecular Chemistry, Czech Academy of Sciences, Heyrovského  
nám. 2, 162 00 Prague 6, Czech Republic

**E-mail:** [puldovaterka@gmail.com](mailto:puldovaterka@gmail.com)

**Keywords:** Contact lenses, sorption and desorption, drug delivery

**Abstract:** This study focuses on therapeutic contact lenses for local drug release. The beginning of the theoretical part of the thesis focuses on the classification of materials for therapeutic contact lenses. It then divides and describes the different applications of therapeutic lenses into cover, refractive, coloured and drug release contact lenses. The category of drug-releasing contact lenses is discussed in more detail in the following chapter, describing the different options and methods of drug application in contact lenses. The theoretical section concludes with a description of the methods of drug application in ophthalmology and possible interactions between drugs and contact lens materials.

The practical part of the bachelor thesis follows the theoretical part and deals with the sorption and desorption of the model substance riboflavin, which is used in ophthalmology in corneal crosslinking. Sorption and desorption were tested on commercial contact lenses Acuvue Oasys, Acuvue Moist, Dailies Total 1, Dailies Aqua Comfort Plus, BioTrue, My day and Precision 1. Both sorption and desorption were demonstrated by the pre-soaking method. The prolonged release of the model substance may depend to some extent on the lens material and the concentration of the drug used.

## Terapeutické kontaktní čočky pro lokální uvolňování léčiv

**Tereza Puldová<sup>1</sup>, Jiří Michálek<sup>2</sup>, Marie Pospíšilová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> Ústav makromolekulární chemie AV ČR, v. v. i., Heyrovského nám. 2, 162 00 Praha 6 – Břevnov, Česká republika

**E-mail:** [puldovaterka@gmail.com](mailto:puldovaterka@gmail.com)

**Klíčová slova:** Ametropie, myopie, hypermetropie, astigmatismus, emetropie, výskyt refrakčních vad v populaci ČR, rozložení refrakčních vad

**Abstrakt:** Tato studie se zaměřuje na terapeutické kontaktní čočky pro lokální uvolňování léčiv. V počátku teoretické části práce se zaměřuje na klasifikaci materiálů pro terapeutické kontaktní čočky. Dále rozděluje a popisuje jednotlivé aplikace terapeutických čoček na krycí, refrakční, barevné a kontaktní čočky pro uvolňování léčiv. Kategorii kontaktních čoček pro uvolňování léčiv se následující kapitola zabývá detailněji a popisuje jednotlivé možnosti a metody aplikace léčiv do kontaktních čoček. V závěru teoretické části jsou popsány metody aplikací léčiv v oftalmologii a možná interakce léčiv a materiálů kontaktních čoček.

Praktická část bakalářské práce navazuje na teoretickou část a řeší sorpci a desorpci modelové látky riboflavinu, který se v oftalmologii využívá při sítování rohovky neboli Crosslinking. Sorpce a desorpce byla testována na komerčních kontaktních čočkách Acuvue Oasys, Acuvue Moist, Dailies Total 1, Dailies Aqua Comfort Plus, BioTrue, My day a Precision 1. Samotné měření probíhalo pomocí spektrofotometru. Sorpce i desorpce byla metodou pre-soaking prokázána. Prodloužené uvolňování modelové látky může do jisté míry záviset na materiálu čočky a koncentraci použitého léčiva.

## Ocular straylight in patients with arthephakia

**Tereza Dominová<sup>1</sup>, Jakub Hlaváček<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [dominter@fbmi.cvut.cz](mailto:dominter@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Ocular straylight, arthephakia, intraocular lenses, C-Quant, HD Analyzer, aberrations of the eye

**Abstract:** This work examines the impact of light scatter on visual quality. Excessive light scatter can lead to a deterioration in overall vision. The chapters focus on visual acuity, contrast sensitivity, and ocular aberrations. The next two chapters describe the physiology of the eye, focusing on light scatter in different parts of the eye and various pathologies that can disrupt ocular function. Subsequently, intraocular lenses are discussed, with a discussion on excessive light scatter and its contribution to the occurrence of secondary optical phenomena. The practical part of the work focuses on investigating light scatter and visual acuity in patients with secondary cataracts who underwent YAG capsulotomy and intraocular lens implantation. The aim of this work is to compare the effects of two different types of intraocular lenses using the C-Quant device.

## Rozptyl světla u artefakie

**Tereza Dominová<sup>1</sup>, Jakub Hlaváček<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [dominter@fbmi.cvut.cz](mailto:dominter@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Rozptyl světla, artefakie, intraokulární čočky, C-Quant, HD Analyzer, aberace oka

**Abstrakt:** Tato práce zkoumá vliv rozptylu světla na kvalitu zraku. Jeho nadměrné množství může vést ke zhoršení celkového vidění. V kapitolách se zaměřuji na zrakovou ostrost, kontrastní citlivost a očním aberacím. V dalších dvou kapitolách je popsána fyziologie oka, zaměřující se na rozptyl světla v jednotlivých částech oka a různé patologie, které mohou oční funkci narušit. Následně intraokulárním čočkám, diskuse o nitroočních čočkách se točí kolem vzniku nadměrného rozptylu světla a jeho příspěvku k vzniku vedlejších optických fenoménů. Praktická část práce se zaměřujeme na vyšetření rozptylu světla a zrakové ostrosti u pacientů se sekundární kataraktou, kteří podstoupili YAG kapsulotomii a implantaci nitrooční čočky. Cílem této práce je porovnat účinky dvou různých typů intraokulárních čoček na přístroji C-Quant.

### 1. Úvod

Světlo nám umožňuje vnímat okolní prostředí, pomáhá nám v prostorové orientaci a rozpoznávání předmětů. Zrak je pro člověka klíčovou smyslovou modalitou. Právě světelné paprsky prochází optickými médii oka, transparentnost těchto optických médií je nanejvýš důležitá pro minimalizaci rozptylu světla.

Měření zrakové ostrosti tvoří základ každého vyšetření kvality zraku, další směrodatná vyšetření jsou na kontrastní citlivost, přítomnost aberací oka a intraokulární rozptyl.

Především s rostoucím věkem dochází k zvýšení míry intraokulárního rozptylu, což může vyvolat zamlžené, nejasné vidění a sníženou schopnost vnímat kontrast a barvy. Vyšší intraokulární rozptyl je pozorován například u osob s počínající kataraktou. Osoby s

přítomností katarakty podstupují refrakční operace, při kterých dochází k výměně čočky za čočku nitrooční, ale i tak se po implantaci mohou objevit nepříjemné komplikace s doprovodnými optickými fenomény.

## 2. Experimentální část

Výzkum zahrnoval vyšetření rozptylu světla a zrakové ostrosti upacientů se sekundární kataraktou, kteří absolvovali YAG kapsulotomii a implantaci nitrooční čočky. Cílem bylo porovnat účinky dvou různých typů intraokulárních čoček, Acrysof od firmy Alcon a Tecnis od Johnson & Johnson.

Celkem se zúčastnilo 30 pacientů ve věku 65 až 80 let byli rozděleni do dvou skupin - 15 s čočkami Acrysof a 15 s čočkami Tecnis. Skupiny obsahovaly 19 žen a 11 mužů, kteří splňovali stanovená kritéria, tedy minimálně jeden rok po implantaci nitrooční čočky a minimálně týden po YAG kapsulotomii bez dalších očních patologií. Průběh experimentu zahrnoval důkladnou kontrolu zdravotní dokumentace, anamnézu a vyloučení sekundárních katarakty a dalších patologií oka. Nakonec jsem provedl objektivní měření refrakce pomocí autorefraktometru Topcon KR-800A a dále subjektivním měřením pomocí brýlové skříně a projekčního optotypu od Essiloru (CP 550). Byl změřen (binokulárně a monokulárně) visus naturalis, poté sférocylindrická korekce. Dále jsme provedli test oční dominance pomocí zamlžovací techniky pro určení vedoucího oka. To bylo provedeno pouze u pacientů, kteří měli v obou očích implantované intraokulární čočky, aby se určilo, které oko podstoupí další experiment. Po refrakci jsme pokračovali přístrojem C-Quant. Vyšetření probíhalo v zatemněné místnosti (šero).

Další částí vyšetření bylo měření rozptylu světla pomocí přístroje C-Quant. Vyšetření probíhalo v zatemněné místnosti, kde byl pacientům vysvětlen průběh a délka vyšetření. Nevyšetřované oko bylo zakryté okluzorem a druhým okem se pacient díval do okuláru přístroje. Po dokončení testovacího programu automaticky vyhodnotili výsledky. Nevyšetřované oko bylo zakryté okluzorem a druhým nezakrytým se vyšetřovaný díval do okuláru přístroje. Na konci testovacího programu automaticky vyhodnotil výsledky.

## 3. Výsledky

Jako první jsem ověřovala zda existuje signifikantní rozdíl v rozptylu světla mezi dvěma typy intraokulárních čoček (IOL) na základě měření pomocí přístroje C-Quant. Pro účely statistické analýzy jsou v tabulce č. 5 průměry, směrodatné odchylky a mediány pro oba typy intraokulárních čoček. Zde jsem porovnávala hodnoty rozptylu světla pomocí dvouvýběrového T-testu. Test byl prováděn na hladině významnosti 5 % ( $\alpha = 0,05$ ). Hodnota pravděpodobnosti byla  $p = 0,102$ , tudíž je  $\alpha < p$ . Tento výsledek vedl k potvrzení alternativní hypotézy  $H_0$  a k zamítnutí  $H_1$ . Lze učinit závěr, že u obou z vybraných nitroočních čoček nebyl prokázán statisticky signifikantně významně vyšší rozptyl světla.

Rozptyl světla		
	Tecnis	Acrysof
Průměr (log(s))	1,509	1,544
Smodch	0,037	0,067
Medián	1,500	1,520

**Obrázek 1.** Výsledky rozptylu světla

Druhým cílem bylo porovnat zrakovou ostrost u IOL Tecnis a Acrysof. V této analýze byl proveden dvouvýběrový T-test s hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ . Vypočtená hodnota pravděpodobnosti byla  $p = 0,133$ . Vzhledem k tomu, že tato hodnota pravděpodobnosti je větší než zvolená hladina významnosti  $\alpha$ , můžeme tak přijmout alternativní hypotézu  $H_2$  a zamítnout nulovou hypotézu  $H_0$ . Z tohoto výsledku vyplývá, že mezi dvěma srovnávanými skupinami není statisticky významný rozdíl.

Zraková ostrost		
	Tecnis	Acrysof
Průměr (logMAR)	0,933	0,887
Smodch	0,070	0,088
Medián	0,900	0,900

**Obrázek 2.** Výsledky zrakové ostrosti

Dále jsem z těchto dvou výsledků vytvořila korelační křivky (Graf 1 a Graf 2), závislosti rozptylu světla na zrakové ostrosti u čoček Tecnis a čoček Acrysof. Cílem bylo zjistit, jestli mají tyto dva parametry vzájemnou korelaci.

Získaný korelační koeficient pro tyto parametry byl stanoven na hodnotu  $r = -0,1873$ . Na základě této hodnoty je možné konstatovat, že korelace mezi rozptylem světla a zrakovou ostrostí je zanedbatelná.

Výsledkem mé práce je několik důležitých praktických poznatků, které jsem získala:

- Neexistuje přímý vztah mezi zrakovou ostrostí a rozptylem světla.
- Provázanost mezi zrakovou ostrostí a rozptylem světla je velmi malá, jelikož se rozptyl světla projevuje až při jeho vyšších hodnotách.
- Pacienta stěžující si na snížení zrakové ostrosti při přítomnosti silnějšího zdroje světla (protijedoucí auta), je lepší vyšetřovat nejen na klasickém optotypu, kde jsou černá písmena na bílém pozadí bez oslnění. Je lepší použít i optotypy s oslněním, jelikož takové podmínky nekorespondují s běžnými každodenními situacemi.

- Vzájemný vztah je i mezi kontrastem a rozptylem světla, kdy zvýšený rozptyl světla vede k malému zhoršení kontrastní citlivosti. [1]

- Aberometrie nepřihlíží k vysokým hodnotám rozptylu světla a jejich vlivu na zrakové vnímání. Aberometrem se rozptyl světla neprojeví a tak výsledek nadhodnocuje kvalitu vidění u lidí s vysokým rozptylem světla.

#### 4. Závěr

V rámci experimentu byl hodnocen vliv dvou hydrofobních akrylových materiálů (Acrysof a Tecnis) na optickou kvalitu oka po operaci šedého zákalu. Optická kvalita byla ovlivněna aberacemi a rozptylem světla způsobeným implantovanou nitrooční čočkou. K měření dopředného rozptylu světla bylo použito zařízení C-Quant.

Nulovou hypotézou H01, zda intraokulární čočka Tecnis od firmy Johnson & Johnson bude mít statisticky signifikantně menší rozptyl světla než čočka Acrysof od firmy Alcon. Jsem postavila na základě studie „A comparison of mesopic visual acuity and objective visual quality following cataract surgery with hydrophobic acrylic intraocular lenses“. V rámci zmiňované studie byly sledovány dvě skupiny subjektů s implantovanými nitroočními čočkami Tecnis a Acrysof po dobu od 14 měsíců až téměř 10 let. Skupina s čočkami Tecnis měla delší sledování než skupina s čočkami Acrysof. Přesto oči s implantovanými čočkami Tecnis prokázaly dlouhodobě lepší optické vlastnosti. [2]

V rozsahu mé studie jsem zamítla nulovou hypotézu H01 a potvrdila alternativní hypotézu H1, jelikož nebyl prokázán statisticky signifikantně menší rozptyl u čoček Tecnis. Zdá se, že tato skutečnost může být způsobena omezenou dobou trvání samotného experimentu, která neumožnila dostatečně dlouhá období pro projevy faktorů ovlivňujících rozptyl světla v dostatečné míře.

Rozdíly v optické kvalitě nitroočních čoček, lze přičíst i k prokazatelnému glisteningu (zvýšenému lesku) u čoček Acrysof od firmy Alcon, ten byl v porovnání i u jiných hydrofobních akrylových IOL výrazně vyšší. [3, 4] Jiná studie ukázala, že povrchový rozptyl světla s Acrysof IOL se nepřetržitě zvyšoval až 15 let po operaci a byl rizikovým faktorem pro snížení zrakové ostrosti. [5]

Optická kvalita lidského oka je ovlivněna faktory, jako je rozostření, rozptyl světla a optické aberace. Po operaci šedého zákalu může být optická kvalita oka ovlivněna aberacemi a rozptylem světla způsobeným implantovanou nitrooční čočkou. V tomto experimentu jsem hodnotila vliv dvou hydrofobních akrylových materiálů (Acrysof a Tecnis) na fotopickou zrakovou ostrost a kvalitu zraku. K měření dopředného rozptylu světla bylo použito zařízení C-Quant.

Nulovou hypotézou H01, zda intraokulární čočka Tecnis od firmy Johnson & Johnson bude mít statisticky signifikantně menší rozptyl světla než čočka Acrysof od firmy Alcon. Jsem postavila na základě studie „A comparison of mesopic visual acuity and objective visual quality following cataract surgery with hydrophobic acrylic intraocular lenses“. V rámci zmiňované

studie byly sledovány dvě skupiny subjektů s implantovanými nitroočními čočkami Tecnis a Acrysof po dobu od 14 měsíců až téměř 10 let. Skupina s čočkami Tecnis měla delší sledování než skupina s čočkami Acrysof. Přesto oči s implantovanými čočkami Tecnis prokázaly dlouhodobě lepší optické vlastnosti. [2]

V rozsahu mé studie jsem zamítla nulovou hypotézu  $H_0$  a potvrdila alternativní hypotézu  $H_1$ , jelikož nebyl prokázán statisticky signifikantně menší rozptyl u čoček Tecnis. Zdá se, že tato skutečnost může být způsobena omezenou dobou trvání samotného experimentu, která neumožnila dostatečně dlouhá období pro projevy faktorů ovlivňujících rozptyl světla v dostatečné míře.

Rozdíly v optické kvalitě nitroočních čoček, lze přičíst i k prokazatelnému glisteningu (zvýšenému lesku) u čoček Acrysof od firmy Alcon, ten byl v porovnání i u jiných hydrofobních akrylových IOL výrazně vyšší. [3,4] Jiná studie ukázala, že povrchový rozptyl světla s Acrysof IOL se nepřetržitě zvyšoval až 15 let po operaci a byl rizikovým faktorem pro snížení zrakové ostrosti. [5]

## 5. Reference

- [1] Berg, T. J. T. P. van den, Franssen, Luuk a Coppens, J.E. Ocular Media Clarity and Straylight. [Online] 2010. [Citace: 15. 01 2023.] <https://sciencedirect.com/science/article/pii/S0886335011017950>.
- [2] George HH Beiko, Miso Gostimir & Lila Haj-Ahmad (2017) Srovnání mezopické zrakové ostrosti a objektivní zrakové kvality po operaci katarakty hydrofobními akrylovými nitroočními čočkami, Clinical Ophthalmology, 11:, 641-646, DOI: 10.2147/OPTH.S131 [online]. [cit. 2023-01-02]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/OPTH.S131607?scroll=top&needAccess=true&role=tab&aria-labelledby=full-article>
- [3] LeydoltCSchriefferSstifterEHaszczAMenapaceRPosterior capsule opacification with the iMics1 NY-60 and AcrySof SN60WF 1-piece hydrophobic acrylic intraocular lenses: 3-year results of a randomized trialAm J Ophthalmol20131562375381.e223677137
- [4] BehndigAMönestamEQuantification of glistenings in intraocular lenses using Scheimpflug photographyJ Cataract Refract Surg2009351141719101419
- [5] MiyataKHonboMOtaniSNejimaRMinamiKEffect on visual acuity of increased surface light scattering in intraocular lensesJ Cataract Refract Surg201238222122622322162 [online]. [cit. 2023-01-02]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0886335011017950>

## Disorders of colour vision and diagnosis

**Markéta Hábová<sup>1</sup>, Veronika Vymětalová<sup>1</sup>, Erik Ondek<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> OCULEUS s. r. o., K Nemocnici 2306, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [m.habova@centrum.cz](mailto:m.habova@centrum.cz)

**Keywords:** Color perception, daltonism, heredity, Ishihara test, Farnsworth-Munsell test

**Abstract:** Colors are the part of our lives, it makes the world around us more interesting and cheerful. However some of us are forced to live without colors. This bachelor's Thesis is focused on color vision disorders and diagnosis. Human eye has 3 basic kinds of eye suppositories for 3 basic colors. Depends on which eye suppository is the disorder connected to, there are 3 basic kinds of color vision disorders. There are protos, deuterops or tritos eye suppositories disorders. Partial color vision disorder is when our color perception is changed, respectively when the perception of color is lowered. The disorder is more severe when on retina there is some kind of eye suppository missing. The goal of this Thesis is to determine the occurrence of color vision disorders in common human population and its effect on life quality. Investigated individuals were chosen from common adults. Investigated individuals were tested by Farnsworth-Munsell test consisted of 16 colored targets (0-15) and their next task was to identify 14 pictures from Ishihara test. Individuals with any kind of colour deficiency or disorder were asked about their families and colour vision disorder occurrence in older generations. The occurrence of disorders is very low and men are at higher risk of color vision disorder than women. Another part of the Thesis is testing glasses made for people suffering from colour blindness by EnChroma.

## Poruchy barevného vidění a jejich diagnostika

**Markéta Hábová<sup>1</sup>, Veronika Vymětalová<sup>1</sup>, Erik Ondek<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> OCULEUS s. r. o., K Nemocnici 2306, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [m.habova@centrum.cz](mailto:m.habova@centrum.cz)

**Klíčová slova:** Vnímání barev, daltonismus, dědičnost, Ishihara test, Farnsworth-Munsell test

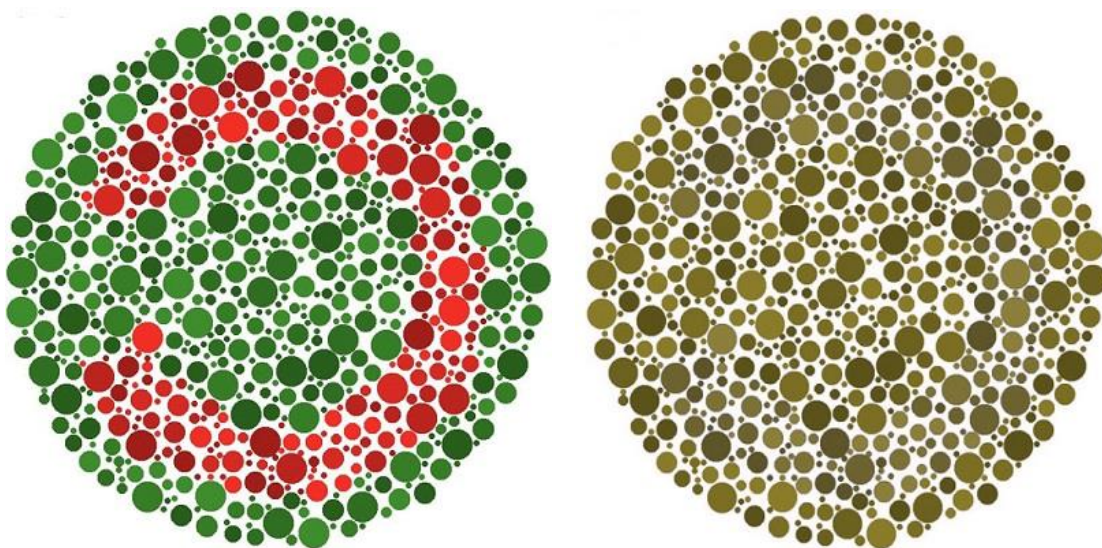
**Abstrakt:** Barvy jsou součástí života každého z nás, tvoří svět okolo nás zajímavější a veselejší. Někteří z nás jsou však nuceni žít bez barev. Cílem práce bylo zaměřit se na poruchy barevného vidění a jejich diagnostiku. Lidské oko má 3 základní druhy čípků pro 3 různé základní barvy. V závislosti na tom, kterého z těchto čípků se to týká, rozpoznáváme 3 základní typy poruch barvocitu. Jedná se o poruchy čípků protos, deuteris nebo tritos. V případě částečné poruchy dochází k pozměněnému vnímání barvy, respektive ke sníženému vjemu barvy. O závažnější formě poruchy mluvíme v případě, kdy na sítnici chybí receptory zodpovědné za vnímání konkrétní barvy. Monitoring poruch barvocitu v běžné lidské populaci a zkoumání jejího následného vlivu na kvalitu života byl prováděn na náhodně vybraných vyšetřovaných subjektech mezi běžným dospělým obyvatelstvem. Vyšetřované osoby byly testovány podle screeningového Ishiharova testu barvosleposti, tzv. Ishiharových tabulek a následně pomocí kvantitativního seřazovacího Farnsworth-Munsellova testu složeného z 16 barevných terčů (0-15). U osob, kde došlo ke zjištění poruch barvocitu, byl sledován její výskyt v rodině v dalších generacích. Četnost poruch barvocitu mezi obyvatelstvem je velmi malá, nicméně u mužů je riziko výskytu o mnoho vyšší.

### 1. Úvod

Poruchy barevného vidění jsou spojeny s genetickým předáváním v rodinách, jedná se o gonozomálně recesivní poruchu, která se označuje jako daltonismus. Daltonismus je závažná porucha barvocitu, která se v populaci vyskytuje ve velmi nízkém procentu. U mužů se

poruchy barvocitu vyskytují u přibližně 9 % z celkové populace, zatímco ženy mají výrazně menší riziko vzniku poruchy, tedy pouze 0,5 %. Gen podmiňující tento stav najdeme na pohlavním chromozomu (gonozomu) X. Mužské pohlaví má vyšší riziko vzniku poruchy barvocitu. Jedná se totiž o gonozomálně recesivní dědičnost vázanou na chromozom X. Muži mají ve svém karyotypu pouze jeden chromozom X, jsou tzv. hemizygotní konstituce a jsou proto značně znevýhodnění. Zatímco zdědí-li ženy jeden chromozom X s mutovaným genem pro poruchu barvosleposti, a druhý chromozom X má normální „zdravou“ alelu, pak se žena stane „pouze“ přenašečkou. Kdežto muži, zdědí-li X s mutací, jsou vždy 100% postiženi a dochází u nich k rozvoji poruchy barvocitu.

Porucha může být spojena pouze s jednou, či rovnou několika barvami, většinou jde o červenou a zelenou barvu. Samotné vyšetření barvocitu se nejčastěji provádí neinvazivní vyšetřovací metodou pomocí screeningu s Ishiharovými tabulkami a kvantitativním seřazovacím barevným testem. Ideální je tyto dvě metody kombinovat – výsledky jsou tak přesnější. Pro vyšetřování dědičného předávání daltonismu v rodinách se používá genealogická analýza. Mezi současné možnosti korekce poruch barevného vidění patří použití speciálních brýlí pro osoby, které jsou postižené barvoslepostí, brýle vyrábí např. firma EnChroma.



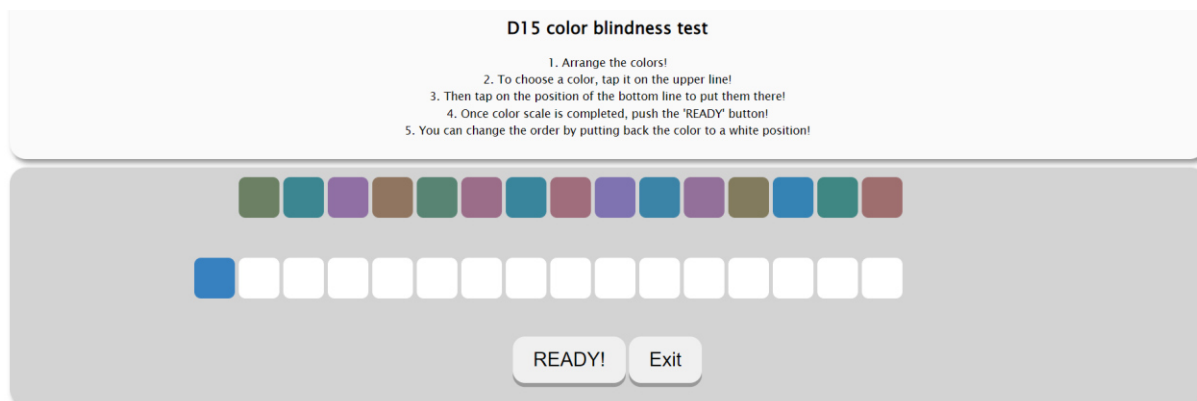
**Obrázek č. 1:** Porovnání, jak vidí červeno-zelený test zdraví jedinci (vlevo) vs. barvoslepi typu protanop-deutanop (vpravo). [1]

## 2. Metody

K vyšetření skupiny náhodně vybraných dospělých jedinců byla použita screeningová metoda pro analýzu stavu barvocitu pomocí barevných Ishiharových tabulek, kdy vyšetřovaný měl identifikovat znak/obrazec/číslici, kterou mu obrázek z tabulek připomíná. Vyšetřovací tabulky obsahují rozmanité barvy z důvodu pokrytí co největšího počtu barevných kombinací pro zjištění jakékoliv barevné poruchy. A dále u každé vyšetřované osoby (jedince) byla provedena analýza barvocitu pomocí seřazovacího Farnsworthova-Munsellova D15 testu, který se skládá z 16 různobarevných terčů na spodní straně

nesoucích číselná označení od 0 do 15. Každý vyšetřovaný měl za úkol tyto barvičky seřadit dle vlastního citu pro barvy, a vždy se začínalo barvičkou označenou číslicí 0.

V dnešní době s rozvojem IT techniky a technologií jsou však také k dispozici digitální verze některých testů, které přímo vyhodnotí počítač. Jako příklad lze uvést počítačový barevný test ColorDx (Konan Medical). V takovém případě je však nutné tyto testy provádět pouze na určených digitálních zařízeních, a sice na počítači, či notebooku. V případě použití např. mobilu by mohlo dojít k výraznému barevnému zkreslení, což by mělo vliv na výsledky testů a z tohoto důvodu by nebyly dostatečně relevantní.



**Obrázek č. 2:** Ukázka elektronické podoby D15 testu. [2]

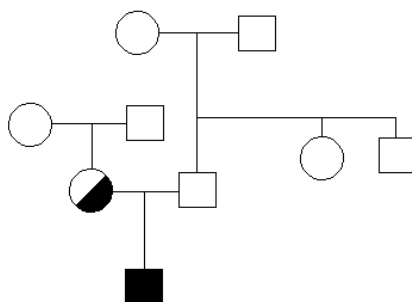
### 3. Výsledky

V práci bylo celkem měřeno 60 dospělých jedinců z běžné populace zahrnující především studenty a pracující dospělé osoby. Ve skupině dospělých jedinců bylo 46 žen a 14 mužů. U osoby s prokazatelnou poruchou barvocitu byly též vyzkoušeny speciální brýle od firmy EnChroma, které nám k testování zapůjčila optika Lentiamo v Praze.

Dále bylo testováno pomocí speciálních obrázků 8 dětí předškolního věku ze speciální mateřské školky Brejličky v Moskevské ulici v Kladně pro děti s očními vadami jako je strabismus či amblyopie. Ve sledované skupině dospělých jedinců v seřazovacím Farnsworth-Munsellovu testu celkem chybovalo přibližně 13 jedinců, přičemž nejčastěji se jednalo o zaměnění dvou barevných terčíků, což nutně nemuselo znamenat patologii, nýbrž se mohlo na výsledku podepsat např. osvětlení v dané místnosti. Nezřídka se totiž stalo, že jedinci chybující v seřazovacím testu pak identifikovali všechny obrázky v Ishiharových barevných tabulkách správně. Pokud by nějaké potíže s barvocitem měli, pak by se to jistě též projevilo i právě na Ishiharových tabulkách. V seřazovacích testech chybovalo 9 žen a 4 muži. Ishiharovy barevné tabulky pak chybně identifikovalo celkem 9 z 60 jedinců – 5 z nich bylo ženského a 4 byli mužského pohlaví.

Získané výsledky byly přepočítány a procentuálně vychází následně. Celkově se účastnilo 76,7 % žen (46 z 60 vyšetřovaných), z toho seřazovací test mělo chybně 9 ze 46 žen, tedy 19,6 % a Ishiharovy tabulky špatně identifikovalo 5 ze 46 žen, tedy 10,9 %. Vyšetření se

účastnilo 23,3 % mužů (14 z 60), přičemž v seřazovacím testu chybovali 4 ze 14 mužů, tedy 28,6 % a Ishiharovy tabulky chybně identifikovali též 4 muži, také 28,6 %.



**Obrázek č. 3:** Rodokmen vyšetřovaného jedince (XY) s prokázanou poruchou barvocitu, zobrazující dědičnost genu spojeného s poruchami barvocitu.

Na obrázku 3 je zobrazen rodokmen mladého muže s iniciálami TN trpícího červeno-zelenou barvoslepostí. V Ishiharově testu měl celkem 12 chyb a jeho odpovědi diagnózu jednoznačně potvrdily.

Každý vyšetřovaný jedinec byl dotázán na historii výskytu poruch barvocitu v rodině a v případě, že došlo k prokázání výskytu poruch barvocitu u dotazované osoby, byl zjišťován vliv poruchy na volbu a výkon povolání. Někteří byli bohužel nuceni změnit své budoucí povolání – např. jeden z vyšetřovaných osob, u kterého byla porucha barvocitu prokázána, chtěl pracovat jako vojenský pilot. Během přijímacího řízení mu však výsledky testování barvocitu pomocí obrázků prokázaly nedostatečnou citlivost vůči červené a zelené barvě, což mělo bohužel za následek nepřijetí a následně mu byl nabídnut obor raketového mechanika, tuto nabídku muž odmítl.

Zjišťování výskytu poruchy v dřívějších generacích bylo problematické, neboť dříve se tato problematika nijak neřešila, ani nevyšetřovala, a to také vedlo k řadě nedorozumění jako např. označování barvoslepých dětí za „pomalejší, ve vývoji zaostávající“ jedince. Z tohoto důvodu mnoho lidí přišlo na své obtíže až v praxi, či v každodenním životě, kdy omylem např. místo červené nebo zelené barvy ve svém okolí určili barvu jinou.



**Obrázek č. 4:** Výsledek seřazovacího testu muže s červeno-zelenou barvoslepostí.

Mezi souborem testovaných a vyšetřovaných jedinců se nám podařilo nalézt barvoslepého muže, viz výše. S tímto mužem jsme také vyzkoušeli v úvodu zmíněné speciální brýle určené pro barvoslepé od firmy EnChroma, které jsou u nás k dostání pouze v optice Lentiamo, která nám je k vyzkoušení zapůjčila. V zapůjčené sadě bylo k dispozici šest kusů brýlí a vzájemně se odlišovaly zabarvením filtru, což znamená, že každé jsou určeny pro jiný typ poruchy barvocitu. Tyto speciální filtry jsou navrženy individuálně tak, aby světelné spektrum přecházející skrz ně u barvoslepého vyvolalo vzruchy totožné jako u zdravých jedinců. Proto je nutná opatrnost při navrhování filtru/vrstvy, aby byly ovlivněny opravdu potřebné vlnové délky a nedocházelo tak ke zbytečnému zkreslování výsledného barevného obrazu. Mladý muž si nakonec jako nejlepší vybral brýle č. 2 s čočkou typu „Cx3 Sun SP“ se zabarvením Dark Red (15% T) – Blue Flash. Tyto brýle jsou dle doporučení výrobce vhodné pro střední a těžkou poruchu typu protan, a jedná se o outdoorové čočky. Tyto brýle ho zaujaly natolik, že se rozhodl si je pořídit.



**Obrázek č. 5:** Brýle č. 2 s čočkou typu „Sx3 Sun SP“ se zabarvením Dark Red – Blue Flash.

Pro měření dětí předškolního věku, ze speciální MŠ Brejličky pro děti s očními vadami jako je strabismus či amblyopie v Kladně, byl zvolen odlišný postup od skupiny dospělých vyšetřovaných jedinců. Vzhledem k tomu, že se jedná o malé děti, které se ještě neučily psát a číst, tak bylo měření provedeno pomocí obrázků ve stylu Ishiharových tabulek – opět měli identifikovat, co/koho na obrázku vidí. Některé odpovědi byly překvapující, například často byl motýl označen za „pavouka nebo brouka“. Komplikace nastala, když dítě v danou chvíli netušilo buď název objektu, nebo netušilo, k čemu slouží. Všechny děti nosily okluzor, tudíž měření proběhlo monokulárně, některé děti i nosily brýle. Většinou však odpovídaly správně. Jedno z dětí udělalo více chyb, nicméně jednalo se o osobu s větší zrakovou vadou a oboustranně odoperovanou kataraktou. Všechny obrázky bezchybně identifikovalo pouze 1 dítě.

#### 4. Diskuse a závěr

Ve vyšetřované skupině dospělých osob byl výrazně nižší počet účastníků mužského pohlaví. Na základě naměřených výsledků screeningových a kvantitativních testů se přesto se dá tvrdit, že se častěji při řešení testů dopouštělo více nepřesností a chyb právě mužské pohlaví, které má vyšší riziko vzniku poruchy barvocitu. Je to dáno způsobem dědičnosti těchto poruch, tj. gonozomálně recesivní dědičností vázanou na chromozom X, a muži mající pouze jeden chromozom X (jsou tzv. hemizygotní konstituce) a proto jsou v případě mutace genu pro barvoslepost značně znevýhodnění. Zatímco zdědí-li ženy jeden chromozom X s mutací genu pro poruchu barvosleposti, a na druhém chromozomu X je normální alela, pak se žena stane „pouze“ přenašečkou. U mužů, zdědí-li mutovaný gen pro barvoslepost na chromozomu X dochází vždy k rozvoji poruchy barvocitu. Přestože vyšetřovaná skupina byla poměrně malá, podařilo se nám potvrdit tuto závislost, a pomocí screeningových testů zachytit několik jedinců s poruchami barvocitu.

Při posuzování výsledků je třeba vzít v úvahu, že chybovost u kvantitativních seřazovacích testů se často týkala zejména záměn dvou terčů. To by mohlo být způsobeno například osvětlením v místnosti, kde proběhlo vyšetření či počasím – u zataženého počasí se mohou zdát odstíny trochu jiné oproti pohledu při plném slunečním svitu. Dále mohou mít vliv na posuzování rozdílů mezi jednotlivými odstíny další faktory např. některé léky, či návykové látky.

#### 5. Poděkování

Poděkování autorů patří firmě Optika Lentiamo za laskavé zapůjčení testovací sady brýlí firmy EnChroma pro korekci barvosleposti.

#### 6. Reference

- [1] *Colorlite – Test barvosleposti* [online]. [cit. 2023-07-31]. Dostupné z: <https://www.cz.colorlitelens.com/barvoslepost-test.html#TEST>
- [2] *Color blind – D15 color blindness test* [online]. [cit. 2023-07-31]. Dostupné z: [https://www.color-blind-test.com/images/test/D15/D15.html?fbclid=IwAR1aTNieue9mGo3mo3hL\\_5SMwX1ifMMo4ZyY8Eh9COuzfnAIABEF7mwFRog](https://www.color-blind-test.com/images/test/D15/D15.html?fbclid=IwAR1aTNieue9mGo3mo3hL_5SMwX1ifMMo4ZyY8Eh9COuzfnAIABEF7mwFRog)

## Use of the Brock string for diagnostic purposes

**Veronika Vrbová<sup>1</sup>, Přemysl Kučera<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [vrbovver@fbmi.cvut.cz](mailto:vrbovver@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Brock string, binocular anomalies, vergence, physiologic diplopia, vision training

**Abstract:** This work called Use of the Brock string for diagnostic purposes writes about areas of binocular vision related to convergence and its disorders. This work describes the anatomical and physiological basis of vergence movements, presents binocular anomalies and vergence examination methods. The core part is devoted to the detection and quantification of Brock string and comparison with the usual diagnostic methods of vergence examination. In the end it presents the possibilities of visual training of vergence and possibly accommodative disorders using Brock string. The practical part is devoted to the measurement of the near point of convergence on 50 subjects using the usually used diagnostic method „free-space“, the „freespace“ with the control of physiological diplopia and the Brock string. Then the work statistically processes and compares these measured data.

## Využití Brockova vlákna pro diagnostické účely

**Veronika Vrbová<sup>1</sup>, Přemysl Kučera<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [vrbovver@fbmi.cvut.cz](mailto:vrbovver@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Brockovo vlákno, binokulární anomálie, vergence, fyziologická diplopie, zrakový trénink

**Abstrakt:** Tato bakalářská práce s názvem Využití Brockova vlákna pro diagnostické účely se zabývá oblastí binokulárního vidění souvisejícím s konvergencí a jejími poruchami. Práce popisuje anatomická a fyziologická východiska vergenčních pohybů, představuje binokulární anomálie a metody vyšetření vergence. Stěžejní část se věnuje detekčnímu a kvantifikačnímu využití Brockova vlákna a srovnání s obvyklými diagnostickými metodami vyšetření vergence. V závěru představuje možnosti zrakového tréninku vergenčních, eventuálně akomodačních poruch pomocí Brockova vlákna. Praktická část se věnuje měření blízkého bodu konvergence na 50 probandech za využití obvykle používané diagnostické metody „free-space“, metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie a pomocí Brockova vlákna. Následně práce statisticky zpracovává a porovnává tato naměřená data.

### 1. Úvod

Bakalářská práce se zabývá vyšetřením blízkého bodu konvergence pomocí Brockova vlákna. Brockovo vlákno je pomůcka využívaná při zrakovém tréninku vergenčních poruch, avšak k diagnostice je využíváno pouze okrajově.

Téma bakalářské práce jsem si vybrala, protože mě zajímalo, z jakého důvodu se Brockovo vlákno nevyužívá k měření blízkého bodu konvergence a zda je možné ho využít k diagnostice, aniž by došlo k naměření odlišných hodnot než pomocí běžně používaných metod.

Teoretická část bakalářské práce se bude zabývat oblastí binokulárního vidění souvisejícím s konvergencí a jejími poruchami. V první kapitole popíši anatomická a fyziologická východiska vergenčních pohybů, vliv funkce okohybných svalů na binokulární vidění, komplexní fungování binokulárního aparátu, akomodaci, konvergenci a jejich vztah.

Ve druhé kapitole klasifikuji anomálie se vztahem k binokulárnímu vidění, konkrétně vergenční a akomodační poruchy. Ve třetí kapitole představím možnosti vyšetřenívergence obecně. Ve čtvrté kapitole představím Brockovo vlákno jako možnost diagnostiky vergenčních poruch na principu fyziologické diplopie a možnost zrakového tréninku vergenčních poruch v podobě zlepšení vergenční a akomodační facility a zlepšení spolupráce očí.

V experimentální části bakalářské práce bude na 50 probandech měřen blízký bod konvergence třemi zvolenými metodami. Nejprve metodou „free-space“ (metoda měření blízkého bodu konvergence, kterou měříme posunem hrotu propisovací tužky ve volném prostoru), poté metodou „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie a na závěr pomocí Brockova vlákna. Bude stanovena konkrétní metodika vyšetření blízkého bodu konvergence a sestaven protokol pro záznam naměřených dat. Závěr práce bude věnován analýze naměřených dat a jejich statistickému porovnání.

Cílem práce je porovnat detekční a kvantifikační vyšetření pomocí Brockova vlákna s obvyklými diagnostickými testy a zjistit, zda je možné metodu „free-space“, potažmo „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie nahradit měřením pomocí Brockova vlákna. Úkolem práce je též stanovit metodiku vyšetření, sestavit protokol a ověřit stanovené hypotézy.

## 2. Experimentální část

Praktická část bakalářské práce se zabývala měřením blízkého bodu konvergence metodou „free-space“, metodou „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie a pomocí Brockova vlákna. Byla stanovena konkrétní metodika vyšetření a sestaven protokol pro vyšetření. Následně byla zpracována a statisticky porovnána naměřená data a potvrzeny či vyvráceny stanovené hypotézy.

Měření experimentální části probíhalo od začátku března do poloviny dubna 2023 ve vyšetřovně optiky Fielmann v Praze na Zličíně. Měření probíhalo za standardních podmínek, při osvětlení 1220 luxů. Při měření Maddoxovým cylindrem probíhalo měření při osvětlení 10 luxů. Během měření byla dodržena standardní vyšetřovací vzdálenost.

Experimentu se účastnilo 50 náhodně vybraných osob. Jednalo se především o zákazníky optiky Fielmann ve věku od 18 do 30 let a o studenty Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT ve věku od 18 do 25 let. Do výsledků byly zahrnuty obě tyto skupiny.

Na základě stanovené metodiky předpokládám, že je možné nahradit vyšetření blízkého bodu konvergence metodou „free space“ vyšetřením za pomoci Brockova vlákna. Předpoklad není podložen žádným realizovaným výzkumem, jelikož žádný výzkum porovnávající tyto metody vyšetření blízkého bodu konvergence nebyl doposud proveden. Na základě provedené rešerše jsem vybrala respondenty pro tuto práci a stanovila následující 3 hypotézy, u kterých nejprve potvrdím, či vyvrátím platnost nulových hypotéz.

#### *Hypotéza H0*

Výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ a pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie jsou srovnatelné a zároveň měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie je srovnatelné s měřením pomocí Brockova vlákna.

#### *Hypotéza H1*

Výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ jsou odlišné od výsledků měření metodou „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie.

#### *Hypotéza H2*

Výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ jsou odlišné od výsledků měření pomocí Brockova vlákna.

#### *Hypotéza H3*

Výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie jsou odlišné od výsledků měření pomocí Brockova vlákna.

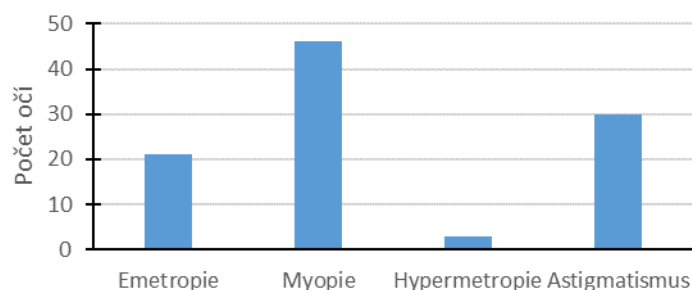
Dále tato práce stanovuje průměrné hodnoty blízkého bodu konvergence u nepresbyopické populace ve věku 18-30 let a tyto hodnoty následně porovnává s očekávanými hodnotami dle literatury.

Cílem této práce bylo zjistit, zda lze metodu měření blízkého bodu konvergence pomocí Brockova vlákna využít pro zjištění blízkého bodu konvergence, tedy jako diagnostický nástroj k posouzení vergenčních či akomodačních poruch. Tato práce analyzuje princip fungování Brockova vlákna, jeho výhody a případné nevýhody v jeho použití a stanovuje konkrétní metodiku použití Brockova vlákna pro zjištění blízkého bodu konvergence v kontrastu s tím, že je tato technika běžně používána spíše při zrakovém tréninku vergenčních a akomodačních poruch. Závěrem této práce bylo zjištěno, že je možné Brockovo vlákno zařadit do binokulárního vyšetření a využít jej pro měření blízkého bodu konvergence.

### **3. Výsledky**

Celkem se experimentu účastnilo 50 osob, 33 žen a 17 mužů ve věku od 19 do 30 let. Průměrný věk probandů byl 24,4 let se směrodatnou odchylkou 2,73. Refrakční deficit vzorku se pohyboval od -5,5 dpt do +2,75 dpt a byl znázorněn dle sférického ekvivalentu. Při rozdělení vzorku dle refrakčních vad jsem se zabývala otázkou, jaké hodnoty jsou ještě považovány jako emetropické. Za emetropii byly v této práci považovány subjektivně

naměřené hodnoty od -0,25 dpt do +0,50 dpt včetně a cylindrická korekce do -0,50 včetně při zachování sférického ekvivalentu. Graf znázorňuje refrakční vady každého oka zvlášť, kvůli rozdílným refrakčním vadám pravého a levého oka.



**Obrázek 1.:** Graf rozložení probandů dle refrakčních vad

Dále jsem zaznamenávala break a recovery point jednotlivých metod, jejichž průměrné hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce. Zabývala jsem se otázkou, jak zaznamenat hodnoty u probandů, jejichž break point byl menší než 5 cm. Pakliže by byla pro break i recovery point použita hodnota 5 cm, nezohlednila by průměrná hodnota rozdíl mezi jednotlivými body. Proto u probandů, jejichž break point byl menší než 5 cm, byla tato hodnota zaznamenána jako 4 cm a recovery point byl zaznamenán jako 5 cm.

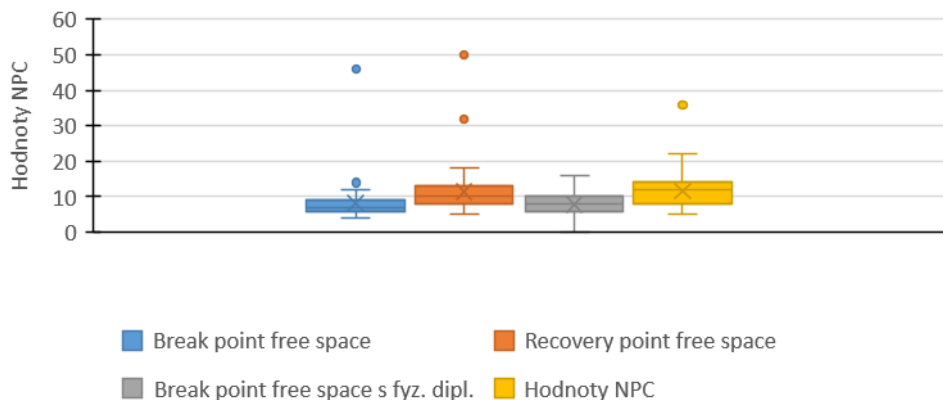
	„Free space“		„Free space“ s fyziologickou diplopií		Brockovo vlákno	
	Break point	Recovery point	Break point	Recovery point	Break point	Recovery point
Průměr (cm)	8,11	11,48	7,96	11,65	7,30	9,89

**Obrázek 2.:** Průměrné hodnoty naměřených metod

Jelikož cílem této práce bylo vzájemné porovnání dvou hodnot pro tři metody měření blízkého bodu konvergence, bylo potřeba zjistit, zda jsou rozdíly mezi těmito metodami statisticky významné. Pracovala jsem v programu Microsoft Excel od společnosti Microsoft. Pro porovnání naměřených hodnot posloužil dvouvýběrový T-test. Hypotézy byly testovány na 5% hladině významnosti.

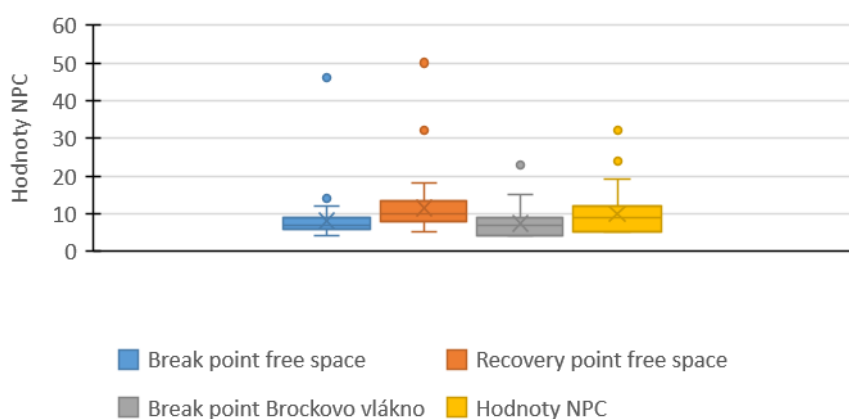
První nulová hypotéza H01 předpokládala, že výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ a pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie jsou ve shodě. Tuto nulovou hypotézu jsem na 5% hladině významnosti přijala za platnou a zamítla jsem alternativní hypotézu H1, která tvrdila, že výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ jsou odlišné od

výsledků měření metodou „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie. Tímto jsem potvrdila předpoklad, že kontrola fyziologické diplopie výrazně neovlivní výsledky měření.



**Obrázek 3.:** Graf hodnot „free space“ a „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie

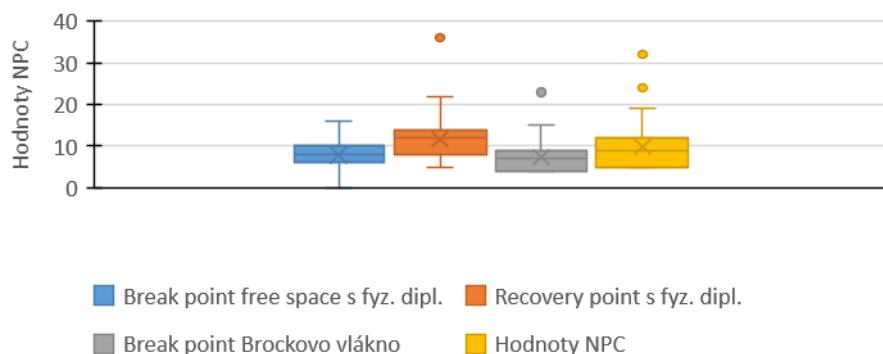
Druhá nulová hypotéza H02 uváděla, že výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ a pomocí Brockova vlákna jsou srovnatelné. Opět jsem na 5% hladině významnosti tuto nulovou hypotézu potvrdila a zamítla jsem platnost alternativní hypotézy H2, která uváděla, že výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ jsou odlišné od výsledků měření pomocí Brockova vlákna.



**Obrázek 4.:** Graf hodnot „free space“ a pomocí Brockova vlákna

Třetí nulová hypotéza H03 předpokládala, že výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie a pomocí Brockova vlákna jsou srovnatelné. Na 5% hladině významnosti přijímám nulovou hypotézu za platnou a zamítám alternativní hypotézu H3, která tvrdí, že Výsledky měření blízkého

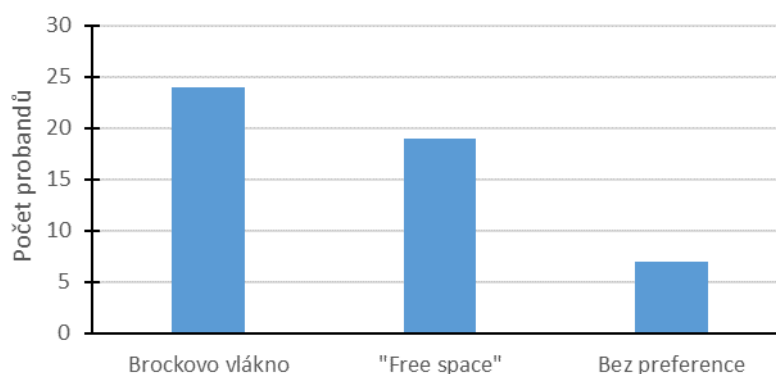
bodů konvergence pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie jsou odlišné od výsledků měření pomocí Brockova vlákna.



**Obrázek 5.:** Graf hodnot „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie a pomocí Brockova vlákna

Zásadní otázkou experimentální části bylo, zda je možné nahradit měření blízkého bodu konvergence metodou „free space“ měřením pomocí Brockova vlákna. Ze stanovených hypotéz a jejich statistického zpracování vyplývá, že rozdíly mezi výslednými hodnotami těchto metod nejsou statisticky významné a je možné pro měření blízkého bodu konvergence použít Brockovo vlákno. Je tedy možné zařadit Brockovo vlákno do vyšetření binokularity a využívat ho i k diagnostice.

V závěru práce jsem se dotazovala na subjektivní hodnocení porovnávaných metod při jednotlivých vyšetřeních. Jak znázorňuje následující graf, nejlépe hodnotili klienti vyšetření pomocí Brockova vlákna. Jako jeho výhodu hodnotili především jednoduchost a srozumitelnost vyšetření a snazší fixaci fixačního bodu díky přítomnosti provázku.



**Obrázek 6.:** Graf rozložení probandů dle preferencí

## 4. Diskuze a závěr

Měření blízkého bodu konvergence je ovlivněno řadou faktorů, které mají vliv na výsledné hodnoty. Na měření blízkého bodu konvergence má vliv rychlost posunu fixovaného předmětu, optimální rychlost se uvádí 1-2 centimetry za vteřinu. Dalším důležitým faktorem je opakování vyšetření. Wick a kolektiv (2014) uvádí, že by se vyšetření mělo opakovat 4-5 krát, Scheiman a kolektiv (2014) uvádí, že by se vyšetření mělo opakovat až 10 krát pro získání relevantních hodnot. Dále uvádí, že by se vyšetření blízkého bodu konvergence mělo měřit na začátku i na konci celého vyšetření, aby respektovalo zrakovou únavu. Dalším důležitým faktorem je fixace při přímém pohledu, jelikož pohled nahoru či dolů může zkreslovat naměřené hodnoty. [1], [2]

Dalším faktorem jsou odlišné podmínky při měření probandů, jelikož byli měřeni v různou denní dobu. Dále také závisí na subjektivním a objektivním hodnocení bodu rozdvojení (break point) a bodu opětovného spojení (recovery point). Subjektivně hodnotí proband break point jako rozdvojení, objektivně hodnotí vyšetřující break point jako přerušení fixace. Toto hodnocení nemusí být vždy ve shodě. Posledním faktorem je přesnost měření vzdálenosti. V tomto bodě bych hodnotila jako nejpřesnější měření pomocí Brockova vlákna, díky přítomnosti provázku.

Průměrně nejvyšších hodnot dosahovala metoda „free space“, poté metoda „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie a nejmenší průměrné hodnoty byly naměřeny pomocí Brockova vlákna. Tuto skutečnost bych vysvětlila tím, že kontrola fyziologické diplopie aktivuje periferní vidění, umožňuje tak lepší soustředění na centrální vidění a lepší schopnost probandů určit dobu, kdy dojde k rozdvojení obrazu (break point).

Studie „How central and peripheral vision influence focal and ambient processing during scene viewing“ provedená autory J. Srikantharajah a C. Ellard na Univerzitě ve Waterloo se zabývala vlivem centrálního a periferního vidění na změny pohybů očí a přechod z periferního vidění na centrální. Měřila dobu fixace při normálním vidění (centrální i periferní) a při omezení vidění pouze na centrální. Výsledky této studie ukázaly, že doba fixace je kratší, pokud je vidění omezeno pouze na centrální vidění ve srovnání s normálním vidění. Tento výsledek je ve shodě s vysvětlením, že metodami s kontrolou fyziologické diplopie dosahujeme nižších hodnot, jelikož je zde přítomen předmět v oblasti periferního vidění který umožňuje delší dobu fixace. Z toho vyplývá, že bod rozdvojení (break point) bude blíže pacientovi, tedy bude dosahovat nižších hodnot než metoda bez kontroly fyziologické diplopie. [3]

Jako výhodu Brockova vlákna bych uvedla možnost kontroly fyziologické diplopie, případně suprese, jednodušší určení dané vzdálenosti díky přítomnosti provázku a snadnější posun fixovaného předmětu (korálek) v rovině, aniž by docházelo ke kolísání. Pro přesnost měření a eliminace chyb bych doporučila měření blízkého bodu konvergence několikrát opakovat.

## Reference

- [1] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders. 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2014. ISBN 978-1-4511-7525-7.
- [2] Abraham NG, Srinivasan K, Thomas J. Normative data for near point of convergence, accommodation, and phoria. *Oman J Ophthalmol.* 2015 Jan-Apr;8(1):14-8. doi: 10.4103/0974-620X.149856. PMID: 25709268; PMCID: PMC4333536.
- [3] SRIKANTHARAJA J., ELLARD C. How central and peripheral vision influence focal and ambient processing during scene viewing. *J Vis.* 2022 Nov 1;22(12):4. doi: 10.1167/jov.22.12.4. PMID: 36322076; PMCID: PMC9639699.

## Selected parameters of contact lenses and its measurements

**Ilona Fejfarová<sup>1</sup>, Jiří Michálek<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Institute of Macromolecular Chemistry, Czech Academy of Sciences, Heyrovského nám. 2, 162 00 Prague 6, Czech Republic

**E-mail:** [fejfailo@fbmi.cvut.cz](mailto:fejfailo@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Contact lenses, diameter, back surface curvature, central thickness, refractive index, water content, contact lens analyzer, silicone hydrogels, hydrogels

**Abstract:** The theoretical part is focused on the description of the basic parameters of contact lenses and their measurement, including methodologies and necessary instrumentation.

In the practical part of the thesis I measured selected shape parameters, namely diameter, back surface curvature and central thickness, on a set of commercially available contact lenses. Furthermore, I measured their diopters in immersion on two types of focimeters, measured the refractive index and determined the equilibrium water content by gravimetric method. I was able to collect various contact lenses from Alcon, CooperVision and Bausch + Lomb. In total, I measured 227 lenses in different diopters to cover as much as possible the spectrum of contact lenses on the Czech market. I compared the resulting values with the values given by the manufacturer.

In the practical part I formulated and tested four hypotheses. The first hypothesis was confirmed for all lenses, the second for all silicone hydrogel lenses, the third hypothesis was rejected, and the fourth hypothesis was confirmed for all types of lenses, both hydrogel and silicone hydrogel. In general, I found good agreement between the measured values and the values provided by the manufacturer.

## Vybrané parametry kontaktních čoček a jejich měření

**Ilona Fejfarová<sup>1</sup>, Jiří Michálek<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> Ústav makromolekulární chemie AV ČR, v. v. i., Heyrovského nám. 2, 162 00 Praha 6 – Břevnov, Česká republika

**E-mail:** [fejfailo@fbmi.cvut.cz](mailto:fejfailo@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Kontaktní čočky, průměr, zakřivení zadní plochy, středová tloušťka, index lomu, obsah vody, analyzátor kontaktních čoček, silikonhydrogely, hydrogely

**Abstrakt:** Teoretická část je zaměřena na popis základních parametrů kontaktních čoček a jejich měření, včetně metodik a potřebného přístrojového vybavení. V praktické části bakalářské práce jsem na získaném souboru komerčně dostupných kontaktních čoček proměřila jejich vybrané tvarové parametry, a sice průměr, zakřivení zadní plochy a středovou tloušťku. Dále jsem v imerzi proměřila jejich dioptrie na dvou typech fokometrů, změřila jsem index lomu a gravimetrickou metodou určila rovnovážný obsah vody. Do souboru se mi podařilo získat různé kontaktní čočky od výrobců Alcon, CooperVision a Bausch + Lomb. Celkem jsem proměřila 227 čoček v různých dioptriích, abych co nejvíce obsáhla spektrum kontaktních čoček na českém trhu. Výsledné hodnoty jsem porovnávala s hodnotami, které udává výrobce. V praktické části jsem si stanovila a ověřovala 4 hypotézy, z nichž první jsem potvrdila pro všechny čočky, druhou pro silikonhydrogelové čočky, třetí hypotézu jsem zamítla a čtvrtou jsem potvrdila pro všechny typy čoček, jak hydrogelových, tak silikonhydrogelových. Obecně jsem konstatovala dobrou shodu mezi naměřenými hodnotami a hodnotami deklarovanými výrobcem.

### 1. Úvod

Kontaktní čočky představují oblíbenou korekční pomůcku, která je vhodnou alternativou k brýlové korekci a při dodržení všech podmínek jejich správného nošení a péče o ně i alternativou pohodlnou a bezpečnou. Kontaktními čočkami je možno korigovat sférické ametropie jako je myopie a hypermetropie, ale také astigmatismus za pomoci torických čoček a v neposlední řadě pomocí multifokálních čoček, také presbyopii. V současné době

je na trhu kontaktních čoček široká a pestrá nabídka produktů. Jejich nositelé mají na výběr různé druhy čoček lišících se materiály, řadu variant režimů nošení a frekvence výměny čoček..

## 2. Experimentální část

### 2.1. Použité přístroje

Experimentální část práce byla naměřena v Ústavu makromolekulární chemie Akademie věd ČR, v.v.i., v Praze 6. Bylo použito tamní přístrojové vybavení a drobné laboratorní pomůcky. Jednalo se o analyzátor kontaktních čoček Optimec Lamda Polytech, mechanický tloušťkoměr G. Nissel & Co. Ltd., laboratorní váhy Sartorius A 200 S, manuální fokometr Nikon PL-2 a digitální fokometr Nidek LM-820 a Abbeho refraktometr s kryotermostatem Haake. Pro optimalizaci výsledků bylo měření prováděno opakovaně. Při měření průměru, zakřivení a tloušťky bylo každé měření zopakované 5x.

### 2.2. Použité materiály

Na českém trhu dominují čtyři výrobci dioptrických kontaktních čoček, kterými jsou Alcon, CooperVision, Bausch + Lomb a Johnson & Johnson. Pro získání potřebných vzorků jsem oslovila všechny zmíněné výrobce, kteří mi až na Johnson & Johnson vyhověli a kontaktní čočky zaslali.

Pro měření jsem zvolila hydrogelové i silikonhydrogelové materiály i poměrně nový materiál hypergel od Bausch + Lomb. Vybírala jsem vzorky z řad nízkých a vysokých minusových dioptrií a stejně tak vzorky s plusovými dioptriemi, abych mohla porovnat, zda jsou některé naměřené parametry závislé na různých dioptriích, či nikoli. Celkem jsem naměřila 227 různých vzorků kontaktních čoček. Pro usnadnění měření zejména tvarových parametrů a hodnot vrcholové lámavosti jsem do souboru nezařazovala žádné torické nebo multifokální čočky.

## 3. Výsledky a diskuse

### 3.1. Měření průměru

Měření průměru bylo velmi přesné, protože odchylka mezi jednotlivými měřeními téže čočky byla buď nulová, nebo ve dvou případech činila 0,1 mm. Přesto, u většiny testovaných hydrogelových čoček jsem naměřila odlišný průměr od hodnoty udávané výrobcem. Relativní odchylky naměřených hodnot proti hodnotám deklarovaným jsou však ve všech případech v řádu desetin až jednotek procent, nejvýše 2,1 % u kontaktní čočky „Dailies AquaComfort Plus +1,5 D“. Obecně mohu konstatovat, že vyšší relativní odchylky jsem pozorovala u čoček s vyšším obsahem vody. Je to dáno tím, že čočky s vyšším obsahem vody hůře drží tvar, tedy jsou snadněji deformovatelné, např. při jejich vkládání a manipulaci v měřícím kompartmentu analyzátoru kontaktních čoček. Hodnoty průměrů u

silikonhydrogelových čoček více odpovídají deklarovaným hodnotám než u čoček hydrogelových. Obsahují menší množství vody, při manipulaci jsou tužší, takže lépe drží svůj tvar. Nejvyšší relativní odchylka byla nalezena u kontaktních čoček Biofinity +2,5 D.

### *3.2. Měření zakřivení zadní plochy*

U většiny silikonhydrogelových i hydrogelových čoček odpovídá zakřivení zadní plochy deklarované hodnotě. Nejvyšší relativní odchylka byla zaznamenána u čočky Biotrue ONEday (Biotrue ONEday -2,5 D a -7,5 D), která činí 8,1 %. Vysvětlením může být právě kombinace vysoké hydratace těchto čoček s jejich asférickou konstrukcí. Nejvyšší relativní odchylku v rámci silikonhydrogelových čoček 4,8 % má čočka MyDay daily disposable -9,5 D. V tomto případě můžeme zvažovat určitý vliv asférického designu čočky na hodnotu vnitřního zakřivení vyjádřeného sférou. Může se však také jednat o chybu měření, právě u této čočky bylo měření provedeno s největším rozptylem hodnot a ostatní čočky tohoto typu (s nízkou mínusovou, respektive nízkou plusovou hodnotou) byly proměřeny s relativní odchylkou v řádu nízkých desetin procenta. Na druhou stranu, vliv asférického designu by se s vysokou pravděpodobností více projevil u vyšší dioptrické hodnoty, tak jak vyšlo z mých měření.

### *3.3. Měření středové tloušťky*

Středová tloušťka byla měřena dvěma způsoby: pomocí tloušťkoměru a analyzátoru kontaktních čoček. Porovnání naměřených hodnot s hodnotami deklarovanými výrobcí není jednoduché. Výrobci neudávají tloušťky pro každou konkrétní dioptrii, ale udávají pouze jednu, a to pro referenční -3,0 D. Ta sice může platit pro obor nízkých mínusových dioptrií, ale protože jsem pracovala s širším rozsahem dioptrických hodnot, používala jsem pro srovnání interval běžných průměrných hodnot, které jsou pro každou dioptrii uváděny v literatuře (Efron, Soft lens average thickness) [1]. Většina hodnot naměřené středové tloušťky leží v intervalu předpokládaných tlouštěk. Výjimky tvoří čočky s plusovými dioptriemi, a to s hodnotami od +5,00 D.

### *3.4. Měření indexu lomu*

Hodnoty indexu lomu se velmi blíží hodnotám, které udává výrobce. U všech hydrogelových čoček, až na jednu výjimku, je relativní odchylka menší než 1 %. Nejvyšší relativní odchylku mají čočky Dailies AquaComfort Plus, ale i tak je relativní odchylka menší, než 1,4 %. Pozorovaná odchylka se přitom týká jen některých čoček, nízkých mínusových dioptrií a vyšších než +5,00 D. Takto můžeme mluvit jen o ne zcela přesném měření. Kdyby se odchylka týkala všech čoček tohoto typu, bylo by možné diskutovat vliv vnitřního zvlhčovačného povrchu v povrchové vrstvě čoček. U silikonhydrogelových kontaktních čoček lze pozorovat obdobný jev, kdy u 20 čoček byl naměřen index lomu odlišný pouze o tisícinu

oproti hodnotám, které udává výrobce. Nejvyšší relativní odchylku mají čočky Precision1 - 1 D, a to 2,2 %. Ostatní čočky mají relativní odchylku menší než 0,6 %.

### 3.5. Měření vrcholové lámavosti

V praxi dochází k přiřazování dioptrické hodnoty k celým čtvrtinám dioptrie, a stejně jsem postupovala i já. Měření probíhalo v imerzi, a tím muselo dojít k přepočtu na hodnotu na vzduchu. U hydrogelových čoček pouze u sedmi typů vyšla optická mohutnost rozdílná o více než 0,5 D, než jsou dioptrie udávané. Jednalo se o čočky Proclear 1 Day, Dailies AquaComfort Plus -9,0 D a Biotrue ONEday -2,5 D. U čoček Proclear 1 Day a Biotrue ONEday je pravděpodobnou příčinou vysoké odchylky asférický design čoček, vyšší obsah vody a nízká hodnota středové tloušťky. Všechny tyto skutečnosti, případně jejich kombinace, mohly ovlivnit přesnost měření v daném uspořádání. Hodnoty pro manuální i digitální fokometr, tedy i odchylky od deklarovaných hodnot, jsou u silikonhydrogelových čoček zcela totožné.

### 3.6. Měření obsahu vody

Naměřené hodnoty jsou velmi podobné hodnotám, které udávají výrobci. Relativní odchylka gravimetrického stanovení rovnovážného obsahu vody je u každé čočky menší než 2 %, což odpovídá přesnosti metody. Rozptyl hodnot určených pro jednotlivé čočky téhož typu je tak nízký, že po zaokrouhlení na celá procenta vychází (až na jednu výjimku (Proclear +10D) nulový. To svědčí o přesnosti jak metody, tak i jejího provedení. Nejvyšší relativní odchylka hydrogelových čoček je u Proclear 1 Day -3,75 D, která je 1,8 %, u silikonhydrogelových to je PureVision2 -1,5 D, kde je relativní odchylka 1,9 %. Naopak nulová hodnota byla u kontaktních čoček Dailies AquaComfort Plus -1,0 D. Dle přepočtové tabulky z [2, 3] je možné porovnat vypočítaný obsah vody a obsah vody, který by měl odpovídat naměřenému indexu lomu. Je patrné, že rozdíly jsou v jednotkách procent.

## 4. Závěr

Cílem práce bylo proměřit vybrané parametry kontaktních čoček na jejich souboru sestaveném z běžně dostupných čoček na českém trhu a následné porovnání naměřených hodnot s hodnotami, které deklaruje výrobce. Pro měření tvarových parametrů jako je průměr čočky, zakřivení její vnitřní plochy, středová tloušťka, materiálových parametrů jako je index lomu a rovnovážný obsah vody, a dále pro měření vrcholové lámavosti čoček jsem vybrala vhodné a dostupné metody měření.

Před samotným měřením jsem si stanovila čtyři hypotézy. První hypotézou bylo, že změřené hodnoty průměru kontaktních čoček budou mít od deklarovaných hodnot relativní odchylku do 2 %. To se u všech čoček, až na jednu výjimku potvrdilo. Větší relativní odchylku průměru jsem naměřila u hydrogelové kontaktní čočky Dailies AquaComfort Plus +1,5 D, a to 2,1 %. Pro silikonhydrogelové čočky byla tato hypotéza potvrzena, pro

hydrogelové byla potvrzena pouze na hladině významnosti  $\alpha = 0,02$ . Z výsledků mých měření vyplývá, že průměr u silikonhydrogelových kontaktních čoček více odpovídá deklarovaným hodnotám než průměr u čoček hydrogelových, u nichž může přesnost měření ovlivnit nižší tuhost v důsledku vyššího obsahu vody, u jednodenních čoček navíc v kombinaci s nízkou středovou tloušťkou.

Ve druhé hypotéze jsem vyjádřila předpoklad, že relativní odchylka zakřivení zadní plochy bude nejvýše 5 % od deklarovaných hodnot. Tuto hypotézu se mi nepodařilo potvrdit u hydrogelových čoček. Vyšší relativní odchylku měly čočky Biotrue ONEday -2,5 D a -7,5 D. Pouze u čoček TOTAL30 jsem naměřila stejné zakřivení zadní plochy, jaké udává výrobce. Pro silikonhydrogelové čočky hypotézu č. 2 potvrzena. U více než poloviny silikonhydrogelových čoček byla relativní odchylka měření pod 1 %.

Třetí hypotéza předpokládá, že dioptrická hodnota kontaktních čoček se bude lišit od deklarované hodnoty maximálně o 0,5 D. V praxi dochází k přiřazování dioptrické hodnoty k celým čtvrtinám dioptrie, a stejně jsem postupovala i já. Měřila jsem dioptrie v imerzi, takže muselo dojít k přepočtu na dioptrie na vzduchu a k následnému zaokrouhlení dioptrií na „čtvrtdioptrie“. Do přepočtového vztahu se zadává středová tloušťka, zakřivení zadní plochy a index lomu čočky. Pokud jsou všechny hodnoty zjištěny experimentálně a s určitou chybou, jednotlivé chyby se sčítají a vzniká tak poměrně velký prostor pro vyšší relativní odchylku. Většina silikonhydrogelových čoček odpovídá hypotéze, u sedmi typů čoček je dokonce absolutní odchylka 0 a hodnoty odpovídají zcela přesně. Pouze u tří typů čoček je absolutní odchylka měření vyšší než 0,5 D. Jedná se o čočky Biofinity +2,5 D, PureVision2 -3,0 D a PureVision2 -2,25 D. Hydrogelové čočky vykazují vyšší než předpokládanou relativní odchylku ve větším počtu případů. Proto jsem musela hypotézu 3 zamítnout. Přitom jsem vyhodnocovala pouze výsledky z automatického fokometru, které se deklarovaným hodnotám blížily více.

Čtvrtou hypotézu jsem postavila na přesnosti gravimetrického stanovení rovnovážného obsahu vody. Obecně se udává [4], že metoda má přesnost stanovení cca 2 %. Proto jsem vycházela z předpokladu, že i takto stanovené hodnoty obsahu vody se budou lišit maximálně o 2 % oproti hodnotám, kterou udávají výrobci. Tato hypotéza byla potvrzena. Všechny čočky mají relativní odchylku obsahu vody menší než 2 %. U 21 druhů čoček z celkových 30 je relativní odchylka dokonce menší než 1 %.

Napříč všemi použitými měřicími metodami mohu konstatovat, že mnou naměřené hodnoty byly stejné nebo velmi podobné hodnotám, které deklaruje výrobce. Potřebné přístrojové vybavení je dobře dostupné a není příliš nákladné. Osvojení si postupů bylo rychlé a s rostoucí zkušeností se samozřejmě zkracuje čas potřebný k jejich provedení a s rutinou se zvyšuje i přesnost měření. Z dosažených výsledků vyplývá, že ověření parametrů kontaktních čoček v podmínkách odborného pracoviště (optiky) není příliš náročné, je poměrně rychlé a relativně přesné. Dá se provést i bez drahých a sofistikovaných měřících přístrojů, které používají výrobci kontaktních čoček ve svých výstupních kontrolách a laboratořích.

## Reference

- [1] EFRON, Nathan. Contact lens practice. 3rd ed. Edinburgh: Elsevier, 2018. s 446. ISBN 978-0-7020-6660-3.
- [2] JIRÁSKOVÁ, Jana. Ověření platnosti vztahu mezi obsahem vody v gelu a jeho indexem lomu na souboru vybraných kontaktních čoček s různým stupněm zbotnění. Kladno, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství.
- [3] KRČOVÁ, Zuzana. Kontaktní polymerní čočky I. Praha, 1983. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- [4] MICHÁLEK, Jiří. Kontaktní čočky 1: Základní parametry a vlastnosti kontaktních čoček [přednáška]. Kladno: FMBI ČVUT, 2022

## Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce, panu Ing. Jiřímu Michálkovi, CSc., za odborné vedení a rady ke zpracování. Dále bych touto cestou ráda poděkovala firmám Alcon, CooperVision a Bausch + Lomb za bezplatné poskytnutí vzorků kontaktních čoček pro měření.

# Intraocular pressure in ophthalmological practice

**Nikol Zimová<sup>1</sup>, Ján Lešták<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [zimovnik@fbmi.cvut.cz](mailto:zimovnik@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Intraocular pressure, contact tonometry, non-contact tonometry, anatomy of the eye, intraocular fluid, cornea, glaucoma, pachymetry

**Abstract:** Intraocular pressure is one of the factors that affect the quality of our vision. The bachelor thesis "Intraocular pressure in ophthalmic practice" deals primarily with different methods of tonometry. It describes the importance of intraocular pressure and the interpretation of its values using non-contact and contact tonometry. It discusses in more detail the methods of differential tonometry such as the Schiottz tonometer and non-contact tonometers. These are then tested in practice and compared with each other in the experimental part of this bachelor thesis. Furthermore, the thesis deals with the anatomical structures of the eye, the formation of intraocular fluid, its dynamics and its relationship with intraocular pressure. Then the thesis discusses the relationship between corneal thickness and intraocular pressure. In ophthalmology, intraocular pressure is associated with the development of an eye disease called glaucoma, which is one of the most common causes of blindness. Therefore, a part of the bachelor's thesis is devoted to this issue, which deals with the dependence of intraocular pressure on the occurrence of this disease. In hypertensive glaucoma, intraocular pressure is a crucial parameter determining the progression of the disease. The thesis also defines the classification of glaucoma and possible treatment modalities. The thesis concludes with the experimental part mentioned above, which compares the measured values of intraocular pressure using 3 different devices: non-contact tonometer TX - 10, ORA and Schiottz tonometer. H1: The values of intraocular pressure measured with the non-contact tonometer Canon TX -10 will be lower than the values measured with the ORA tonometer. H2: The values of intraocular pressure measured by non-contact tonometers (Canon TX - 10 A ORA) will be lower than the values measured by the impression Schiottz tonometer. H3: Intraocular pressure values will be higher with increasing age.

## Nitrooční tlak v oftalmologické praxi

**Nikol Zimová<sup>1</sup>, Ján Lešták<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [zimovnik@fbmi.cvut.cz](mailto:zimovnik@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Nitrooční tlak, kontaktní tonometrie, bezkontaktní tonometrie, anatomie oka, nitrooční tekutina, rohovka, glaukom, pachymetrie

**Abstrakt:** Nitrooční tlak je jedním z faktorů, které ovlivňují kvalitu našeho vidění. Bakalářská práce „Nitrooční tlak v oftalmologické praxi“ se v první řadě zabývá různými metodami tonometrie. Je zde popsán význam nitroočního tlaku a interpretace jeho hodnot pomocí bezkontaktní i kontaktní tonometrie. Podrobněji se zabývá metodami diferenciální tonometrie jako například Schiötzovým tonometrem a bezkontaktními tonometry. Ty jsou následně vyzkoušeny v praxi a porovnány mezi sebou v experimentální části této bakalářské práce. Dále se práce zabývá anatomickými strukturami oka, vznikem nitrooční tekutiny, její dynamiky a vztahu s nitroočním tlakem. Pak se práce věnuje vztahu mezi tloušťkou rohovky a nitroočním tlakem. V oftalmologii je nitrooční tlak spjatý se vznikem očního onemocnění zvané glaukom, který je jednou z nejčastějších příčin slepoty. Proto je této problematice věnovaná část bakalářské práce, která se zabývá právě závislostí nitroočního tlaku na vzniku tohoto onemocnění. Nitrooční tlak je u hypertenzních glaukomů rozhodující veličinou určující progresi onemocnění. Práce definuje i rozdělení glaukomu a možné způsoby léčby. Závěrem bakalářské práce je již zmíněná experimentální část, která porovnává naměřené hodnoty nitroočního tlaku pomocí 3 různých přístrojů: bezkontaktní tonometr TX – 10, ORA a Schiötzův tonometr. K vyhodnocení experimentální části jsou stanoveny tři hypotézy: H1: Hodnoty nitroočního tlaku naměřené bezkontaktním tonometrem Canon TX – 10 budou nižší než hodnoty naměřené tonometrem ORA. H2: Hodnoty nitroočního tlaku naměřené bezkontaktními tonometry (Canon TX 10 A ORA) budou nižší než hodnoty naměřené impresním Schiötzovým tonometrem. H3: Hodnoty nitroočního tlaku budou vyšší v souvislosti se zvyšujícím se věkem.

## 1. Úvod

Nitrooční tlak (NOT) je významným parametrem pro správnou funkci oka a pro zachování dobrého vidění. Je závislý na rychlosti produkce a odtoku nitrooční tekutiny. Pravidelným pozorováním jeho hodnot můžeme odhalit případné oční patologie. V oftalmologii se NOT nejčastěji pojí s onemocněním zvané glaukom neboli zelený zákal, který je jednou z nejčastějších příčin slepoty. Zvýšený NOT nastává vlivem nedostatečného odtoku nitrooční tekutiny, která neustále proudí ze zadní komory oční do přední komory oční a odtéká pryč prostřednictvím Schlemmova kanálu. Pokud dojde k omezení průtoku, nitrooční tekutina se hromadí a nitrooční tlak se zvyšuje. Za normálních podmínek je NOT relativně stálá hodnota, která se v průběhu dne mění jen nepatrně. Hodnoty NOT, při kterých nedochází ke změnám zrakového nervu, vnitřních struktur oka a optických medií, se pohybují v rozmezí 10 až 20 mmHg. Naopak nízký NOT může být následkem diabetických obtíží, zánětů a může způsobit poškození zrakového nervu či deformaci tvaru oka. Dalšími faktory, které mohou ovlivnit výslednou hodnotu NOT je věk, rasa, genetika, vliv farmaceutických látek nebo například vyšší fyzická zátěž.

Vyšetřovací metoda, pomocí které měříme hodnoty NOT, se nazývá tonometrie. Měření NOT je běžná praxe oftalmologa a patří mezi základní vyšetření. K měření nitroočního tlaku existuje hned několik přístrojů založených na různých principech. Mezi základní typy tonometrů řadíme bezkontaktní a kontaktní tonometr. Při vyšetření kontaktními tonometry dochází k přímému kontaktu s okem, přístroj vyvíjí tlak na rohovku, která se následkem tohoto tlaku oplošťuje. Tlak potřebný k oploštění je úměrný výsledné hodnotě NOT. Je zřejmé, že přístroje na měření NOT prošly značnou evolucí. V posledních letech vývoj směřuje k výrobě přístrojů, které by mohl pacient používat mimo oční ordinaci bez přítomnosti oftalmologa.

Několik studií dokázalo, že tloušťka rohovky je jedním z faktorů, který ovlivňuje hodnotu NOT. Na tuto problematiku poukázal významný vědec a průkopník v oboru oftalmologie Dr. Hans Goldmann a v roce 1950 představil nový typ tonometru, tzv. aplanační. K aplanaci dochází pouze na malé části rohovky, takže hodnoty nejsou ovlivněny oční rigiditou a jsou poměrně přesné. Od doby, kdy byl Goldmannův aplanační tonometr (GAT) zaveden do klinické oftalmologické praxe, se stal zlatým standardem a je stále používán v diagnostice. Stejně tak se v praxi ujal Pascalův dynamický konturní tonometr (DCT), který byl uveden v roce 2004. DCT funguje je principu konturní tonometrie. Jedná se o kontaktní tonometr měřící nitrooční tlak, přičemž není třeba barvit oko fluoresceinem jako u jiných kontaktních metod měření nitroočního tlaku.

Nevýhodou kontaktní metody měření NOT může být riziko přenosu infekce a je tedy důležité klást důraz na důkladnou dezinfekci přístrojů i okolí. U nejnovějších přístrojů dochází k měření NOT přes víčko, takže riziko oční infekce je zde minimální. Obecně je ale tonometrie bezpečná metoda, která vede jen zřídka ke komplikacím. Každá z nich má své výhody a nevýhody a cílem teoretické části práce bude tyto poznatky shrnout, porovnat a přiblížit problematiku nitroočního tlaku v oftalmologické praxi. V experimentální části jsou pak uvedené metody tonometrie vyzkoušeny v praxi a výsledné hodnoty jsou porovnány mezi sebou

v různých závislostech. Mezi tyto závislosti patří krom věku i závislost hodnoty nitroočního tlaku na pohlaví, jelikož právě tyto faktory mohou ovlivnit výši naměřeného nitroočního tlaku.

## 2. Experiment

Cílem experimentální části práce bylo provést měření nitroočního tlaku za pomoci různých metod tonometrie, konkrétně bezkontaktními tonometry Canon TX - 10 a tonometrem ORA (Ocular Response Analyzer). Následně tyto hodnoty porovnat mezi sebou a zhodnotit jejich rozdíly. Hodnoty nitroočního tlaku jsou porovnávány v závislosti na věku a na pohlaví, jelikož to jsou jedny z faktorů, které mohou ovlivňovat hodnoty nitroočního tlaku. Hodnoty jsou porovnávány mezi sebou a následně vyneseny do tabulek a grafů, podle kterých jsou následně zhodnoceny rozdíly jednotlivých metod. [13, 15, 9, 14]

Měření respondentů probíhalo objektivně na přístrojích Canon TX 10, což je bezkontaktní tonometr, který nezohledňuje centrální tloušťku rohovky a na bezkontaktním přístroji ORA, který bere v potaz nejen tloušťku rohovky, ale i její biomechanické vlastnosti. Bezkontaktní tonometry jsou dnes běžnou součástí autorefraktometrů a používat je může i nelékařský personál.

V druhé části výzkumu byly hodnoty nitroočního tlaku měřeny za pomoci kontaktní tonometrie, která byla opět porovnána již se zmíněnými bezkontaktními metodami. Jedná se o Schiötzův impresní tonometr, kterým bylo změřeno celkem 5 respondentů. Tato metoda je časově i technicky náročná, proto byl do výzkumu zařazen nižší počet respondentů.

Výsledky měření byly zpracovány do několika tabulek a grafů. Průměrné hodnoty nitroočního tlaku byly vždy vypočítány ze tří naměřených hodnot. Pro vyhodnocení přesnosti jednotlivých metod tonometrie a k jejich porovnání byly stanoveny tři hypotézy, které vychází z informací, které jsou zpracovány v teoretické části. [13, 15, 9, 14, 11, 17]

## 3. Diskuze

První stanovená hypotéza pracuje s informací, že Ocular Response Analyzer (ORA) zohledňuje jak tloušťku rohovky, tak její biomechanické vlastnosti. Během měření nitroočního tlaku tonometrem ORA přístroj změří několik biomechanických vlastností rohovky a tyto hodnoty použije ke korekci hodnot nitroočního tlaku. Z tohoto důvodu bývají hodnoty naměřené pomocí tonometru ORA vyšší než při měření nitroočního tlaku pomocí jiných bezkontaktních tonometrů bez korekce tloušťkou rohovky. První hypotéza, která říká, že hodnoty nitroočního tlaku naměřené bezkontaktním tonometrem Canon TX 10 budou nižší než hodnoty naměřené tonometrem ORA se tedy potvrdila. Jak u žen, tak u mužů byly naměřeny vyšší hodnoty nitroočního tlaku za pomoci tonometru ORA. [1, 12, 11, 14, 9, 13]

Druhá hypotéza vychází z principu fungování Schiötzova tonometru, kdy při měření působí tonometr na bulbus celou vahou a hodnoty tak mohou být falešně vyšší. Hodnotu nitroočního tlaku naměřenou pomocí Schiötzova tonometru může ovlivnit hned několik faktorů, jelikož se

jedná o technicky složitější a časově náročnější metodu tonometrie. Z naměřených hodnot vyplývá, že hodnoty naměřené pomocí Schiötzova tonometru, zejména při použití 10 g závaží, jsou v porovnání s bezkontaktními tonometry TX – 10 a ORA vyšší. Druhou stanovenou hypotézu, která říká, že hodnoty nitroočního tlaku naměřené bezkontaktními tonometry (Canon TX - 10 A ORA) budou nižší než hodnoty naměřené impresním Schiötzovým tonometrem, můžeme také potvrdit. Počet respondentů pro tuto metodu tonometrie byl výrazně menší než u bezkontaktní tonometrie, ale je obecně známo, že tento druh diferenciální tonometrie je při správném použití poměrně přesný, i když už se v dnešní lékařské praxi tolik nepoužívá. [10, 15, 9, 14, 8]

Třetí hypotéza se opírá o faktory, které ovlivňují hodnotu nitroočního tlaku. Jedním z faktorů je věk. Se zvyšujícím se věkem roste riziko vývoje glaukomového onemocnění, zároveň se s věkem snižuje tvorba nitrooční tekutiny a zvyšuje se tak hodnota nitroočního tlaku. Na základě naměřených dat nemůžeme hypotézu, která předpokládá, že hodnoty nitroočního tlaku budou vyšší v souvislosti se zvyšujícím se věkem, potvrdit. Grafy byly tvořeny v závislosti naměřených hodnot nitroočního tlaku na věku respondentů a vyplývá z nich, že v tomto případě tato hypotéza není pravdivá. Věk je sice jeden z faktorů, které mohou ovlivnit hodnotu nitroočního tlaku, ale hodnoty závisí na dalších několika faktorech, především na případné oční patologii, nebo například na parametrech rohovky. S výší očního tlaku je úzce spojeno onemocnění glaukom. Výskyt glaukomu je sice častější u lidí nad 60 let, ale důležitějším faktorem je časné odhalení, které je základem úspěšné léčby nejen tohoto onemocnění.

V souvislosti s použitými přístroji je při vyhodnocování hypotéz důležité zohlednit právě tyto faktory, které hodnoty nitroočního tlaku mohou ovlivnit. Kromě zmíněných faktorů to mohou být především rohovkové faktory, jako je tloušťka rohovky, její zakřivení, stejně tak jizvy na rohovce mohou způsobit odchylky v měření. Výši nitroočního tlaku mohou ovlivnit i přístrojové faktory, mezi které můžeme zařadit chyby kalibrace, poruchu přístroje, anebo jeho nesprávné použití. V neposlední řadě mohou být odlišnosti v měření způsobené vlivem okolního prostředí, kdy může jít o změnu teploty nebo vlhkosti. [1, 3, 7, 4]

Je důležité zmínit, že hodnota nitroočního tlaku v průběhu dne kolísá a je tak normální, že se NOT v průběhu dne liší. Rozdíly hodnot mezi levým a pravým okem mohou a nemusí být nutně důvodem k obavám. Pokud je však rozdíl významný nebo jej doprovází jiné příznaky, je dobré se poradit se svým lékařem. Vysoká hodnota nitroočního tlaku nemusí hned znamenat onemocnění glaukom, pacient by měl být poslán na vyšetření pachymetrie, kde bude změřena přesná tloušťka pacientovy rohovky a lékař poté určí správnou diagnózu, případně navrhne vhodnou léčbu. [1, 2, 6, 5]

#### 4. Závěr

Cílem práce bylo shrnout poznatky o nitroočním tlaku, především jeho důležitost v oftalmologické praxi a metody, kterými jeho hodnotu můžeme měřit. Jelikož je nitrooční tlak jedním z významných faktorů, který ovlivňuje vznik závažného očního onemocnění zvané glaukom, bylo jedním z cílů shrnout informace o související oční patologii a dalších faktorech,

kteřé by hodnotu nitroočního tlaku mohly ovlivnit. Právě kvůli své důležitosti by kontrola hodnot nitroočního tlaku neměla být součástí pouze očních klinik, ale i optometrických zařízení.

Teoretická část práce se věnuje anatomii předního segmentu oka, konkrétně anatomii a fyziologii rohovky, bělimy, spojivky, víček a slzného aparátu. Tyto struktury předního segmentu oka jsou důležité pro správnou tvorbu a dynamiku nitrooční tekutiny, která je úzce spjatá s nitroočním tlakem. Hodnota nitroočního tlaku závisí na tvorbě a odtoku nitrooční tekutiny ven z bulbu. Přestože vyšší hodnota nitroočního tlaku často indukuje glaukomové onemocnění, ne vždy musí nutně znamenat jeho přítomnost. Pokud nejsou na terči zřetelné změny nervu a v zorném poli zpozorovány změny, hovoříme o oční hypertenzi. Naopak stav při nízké hodnotě nitroočního tlaku nazýváme oční hypotenze. Hodnotu nitroočního tlaku může ovlivnit hned několik jevů, například věk, genetika či zmíněná oční patologie.

V práci jsou dále zmíněny možnosti tonometrie, tedy metody pro měření hodnoty nitroočního tlaku. Vývoj tonometrie začal v roce 1826, kdy Sir William Bowman sdílel své poznatky z praxe, a to právě o měření přibližné hodnoty nitroočního tlaku pomocí palpce. Dnes je na trhu hned několik přístrojů, ať už se jedná o kontaktní či nekontaktní metody měření. Tonometry můžeme dělit na impresní, aplanační a bezkontaktní. Přístroje pracují na různých principech, ale většinou se jedná o metody založené na principu působení vnější síly na oční bulbus. Následkem této působící síly dochází buď k oploštění, nebo naopak ke vtlačení části očního bulbu.

Cílem experimentální části práce bylo porovnat metody tonometrie a jak už název napovídá, vyzkoušet je v oftalmologické praxi. K experimentální části byly naměřeny hodnoty nitroočního tlaku celkem u 57 respondentů, z toho 35 žen a 22 mužů. Věkové rozpětí žen bylo od 21 do 68 a věkové rozpětí mužů od 30 do 84. Většina hodnot byla naměřena na bezkontaktním tonometru Canon TX – 10 a na tonometru ORA, který pracuje na principu dynamické konturní tonometrie, která bere v potaz biomechanické vlastnosti rohovky, včetně její tloušťky. Z celkového počtu 57 respondentů bylo 5 z nich přeměřeno ještě pomocí Schiötzova impresního tonometru. Jedná se o starší metodu tonometrie, která se v dnešní praxi používá méně. Nahradili ji rychlejší způsoby měření nitroočního tlaku, jako jsou právě bezkontaktní tonometry.

Hodnoty naměřené pomocí zmíněných tonometrů byly statisticky zpracovány a na základě výsledků byly zhodnoceny stanovené hypotézy práce. Potvrdilo se, že hodnoty NOT naměřené bezkontaktním tonometrem Canon TX - 10 budou nižší než hodnoty naměřené tonometrem ORA, který zohledňuje jak tloušťku rohovky, tak i její biomechanické vlastnosti. Zároveň se potvrdilo, že hodnoty nitroočního tlaku naměřené bezkontaktními tonometry (Canon TX 10 A ORA) budou nižší než hodnoty naměřené impresním Schiötzovým tonometrem.

Závěrem je vhodné zmínit, že nitrooční tlak je významnou veličinou, která může být ovlivněna několika faktory. Stejně tak každý tonometr má svoje výhody a nevýhody a je proto důležité provést komplexní oftalmologické vyšetření před stanovením diagnózy. Přesnost metod se sice může lišit, ale pravidelné sledování nitroočního tlaku a včasná detekce může pomoci zabránit dlouhodobému poškození zraku.

## 5. Seznam použité literatury

- [1] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [2] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [3] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [4] VÝBORNÝ, Petr. *Glaukom – vybrané kapitoly*. Hradec Králové: Nucleus HK, 2008. Oftalmologie. ISBN 978-80-87009-35-2.
- [5] Vidění.cz [online]. 2009 [cit. 2011-04-10]. *Nitrooční tlak a oko*. Dostupné z WWW: <http://www.videni.cz/oko/ocni-tlak/91-nitroocni>.
- [6] ŘEHŮŘEK, J., R. ŠPIC AROVÁ a J. VANČUROVÁ. *Fyziologické hodnoty nitroočního tlaku u dětí* [online]., 361-365 [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: <http://www.prolekare.cz/ceska-slovenska-ofthalmologie-clanek/fyziologicke-hodnoty-nitroocnihotlaku-u-deti-27875>.
- [7] HORNOVÁ, J. a A. BAXANT. Současné možnosti měření nitroočního tlaku. Česká a slovenská oftalmologie[online]., 175-180 [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com.ezproxy.muni.cz/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=214eb25a8f5f4b4a979928bd2419d730%40sessionmgr4005&hid=4105>
- [8] *Tonometers* [online], [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: [http://www.collegeoptometrists.org/en/college/museyeum/online\\_exhibitions/optical\\_instruments/tonometers.cfm](http://www.collegeoptometrists.org/en/college/museyeum/online_exhibitions/optical_instruments/tonometers.cfm)
- [9] ROBERT L. STAMPER, Robert L.Marc F. *Becker-Shaffer's diagnosis and therapy of the glaucomas*. 8th ed. Edinburgh: Mosby/Elsevier, 2009, s. 47-62. ISBN 03-230-2394- 0.
- [10] Patient's Guide to Living with Glaucoma [online], [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <http://www.visionaware.org/info/your-eye-condition/glaucoma/patients-guide-to-living-with-glaucoma/125>
- [11] REALINI, Tony, MD. The Ocular Response Analyzer. Glaucoma Today [online]. [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: [https://glaucomatoday.com/articles/2008julyaug/GT0708\\_04-php/pdf](https://glaucomatoday.com/articles/2008julyaug/GT0708_04-php/pdf)
- [12] RAMM, Lisa, Robert HERBER, Eberhard SPOERL, Frederik RAISKUP, Lutz E. PILLUNAT a Naim TERAI. Intraocular Pressure Measurement Using Ocular Response Analyzer, Dynamic Contour Tonometer, and Scheimpflug Analyzer Corvis ST. *Journal of Ophthalmology* [online]. 2019, 2 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/joph/2019/3879651/>
- [13] CHAUDHURI, Zia a Murugesan VANATHI. *Postgraduate ophthalmology*. 1st ed. New Delhi, India: Jaypee-Highlights Medical Publishers, 2012, 2 v., s. 389-408. ISBN 9789350252703

- [14] SMOLIN, Gilbert, C. FOSTER, Dimitri T. AZAR a Claes H. DOHLMAN. Smolin and Thoft's The cornea: scientific foundations and clinical practice. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams, c2005, xviii, s. 1324., 189 col. plates. ISBN 07-817-4206-4.
- [15] PATWARDHAN, Ashish A., Mohammad KHAN, Susan P. MOLLAN a Paul HAIGH. The importance of central corneal thickness measurements and decision making in general ophthalmology clinics: a masked observational study. BMC Ophthalmology [online]. 2008, vol. 8, issue 1, s. 1- [cit. 2014-12-21]. DOI: 10.1186/1471-2415-8-1. Dostupné z: <http://www.biomedcentral.com/1471-2415/8/1>
- [16] Reichert Technologies: Ocular Response Analyzer®. [online]. [cit. 2013-03-13]. Dostupné z: [http://www.reichert.com/product\\_details.cfm?pcId=418&skuId=2976&skuTk=1036239258](http://www.reichert.com/product_details.cfm?pcId=418&skuId=2976&skuTk=1036239258)

# Short-term effect of soft contact lenses on the refraction of the eye

**Kateřina Ditrichová<sup>1</sup>, Iva Klimeřová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [ditrikat@fbmi.cvut.cz](mailto:ditrikat@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Cornea, refraction of the eye, soft contact lenses, changes in the shape of the cornea, effect of contact lenses on the eye

**Abstract:** The aim of this study is to investigate whether soft contact lenses affect measurements of corneal parameters and subjective refraction when they are removed from the eye immediately before measurements are taken. The theoretical part of the study describes the cornea and its daily changes. The thesis also discusses the refraction of the eye, the division into subjective and objective and a description of their physiological and pathological changes. The conclusion of the theoretical part is devoted to soft contact lenses, their basic properties and their effect on the eye.

In the practical part, 20 soft contact lens wearers aged 21 to 28 years were measured. The measurements were carried out on two dates. The first took place after 24 hours without contact lenses. Using a Pentacam instrument (Oculus, Germany), the anterior segment of the eye was measured and subjective refraction was determined. The second appointment took place after 7 days of regular lens wear. The same measurements as in the first appointment were taken immediately after lens removal and then after 15, 30, 45 and 60 minutes.

Immediately after removal, a change of -0,5 to +0,25 dpt in the sphere and -0,5 to +0,25 dpt in the cylinder was measured compared to the baseline correction. No statistically significant change was found in any of the measured parameters. The results suggest that removal of contact lenses immediately before measurement should not substantially affect the subjective refraction result or the measured anterior segment parameters.

# Krátkodobý vliv měkkých kontaktních čoček na refrakci oka

**Kateřina Ditrichová<sup>1</sup>, Iva Klimešová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [ditrikat@fbmi.cvut.cz](mailto:ditrikat@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Rohovka, refrakce oka, měkké kontaktní čočky, změny tvaru rohovky, vliv kontaktních čoček na oko

**Abstrakt:** Cílem studie je zjistit, zda měkké kontaktní čočky působí na parametry rohovky, případně jakým způsobem ovlivňují subjektivní refrakci, jsou-li z oka vyndány bezprostředně před zahájením jejího měření. Bylo změřeno 20 nositelů měkkých kontaktních čoček ve věku 21 až 28 let. Měření proběhlo ve dvou termínech. První se uskutečnil po 24 hodinách bez kontaktních čoček. Nejprve byla stanovena subjektivní refrakce, a poté pomocí přístroje Pentacam (Oculus, Německo) změřeny hodnoty předního segmentu oka. Druhý termín se konal po 7 dnech pravidelného nošení čoček. Stejně měření jako při prvním termínu bylo provedeno ihned po vyndání čoček a následně po 15, 30, 45 a 60 minutách. Ihned po vyndání byla oproti výchozí korekci změřena změna v rozmezí  $-0,5$  až  $+0,25$  dpt ve sféře a  $-0,5$  až  $+0,25$  dpt v cylindru. U žádného z měřených parametrů nebyla nalezena statisticky významná změna. Z výsledků vyplývá, že vyndání kontaktních čoček bezprostředně před měřením by zásadně nemělo ovlivnit výsledek subjektivní refrakce ani měřené parametry předního segmentu oka.

## 1. Úvod

V optometrické praxi není výjimkou, že klient přichází na měření pro nové brýle v nasazených kontaktních čočkách. Je známo, že by se po vyjmutí čoček z oka mělo před zahájením samotného měření vyčkat. Doba, po kterou by klient měl mít kontaktní čočky z oka vyjmuté, se ale udává různá a není přesně stanovena. Vzhledem k tomu, že se v posledních letech materiály kontaktních čoček posunuly kupředu a jsou výrazně propustnější pro kyslík, měly by představovat nižší zátěž pro oko. Dalo by se tedy uvažovat, zda i měření, které by proběhlo ihned po vyjmutí čoček, není přesnější.

S. Read a M. Collins [1] zjistili, že běžná denní změna refrakce se pohybuje o 0,25 dpt do plusu i do mínusu. Otázkou tedy zůstává, jestli kontaktní čočky způsobí odlišnou změnu, která by významně ovlivnila hodnotu refrakce oka.

S ohledem na samotný vliv kontaktních čoček na oko se J. Hong a spol. [2] ve své studii zabývali změnou tloušťky epitelu rohovky. Zmiňují zde, že silikon-hydrogelové čočky s vysokou propustností pro kyslík snižují stupeň ztenčení epitelu rohovky. Odkazují na další studii [3], ve které I. Jalbert a spol. uvádí, že epitel rohovky byl u dlouhodobých nositelů měkkých čoček s nízkými hodnotami Dk významně tenčí. G. Tyagi a spol. [4] zkoumali změnu parametrů rohovky po 8-hodinovém nošení a zjistili, že hydrogelové torické čočky způsobují významné ztlustění rohovky vlivem umístění stabilizačních zón. Změny, které byly způsobeny silikon-hydrogelovými čočkami nedosahovaly vyšších hodnot než naměřené přirozené denní změny rohovky. Purslow, Ch. ve své studii [5] navíc uvádí, že by se po vyndání hydrogelových čoček z oka mělo před začátkem měření čekat 15 minut, aby došlo k opětovnému navrácení stability slzného filmu.

## 2. Metodika

### 2.1. Soubor měřených osob

Bylo změřeno 20 zdravých nositelů kontaktních čoček se správnou aplikací (věkové rozmezí 21 až 28 let). Pravidelných nositelů bylo 14 (nosí alespoň 4 dny v týdnu) a občasných 6 (nosí alespoň 3 krát do měsíce).

Silikon-hydrogelové čočky nosilo 19 subjektů, jeden hydrogelové. Podle intervalu výměny převládaly denní čočky (12), dále byly zastoupeny měsíční (6) a nakonec 14denní (2). Torické kontaktní čočky nosily 2 osoby.

### 2.2. Postup měření

Na měření experimentální části se klienti dostavili ve dvou termínech.

**První termín** se uskutečnil po 24 hodinách bez kontaktních čoček. Na přístroji Pentacam (Oculus, Německo) byla změřena centrální tloušťka rohovky (CCT), průměrné zakřivení přední (Rm1) a zadní (Rm2) plochy rohovky, rohovkový astigmatismus přední plochy rohovky (Ast) a hloubka přední komory (ACD). Poté následovalo stanovení subjektivní refrakce na optotypu PolaSkop 3D+ (DAO, Německo), vyšetřovací vzdálenost byla 5,4 m.

**Druhý termín** se konal po 7 dnech, ve kterých měřené osoby nosily kontaktní čočky každodenně alespoň 8 hodin/den a uskutečnil se ve stejný čas jako první termín. Osoby se dostavily v kontaktních čočkách. Bezprostředně po jejich vyndání proběhlo měření předního segmentu oka na Pentacamu (Oculus, Německo). Byly měřeny stejné parametry jako při prvním termínu měření (CCT, Rm1, Rm2, Ast, ACD). Následně byla stanovena změna sférocylindrické korekce vůči výchozí hodnotě. Tento postup byl opakován po 15, 30, 45 a nakonec po 60 minutách od vyndání.

### 3. Výsledky

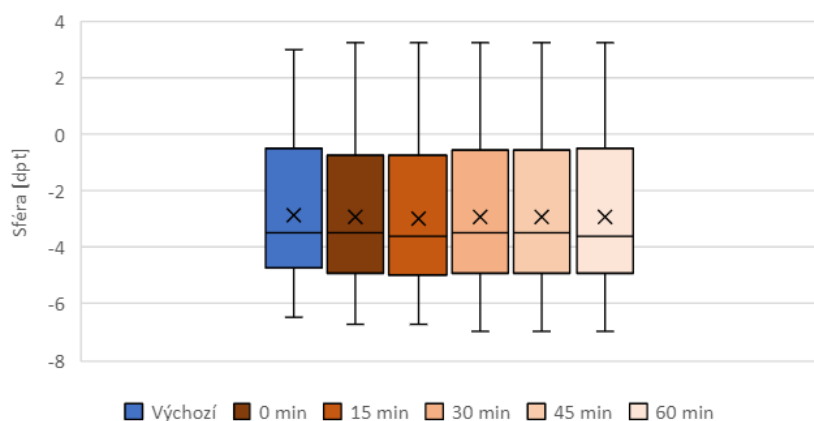
Tabulka 1 shrnuje výsledné změny mezi jednotlivými časy měření. Statistická významnost změn byla testována testem ANOVA, žádná ze změn nebyla signifikantní. Vzhledem k malé významnosti měřených změn je podrobněji rozebrána pouze změna sférické a cylindrické korekce.

**Tabulka 1:** Dosažené změny mezi jednotlivými termíny měření

	V x 0	0 x 15	15 x 30	30 x 45	45 x 60	V x 60
<b>Sph</b>	$-0,07 \pm 0,19$	$-0,02 \pm 0,17$	$0,01 \pm 0,15$	$0,01 \pm 0,11$	$0,01 \pm 0,14$	$-0,05 \pm 0,36$
<b>[dpt]</b>	$[-0,5; 0,25]$	$[-0,25; 0,5]$	$[-0,25; 0,25]$	$[-0,25; 0,50]$	$[-0,25; 0,25]$	$[-0,5; 1,75]$
<b>Cyl</b>	$-0,04 \pm 0,15$	$-0,01 \pm 0,10$	$0,02 \pm 0,09$	$0,01 \pm 0,09$	$0 \pm 0$	$-0,03 \pm 0,14$
<b>[dpt]</b>	$[-0,5; 0,25]$	$[-0,25; 0,25]$	$[-0,25; 0,25]$	$[-0,25; 0,50]$	$[0; 0]$	$[-0,25; 0,25]$
<b>CCT</b>	$1,55 \pm 9,99$	$-5,25 \pm 7,64$	$1,58 \pm 8,79$	$0,35 \pm 4,42$	$0,1 \pm 5,48$	$-1,68 \pm 8,61$
<b>[μm]</b>	$[-27; 24]$	$[-30; 9]$	$[-15; 36]$	$[-9; 9]$	$[-12; 13]$	$[-27; 16]$
<b>Ast</b>	$-0,02 \pm 0,16$	$-0,04 \pm 0,22$	$0,02 \pm 0,20$	$0,01 \pm 0,15$	$0,02 \pm 0,12$	$-0,02 \pm 0,19$
<b>[dpt]</b>	$[-0,2; 0,4]$	$[-1,1; 0,2]$	$[-0,3; 1,1]$	$[-0,3; 0,4]$	$[-0,2; 0,3]$	$[-0,4; 0,5]$
<b>Rm1</b>	$0,01 \pm 0,03$	$0 \pm 0,03$	$0 \pm 0,02$	$0 \pm 0,02$	$0 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,03$
<b>[mm]</b>	$[-0,08; 0,06]$	$[-0,05 \pm 0,11]$	$[-0,07; 0,03]$	$[-0,1; 0,03]$	$[-0,02; 0,08]$	$[-0,03; 0,1]$
<b>Rm2</b>	$0 \pm 0,05$	$0,01 \pm 0,05$	$0 \pm 0,03$	$0 \pm 0,04$	$0 \pm 0,03$	$0 \pm 0,05$
<b>[mm]</b>	$[-0,13; 0,08]$	$[-0,07; 0,19]$	$[-0,07; 0,1]$	$[-0,08; 0,06]$	$[-0,06; 0,06]$	$[-0,1; 0,09]$
<b>ACD</b>	$-0,02 \pm 0,05$	$0,01 \pm 0,05$	$0,02 \pm 0,03$	$0 \pm 0,04$	$0 \pm 0,04$	$0,01 \pm 0,05$
<b>[mm]</b>	$[-0,15; 0,13]$	$[-0,12; 0,18]$	$[-0,08; 0,07]$	$[-0,06; 0,15]$	$[-0,07; 0,11]$	$[-0,14; 0,16]$

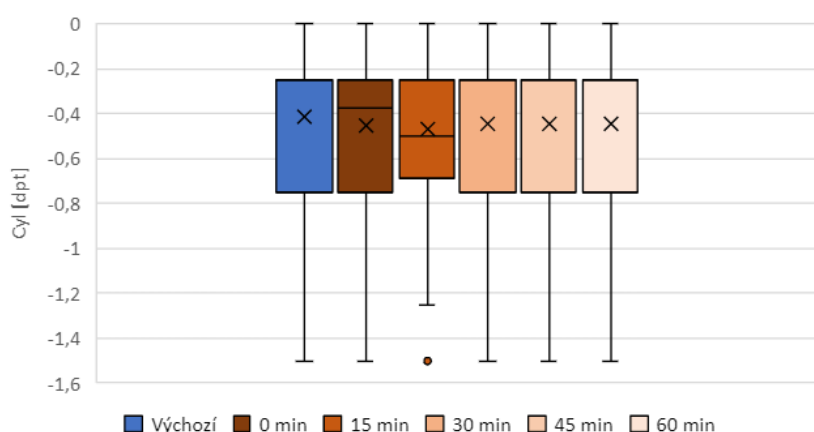
*Poznámka: Tabulka ukazuje změny mezi výchozím měřením (V) při prvním termínu a 0, 15, 30, 45 a 60 min po vyndání čoček při druhém termínu. Je uvedena průměrná změna, směrodatná odchylka, minimum a maximum.*

Výchozí měřené hodnoty sférické korekce se pohybovaly od  $-6,50$  dpt do  $+3,00$  dpt. Změna sférické korekce byla nejčastěji o  $0,25$  dpt do plusu i do mínusu, u pěti očí byla poté naměřena změna o  $0,50$  dpt. U jednoho subjektu byla naměřena změna o  $-1,75$  dpt (výchozí korekce  $-3,50$  a 60 minut po sundání  $-1,75$  dpt, cylindr se změnil z  $-0,75$  dpt na  $-1,00$  dpt). Test ANOVA neprokázal statisticky významnou změnu mezi žádným z termínů. Tuto skutečnost potvrzuje také Box Plot graf (Obrázek 1), který znázorňuje naměřené hodnoty v jednotlivých časech.



**Obrázek 1:** Box Plot měřených hodnot sférické korekce v jednotlivých časech

Nejvyšší výchozí hodnota naměřené **cylindrické korekce** činila  $-1,50$  dpt. Nejvyšší dosažená změna byla o  $-0,50$  dpt. Z měřených 40 očí došlo k nově navozené hodnotě cylindru u 4 očí různých subjektů vždy na  $-0,25$  dpt. Ke změně hodnoty cylindru došlo u 9 očí a u ostatních očí (27) nedošlo ke změně výchozí hodnoty naměřeného cylindru. ANOVA opět neodhalila žádné signifikantní změny. Z Box Plot grafu (Obrázek 2) také nejsou patrné významné změny mezi měřeními a není zde pozorována tendence klesání či stoupání cylindrické korekce. Ke změně osy cylindru došlo pouze u 4 očí, z toho největší změna o  $15^\circ$ , dále o  $8^\circ$ ,  $5^\circ$  a v posledním případě o  $3^\circ$ .



**Obrázek 2:** Box Plot měřených hodnot cylindrické korekce v jednotlivých časech měření

## 4. Diskuze

Změny, ke kterým v rámci této studie docházelo, by se daly s ohledem na denní změny považovat za zanedbatelné [1; 6]. U sférické korekce docházelo nejčastěji ke změnám o 0,25 dpt do plusu i do mínusu.

Plačková, B [7] ve své diplomové práci na 107 očích zjistila po vyndání kontaktních čoček signifikantní změnu o průměrně  $\pm$  SD  $-0,227 \pm 0,140$  dpt u silikon-hydrogelových čoček a opět signifikantní změnu  $-0,439 \pm 0,247$  dpt u hydrogelových čoček. Oproti tomu v současné studii vyšla nesignifikantní změna  $-0,07 \pm 0,19$  dpt (pro hydrogelové a silikon-hydrogelové čočky dohromady, z důvodu pouze jednoho subjektu s hydrogelovými čočkami nebylo děleno). Nižší hodnoty mohou být zkresleny menším množstvím subjektů měření (Plačková 107, tato studie 40 očí), nebo věkovým rozpětím, které u Plačkové [7] bylo od 17 do 58 let. Absence větších změn by mohla být způsobena menším zastoupením vyšších refrakčních vad v souboru měřených osob nebo malým počtem hydrogelových čoček (1), které působí větší vliv na změny parametrů rohovky [1; 4; 7]. Tento vliv by měl být podle Purslow, Ch. [5] zmírněn obnovením stability slzného filmu, ke které dochází během 15 minut po vyndání hydrogelových čoček z oka. Co se týče torických čoček, Radaie-Moghadam a spol. ve své studii [8] uvádí, že stabilizační zóny u vyšších hodnot cylindru mají větší vliv na parametry rohovky. V současné studii byli pouze dva nositelé torických kontaktních čoček a nebyla zde oproti ostatním pozorována větší změna.

U parametrů měřených na přístroji Pentacam (Oculus, Německo) opět v této studii nedocházelo k signifikantním změnám. Změny **centrální tloušťky rohovky** dosahovaly v porovnání výchozí hodnoty a hodnoty naměřené ihned po vyndání čoček z oka celkově v průměru ( $\pm$ SD)  $1,55 \pm 10 \mu\text{m}$ . Tyagi a spol. [4] zaznamenali ve své studii u hydrogelových čoček signifikantní změnu v tomto parametru o  $20,3 \pm 10 \mu\text{m}$ , v současné studii byl pouze jeden nositel hydrogelových čoček, kde u pravého oka došlo ke ztlustění rohovky o  $12 \mu\text{m}$ , u levého oka dokonce ke ztenčení o  $-3 \mu\text{m}$ .

Překvapivé je, že mezi změnou cylindrické korekce a změnou **astigmatismu přední plochy rohovky** nebyla nalezena souvislost. Je možné, že studie, která by do měření zahrнула větší množství probandů s vyšší cylindrickou korekcí, by souvislost objevila.

U **průměrného zakřivení přední plochy rohovky** došlo v porovnání výchozí hodnoty a hodnoty získané ihned po sundání čoček k průměrné změně  $0,01 \pm 0,03 \text{ mm}$ . Plačková, B [7] naměřila ve stejný čas průměrnou změnu u hydrogelových  $0,025 \pm 0,203 \text{ mm}$  a  $0,03 \pm 0,197 \text{ mm}$  u silikon–hydrogelových čoček. Změny dosažené v rámci **hloubky přední komory** opět nenabývaly signifikantních změn.

## 5. Závěr

Z vyhodnocení pro danou měřenou skupinu vyplývá, že by nositelé měkkých kontaktních čoček, kteří se chystají na měření zraku do očních optik či k oftalmologovi, mohli přijít s nasazenými kontaktními čočkami a sundat si je bezprostředně před zahájením měření. Tato studie se ale zaměřuje pouze na malou skupinu (20 subjektů) nositelů kontaktních čoček, která se skládá jen z mladých lidí (věkové rozmezí 21 až 28 let). Nelze předpokládat, jakým způsobem by se jednotlivé parametry měnily v jiných věkových kategoriích.

K ověření naměřených dat by bylo vhodné studii rozšířit o subjekty z jiných věkových kategorií a do měření zahrnout více nositelů torických či hydrogelových kontaktních čoček.

## 6. Reference

- [1] READ, Scott a Michael COLLINS. Diurnal Variation of Corneal Shape and Thickness. *Optometry and Vision Science* [online]. 2009, **86**(3), 170-180 [cit. 2022-09-29]. ISSN 1040-5488. Dostupné z: doi:10.1097/OPX.0b013e3181981b7e
- [2] HONG, Jiaxu, Tingting QIAN, Yujing YANG, Chunhui JIANG, Zuguo LIU, Xinghuai SUN, Sophie DENG a Jianjiang XU. Corneal Epithelial Thickness Map in Long-Term Soft Contact Lenses Wearers. *Optometry and Vision Science: Cornea and Contact Lenses*. American Academy of Optometry, 2014, **91**(12), 1455-1461. ISSN 1040-5488.
- [3] JALBERT, I, D SWEENEY a F STAPLETON. The effect of long-term wear of soft lenses of low and high oxygen transmissibility on the corneal epithelium. *Eye* [online].

- 2009, **23**(6), 1282-1287 [cit. 2022-12-29]. ISSN 0950-222X. Dostupné z: doi:10.1038/eye.2008.307
- [4] TYAGI, Garima, Michael COLLINS, Scott READ a Brett DAVIS. Regional Changes in Corneal Thickness and Shape with Soft Contact Lenses. *Optometry and Vision Science*. 2010, **87**(8), 567-575. Dostupné z: doi:10.1097/OPX.0b013e3181e61b78
- [5] PURSLOW, Christine. The interaction between contact lenses and the tear film. *The Free Library: Optometry Today* [online]. 2010 [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: [https://www.thefreelibrary.com/The interaction between contact lenses and the tear film.-a0221655259](https://www.thefreelibrary.com/The+interaction+between+contact+lenses+and+the+tear+film.-a0221655259)
- [6] DEBROWSKI, Adam. Gradual or sudden vision changes: Is this normal?. In: *All about vision* [online]. USA: AAV Media, LLC, 2000 [cit. 2022-10-24]. Dostupné z: <https://www.allaboutvision.com/conditions/fluctuating-vision/>
- [7] PLAČKOVÁ, Barbora. *Dočasná změna objektivní a subjektivní refrakce po aplikaci kontaktních čoček*. Brno, 2018. Diplomová práce. Masarykova univerzita - Lékařská fakulta - Katedra optometrie a ortoptiky. Vedoucí práce Gabriela Spurná.
- [8] RADAIE-MOGHADAM, Somayeh, Hassan HASHEMI, Ebrahim JAFARZADEHPUR, AbbasAli YEKTA a Mehdi KHABAZKHOOB. Corneal biomechanical changes following toric soft contact lens wear. *Journal of Ophthalmic and Vision Research*. 2016, **11**(2), 131-135. ISSN 2008-322X. Dostupné z: doi:10.4103/2008-322X.183921

## Effect of cataract surgery by the patients with and without diabetes

**Barbora Poulová<sup>1</sup>, Šárka Pitrová<sup>1,2</sup>, Martin Fůs<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Eye's clinic JL, V Hůrkách 1296, 158 00 Prague, Czech Republic

**E-mail:** [barborapoulova@hotmail.com](mailto:barborapoulova@hotmail.com)

**Keywords:** Diabetes mellitus, eye complications of diabetes, cataract, cataract surgery

**Abstract:** The number of diabetic patients has been increasing in recent years and if these patients are indicated for cataract surgery, it is necessary to focus on their proper preoperative preparation in order to minimize the number of postoperative complications. The theoretical part of the bachelor thesis describes the effects of diabetes on different eye segments. Diabetic retinopathy, as one of the main causes of blindness in diabetic patients, and diabetic macular edema are described in detail; attention is also paid to glaucoma. In the theoretical part, the main attention is paid to cataract and the influence of diabetes on its occurrence and treatment. In the experimental part of the bachelor's thesis, the effect of cataract surgery in a group of patients with diabetes (group 2) and without diabetes (group 1) is compared. The comparison of the results of both groups is aimed at whether diabetes mellitus affects the effectiveness of cataract surgery and whether the method of its compensation can significantly influence the final outcome of visual function after surgery. Hypothesis H1: Patients in group 1 (without diabetes) achieve better postoperative vision compared to patients in group 2 (with diabetes). Hypothesis H2: Patients in group 2 (with diabetes) have more postoperative complications than those in group 1 (without diabetes).

# Efekt operace pacientů katarakty u pacientů s a bez diabetu

**Barbora Poulová<sup>1</sup>, Šárka Pitrová<sup>1,2</sup>, Martin Fůs<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> Klinika JL, V Hůrkách 1296, 158 00 Praha, Česká republika

E-mail: [barborapoulova@hotmail.com](mailto:barborapoulova@hotmail.com)

**Klíčová slova:** Diabetes mellitus, oční komplikace diabetu, katarakta, operace katarakty

**Abstrakt:** Počet nemocných diabetem v posledních letech stoupá. Pokud jsou tito pacienti indikováni na operaci katarakty, je nutno se zaměřit na jejich správnou předoperační přípravu s cílem minimalizovat počet pooperačních komplikací. V rámci teoretické části této práce jsou popsány vlivy diabetu na jednotlivé oční segmenty. Detailněji je popsána diabetická retinopatie, jako jedna z hlavních příčin slepoty u pacientů s diabetem, a diabetický makulární edém, pozornost je věnována i glaukomu. Hlavní pozornost je v teoretické části věnována kataraktě a vlivu diabetu na její vzniku a léčbu. V experimentální části práce je porovnán efekt operace katarakty ve skupině pacientů s diabetem (skupina 2) a bez něj (skupina 1). Komparace výsledků obou skupin je zaměřena na to, zda diabetes mellitus efektivitu operace katarakty ovlivňuje a zda způsob jeho kompenzace může konečný výsledek zrakových funkcí po operaci významně ovlivnit. Byly stanoveny tyto hypotézy: **Hypotéza H1:** pacienti ve skupině 1 (bez diabetu) dosahují lepší pooperační vize ve srovnání s pacienty skupiny 2 (s diabetem). **Hypotéza H2:** u pacientů ve skupině 2 (s diabetem) se vyskytuje více pooperačních komplikací než u skupiny 1 (bez diabetu).

## 1. Úvod

Experimentální část se zabývá výsledky operací katarakty u pacientů s onemocněním diabetes mellitus prvního i druhého typu s porovnáním pacientů bez něj. V literatuře se uvádí, že diabetes mellitus jako takový zvyšuje riziko pooperačních komplikací. [1,2,3]

V rámci této bakalářské práce byla provedena srovnávací studie mezi dvěma skupinami pacientů. Do první skupiny (skupina 1) byli zařazeni pacienti, kteří byli indikováni k operaci

katarakty, ale netrpí onemocněním diabetes mellitus. Mezi druhou skupinu (skupina 2) byli zařazeni pacienti indikováni k operaci, kteří měli kromě katarakty diagnostikovaný diabetes mellitus.

Cílem této práce bylo zjistit, zda u pacientů s diabetem mellitus může toto onemocnění ovlivnit výsledky operace katarakty. Zaměřuje se na to, zda toto onemocnění ovlivňuje konečný vize pacientů. Byl porovnáván výsledný nitrooční tlak obou skupin, četnost výskytu pooperačních komplikací a délka jejich trvání. S využitím analýzy získaných dat a následným zpracováním za pomoci statistických metod byly ověřovány tyto hypotézy:

**Hypotéza H1:** pacienti ve skupině 1 (bez diabetu) dosahují lepší pooperační vize ve srovnání s pacienty skupiny 2 (s diabetem).

**Hypotéza H2:** u pacientů ve skupině 2 (s diabetem) se vyskytuje více pooperačních komplikací než u skupiny 1 (bez diabetu).

## 2. Metodika

U všech vyšetřovaných nemocných zahrnutých do studie byla použita stejná metodika. U pacientů obou sledovaných souborů byla provedena standardní operace katarakty za stejných podmínek. Data byla získána z Privátní oční kliniky JL v Praze. Operace byla provedena jedním očním chirurgem doc. MUDr. Šárkou Pitrovou, CSc., FEBO metodou fakoemulzifikace.

První skupina pacientů zahrnovala nemocné, kteří netrpí diabetem mellitus prvního ani druhého typu. Druhá skupina zahrnovala pacienty s diagnózou diabetes mellitus. Pro malou četnost souboru nebylo dále provedeno rozlišení podle typu diabetu ani podle způsobu jeho léčby. Jedinou podmínkou pro provedení operace katarakty byla uspokojivá kompenzace diabetu a stabilita očního nálezu.

Pacientům v obou skupinách bylo provedeno kompletní předoperační vyšetření. Mezi data z tohoto vyšetření využitelná pro tuto studii patřil vize do dálky a hodnota NOT. Během operace byly zaznamenávány komplikace. Pooperační vyšetření se opět shodovalo u obou skupin. Pro vyhodnocení studie byl opět zaznamenáván vize do dálky, hodnota NOT a pooperační komplikace s délkou léčení.

Do studie byli zařazeni i pacienti, kteří měli v době operace katarakty přítomnou i jinou oční patologii. Tyto patologie však nebyly kontraindikací zákroku, ani zásadně neovlivňovaly průběh operace. Mohly však ovlivnit finální výsledek operace, především výsledný vize. Vše je ve výsledku zohledněno.

## 3. Analýza dat

Do experimentální studie bylo celkem zahrnuto 66 pacientů indikovaných k operačnímu výkonu. Vyšetřeno a zhodnoceno bylo celkem 129 očí. První skupina obsahovala pacienty bez diagnózy onemocnění diabetes mellitus, což činilo 32 pacientů s celkovým počtem očí 61. U 3 pacientů bylo operováno pouze jedno oko. Věkový průměr této skupiny činil  $70,5 \pm 8,22$  let.

Druhá skupina zahrnovala pacienty s diagnostikovaným onemocněním diabetes mellitus prvního nebo druhého typu. Tato skupina obsahovala 34 pacientů. Počet operovaných očí v této skupině činil 68. Věkový průměr této skupiny činil  $71,0 \pm 7,55$ .

První sledovanou hodnotou v naší experimentální části byly maximální hodnoty vízu obou skupin, a to před i po operaci katarakty. Zaměřovali jsme se na to, zdali se hodnoty u obou skupin mezi sebou liší.

Vízus do dálky před operací se mezi oběma skupinami výrazně nelišil. Ve skupině 1 se v rozmezí visu od 0,6 do 1,2 pohybovalo celkem 30 očí, což dělá 49 %. Ve skupině 2 se v tomto rozmezí pohybovalo 31 očí, což dělá 46 %.

Maximální dosažený vízus do dálky po operaci lze vyčíst z grafu 2. Zde se ze skupiny 1 pohybuje v maximálním rozmezí visu do dálky 0,8 až 1,2 53 očí, což je 87 %. Ve skupině 2 se v tomto rozmezí pohybuje celkem 54 očí, což je 79 %.

Dalším sledovaným parametrem byl NOT před a po operaci katarakty. Normální hodnoty nitroočního tlaku se pohybují v rozmezí 10–20 mm Hg. Na základě toho lze usoudit, že žádný z pacientů ani z jedné skupiny neměl zvýšený NOT. Jedno oko ze skupiny 1 mělo naopak NOT nižší. Na žádném oku však nebyla pozorována větší odchylka NOT od normy.

U druhé skupiny pacientů je zaznamenáván vyšší NOT oproti první skupině. U první skupiny pacientů po operaci nepřekročil hranici pro vysoký NOT. 9 očí mělo snížený NOT oproti normě, což tvoří 15 % ze skupiny 1. U druhé skupiny můžeme pozorovat zvýšený tlak u 1 oka. Snížený tlak oproti normě vykazuje 11 očí, což dělá 16 %. Rozdíly mezi oběma skupinami jsou zanedbatelné.

Dalším sledovaným parametrem byl průběh operace, respektive výskyt komplikací u jednotlivých skupin během operace katarakty. Komplikace se během operace u skupiny 1 i 2 vyskytovaly ojediněle. Mezi zaznamenané komplikace patřil vysoký NOT v průběhu operace, problém s úzkou zornicí a problémy s haptikem. Jednotlivé komplikace obou skupin byly zaznamenány do tabulky s uvedenou četností výskytu.

Ve skupině 1 se s komplikací během operace setkáme u jednoho oka, což činí 0,02 %. Ve skupině 2 bylo zaznamenáno 5 očí, u kterých se objevila komplikace během operace, což dělá 0,07 %. Přesto, že je u skupiny 2 větší procento výskytu komplikací v průběhu operace větší, je tento rozdíl oproti skupině 1 relativně zanedbatelný.

Posledním a hlavním sledovaným parametrem v experimentální části byla četnost výskytu pooperačních komplikací u jednotlivých skupin. Pooperační komplikace byly rozděleny do dvou samostatných částí, a to na pooperační komplikace časně a pozdní. Časně komplikace zahrnují ty, co se objevily do 14 dnů po operaci. Do pozdních komplikací jsou zařazeny takové problémy, které se objevily delší dobu po operaci a byla prokázána jejich spojitost s operací.

Posledním a hlavním sledovaným parametrem v experimentální části byla četnost výskytu pooperačních komplikací u jednotlivých skupin. Pooperační komplikace byly rozděleny do dvou samostatných částí, a to na pooperační komplikace časně a pozdní. Časně komplikace

zahrnují ty, co se objevily do 14 dnů po operaci. Do pozdních komplikací jsou zařazeny takové problémy, které se objevily delší dobu po operaci a byla prokázána jejich spojitost s operací.

Časné komplikace se objevily u 1 oka z 61 očí u pacientů bez diabetu, což odpovídá 1,63 % očí. Pozdní pooperační komplikace se neobjevily u žádného pacienta skupiny 1. Standardní délka hojení po operaci katarakty byla 1 měsíc, u pacientů této skupiny tato délka nebyla prodloužena.

Časné pooperační komplikace se vyskytly ve skupině 2 u 11 ze 68 očí u pacientů s diabetem, což ve výsledku činí 16 %. Nejčastěji se jednalo o cystoidní makulární edém u 5 očí (7 %), fibrinová reakce u 3 očí (4 %) a epiteliopathie u 2 očí. Délka hojení po operaci se díky těmto komplikacím prodloužila ze standardního jednoho měsíce až na maximálně 8 týdnů (průměr 6 týdnů). K pozdním pooperačním komplikacím u skupiny 2 se řadí nutná operace amoce sítnice a laserová baráž sítnice. Tyto komplikace se objevily u 3 očí, což odpovídá 4 %.

Srovnáním obou skupin a výsledků operací lze soudit, že výskyt pooperačních komplikací u skupiny 2 je výrazně vyšší než u skupiny 1. To lze tvrdit jak o časných, tak i pozdních komplikacích.

## 4. Diskuze

Přítomnost onemocnění diabetes mellitus zvyšuje pooperační komplikace po operaci katarakty. U skupiny pacientů 1 i 2 byly sledovány stejné parametry v rámci operace. Do experimentu bylo zařazeno celkem 66 pacientů, operovaných očí bylo 129. Všechny operační zákroky byly provázeny metodou fakoemulzifikace.

Pro experimentální část byly postaveny dvě hypotézy. **Hypotéza H1:** pacienti ve skupině 1 (bez diabetu) dosahují lepší pooperační vize ve srovnání s pacienty skupiny 2 (s diabetem). Maximální hodnoty visu mezi 0,8 a 1,2 skupiny 1 dosáhlo 53, což činí 87 %. U skupiny dva těchto hodnot dosáhlo 54 očí, což ve výsledku činí 79 %. Z toho je zřejmé, že ke zlepšení na maximální hodnoty vize dosáhlo více očí ze skupiny 1 oproti skupině 2. Rozdíl zde činil 8 %. Na základě toho lze hypotéza 1 potvrdit.

V rámci další části praktické části této bakalářské práce byla ověřována hypotéza H2. **Hypotéza H2:** u pacientů ve skupině 2 (s diabetem) se vyskytuje více pooperačních komplikací než u skupiny 1 (bez diabetu). Pooperační komplikace byly rozděleny do dvou skupin, a to na pooperační komplikace časné, které se objevovaly do 14 dní od zákroku, a na pooperační komplikace pozdní, které se objevovali až po 14 dnech od zákroku. U skupiny 1 byly tyto komplikace velice ojedinělé. Časné pooperační komplikace se objevily u 1 oka z 61 očí, což odpovídá 1,63 %. Pozdí komplice u skupiny 1 zaznamenány nebyly. U skupiny 2 byl výskyt komplikací výraznější. Časné pooperační komplikace různého charakteru se objevily u 11 očí ze 68 očí, což ve výsledku činí 16 %. Nejčastěji se jednalo o cystoidní makulární edém u 5 očí (7 %), fibrinová reakce u 3 očí (4 %) a epiteliopathie u 2 očí (3 %). Délka hojení po operaci se díky těmto komplikacím prodloužila ze standardního jednoho měsíce až na maximálně 8 týdnů

(průměr 6 týdnů). K pozdním pooperačním komplikacím u skupiny 2 se řadí nutná operace amoce sítnice a laserová baráž sítnice. Tyto komplikace se objevily u 3 očí, což odpovídá 4 %.

Jill E Bixler ve svém článku *Katarakta a její léčba u lidí s diabetem* (v originálním znění *Cataracts and Their Treatment in People with Diabetes*) uvádí, že pooperační komplikace mohou být velice různorodé. Uvádí hned několik příkladů pooperačních komplikací u pacientů s diabetem. Mezi ně patří eroze rohovky, zhoršení či vznik diabetické retinopatie a makulárního edému. Dále jsou zde uvedeny problémy jako je špatná dilatace zornice během operace s následným vysokým NOT.[26]

Aditya Kelkar a kolektiv ve svém článku *Operace katarakty u diabetes mellitus: systematický přehled* (v angličtině: *Cataract surgery in diabetes mellitus: A systematic review*) uvádějí, že pouze menšině pacientům, u kterých se vyvinul makulární edém po operaci katarakty bylo potřeba provést laserovou fotokolagulci. Dále uvádějí, že většinově toto ošetření není nutné. U mnoha pacientů dochází ke spontánnímu odeznění makulárního edému, tedy v případech, že nebyl přítomen již před operací. Také uvádějí, že pacienti jsou náchylnější k přetrvávající erozi rohovky. [24]

Pooperační problémy uvedenými ve výše zmíněné literatuře lze pozorovat v experimentální skupině 2. Na základě výsledku experimentální části a četnosti pooperačních komplikací i ve srovnání s literaturou byla hypotéza H2 potvrzena.

## 5. Závěr

V této práci byla hodnocena a porovnávána data skupiny pacientů s kompenzovaným diabetem mellitus (skupina 2) se skupinou zdravých jedinců bez diabetu (skupina 1). Obě skupiny byly indikovány k operaci katarakty.

Cílem experimentální části bylo zjistit, zda u pacientů s diabetem mellitus může toto onemocnění ovlivnit výsledky operace katarakty. Byl porovnáván výsledný visus, četnost výskytu pooperačních komplikací a délka jejich trvání. S využitím analýzy získaných dat a jejich následným zpracováním za pomoci statistických metod byly ověřovány tyto hypotézy:

**Hypotéza H1:** pacienti ve skupině 1 (bez diabetu) dosahují lepší pooperační visus ve srovnání s pacienty skupiny 2 (s diabetem).

**Hypotéza H2:** u pacientů ve skupině 2 (s diabetem) se vyskytuje více pooperačních komplikací než u skupiny 1 (bez diabetu).

Na základě naměřených a vyhodnocených dat v našem experimentu byly tyto hypotézy potvrzeny.

## 6. Reference

- [1] Kelkar A, Kelkar J, Mehta H, Amoaku W. Cataract surgery in diabetes mellitus: A systematic review. *Indian J Ophthalmol*. 2018 Oct;66(10):1401-1410. doi: 10.4103/ijo.IJO\_1158\_17. PMID: 30249823; PMCID: PMC6173035.
- [2] Pollack A, Dotan S, Oliver M. Course of diabetic retinopathy following cataract surgery. *Br J Ophthalmol*. 1991 Jan;75(1):2-8. doi: 10.1136/bjo.75.1.2. PMID: 1991081; PMCID: PMC504096.
- [3] Bixler JE. Cataracts and Their Treatment in People with Diabetes. 2019 May. In: *Prevention and Management of Diabetes-Related Eye Disease*. Arlington (VA): American Diabetes Association; 2019 May. PMID: 34251784.

## Measurement of the Size of the Irido-cornea Angle

**Nicola Šefrnová<sup>1</sup>, Martin Fůs<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Eye's clinic JL, V Hůrkách 1296, 158 00 Prague, Czech Republic

**E-mail:** [nicola.sefrnova2001@gmail.com](mailto:nicola.sefrnova2001@gmail.com)

**Keywords:** Iris-cornea Angle, Anterior Segment of Eye, Scheimpflug Camera, Biometry, Anterior-segment OCT, Glaucoma

**Abstract:** The studies deals with the pathophysiology of the anterior chamber and the iridocorneal angle in relation to glaucoma disease, it also includes a principal explanation of the instrumental methods for the examination of the anterior chamber of the eye. In the experimental part, a comparison of two instrumental methods was performed.

A higher reliability coefficient was found for the measurement of the iridocorneal angle on manual OCT examination with the anterior-segment module. The dependence of individual biometric parameters of the eye on the size of the D-RU was demonstrated: very strong positive correlation for ACD, moderate positive correlation for AL, WtW and PD. Medium negative correlation for LT. Insignificant influence of other parameters on the size of the angle: sagitta, corneal thickness and keratometry. The mean value of the absolute difference between the calculated iridocorneal angle magnitude based on the output formula of the regression analysis (depending on the biometric parameters of the eye) and the actual value measured on OCT was 2.43°, and the difference between the data was not statistically significant.

## Měření velikosti duhovko-rohovkového úhlu

Nicola Šefrnová <sup>1</sup>, Martin Fůs <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> Klinika JL, V Hůrkách 1296, 158 00 Praha, Česká republika

E-mail: [nicola.sefrnova2001@gmail.com](mailto:nicola.sefrnova2001@gmail.com)

**Klíčová slova:** Iridokorneální úhel, přední segment oka, Scheimpflugova kamera, biometrie, předně-komorové OCT, glaukom

**Abstrakt:** Iridokorneální, neboli duhovko-rohovkový úhel (D-RÚ) je místo, kde přechází rohovka v duhovku. Je důležitý pro cirkulaci nitrooční tekutiny a udržuje správný poměr mezi její tvorbou a odtokem. Velikost iridokorneálního úhlu se pohybuje okolo 25°-45°. Tento parametr oka je významný pro detekci glaukomového onemocnění. V rámci bakalářské práce s názvem „Měření duhovko-rohovkového úhlu“ bylo provedeno vyšetření D-RÚ na 61 pacientech na dvou různých diagnostických přístrojích – pentacam (Oculus 70700 24 V DC 2.1.) a OCT (Optovue RTVue XR Avanti) s předně-segmentovým modulem. V následné analýze mělo větší koeficient spolehlivosti manuální vyšetření na OCT. Dále se výzkum zaměřil na komparaci nasálního úhlu s temporálním, kdy nasální úhel vyšel výrazně menší než temporální. V závěru pak byla určena potenciální míra závislosti D-RÚ na jednotlivých biometrických parametrech oka: velmi silná pozitivní korelace pro ACD, střední pozitivní korelace pro AL, WtW a PD. Střední negativní korelace pro LT na základě těchto zjištění vytvořena rovnice pro výpočet velikosti iridokorneálního úhlu s 80% spolehlivostí.

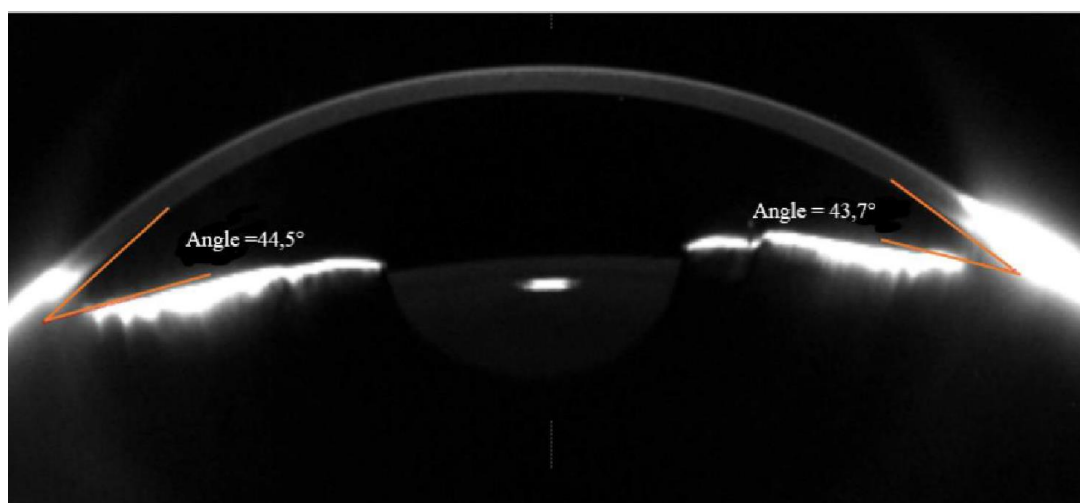
### 1. Úvod

Iridokorneální úhel se nachází v přední komoře oka mezi rohovkou a kořenem duhovky. Jeho tvar je tvořen vzájemným spojením řasnatého tělesa, duhovky, rohovky a skléry, které taktéž ovlivňuje jeho šíři. Je velmi důležitý pro odvod komorové tekutiny. Pokud se zúží nebo dojde k jeho úplnému uzavření, komorová tekutina nemá kudy odcházet, začne se hromadit, a dochází tak k akutnímu glaukomovému záchvatu. Z toho důvodu je nutné se vyšetření duhovko-rohovkového úhlu věnovat. [1; 2; 3]

## 2. Metodika

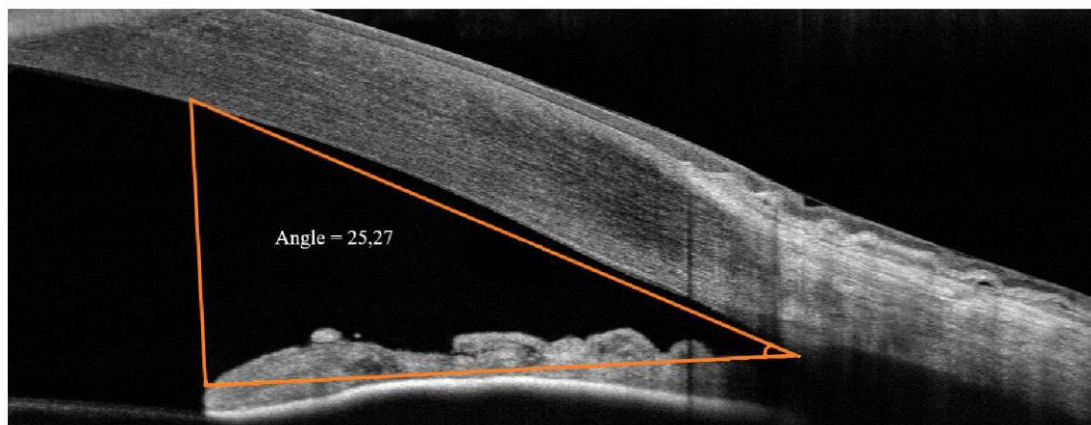
V rámci bakalářské práce bylo realizováno vyšetření iridokorneálního úhlu na 61 pacientech, ve věku 21 až 53 let. Všichni splňovali inkluzivní kritéria, tedy fyziologický nález bez relevantních očních a neurologických onemocnění ovlivňujících výsledek měření. Všichni se zúčastnili dvou sad měření.

První sada měření probíhala na Fakultě biomedicínského inženýrství v Kladně za využití přístroje Pentacam Oculus 70700 24 V DC 2.1. fungujícím na fyzikálním principu Scheimpflugové kamery. Jedná se o polo-automatizované měření a vyhodnocení D-RÚ. Měření probíhalo ve vybraném horizontálním řezu předním segmentem [obrázek 1].



**Obrázek 1:** Ukázkový snímek automatického měření D-RÚ [vlastní snímek]

Druhá sada měření byla realizována na Oční klinice JL, V Hůrkách 1296 v Praze. Zde se k měření využil Optovue RTVue XR Avanti OCT s předně-segmentovým modulem. Jedná se o manuální měření a vyhodnocení D-RÚ. I toto měření probíhalo v horizontálním řezu předním segmentem. Zde byly všechny úhly definovány spojnici dvou přímek. Spodní přímka směřovala od spojnice rohovky s duhovkou (aproximující kořen duhovky) až k rozhraní duhovky s oční čočkou. Horní přímka vycházela ze stejného bodu, vedla podél endotelové vrstvy rohovky až do bodu, kde se spodní přímkou tvoří pravoúhlý trojúhelník [obrázek 2.].



**Obrázek 2:** Ukázkový snímek manuálního měření D-RÚ [vlastní snímek]

Na Oční klinice JL v Praze byl navíc využit přístroj Lenstar 900, na němž byly u všech pacientů změřeny biometrické parametry oka potřebné pro práci. Konkrétně se jedná o následující parametry: axiální délka oka (AL), hloubka přední komory (ACD), keratometrie přední plochy rohovky (K1, K2), průměr rohovky (WtW), tloušťka rohovky (LT) a šířka zornice (PD).

### 3. Výsledky

Jednotlivé cíle práce byly rozděleny do tří částí. První část se věnovala samotné realizaci vyšetření iridokorneálního úhlu a následné komparaci naměřených dat z obou přístrojů. Pro statistické vyhodnocení byl využit dvouvýběrový T-test se shodností rozptylů. Hladina spolehlivosti byla nastavena na  $\alpha=0,05$ . Hlavní hypotézou bylo, že metoda měření manuálním předně-komorovým OCT bude pro hodnocení D-RÚ stejná jako měření polo-automatizovanou Scheimpfugovou kamerou. Po dosažení hodnot do vzorce nelze tuto hypotézu zamítnout a vychází v platnost rovnost těchto dvou přístrojových metod.

Druhá část se věnovala komparaci velikosti nasálního a temporálního úhlu. Hypotézou bylo tvrzení, že nasální úhel je stejný jako úhel temporální. Předpokládaným výsledkem byla lineární závislost s pozitivní korelací, tedy že s rostoucí velikostí nasálního úhlu poroste i velikost úhlu temporálního. Pomocí statistického dvouvýběrového T-testu se shodnými rozptyly však bylo tvrzení druhé části vyvráceno. Na Pentacamu po dosažení hodnot do vzorce vychází test signifikantní na hladině 3 %. Pro výsledky z přístroje OCT byl tento test provedený stejným způsobem, přičemž vychází výrazně signifikantní na hladině 0,009 %. Na základě hodnot z obou přístrojů byla zamítnuta nulová hypotéza, že se průměry rovnají, a přijata alternativní hypotéza, že temporální úhel je větší než nasální.

Cílem třetí části bylo zjistit potenciální závislosti biometrických parametrů oka na velikosti iridokorneálního úhlu. Spolu s tím pak bylo záměrem vytvořit rovnici odhadu velikosti D-RÚ dle biometrie. Pro statistické vyhodnocení korelace dat byla využita funkce PEARSON v Excelu. V následující tabulce (tabulka 1.) je tato závislost aplikovaná v koeficientech. První

řádek pojednává o souvislosti biometrických parametrů oka a průměrné velikosti úhlů naměřené na Pentacamu. V druhém řádku je pak znázorněna souvislost biometrických parametrů oka na průměrné velikosti úhlů naměřených na OCT.

**Tabulka 1.:** Porovnání biometrických parametrů oka na průměrné velikosti D-RÚ [vlastní]

	Sagitta T [°]	Sagitta N [°]	CCT [μm]	ACD [mm]	LT [mm]	AL [mm]	K1 [D]	K2 [D]	WtW [mm]	PD [mm]
D-RÚ Pentacam	0,06	0,00	0,05	0,72	-0,51	0,44	-0,10	-0,08	0,36	0,08
D-RÚ OCT	0,08	0,05	0,14	0,79	-0,40	0,47	-0,02	-0,09	0,39	0,50

Z výše uvedené tabulky je zřejmé, že je velmi silná pozitivní korelace pro ACD – s rostoucí velikostí přední komory tedy roste i velikost komorového úhlu. Střední pozitivní korelace je pro AL, WtW a PD. Střední negativní korelace pro LT (s rostoucí tloušťkou čočky se velikost komorového úhlu zmenšuje). Nevýznamný vliv na velikosti iridokorneálního úhlu, tedy slabá korelace vychází pro sagittu rohovky, CCT, K1 a K2.

K vytvoření rovnice (1) pro výpočet odhadu velikosti úhlů dle biometrie byla využita lineární regresivní analýza (statistická funkce REGRESE v Excelu). Využily se průměrné velikosti úhlu jednoho oka u každého probanda (z důvodu větší shody nasálního a temporálního D-RÚ byla použita data z OCT). Tato data byla následně dosazena jako vstupní hodnoty spolu s biometrickými parametry oka. Díky těmto hodnotám byly stanoveny koeficienty k jednotlivým parametrům a konstantní člen pro korelaci výpočtu. CCT je v mikrometrech, parametry ACD, LT, AL WtW a PD v milimetrech a keratometrie K1 a K2 v Dioptriích.

$$D - RÚ_v = -31,36 + 0,01 \cdot CCT + 13,00 \cdot ACD + 1,13 \cdot LT + 0,26 \cdot AL + 0,59 \cdot K1 - 0,18 \cdot K2 - 1,36 \cdot WtW + 2,05 \cdot PD \quad (1)$$

Rovnice umožňuje aproximaci velikosti D-RÚ s 80% spolehlivostí s průměrnou chybou 2,43° a mediánem rozdílu 1,87°. Následně byla určena i chybovost odhadu, kde je nejednoznačné, zda odhad udává vyšší nebo nižší hodnoty úhlu, než byly hodnoty reálně naměřené.

Pro úplnost, zda se dá nebo nedá využít tento vzorec v praxi, byl aplikován statistický dvouvýběrový T-test s nerovností rozptylů na 5% hladině spolehlivosti. Hlavní hypotézu nelze zamítnout a velikosti naměřených a vypočtených úhlů vyšly statisticky shodné.

## 4. Diskuse

Prvotním cílem byla komparace výsledků měření velikosti iridokorneálního úhlu pomocí přístrojové diagnostiky s rozdílnými fyzikálními principy: Scheimpflugovy kamery a OCT s předně-segmentovým modulem. Prostřednictvím statistického vyhodnocení na hladině spolehlivosti 5 % nelze zamítnout tvrzení o rovnosti těchto dvou technik. Toto tvrzení bylo zamítnuto v článku z roku 2010 s názvem Měření tloušťky rohovky, objem a hloubka přední komory pomocí Scheimpflugovy kamery a Optické koherenční tomografie [4]. V tomto experimentu bylo zařazeno 50 očí. Výsledkem byly statistické rozdíly těchto dvou přístrojových diagnostik. I v porovnání s článkem z roku 2017, s názvem Analýza shody mezi Pentacamem a Optickou koherenční tomografií při hodnocení rozevření iridokorneálního úhlu u velké populace zdravých osob [5] se výsledek práce neshoduje. Zde se jednalo o měření jednoho oka u 989 zdravých osob.

Druhým cílem bylo zjistit s jakou pravděpodobností je nasální úhel stejně velký jako temporální. Tato hypotéza byla otestována pomocí statistického T-testu na hladině významnosti 5 %. Zde vyšla statistická odlišnost těchto dvou úhlů. Výsledky této části jsou potvrzené i článkem: [6] Sektorové rozdíly šířky iridokorneálního úhlu a obejmu duhovky u čínských Singapurců: studie optické koherenční tomografie se zameteným zdrojem dat.

Je možné tyto výsledky využít pro další výzkum v oblasti hledání rizikových faktorů pro vznik akutního glaukomového záchvatu. Navázat by mohl výzkum zaměřený na komparaci spolehlivosti měření na předně-segmentovém OCT a digitální nebo manuální Gonioskopii.

## 5. Závěr

V rámci realizovaného výzkumu bylo stanoveno několik hypotéz. První hypotéza – metoda měření manuálním předně-komorovým OCT bude pro hodnocení D-RÚ stejná jako měření polo-automatizovanou Scheimpflugovou kamerou – byla potvrzena.

Druhá hypotéza – nasální úhel bude stejně velký jako úhel temporální – byla vyvrácena, protože nasální úhel je statisticky významně menší než úhel temporální.

Závěr výzkumu se zabýval porovnáním průměrné hodnoty úhlů s biometrickými parametry naměřenými na Biometru. Velmi silná pozitivní korelace byla zjištěna pro ACD, střední pozitivní korelace pro AL, WtW a PD. Střední negativní korelace pro LT. Díky analýze závislosti iridokorneálního úhlu s dalšími biometrickými parametry oka bylo prokázáno, že uvedené parametry mají vliv na velikost iridokorneálního úhlu, a jeví se tak jako další rizikové faktory pro vznik akutního glaukomového záchvatu.

Výstupem regresivní analýzy byla rovnice pro výpočet velikosti úhlu pomocí fyziologických parametrů naměřených na biometru. Tato rovnice umožňuje praktické využití s 80% spolehlivostí a průměrnou chybou pouze  $\pm 2,43$ . V oftalmologii není rozdíl pár stupňů relevantní. V praxi je důležité zjistit, zda je iridokorneální úhel pacienta otevřený a pohybuje se v rozsahu  $35^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nebo zda je úhel pod  $20^{\circ}$ , kdy může snáze dojít k jeho uzavření. Proto by tato rovnice mohla být vhodnou alternativou v praktickém využití na pracovištích, kde by

nebyly přítomny přístroje měřící velikost iridokorneálního úhlu či pro případné nahrazení nefunkčního přístroje.

## 6. Literatura:

- [1] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 9788024750798
- [2] DOSHI, Sandip a Bill HARVEY. Assessment and investigative techniques. Great Britain: Elsevier, 2005. ISBN 0-7506-8853-X
- [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] MOU, Dapeng, Jing FU, Shuning LI, et al. Narrow- and Open-Angle Measurements with Anterior-Segment Optical Coherence Tomography and Pentacam™. *Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging Retina*. 2010, 41(6), 622-628. ISSN 2325-8160. Dostupné z: doi:10.3928/15428877-20100929-06
- [5] FERNÁNDEZ-VIGO, J.I., L. DE-PABLO-GÓMEZ-DE-LIAÑO, I. ALMORÍN-FERNÁNDEZ-VIGO, C. FERNÁNDEZ-VIGO, A. MACARRO-MERINO, J. GARCÍA-FEIJÓO a FERNÁNDEZ-VIGO. Agreement between Pentacam and optical coherence tomography in the assessment of iridocorneal angle width in a large healthy population. *Journal Français d'Ophtalmologie*. 2018, 41(1), 14-20. ISSN 01815512. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfo.2017.07.003
- [6] TUN, Tin A., Mani BASKARAN, Shamira A. PERERA, et al. Sectoral variations of iridocorneal angle width and iris volume in Chinese Singaporeans: a swept-source optical coherence tomography study. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2014, 252(7), 1127-1132. ISSN 0721-832X. Dostupné z: doi:10.1007/s00417-014-2636-0

## Cataract surgery after refractive operations

**Tereza Svejkovská<sup>1</sup>, Šárka Pitrová<sup>1,2</sup>, Martin Fůs<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Eye's clinic JL, V Hůrkách 1296, 158 00 Prague, Czech Republic

**E-mail:** [svejktter@fbmi.cvut.cz](mailto:svejktter@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Cataract, cataract surgery, refractive surgery, intraocular lens calculation formulas

**Abstract:** The theoretical part of this paper deals with the division of cataract types, the methods of their operations. Then the division of refractive operations, intraocular lenses, and finally the calculation of the correct optical power of intraocular lenses. In the practical part of the bachelor thesis, the achieved results of visual functions in a group of patients whose eyes were operated on for cataract after various types of refractive operations are evaluated. Based on the achieved results of cataract surgery, the accuracy of the methods used for the calculation of dioptric power of intraocular lenses is determined and their influence on the optimal outcome of the operation is determined.

# Operace katarakty po refrakčních operacích

**Tereza Svejkovská<sup>1</sup>, Šárka Pitrová<sup>1,2</sup>, Martin Fůs<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> Klinika JL, V Hůrkách 1296, 158 00 Praha, Česká republika

**E-mail:** [svejkte@fbmi.cvut.cz](mailto:svejkte@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Katarakta, chirurgie katarakty, refrakční chirurgie, vzorce pro výpočet nitrooční čočky

**Abstrakt:** Teoretická část této práce se zabývá rozdělením typů katarakty, způsobů jejich operací. Dále rozdělením druhů refrakčních operací, nitrooční čoček, a nakonec výpočtem správné optické mohutnosti nitroočních čoček. V praktické části bakalářské práce jsou zhodnoceny dosažené výsledky zrakových funkcí u skupiny pacientů, jejichž oči byly operovány pro kataraktu po různých typech refrakčních operací. Na základě dosažených výsledků operace katarakty je určena přesnost metod sloužících pro výpočet dioptrické síly nitrooční čočky a určen jejich vliv na optimální výsledek operace.

## 1. Úvod

Refrakční operace umožňuje vykorigovat ametropickou vadu oka. Nejčastěji prováděnou za použití laseru, který nevratně změní zakřivení rohovky. To může vést k chybám při výpočtu síly nitrooční čočky při následné operaci katarakty. Operace katarakty patří mezi nejčastěji prováděné operace očí, kdy se pacientovi vyjme původní oční čočka a implantuje se umělá nitrooční čočka. Síla nové nitrooční čočky závisí na změření biometrie oka, jejíž součástí je zaměření axiální délky oka v mm a keratometrie v D, tyto hodnoty se následně vsadí do vzorců pro výpočet optické mohutnosti čočky.

## 2. Experimentální část

V experimentální části jsem se zaměřila na analýzu dat a porovnání jednotlivých vzorců pro výpočet optické mohutnosti intraokulární čočky pacientů po předchozím rohovkovém refrakčním zákroku. K této části mi byla poskytnuta data doc. MUDr. Šárky Pitrové, CSc.

kteřá byla chirurgem všech pacientů a provedla operace katarakty na Oční klinice JL. Refrakční operace rohovky se u každého pacienta prováděly jinde. Sledovaný soubor tvoří 15 pacientů a 24 očí po refrakčním zákroku a následně odoperovanou kataraktou. Pacienti jsou ve věku 47 až 66 let. Refrakční zákroky rohovky byly provedeny u každého z pacientů zvlášť, a to v rozmezí let 1993–2011 s tím, že většina zákroků byla prováděna na obou očích. Následné operace katarakty byly provedeny v letech 2019–2023. Převážná většina refrakčních zákroků byla provedena metodou Lasik, další metodou byla PRK, arkuátní keratotomie byla u jednoho pacienta. U některých pacientů však nebylo možno zjistit, o jaký refrakční zákrok se jednalo. Do očí u pacientů našeho souboru byly nejčastěji implantovány nitrooční čočky MA50BM, které jsou monofokální sférické, dále intraokulární čočky SN6ATx, asférická nitrooční čočka CLAREON, SN6AT monofokální, asférická torická a SN60WF monofokální asférická. 20 operací proběhlo typem fakoemulzifikací a 4 operace metodou FLACS v kombinaci s femtosekundovým laserem. Všem pacientům ze sledovaného souboru, bylo provedeno komplexní předoperační vyšetření, které obsahovalo podrobnou biometrii oka, zjištění délky oka (AL), hloubku přední komory (ACD), tloušťku čočky (LT), průměr rohovky (WTW), optické mohutnosti rohovky v strmějším a plošším meridiánu (K1 K2), dále celkovou optickou mohutnost čočky, zadní sílu čočky a tloušťka čočky, změřen nitrooční tlak, vyšetřen visus do dálky a přesná refrakce. Pro každé oko byl vybrán nejvhodnější typ nitrooční čočky a vypočítaná její optická mohutnost. Pooperační vyšetření zahrnovalo zjištění visu do dálky a případná korekce, změřen nitrooční tlak. Dále byla poskytnuta data vložena do kalkulátoru „*IOL power calculation in eyes that have undergone LASIK/PRK/RK*“ společnosti ASCRS.

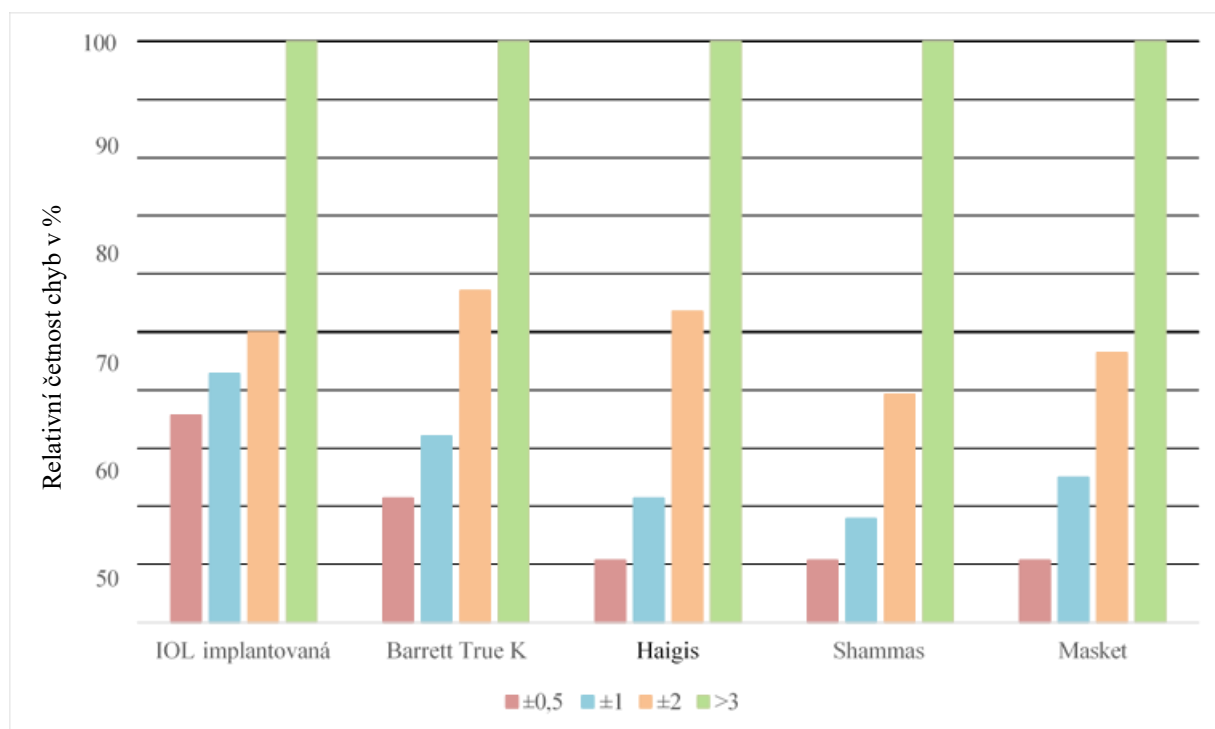
### 3. Výsledky

Optimální hodnota nitrooční čočky byla stanovena na základě měření pooperační objektivní refrakce a pooperační subjektivní refrakce. Poté, co byla nalezena optimální optická mohutnost IOL, porovnávala se s hodnotou optické síly nitrooční čočky, která byla vypočítána pomocí předchozích kalkulátorů.

V grafu jsou zaneseny relativní četnosti chyb vzorců Barrett True K, Haigis, Shammas, Masket a implantované intraokulární čočky. Výsledek je v procentech.

**Tabulka 2:** Chyby výpočtů použitých vzorců pro skupinu operovaných očí

Oko	Chyba výpočtu						
	IOL Implantovaná	IOL Optimální	IOL implantované	Barrett True K	Haigis	Shammas	Masket
1.	17,50	17,50	0,00	-0,90	-1,80	-2,30	-0,80
2.	16,50	16,50	0,00	-0,20	-1,70	-2,20	-0,10
3.	22,00	22,00	0,00	+1,60	+0,40	+0,30	+1,30
4.	17,00	17,00	0,00	-0,80	-1,40	-1,60	-0,20
5.	20,00	20,00	0,00	+0,50	+0,90	+0,60	+1,20
6.	13,50	13,50	0,00	+2,40	+2,70	+1,80	+3,70
7.	10,00	10,00	0,00	+1,20	+0,90	+0,10	+2,50
8.	19,00	20,07	+0,75	+2,00	+2,00	+1,50	+3,30
9.	19,00	20,43	+1,00	+2,60	+1,80	+1,30	+3,10
10.	20,50	21,21	+0,50	+14,90	-1,00	-1,30	+14,90
11.	20,00	19,30	-0,50	+13,50	-1,70	-1,70	+13,50
12.	20,00	21,40	+1,00	+0,50	+0,20	+0,20	+0,70
13.	21,00	20,30	-0,50	+0,30	-0,30	-0,90	+1,00
14.	12,50	8,93	-2,50	+6,30	-3,00	-3,50	+6,30
15.	17,50	13,93	-2,50	+9,80	-2,90	-3,40	+9,80
16.	20,50	16,22	-3,00	+0,30	-2,00	-2,50	+0,90
17.	19,50	14,86	-3,30	-2,20	-3,10	-3,20	-2,00
18.	14,00	9,89	-2,90	-1,60	-3,60	-3,90	+1,30
19.	21,00	19,04	-1,38	-1,60	-2,50	-2,80	-1,50
20.	21,00	17,07	-2,75	-0,50	-1,20	-1,50	+0,10
21.	10,50	6,39	-2,88	+4,50	-3,60	-3,80	+4,50
22.	11,50	7,21	-3,00	+5,10	-3,70	-4,00	+5,10
23.	20,50	18,36	-1,50	-1,60	-2,00	-2,40	-1,40
24.	19,50	15,93	-2,50	-1,30	-2,10	-2,30	-2,50



**Graf 1:** Relativní četnosti chyb pro výpočet IOL u použitých vzorců

## 4. Diskuze a závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo porovnat různé vzorce používané pro výpočet optické mohutnosti umělé nitrooční čočky po předchozím refrakčním zákroku. Porovnání bylo prováděno prostřednictvím hodnocení chyb ve vzorcích. Tyto chyby byly určeny výpočtem rozdílu mezi předoperačně vypočtenou hodnotou intraokulární čočky a optimální hodnotou IOL určenou po operaci. Optimální hodnota IOL byla vyhodnocena na základě subjektivní refrakce pacienta po operaci. Přesnost výpočtu byla zkoumána u pěti různých vzorců, které byly dostupné z online kalkulatoru „*IOL power calculation in eyes that have undergone LASIK/PRK/RK*“ společnosti ASCRS, zahrnoval vzorce Barrett True K, Haigis, Shammas a Masket. Z výsledků vyplývá, že vzorce Barrett True K a Haigis mají průměrnou chybu blízkou nule, což naznačuje lepší přesnost výpočtu. Naopak, vzorce Shammas a Masket vykazují větší průměrnou chybu, což naznačuje jejich nižší přesnost. Směrodatná odchylka udává míru variability mezi jednotlivými měřeními. Vyšší hodnoty směrodatné odchylky u vzorců Barrett True K, Haigis, Shammas a Masket naznačují větší rozptyl mezi jednotlivými měřeními, a tedy větší nejistotu výpočtu. Minimální a maximální chyby zobrazují rozsah odchylek mezi implantovanou hodnotou IOL a optimální hodnotou IOL. Výsledky ukazují, že nejmenší minimální a maximální chyby jsou pozorovány u vzorců Barrett True K a Haigis, zatímco vzorce Shammas a Masket vykazují vyšší rozsah odchylek. Při porovnání chyb ve výpočtech vyšly výsledky poměrně vyrovnaně, nejlépe na tom byl ale vzorec Barrett True K, který dosáhl relativní četnosti chyby do  $\pm 0,5$  D u 21 % očí. Následovaly vzorce Haigis, Shammas a Masket, které dosáhly stejného výsledku, tedy 11% přesnost u chyb do  $\pm 0,5$  D. Vzorce Barrett True K a Haigis vykazují nižší četnost chyb ve srovnání s vzorci Shammas a Masket a hypoteticky by měly výrazně větší vliv na optimální výsledek operace.

## 5. References

- [1] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. Praha: Maxdorf, 2018. ISBN 978-80-7345-580-4.
- [2] HAMILTON, D. Rex a David R. HARDTEN. Cataract surgery in patients with prior refractive surgery. *Current Opinion in Ophthalmology*. 2003, 14(1), 44. ISSN 1040-8738.
- [3] OLSEN, Thomas. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*. 2007, 85(5), 472–485. ISSN 1600-0420.
- [4] POSPÍŠILOVÁ J.; CENDELÍN J. *Porovnání přesnosti různých metod výpočtů optické mohutnosti intraokulární čočky po rohovkových refrakčních zákrocích*. Kladno, 2015. České vysoké učení technické, Fakulta biomedicínského inženýrství.
- [5] PETROVÁ, Sylvie, Zdeňka MAŠKOVÁ a Tomáš. JUREČKA. *Základy aplikace kontaktních čoček*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008. ISBN 978-80-7013-470-2.

# Effect of perceptual learning on visual functions in myopic patients

**Kateřina-Nela Volfová<sup>1</sup>, Jakub Hlaváček<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [volfoka2@fbmi.cvut.cz](mailto:volfoka2@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Perceptual learning, visual masking, myopia, visual pathway, contrast sensitivity

**Abstract:** The main aim of the bachelor thesis is to show the influence of perceptual learning in patients with mild myopia. The theoretical part is devoted to the visual pathway, briefly describes the anatomy of the eye, different types of refractive errors and the possibilities of their correction through glasses and contact lenses. The following chapters discuss perceptual learning in the form of visual training based on a phenomenon called visual masking and its possible use in the correction of ametropias, especially myopia. In the experimental section, we set out to establish hypotheses to test the claim that perceptual learning improves visual perception. Furthermore, we describe the methods used, the principle, the conditions for testing and the course of the experiment in the software program PsychoPy. Finally, we analyze the collected data and measurement results and suggest applications of the research in practice.

## Vliv percepčního učení na myopii

**Kateřina-Nela Volfová<sup>1</sup>, Jakub Hlaváček<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: [volfoka2@fbmi.cvut.cz](mailto:volfoka2@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Percepční učení, vizuální maskování, myopie, zraková dráha, kontrastní citlivost

**Abstrakt:** Cílem práce je poukázat na vliv percepčního učení u pacientů s lehkou myopií. Percepční učení definujeme jako zlepšení percepčních schopností na základě zkušeností. Jedná se o zrakový trénink, který je založený na fenoménu zvaném vizuální maskování. Vizuální maskování je schopnost zrakového vnímání pozorovat cílený podnět (target), jež je ovlivněn okolními objekty (maskami), při kterém dojde buď k supresi nebo facilitaci zrakového vjemu. Aby však percepční učení fungovalo, musí fungovat i neuroplasticita. Pod neuroplasticitou je možné si představit všechny funkční a strukturální změny v mozku, které mohou zlepšit zrakovou funkci prostřednictvím změn ve zrakové kůře. Na základě zahraničních výzkumů jsme vycházeli z předpokladu, že pokud dochází k velkému ovlivnění zrakového vjemu, pak sousední neurony v primárním zrakovém centru posilují mezi sebou synapse, respektive spoje mezi nimi. Díky tomu se zlepšuje kontrastní citlivost a tím i zraková ostrost. Pro naše testování jsme využili softwarový program PsychoPy, který se mimo jiné využívá pro výzkum experimentální psychologie a neurovědy – ten je volně ke stažení na internetu pro systém Windows i iOS. Pro trénink se dají v tomto programu využít různé obrázky, písmena, číslce a podobně, my jsme si pro experimentální část zvolili sinusové mřížky, které mají při percepčním učení na zrakový vjem asi největší vliv.

### 1. Úvod

Dominantním smyslem pro člověka je jednoznačně zrak, přestože jeho smyslový orgán (oko) je uváděn jako jeden z nejmenších v lidském těle. Tento pro člověka důležitý zrakový systém je souborem orgánů zajišťujících příjem, přenos a zpracování informací, o něž je vhodné pečovat dříve, než se objeví oční potíže. Onemocnění oka nebo refrakční vady představují pro jedince zdravotní a socioekonomický problém, které současná oftalmologie dokáže ve velké

míře opravit nebo nahradit pomocí chirurgických zákroků, ale už se nezabývá zlepšením vidění jako takového, například pomocí percepčního učení, za které je obecně považován trénink zraku na základě zkušeností při adaptaci na rychle se měnící těžce předvídatelné situace. Vždyť i úspěšný výkon ve sportu vyžaduje vysokou úroveň rozvoje percepčních schopností, které dokáže sportovec rozvíjet jen pomocí pravidelného tréninku.

Předpokladem pro úspěšný zrakový trénink je aktivace neuroplasticity, o které se tvrdí, že je v dospělém věku zanedbatelná. Zahraniční výzkumy ale poukazují na to, že i v pozdním dospělém věku se lidský mozek může adaptovat na nové situace. Pravidelný trénink vede k efektivnějšímu zpracování obrazu mezi okem a mozkiem. [1]

Velikost neuroplasticity je závislá na schopnosti využívání mozku během celého života. Významnou roli zde hraje učení a adaptace na nové podněty, stimulace, pozornost a zpracovávání informací, získávání poznatků a procesů chápání, kognitivně stimulující prostředí jako i míra mentální činnosti, které se člověk věnuje. [2] [3]

Neuroplasticita mozku není v každém věku stejná. Nejvyšší míra neuroplasticity je v mladém věku a postupem času se tato schopnost ztrácí. To je i důvodem, proč se k léčbě amblyopie standardně nepřistupuje po kritickém období (9. rok). Výzkumy však naznačují, že určitá míra neuroplasticity je zachována i u dospělých osob. Příkladem takové neuroplasticity mohou být například dokumentovaná zlepšení amblyopických očí po ztrátě oka vedoucího. [4]

Zlepšení zrakové ostrosti na blízkou vzdálenost z 0,39 na 0,19 LogMAR a významné zdokonalení kontrastu prostorového vnímání při promítání sinusové mřížky v krátkém časovém úseku (60 ms) prokázala na 30 dospělých jedincích (Ø 51 let) studie publikovaná v roce 2012 v časopise Scientific Reports, která nesla název „Training the brain to overcome the effect of aging on the human eye“. Jiná studie vizuálního maskování „Improving vision in adult amblyopia by perceptual learning“ u amblyopických osob uveřejněná v časopise PNAS se zaměřila na pravidelný zrakový trénink (2-4 x týdně) trvající přibližně 30 minut se stejným cílem, tedy zlepšením zrakových funkcí a posílení schopnosti vzájemného ovlivňování neuronů v primárním zrakovém centru. Autoři porovnávali hodnoty měření před a po tréninku. Výsledkem výzkumu sice nebyl posun z potlačení (suprese) vjemu k jeho zvýraznění (facilitaci), ale na testech vizuálního maskování došlo ke snížení suprese a zvýšení facilitace zrakového vjemu a zlepšení kontrastní citlivosti. [5] [6]

## 2. Experimentální část

Cílem práce bylo upozornit na vliv zrakového tréninku na lehkou myopii, které je stále na okraji zájmu oftalmologie a zaslouží si větší pozornost. Percepční učení by na základě našeho výzkumu mohlo sloužit jako podklad pro další výzkumné práce vedoucí k zařazení tohoto tréninku do praxe, popř. ke komerčnímu využití.

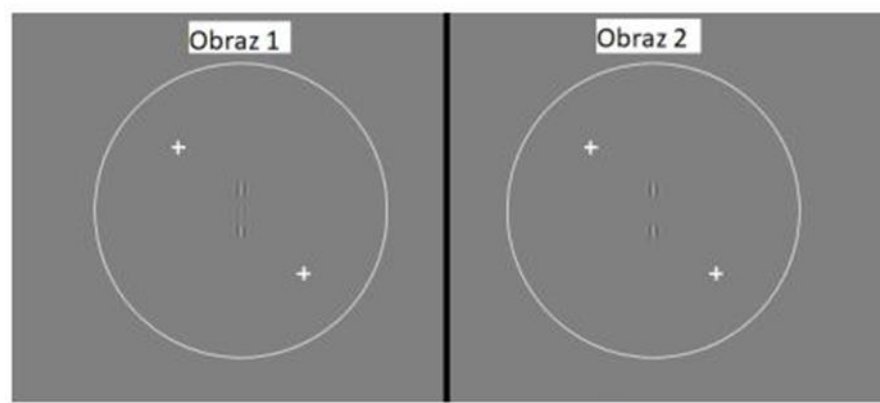
V experimentální části jsme si stanovili dvě hypotézy. První – zraková ostrost se zlepší o hodnotu 0,1 logMAR (1 řádek), druhá – subjektivní (případně objektivní) refrakční stav oka zůstane nezměněn se stavem před zrakovým tréninkem.

Testovací úkoly jsme naprogramovali a spouštěli prostřednictvím programu PsychoPy, který byl jednotlivým testovaným subjektům po jejich souhlasu naistalován do osobního počítače. U každého respondenta jsme předem zjišťovali rozlišení a šířku obrazovky, obnovovací frekvenci udávanou v Hz a preferovanou individuální vzdálenost od monitoru, kterou bylo nutné dodržovat po celou dobu testování. K úspěšnému testování se respondenti zavázali splňovat podmínku udržení jasů obrazovky na přibližné hodnotě 50 % a zachování stejných světelných podmínek v testovací místnosti tak, aby se co nejvíce zamezilo odleskům od obrazovky. U všech testovaných subjektů jsme pomocí Sondy Spyder 5 ověřili, že jas obrazovky monitorů se pohybuje v rozmezí 80–120 cd/m<sup>2</sup>.

Celé měření začalo stanovením objektivní refrakce a jejich zrakové vady, ověřením naturální zrakové ostrosti a následným potvrzením plné korekce do dálky testované na ETDRS optotypech v učebně se zataženými žaluziemi. Osvětlení v místnosti bylo 588 luxů. Podmínkou pro zařazení do výzkumu bylo nutné diagnostikování lehké myopie s hodnotou minimálně od -0,50 do maximálně -2,25 dpt. Tolerance cylindrické hodnoty korekce dosahovala -0,75 dpt. V případě vyšší cylindrické korekce nemohl být respondent zařazený.

Každému bylo podrobně vysvětleno, co bude předmětem testů a jaký bude jejich průběh pomocí jednoduchých grafických nákrešů. Podstatou testování bylo seznámení respondentů s klíčovým objektem každého testu, kterým je target, čili jedna sinusová mřížka.

Každý test obsahoval jeden velký kruh ohraničující testovací pole. Uprostřed velkého kruhu se mohl promítnout target společně s 2 sinusovými mřížkami (maskami). Na ilustračním obrázku (obr. 1) je možné vidět příklad simultánního maskování, při kterém se target a masky (3 mřížky) zobrazují současně ve stejný čas.



**Obrázek 15** Levý obrázek obsahuje target + masky, levý obsahuje pouze masky (chybí target o nižším kontrastu)

Úkolem testované osoby bylo určit, zda se objevil target s okolními maskami nebo pouze masky. Hned na začátku testování měl target nižší kontrast (cca 5%) než okolní masky (40%). V průběhu vizuálního percepčního učení se kontrast targetu zvyšoval nebo snižoval podle metody staircase 1 up 3 down o 0,04–0,1 log na základě správnosti odpovědí respondenta. Při

třech správných odpovědích se kontrast snížil a při jedné špatné naopak zvýšil. Kontrast okolních masek nastavených pevně na 40 % se však během jednotlivých testů neměnil.

Oběma skupinám byly v testech překládány vertikálně, horizontálně a diagonálně orientované mřížky. Vycházelo se z předpokladu, že většina písmen a čísel sestává z horizontálních, vertikálních a šikmých čar (cca 45 stupňů, výjimečně ve 135 stupních). Příkladem si uvedeme např. čísla 7, 2, 1.

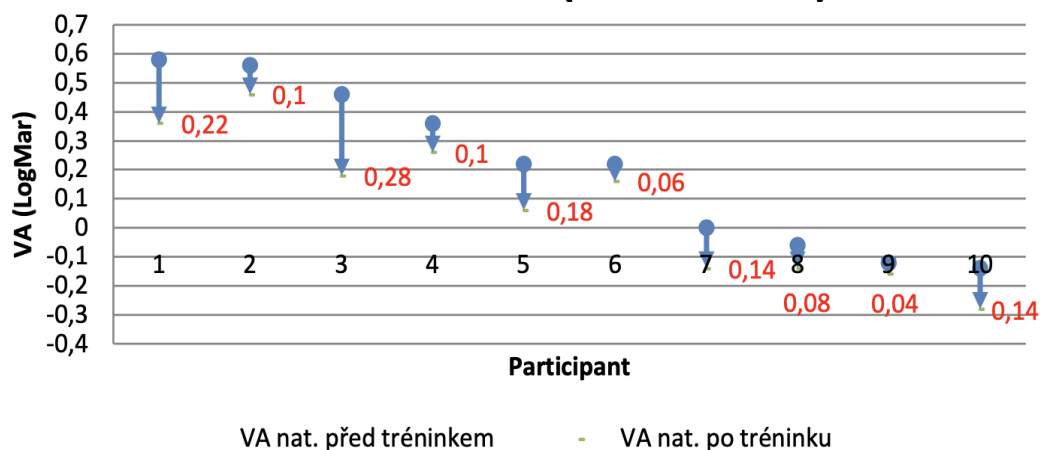
Při testování mohlo u citlivějších a více soustředěných respondentů docházet k mizení velkého fixačního kruhu. Tento fyziologický stav je v literatuře popisován jako Troxlerův efekt, jehož mechanismy nejsou zcela známy, ale předpokládá se, že příčinou vzniku je delší sledování statického stimulu, kdy dochází ke snížení aktivity neuronů, které zpracovávají perцепční podněty. Dalším důvodem může být, že naše pozornost při sledování monotónních impulsů přestává plnohodnotně vnímat nepodstatné a neohrožující objekty a raději je doplňuje o zkušenosti. Pro oko je výhodnější fixovat jiná místa v prostředí. Zdánlivá chyba ve vizuálním vnímání se stává vlastně propracovaným perцепčním mechanismem, při němž mozek potlačuje periferní vjem. Určitou roli může sehrát i očekávaná délka projekce jednotlivých stimulů, u nichž pozorovatel předvídá delší projekci. V tomto případě je nástup Troxlerova efektu pomalejší. Při plnění vizuálních úkolů není tento efekt zohledňován a na testování nemá žádný vliv, proto jsme na něj nebrali zřetel, pokud se vyskytl při tréninku u našich respondentů. [7]

### 3. Výsledky

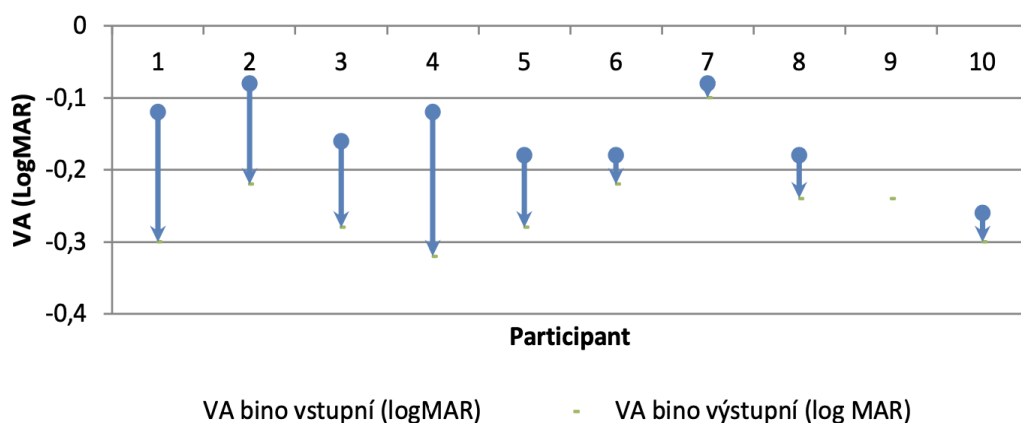
Po absolvování tréninku, který trval 5-6 týdnů, jsme porovnali vstupní a výstupní hodnoty naturální zrakové ostrosti pomocí ETDRS optotypu. Poté i objektivní refrakci měřenou pomocí autorefraktometru a subjektivní stav oka předkládáním zkušebních čoček.

Změnu naturální zrakové ostrosti (binokulárně) jsme zaznamenali do grafu č. 1. Průměrná zraková ostrost před zrakovým tréninkem byla 0,208 logMAR a průměrná zraková ostrost po zrakovém tréninku 0,077 logMAR. Průměrně zlepšení je tedy o 0,13 logMAR, což odpovídá asi 6 znakům. Párovým t-testem jsme prokázali signifikantní změnu binokulární zrakové ostrosti po zrakovém tréninku při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (0,001). Červeně zobrazená písmena v grafu č. 2 vyjadřují změnu zrakové ostrosti v logMAR zápisech.

Binokulární korigovaná zraková ostrost se průměrně zlepšila o 0,09 log, což odpovídá 4-5 znakům. I u korigované zrakové ostrosti tedy můžeme mluvit při hladině významnosti 0,05 o signifikantní změně. Při ověření refrakčního stavu oka jsme zjistili, že zůstal konstantní a nedošlo k žádné změně. Výsledky jsme zaznamenali do grafu č. 2.



**Graf č. 1** Změna naturální zrakové ostrosti (binokulárně)



**Graf č. 2** Změna korigované zrakové ostrosti (binokulárně)

## 4. Diskuze

Z našeho výzkumu jsme dospěli k potvrzení obou stanovených hypotéz, tedy, že došlo ke zlepšení zrakové ostrosti u všech respondentů, aniž by se změnil jejich refrakční stav. Domníváme se, že pozitivní výsledky testování mohly být ovlivněny věkem respondentů (Ø 22 let). Zdánlivou výhodu sehrálo jistě i profesní zaměření testovaných subjektů, které se pohybovalo v oboru optometrie, což vedlo k větší motivaci a porozumění dané problematice.

Nevýhodou byla krátká časová dotace na trénink, kdy při delším testování by mohla dosahovat úspěšnost vyšších hodnot. Přestože jsme pracovali s menší skupinou, než jakou uváděl zahraniční výzkum v článku vědeckého časopisu „Efficacy of neural vision therapy to enhance contrast sensitivity function and visual acuity in low myopia“ na obdobné téma, došli jsme ke srovnatelným výsledkům.

Zobrazování testů v počítačovém programu PsychoPy jsme vyhodnotili jako nejvhodnější způsob právě díky jednoduchosti ovládání programu a rychlé odezvě při generování dat pro další zpracování v tabulkovém softwaru Excel.

Světelné podmínky, které byly stanoveny už na začátku testování, nemusely být dodrženy a mohlo docházet k nechtěným odleskům od obrazovky a vnímání targetu s nízkým kontrastem.

Několik respondentů také popisovalo vnímání „paobrazů“ při plnění jednotlivých zadaných úkolů. Předpokládáme, že tyto paobrazy mohou vznikat náhodnou aktivitou neuronů, které byly způsobeny důsledkem neurálního šumu. Respondenti uváděli v průběhu účasti ve studii subjektivní úbytek paobrazů, což by mohlo být způsobeno adaptací neuronů díky perцепčnímu učení.

## 5. Závěr

Přestože se používání brýlí nebo kontaktních čoček stalo běžnou záležitostí, stále existují pacienti, kterým tento způsob korekce nevyhovuje a raději řeší svůj problém s vidinou laserové operace. Rovněž jsou pacienti, jimž z určitých důvodů nejsou tyto zákroky doporučeny. Právě pro tuto skupinu může být určitou alternativou perцепční učení, kterému jsme se věnovali. Z našich i zahraničních výsledků je zřejmé, že metoda nemůže plně korigovat myopii, ale určitého zlepšení se dá dosáhnout. Při doporučení této metody je tedy vždy nutné zvážit očekávání a motivaci daného jedince.

Návrh zrakového tréninku založeného na perцепčním učení je komplexní úloha, která kombinuje poznatky z optometrie/oftalmologie, neurovědy a inženýrské postupy. Další směřování výzkumu by se mělo zaměřit na maximální zefektivnění zrakového tréninku a větší multioborovou spolupráci.

Výzkumy ukazují, že refrakční stav oka se nemění. Mění se pouze zraková ostrost. Jediné vysvětlení takového zlepšení je efektivnější zpracování obrazu v mozku. Pokud připustíme takové vysvětlení, pak připouštíme i zachování určité míry neuroplasticity. To je tvrzení, které jde proti běžně uznávané doktríně o absenci využitelné neuroplasticity v dospělém věku. Nabízí se tak další směřování výzkumu perceptivečního učení u amblyopů, presbyopů a osob nespokojených po implantaci multifokálních intraokulárních čoček. U výše uvedených skupin očekáváme i větší potenciál a motivaci pro zrakový trénink. To dokazuje i zaměření komerční aplikace RevitalVision.

## 6. Reference

- [1] POLAT, Uri. Perceptual learning induces neuroplasticity, enabling improvement of visual functions. *Expert Review of Ophthalmology* [online]. 2014, 4(6), 573-576 [cit. 2023-02-12]. ISSN 1746-9899. Dostupné z: doi:10.1586/eop.09.54
- [2] Gold, Joshua & Watanabe, Takeo. *Perceptual learning*. *Current biology*. January 2010

- [3] Schneider, W.; Shiffrin, R.M. (1977). "Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention". *Psychological Review*. 84 (1): 1–66. doi:10.1037/0033-295X.84.1.1. S2CID 26558224.
- [4] Visual improvement in amblyopic eye following treatment-induced vision loss in dominant eye with uveal melanoma. *Br J Ophthalmol* [online]. [2020], 2017(vol. 21), 207 [cit. 2022-12-10]. Dostupné z: doi:10.1136/bjophthalmol-2018-313505
- [5] POLAT, U., SCHOR, C., TONG, J.L., ZOMET, A., LEV, M., YEHECKEL, O., STERKING, A., LEVI, DM. Training the brain to overcome the effect of aging on the human eye. *Scientific reports*. 02/2012. (278) <https://doi.org/10.1038/srep00278>
- [6] POLAT, Uri et al. Improving Vision in Adult Amblyopia by Perceptual Learning. *PNAS* [online]. 2004 [cit. 2022-12-31]. Dostupné z: <https://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0401200101/>
- [7] SEDLÁČEK, Mojmír. Troxlerův efekt: Optické iluze a klamy. *Zoom.iprima.cz* [online]. neznámé: FTV Prima, 2022 [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://zoom.iprima.cz/zajimavosti/troxleruv-efekt>

## Comparison of tear film analysis methods

**Klára Modrová<sup>1</sup>, Iva Klimešová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [modrokla@fbmi.cvut.cz](mailto:modrokla@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Tear film, dry eye, keratograph, BUT, NIKBUT, tear meniscus

**Abstract:** Bachelor's Thesis pays great attention to description of the tear film, the most frequently used questionnaires for diagnosis of dry eye (McMonnies and OSDI) and further in detail to tear film analysis on slit lamp and keratograph Oculus 5M. It is also focused on new devices for tear film analysis. Main advantage of devices compared to slit lamp is the possibility of recording the results, better illumination and simpler and more accurate process of measurement.

The main goal of the practical side is to qualify correlation between BUT and NIKBUT, between measuring the TMH on keratograph vs. on slit lamp and between the results of these methods and the McMonnies and OSDI questionnaires.

The results evaluated on 23 subjects have shown that there is a strong correlation between BUT and NIKBUT (0,491–0,744) and statistical significant, there has been a difference for right eye  $\pm$  SD:  $-0,1 \pm 8,1$  s and for left eye  $1,7 \pm 8,9$  s. Between the methods of measuring TMH, there has also been a strong correlation (0,416–0,786) and statistical significant, the difference between methods was the same for right and left eye:  $0,0 \pm 0,1$  mm. Low insignificant correlation was confirmed on the results of McMonnies and OSDI with clinical tests.

The results have shown that there is a relation between devices. For methods of measuring TMH there is a relative negligible difference, and they can be compared with a caution. For BUT and NIKBUT there is a bigger difference, so their comparison is more inappropriate. In result, for tear film analysis it is not enough to choose only one test, but it is necessary to choose a combination of variously tests and their corporate evaluation.

## Porovnání metod analýzy slzného filmu

**Klára Modrová<sup>1</sup>, Iva Klimešová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [modrokla@fbmi.cvut.cz](mailto:modrokla@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Slzný film, suché oko, keratograf, BUT, NIKBUT, slzný meniskus

**Abstrakt:** Studie se zabývá popsáním slzného filmu (SF), dotazníků k diagnostice suchého oka (McMonnies a OSDI) a podrobněji pak analýzou slzného filmu na štěrbinové lampě a keratografu Oculus 5M. Dále zmiňuje nové přístroje pro analýzu SF. Hlavní výhodou přístrojů oproti štěrbinové lampě je možnost zaznamenání výsledků, lepší osvětlení a jednodušší a přesnější průběh vyšetření. Cílem praktické části je posoudit vztah mezi NIKBUT a BUT, mezi stanovením výšky slzného menisku (SM) na keratografu vs. na štěrbinové lampě a mezi výsledky těchto metod s dotazníky McMonnies a OSDI. Měření provedené na 23 subjektech ukázalo, že mezi metodami BUT a NIKBUT je silná korelace (0,491–0,744) a statisticky signifikantní, mezi výsledky měření byl měřen rozdíl pro oko pravé průměr  $\pm$  SD:  $-0,1 \pm 8,1$  s a pro levé  $1,7 \pm 8,9$  s. Mezi měřením SM byla hodnota korelace také silná (0,416–0,786) a statisticky signifikantní, rozdíl mezi měřeními byl pro pravé i levé oko stejný  $0,0 \pm 0,1$  mm. Mezi dotazníky a testy byla měřena nízká statisticky nesignifikantní korelace. Výsledky ukazují, že jsou na sobě přístroje závislé. Mezi metodami měření SM je relativně zanedbatelný rozdíl a lze je tedy mezi sebou s určitou obezřetností porovnávat. U metod BUT a NIKBUT je rozdíl větší, proto zde spíše není porovnávání vhodné. Z výsledků vyplývá, že pro analýzu slzného filmu si nestačí vybrat pouze jeden test, ale je potřeba kombinace různých testů a jejich společné vyhodnocení.

### 1. Úvod

Studie se zaměřuje na využití přístrojů a jejich propracovaných softwarů pro analýzu slzného filmu, proto jsou testy rozděleny dle přístrojů, na kterých je lze provést, a nikoliv dle často používaného rozdělení na kvalitativní a kvantitativní. Studie se věnuje i možnosti porovnání výsledků vyšetření na různých přístrojích se zaměřením na BUT (Break-up-time) test a

NIK BUT (Non-Invasive-Keratograph-Break-up-time) a slzný meniskus na štěrbinové lampě a keratografu Oculus 5M.

V úvodu je popsáno složení a funkce slzného filmu. Následující kapitola se zaměřuje na anamnézu, která je nedílnou součástí celkové analýzy slzného filmu a na dotazníky, které se v praxi nejčastěji využívají. Jelikož je studie zaměřena na využití přístrojů, následující kapitoly jsou věnovány štěrbinové lampě a keratografu 5M od firmy Oculus. Jsou zde detailně popsány jejich principy a převážně možnosti vyšetření, jejich průběh, význam a následné vyhodnocení. Nové přístroje a jejich principy a postupy jsou popsány v následující kapitole. Závěrem jsou popsány studie zabývající se BUT, NIK BUT a vyšetřením slzného menisku a je vytvořena tabulka, která nadále slouží pro porovnávání v praktické části. Závěrečná kapitola se věnuje interpretaci výsledků a řešení suchého oka.

Praktická část je zaměřena na metodu BUT na štěrbinové lampě a metodu NIK BUT na keratografu Oculus 5M, dále na metodu měření výšky slzného menisku na štěrbinové lampě a keratografu Oculus 5M. Věnuje se také zjišťování subjektivních symptomů za využití dotazníků MCMonnies a OSDI zaměřujících se na suché oko a na stanovení míry začervenání bulbární a limbální spojivky na keratografu Oculus 5M.

Cílem studie je ověřit, zda je možné jednotlivé metody měření slzného filmu mezi sebou porovnávat a zda je možné nahradit objektivní měření na štěrbinové lampě měřením na přístrojích. Dalším z cílů je ověření korelace symptomů zjištěných pomocí dotazníků s ostatními objektivními testy provedenými v praktické části a porovnání výsledných hodnot s hodnotami z dřívějších studií.

## 2. Experimentální část

Soubor subjektů se skládá z 23 náhodně vybraných osob ve věku 20–25 let. Procentuálně se jedná o 35 % mužů a 65 % žen. Z 23 subjektů pouze 5 nosí pravidelně kontaktní čočky, 3 subjektům byla nedávno předepsaná léčba suchého oka a 3 subjekty často používají zvlhčovací kapky. U každého ze subjektů byla zpracována anamnéza, která se zaměřovala zejména na farmakoterapii a onemocnění spojené se SF. Jeden ze subjektů trpí onemocněním štítné žlázy a 5 subjektů užívá hormonální antikoncepci. Každý ze subjektů byl následně také dotázán na průměrnou denní dobu strávenou u digitálních zařízení, která byla průměrně 6 hodin. Před každým měřením byla zaznamenána i momentální únava, a zda se subjekt potýká se symptomy suchého oka.

Měření probíhalo v budově Fakulty biomedicínského inženýrství na Kladně v místnosti 234 v průběhu měsíce března a dubna roku 2023.

Byla zaznamenána bulbární a limbální injekce a získané hodnoty byly zaznamenány dle Efronovy hodnotící stupnice. Následovalo měření výšky slzného menisku na keratografu. Po zhodnocení výšky slzného menisku bylo zahájeno měření NIK BUT. Po proběhlém měření na keratografu byl každý ze subjektů požádán o vyplnění dotazníků MCMonnies a OSDI.

Po vyplnění dotazníku byl subjekt požádán o přesun ke šterbinové lampě SL-95 od firmy SHIN-NIPPON (Japonsko). Nejdříve byl každému ze subjektů zkontrolován přední segment a byly uvedeny všechny přítomné patologie sledované pod nastaveným difúzním osvětlením. Před samotným měřením výšky slzného menisku, byl difúzní filtr odebrán. Výška paprsku byla nastavena na 0,2 mm, podle kterého se provedlo porovnání výšky slzného menisku, a následně zaznamenána hodnota. Poslední metodou byl BUT, měření probíhalo za předsazení kobaltového a žlutého filtru a s maximální nastavenou šířkou paprsku bez difúzního filtru. K měření byly využity sterilní proužky s fluoresceinem I-DEW FLO Fluorescein Sodium Ophthalmic Strip U.S.P. od firmy ENTOD Research Cell UK Ltd a roztok Optifree Puremoist od firmy Alcon, pomocí kterého byl následně proužek navlhčen.

Deskriptivní statistikou byl u všech hodnot dané metody zjištěn průměr, max, min a směrodatná odchylka. Pomocí indukativní statistiky byla nadále vypočtena Pearsonova korelace a stanovena oboustranná signifikance (2-tailed) s 95% hladinou významnosti. Síla korelace jednotlivých hodnot byla stanovena dle studie [3], kdy střední hodnota vychází v rozmezí 0,3 – 0,5, silná hodnota v rozmezí 0,6 – 0,7 a velmi silná hodnota 0,8 – 0,9.

Grafy byly použity výsečové pro znázornění rozložení subjektů a sloupcové grafy pro znázornění hodnot jednotlivých metod měření. K porovnání BUT testů a metod měření výšky SM na keratografu a šterbinové lampě byl použit BlandAltmanův graf, který vyjadřuje míru shody měření na určitém subjektu rozdílem hodnot a příslušným průměrem obou měření. Na křivce jsou vyneseny 3 přímky, jedna určuje průměrný rozdíl hodnot a další dvě představují přímky určující limit, mezi kterými lze nalézt rozdíly měření. Mezní hodnoty limitních přímek jsou stanoveny na 95 % a byly vypočteny dle vzorce:

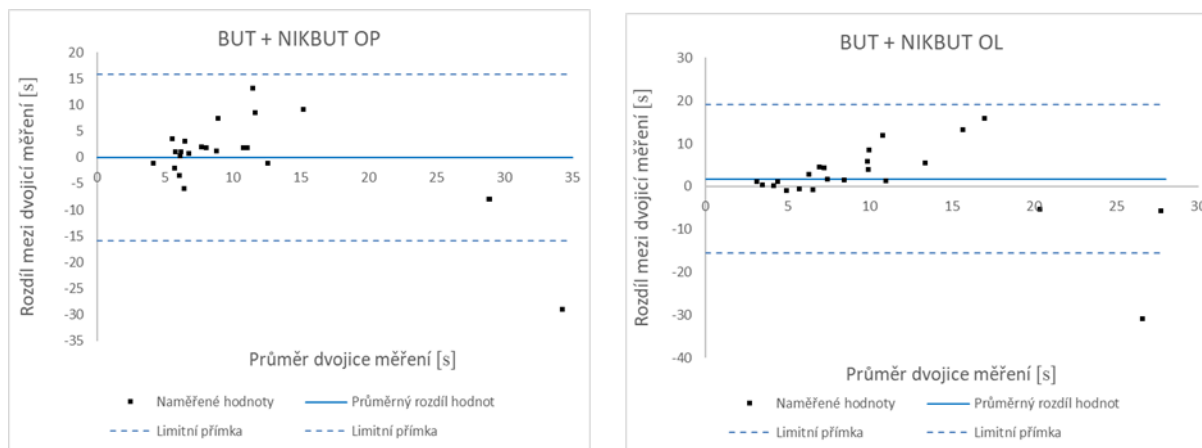
$$\text{Mezní hodnota} = \bar{or} \pm 1,96 \times SD,$$

kde  $\bar{or}$  představuje průměr rozdílu hodnot a SD směrodatnou odchylku.

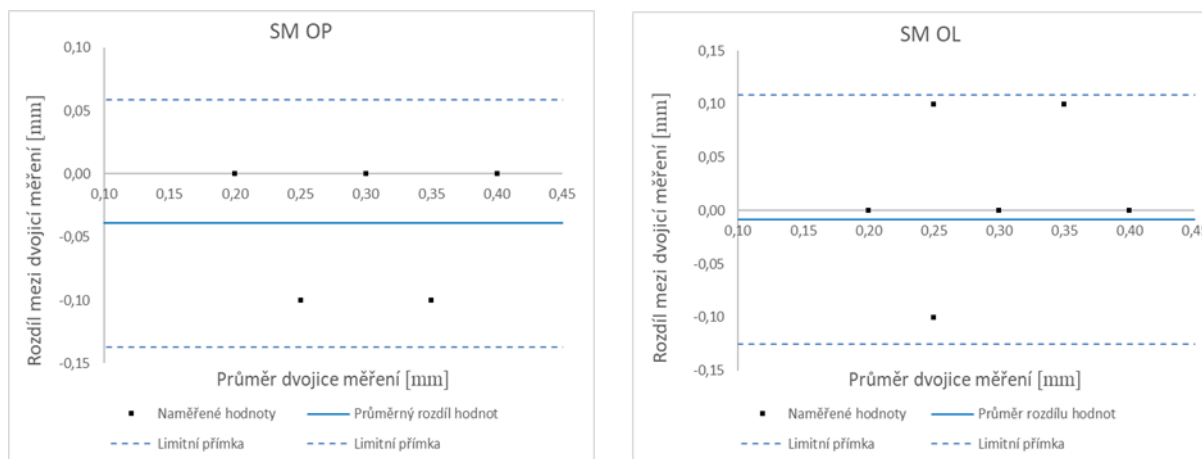
### 3. Výsledky a diskuze

V porovnání s dřívějšími studiemi se prokázala střední až velmi silná pozitivní signifikantní korelace (0,416 – 0,786,  $p = <0,001-0,048$ ) mezi metodami BUT a NIKBUT, a tedy jejich vzájemná souvislost jak mezi přístroji, tak mezi pravým a levým okem. Rozdíly mezi výslednými hodnotami těchto metod jsou ale větší, pro pravé oko (min -29,1 s; max 13,2 s) a pro levé oko (-31,1 s; -15,8), proto není vhodné je mezi sebou přímo porovnávat.

Střední až velmi silná pozitivní signifikantní korelace (0,491-0,744,  $p = <0,001-0,017$ ) se projevila u porovnání metod měření SM na šterbinové lampě a keratografu, tím i jejich vzájemná souvislost a zároveň zanedbatelný rozdíl (min -0,1 mm; max 0,1 mm) mezi jejich naměřenými hodnotami. Měření výšky slzného menisku je proto možné provádět jak na šterbinové lampě, tak zároveň na keratografu, kde je měření přesnější i vlivem lepšího osvětlení. Přestože mají naměřené hodnoty SM na šterbinové lampě tendenci být nižší než na keratografu, jejich hodnoty lze mezi sebou porovnávat s určitou obezřetností. Určitá závislost byla pozorovatelná mezi hodnotami bulbární a limbální injekce na keratografu, kdy vycházela silná až velmi silná pozitivní signifikantní korelace (0,474-0,824,  $p = <0,001-0,022$ ).



**Obrázek 1:** Graf znázorňující závislost naměřených hodnot BUT a NIKBUT na pravém oku (vleco). Graf znázorňující závislost naměřených hodnot BUT a NIKBUT na levém oku (pravo).



**Obrázek 2:** Graf znázorňující závislost naměřených hodnot SM na pravém oku (vleco). Graf znázorňující závislost naměřených hodnot SM na levém oku (vpravo)

U porovnání výsledných hodnot OSDI a McMonnies dotazníků s objektivními metodami se prokázala nízká nesignifikantní korelace 0,397, což potvrzuje výsledky dřívějších studií. Výsledné hodnoty dotazníků zaměřujících se na symptomy suchého oka tedy nelze porovnávat s výsledky objektivních testů, ale je vhodné je zařadit do kompletní analýzy SF.

## 4. Závěr

Tato studie probíhala na malém vzorku subjektů, proto by v budoucnu bylo vhodné studii opakovat na větším vzorku a pro porovnání využít i větší rozmezí věku subjektů, jelikož dřívější studie ukázaly i značnou závislost na věku, kdy čím vyšší věk, tím spíše se objeví problémy se suchým okem.

Doporučením pro praxi optometristy je využití vícero metod analýzy SF a následné vyhodnocení těchto metod provádět dohromady. Jelikož se u jedné metody může projevit hodnota napovídající o suchém oku, ale další metoda může prokázat normální hodnoty. Důležitým faktorem je také srovnání s anamnézou každého ze subjektů či přidání výsledného skóre dotazníků.

## 5. References

- [1] DIETZE, H., Die optometrische Untersuchung. ed. 2. Thieme, 2015, ISBN 978-3-13-142232-3.
- [2] THE VISION CARE INSTITUTE: Vyšetření slzného filmu. [online], [cit.2022-10-21], 2012,  
[http://www.thevisioncareinstitute.cz/sites/default/files/content/cz/Vysetreni\\_slzneho\\_filmu.pdf](http://www.thevisioncareinstitute.cz/sites/default/files/content/cz/Vysetreni_slzneho_filmu.pdf)
- [3] AKOGLU H. User's guide to correlation coefficients. Turk J Emerg Med. 2018 Aug 7;18(3):91-93. doi: 10.1016/j.tjem.2018.08.001. PMID: 30191186; PMCID: PMC6107969, Dostupné z:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6107969/>. [online], [cit. 2023-05-03]

## The effect of dietary supplements on vision

**Jáchym Velebný<sup>1</sup>, Jakub Král<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [jachym.velebny01@gmail.com](mailto:jachym.velebny01@gmail.com)

**Keywords:** Lutein, contrast sensitivity, optic tract, photoreceptors, pigment

**Abstract:** This bachelor's thesis deals with the effect of dietary supplements on vision. At the beginning, retinal anatomy and photoreceptors are described. In the next part, the thesis focuses on describing the visual pathway and its neurons. Next, the work deals with describing important colorants and vitamins that affect the quality of vision. This is also associated with diseases that can affect a person in the absence of these colorants and vitamins. The last part of the thesis deals with contrast sensitivity. We will also clarify here what is the spatial frequency and tests for contrast sensitivity testing that are available to us today. The goal of the bachelor's thesis is to prove, if dietary supplemmments affect constrast vision.

## Vliv doplňků stravy na zrak

**Jáchym Velebný<sup>1</sup>, Jakub Král<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: [jachym.velebny01@gmail.com](mailto:jachym.velebny01@gmail.com)

**Klíčová slova:** Lutein, kontrastní citlivost, zraková dráha, fotoreceptory, pigment

**Abstrakt:** Tato bakalářská práce se zabývá vlivem doplňků stravy na vidění. Na začátku je popisována anatomie sítnice a fotoreceptory. V další části se bakalářská práce zaměřuje na popsání zrakové dráhy a jejích neuronů. Dále se práce zabývá popsáním důležitých barviv a vitaminů, jež ovlivňují kvalitu vidění. S tím se pojí i onemocnění, která mohou člověka postihnout při nedostatku těchto barviv a vitaminů. Poslední části bakalářské práce se věnuje kontrastní citlivosti. Objasníme si zde také, co je prostorová frekvence a testy na vyšetření kontrastní citlivosti, které jsou nám v dnešní době dostupné. Cílem bakalářské práce je ověřit, zda má doplněk stravy obsahující lutein a zeaxantin vliv na kontrastní citlivost.

### 1. Úvod

Při studiu na optometrii jsem našel článek na téma Vliv doplňků stravy na zrak. Po dohodě s vedoucím Mgr. Jakubem Králem jsme se shodli na atraktivitě tohoto článku. V rodině mám babičku, která trpěla šedým zákalem. Problematika se zabývá metabolickými procesy vstřebávání karotenoidů, případně doplňků stravy se zaměřením na biologické procesy v sítnici, proto v bakalářské práci bude podrobně popsána anatomie sítnice, zraková dráha, lutein, jakožto přirozené barvivo, které se vstřebává do pigmentového listu sítnice. Nemálo důležitá kapitola je kontrastní citlivost, kde budou popsány jednotlivé testy a metodika testování oka. Na teoretickou část navazuje část praktická, ve které bude přímo zkoumán vliv doplňků stravy na zrak. Probandům byla změřena kontrastní citlivost bez užívání doplňku stravy, následně jej pod dobu jednoho měsíce užívali a opět jim byla změřena kontrastní citlivost. Výsledky byly následně zpracovány a porovnány. Cílem bakalářské práce je odborná rešerše na tuto problematiku a zjištění, zda má doplněk stravy s luteinem vliv na kontrastní citlivost člověka.

## 2. Experimentální část

Praktická část bakalářské práce se skládá ze 2 fází měření s odstupem jednoho měsíce. V prvním fázi měření bude naměřena a určena plná refrakce, ve které pak proběhne test na zjištění kontrastní citlivosti v rozmezí od 1,5 cyklů na stupeň do 24 cyklů na stupeň s proměnlivým kontrastem. Poté testované osoby budou po dobu jednoho měsíce užívat doplněk stravy, který obsahuje lutein a zeaxanthin a následně se dostaví na druhé měření, při kterém bude opět určena plná refrakce a proveden test na kontrastní citlivost. Pokud dojde k výrazné změně refrakčních hodnot, tak bude subjekt vyřazen ze studie. Cílem těchto měření bude zjistit, zda má doplněk stravy vliv na kontrastní citlivost člověka. V následujících částech bakalářské práce bude představena metodika výzkumu, dále budou představeny hypotézy a v neposlední řadě uvedeny výsledky měření.

Měření se dělí na dvě části, mezi kterými je odstup jednoho měsíce. 1. měření probíhalo od 15.3.2023 do 29.3.2023 na Kladně v budově Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT. 2. měření bylo provedeno od 12.4.2023 do 26.4.2023 taktéž v budově Fakulty biomedicínského inženýrství na Kladně. Při obou měřeních byly standartní podmínky vyšetřovací místnosti a dodržena vyšetřovací vzdálenost. Měření probíhalo na optotypu Topcon CC-100XP a autokeratorefraktometru Topcon TRK-2P a v obroučce Oculus UB40.

Měření experimentální části se účastnilo 10 dobrovolníků z různých oborů na fakultě biomedicínského inženýrství na Kladně ve věku od 19 do 23 let. Všichni byli obeznámeni se studijí a zároveň všichni potvrdili, že užívali doplněk stravy dobrovolně. Každý jedinec při druhém měření potvrdil, že užíval doplněk stravy dle doporučení výrobce – 1x denně a to po dobu minimálně 28 dnů a maximálně 32 dnů.

## 3. Výsledky a diskuze

Při testování obou hypotéz nelze zamítnout  $H_0$ . U hypotézy 1 nedochází ke statisticky významné odchylce, a proto nemění u probanda křivku kontrastní citlivosti po měsíci užívání doplňku stravy s luteinem. U hypotézy 2 taktéž nedochází ke statisticky významné odchylce pokud se testovaly pouze konkrétní prostorové frekvence. Může to být způsobené chybou měření daných probandů, bylo by vhodné test pro kontrastní citlivost zopakovat, ale z důvodů vyčerpání optotypu, který test obsahoval, a z časových vyčerpání probandů nebylo test možno zopakovat. Další možné chyby mohly nastat ze strany probandů, například únava či vyčerpání.

U probanda č.1 proběhlo první měření 14.3.2023. Proband uvedl, že poslední vyšetření zraku proběhlo v září roku 2022 u oftalmologa. V anamnéze bylo zjištěno, že proband nemá žádné problémy v oblasti oční anamnézy. V oblasti celkové anamnézy bylo zjištěno, že se u prarodičů vyskytuje odchlíplá sítnice a hypertenze, ale ani jeden z těchto problémů se netýká přímo probanda. Proband dále uvedl, že užívá léky, konkrétně léky na astma a na alergii. V poslední části anamnézy bylo uvedeno, že proband je aktivní řidič a u počítače tráví v průměru 6 hodin denně.

Před samotným testem na kontrastní citlivost byl proband řádně poučen o průběhu testu a jak na něj odpovídat. Druhé měření proběhlo 13.4.2023. Opět došlo ke subjektivní i objektivní kontrole refrakce, která se nezměnila, a tak mohl být proveden opět test na kontrastní citlivost. Z výsledků je patrné, že v tomto případě neměl doplněk stravy žádný vliv na kontrastní citlivost měřené osoby. Naopak se proband i zhoršil v prostorové frekvenci 24 cyklů/stupeň o 19.

Proband č.2 byl měřen 22.3.2023. Proband uvedl, že poslední kontrola zraku proběhla v dětství. V oční a celkové anamnéze neuvedl žádné komplikace ani výskyty vad, které by měly vliv na vidění. Neužívá žádné léky a je to aktivní řidič, na počítači tráví denně asi 6 hodin.

Druhé měření proběhlo 19.4.2023. Při objektivní ani subjektivní kontrole refrakce nedošlo ke změně, a tak bylo přistoupeno k testu na kontrastní citlivost. V tomto případě došlo k výraznému zhoršení kontrastní citlivosti, hlavně v prostorové frekvenci 6 cyklů/stupeň a 8,49 cyklů/stupeň, kde byl propad o 102,5 bodu. V případě probanda č.2 došlo pravděpodobně k chybě v měření, ale kvůli časové vytíženosti probanda i učebny bylo nereálné provést další měření v době 30  $\pm$  2 dní od začátku užívání doplňku stravy.

Proband č.3 byl měřen 22.3.2023. U Probanda č.3 proběhla poslední kontrola zraku 21.3.2023 a to u optometristy. V oblasti anamnézy bylo uvedeno, že proband nikdy neprodělal žádné úrazy či operace očí. V rodině se vyskytuje amblyopie, která postihuje sestru a matku. Proband je student a brigádník v optice. Neužívá žádné léky, na počítači tráví denně okolo 10 hodin a není to aktivní řidič.

U probanda č.3 došlo k celkovému zlepšení. Největší rozdíl byl v prostorové frekvenci 16,97 cyklů/stupeň, kde oproti prvnímu měření došlo ke zlepšení o 41 bodů. Jediná část, kde u probanda nebyly naměřeny stejné/lepší hodnoty byla v prostorové frekvenci 24 cyklů/stupeň, zde se proband zhoršil o 19 bodů.

Proband č.4 byl měřen 22.3.2023. Poslední kontrola zraku byla provedena v lednu 2023. V anamnéze neuvedl žádné oční operace nebo úrazy. V rodinné anamnéze byla zjištěna pouze operace katarakty u prarodičů. Proband č.4 je studentem a pracuje brigádně jako plavčík v plaveckém areálu. Na počítači tráví denně okolo 8–9 hodin a je to aktivní řidič.

Po objektivní i subjektivní refrakci se přešlo na vyšetření kontrastní citlivosti. U probanda č.4 byly výsledky téměř shodné s prvním měřením, došlo ke zlepšení pouze v prostorové frekvenci 24 cyklů/stupeň, kde se proband zlepšil o 19.

Proband č.5 se dostavil na měření 22.3.2023. Poslední vyšetření zraku bylo provedeno 13.3.2023 optometristou. Proband uvedl, že v minulosti neprodělal žádné operaci očí, současně vyloučil i úrazy očí. V rodinné anamnéze bylo zjištěno, že jeden z prarodičů má glaukom a je po operaci katarakty. Proband je studentem a zároveň má brigádu v restauraci. Bylo zjištěno, že proband užívá hormonální antikoncepci, na počítači tráví denně okolo 4 hodin a není aktivním řidičem.

Po objektivní a subjektivní refrakci byla změřena kontrastní citlivost. U probanda č.5 došlo k výraznému zhoršení, především v prostorové frekvenci 2,12, 8,49 a 16,97 cyklů/stupeň, kde se propady hodnoty pohybovaly mezi –67 a –92. V tomto případě mohlo dojít k přístrojové

chybě, případně k chybnému odpovídání probanda, ale z důvodu časové vytiženosti probanda i učebny nebylo možné opakovat test v daném časovém rozmezí.

Proband č.6 se dostavil na měření 22.3.2023. Poslední kontrola zraku proběhla v roce 2022. V anamnéze bylo uvedeno, že proband neprodělal žádné úrazy či operace očí. V rodině se vyskytuje diabetes, konkrétně u jednoho z prarodičů a u bratranců. Proband je studentem a neužívá žádné léky pravidelně, pouze občasné léky na alergii. Na počítači tráví okolo 6hodin denně a je aktivním řidičem.

U probanda č.6 došlo ke zlepšení pouze v prostorové frekvenci 24 cyklů/stupeň o 19. Ostatní hodnoty byly shodné s prvním měřením.

Proband č.7 se dostavil na měření 22.3.2023. Poslední kontrola zraku bylo provedena rok zpět. V anamnéze bylo zjištěno, že proband neprodělal žádné operace očí, a ani neprodělal žádný úraz. Proband je studentem a pracuje jako brigádník v zahradnictví. Neužívá žádné léky, na počítači je 4 hodiny denně a je aktivním řidičem.

U probanda č.7 došlo k výraznému zhoršení v prostorové frekvenci 6 cyklů/stupeň, a to o 153,5 bodů. Ale zároveň se proband výrazně zlepšil v prostorové frekvenci 8,49 cyklů/stupeň, kde byl nárůst o 86,5 bodů. Zde je možné, že došlo k chybě měření, ale z důvodu časové vytiženosti probanda i učebny nebylo možné měření provést znovu v časovém rozmezí, které bylo potřebné pro toto měření.

Proband č.8 se dostavil na měření 29.3.2023. Poslední vyšetření zraku bylo provedeno 22.3.2023. Proband uvedl, že v minulosti neměl žádné úrazy očí či operace. V rodině se nevyskytují žádná onemocnění. Proband je studentem a pracuje v optice. Proband užívá hormonální antikoncepci, je aktivním řidičem a na počítači tráví denně 3 hodiny.

U probanda č.6 došlo ke zhoršení pouze v prostorové frekvenci 24 cyklů/stupeň o 19. Ostatní hodnoty byly shodné s prvním měřením.

Proband č.9 se dostavil na měření 29.3.2023. Poslední vyšetření zraku bylo provedeno 28.3.2023. Proband uvedl, že je nositelem dioptrických brýlí od 4. třídy. V rodině se vyskytuje vysoká myopie u matky. Proband je studentem a pracuje brigádně v optice. Neužívá žádné léky, je aktivním řidičem a na počítači tráví 3 hodiny denně.

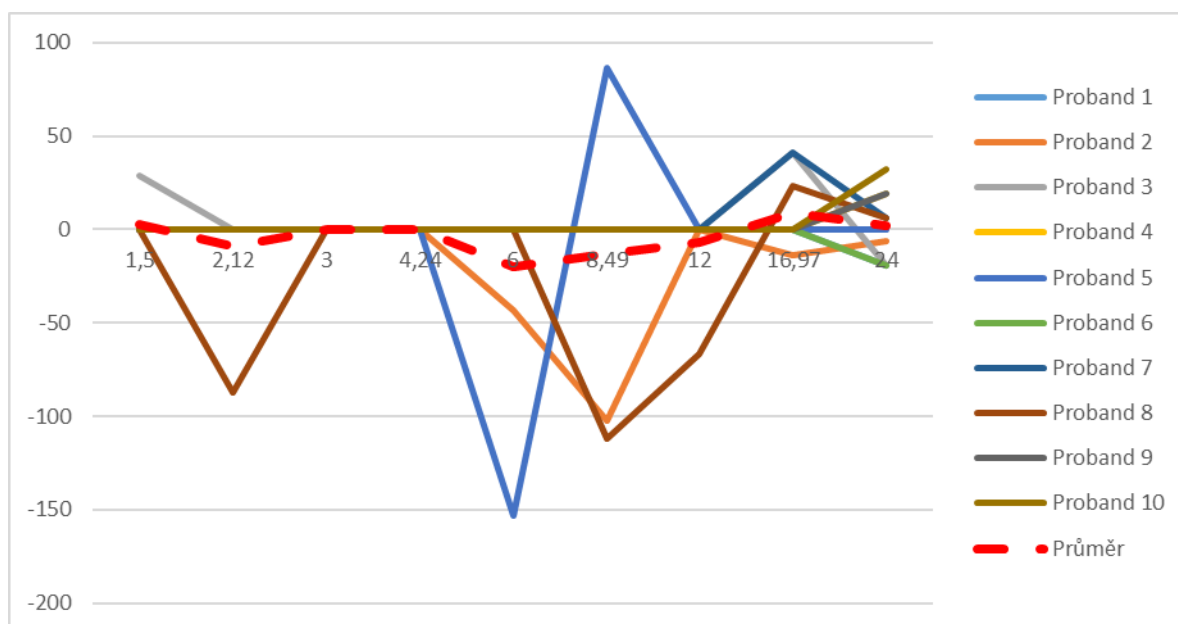
U probanda č.9 došlo ke zlepšení v prostorové frekvenci 24 cyklů/stupeň o 32. Ostatní naměřené hodnoty se shodují s prvním měřením.

Proband č.10 se dostavil na měření 29.3.2023. Poslední vyšetření zraku bylo provedeno v roce 2022. Proband uvedl, že v minulosti neprodělal žádné operace očí a zároveň se nikdy nezranil v oblasti očí. Matka má problémy se štítnou žlázou. Proband je studentem a pracuje jako brigádník v optice. Užívá hormonální antikoncepci a léky na alergii, je aktivním řidičem a na počítači tráví 5 hodin denně.

Zde se po měsíci užívání doplňku stravy dostavilo zlepšení v prostorové frekvenci 16,97 cyklů/stupeň o 41 a v prostorové frekvenci 24 cyklů/stupeň o 6.

**Tabulka 3:** Průměrné výsledky testů na kontrastní citlivost u všech probandů

Cykly/stupeň	1,5	2,12	3	4,24	6	8,49	12	16,97	24
První měření	94,2	120	150	160	157	131	110	72,9	42
Druhé měření	97,1	111	150	160	138	119	103	82	43,9
Rozdíl	+2,9	-9	0	0	-19	-12	-7	+9,1	+1,9



**Graf 2:** Souhrnné shrnutí všech účastníků měření, kde přerušovaná červená čára značí průměrné hodnoty všech probandů

## 4. Závěr

Cílem této práce bylo zjistit, jestli mají doplňky stravy nějaký vliv na zrak. Proto byla nejprve popsána sítnice, fotoreceptory a zraková dráha. Dále jsou v práci popsány důležité barviva a vitaminy, které ovlivňují vidění. S tím se pak pojí kapitola o onemocněních a stavech, které vznikají v důsledku nedostatků těchto barviv a vitaminů v oku. V poslední části je rozebrána kontrastní citlivost a možnosti vyšetření, které jsou nám v dnešní době dostupné.

V poslední kapitole teoretické části bylo zjištěno, že se v dnešní době dá použít několik druhů testů na vyšetření kontrastní citlivosti. Každý vypadá trochu jinak, ale princip mají podobný, proto jsem se rozhodl v praktické části této práce použít digitální testy pro vyhodnocení účinků luteinu na kontrastní citlivost.

V praktické části byl zkoumán vliv doplňku stravy, obsahující lutein a zeaxantin, na kontrastní citlivost. Vybraným osobám byla změřena refrakce a kontrastní citlivost před tím, než začali po dobu jednoho měsíce užívat lutein. Po jednom měsíci přišli probandi opět na měření, kde jim byla změřena refrakce a kontrastní citlivost.

Po zpracování výsledků a jejich následném porovnání s původní studií se prokázalo, že doplněk stravy neměl statisticky významný vliv na kontrastní citlivost, v některých

prostorových frekvencích docházelo i k jejímu zhoršení. V této studii se mohly vyskytnout chyby měření, které mohly být například únava probandů, špatné zobrazení na displeji optotypu nebo tím, že zkušební brýlové čočky nemají povrchovou antireflexní úpravu.

Výsledek této práce je tedy takový, že doplňky stravy obsahující lutein a zeaxantin nemají při krátkodobém užívání vliv na kontrastní citlivost. Při zvýšení dávky doplňku stravy, respektive jeho složek, a prodloužení doby, po kterou probandi užívali doplněk stravy, by měly být výsledky s předpokladem, že dojde ke zlepšení kontrastní citlivosti.

## Contrast sensitivity with reduced spherocylindrical correction

**Adéla Kolbabová<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [kolbaade@fbmi.cvut.cz](mailto:kolbaade@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Contrast sensitivity, space frequency, visus, sine-wave gratings

**Abstract:** The work is aimed at describing the basic issues of contrast sensitivity. It is devoted to the explanation of the process of light excitation in the anatomical part of the eye, factors influencing the reduction of contrast sensitivity and test possibilities in the measurement of contrast sensitivity. The practical part deals with the comparison of contrast sensitivity under full spherocylindrical correction and under reduced correction. First, contrast sensitivity is measured with full correction of a given refractive error and then visual acuity is reduced to a vision that is passable for obtaining a driver's license for non-professional drivers. The paper concludes with a comparison of the mean measurements of all 30 subjects, where the similarity of mean results between refractive errors was also investigated. In the result, the worst spatial frequency is the highest one, which shows smaller details of objects in real life.

# Kontrastní citlivost za snížené sférocylindrické korekce

**Adéla Kolbabová<sup>1</sup>, Jana Urzová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [kolbaade@fbmi.cvut.cz](mailto:kolbaade@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Kontrastní citlivost, prostorová frekvence, vízus, sinusové pruh

**Abstrakt:** Práce je zaměřena na popsání základní problematiky kontrastní citlivosti. Věnuje se vysvětlením průběhu světelného vzruchu v anatomické části oka, faktorům ovlivňující snížení kontrastní citlivosti a testovacím možnostem při měření kontrastní citlivosti. Praktická část se zabývá porovnáním kontrastní citlivosti za plné sférocylindrické korekce a za snížené korekce. Nejprve je měřena kontrastní citlivost s plnou korekcí dané refrakční vady a pak se zraková ostrost zhorší na vidění, které je průchozí pro získání řidičského průkazu u neprofesionálních řidičů. V závěru práce jsou porovnávány průměrné naměřené hodnoty všech 30 subjektů, kde byla zjišťována i podobnost průměrných výsledků mezi jednotlivými refrakčními vadami. Ve výsledku nejhůře snášející prostorová frekvence je ta nejvyšší, která v reálném životě zobrazuje menší detaily objektů.

## 1. Úvod

Vnímat kvalitu a rozlišení předmětů okolo nás a mít dobrou orientaci v prostoru, k tomu nestačí pouze vysoký visus a ostré vidění, ale právě správné vnímání kontrastu. Kontrastní citlivost (KC) nám zajišťuje rozpoznání tvaru, hloubky a objektů v prostoru. Díky ní se nám snadněji rozlišují drobné detaily. S přibývajícím věkem se nám tato schopnost zhoršuje, jelikož nám ubývají smyslové buňky epitelu sítnice, vlákna očního nervu a mění se pružnost oční čočky.

Kontrastní citlivost je součástí vyšetření zrakové ostrosti (ZO). Díky testům na KC lze zjistit sníženou kvalitu zraku za normálních podmínek a detekovat počátky určitých očních onemocnění. Můžeme se pak snadněji pohybovat v situacích s nízkým světlem, v mlze nebo v záři. Vyšetření je důležitější u profesí, které mají povolání v těžších světelných podmínkách jako jsou například strojvedoucí, letci či řidiči. I u samotných neprofesionálních řidičů je tato schopnost velmi důležitá. Během zhoršených světelných podmínkách nebo

snížené kontrastní citlivosti způsobené onemocněním může dotyčný řidič špatně odhadnout vzdálenost vozidla a brzdová vzdálenost je kratší a může dojít k autonehodě.

Toto téma mě zaujalo, jelikož jsem se s ním zatím v běžné praxi nesetkala. Optometristé tyto testy nepovažují ve své vyšetřovací rutině mezi zásadní, proto si myslím, že se často opomíjejí. Přitom dokáže dát vyšetřujícímu lepší přehled o kvalitě zrakového vjemu pacienta.

V rešerši jsem věnovala popisu očního pozadí a průběhu světelného vzruchu s reakcí na smyslové buňky sítnice. Dále popisu základních fotometrických veličin spojené se vznikem vjemu na očním pozadí. Z dostupné literatury jsem zpracovala kontrast, kontrastní citlivost a prvky s nimi spojené. Dohledala jsem si jaké jsou nejčastější příčiny snížení kontrastní citlivosti a jednotlivé poruchy jsem popsala. Na závěr teoretické části jsem si rozdělila vyšetřovací testy do skupin podle typu vyšetřování a jednotlivé nejdůležitější testy jsem shrnula.

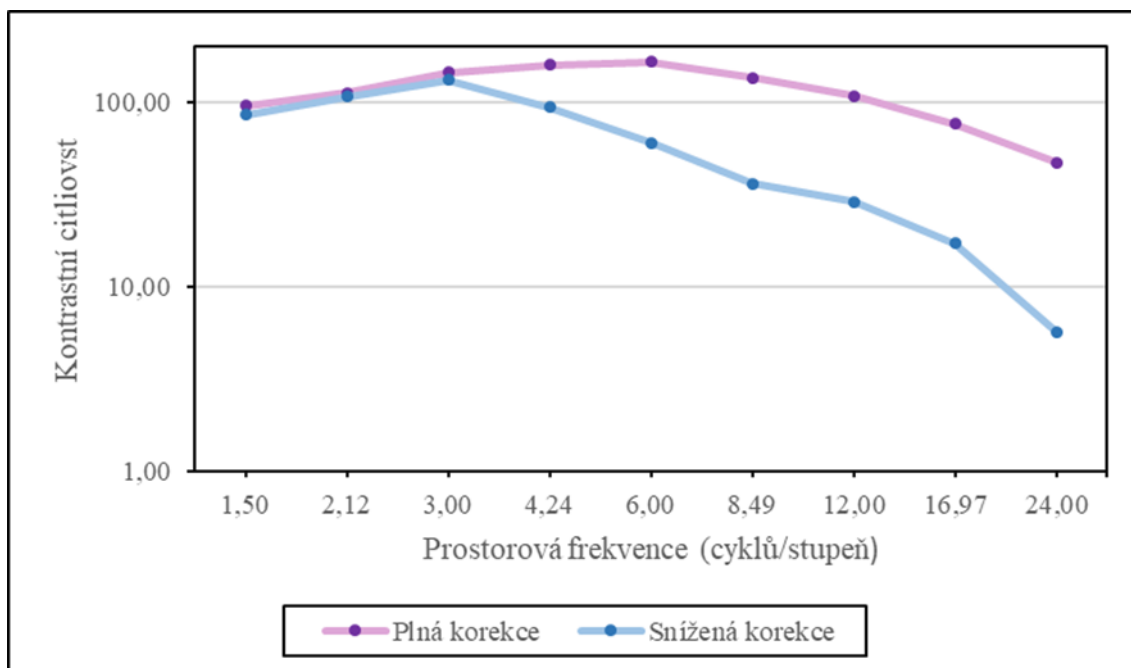
## 2. Experimentální část

V praktické části jsem se ze začátku zabývala krátkou anamnézou u všech 30 probandů, kde jsem zjišťovala, zda daný subjekt nemá onemocnění, které by snižovalo kontrastní citlivost jako je například keratokonus, katarakta nebo amblyopie. Pokračovala jsem stanovením objektivní refrakce na automatickém refraktometru (značky Topcon typu TRK-2P), abych zjistila přibližnou defokusaci. Následně byla vyšetřena subjektivní refrakce, která byla důležitá pro první test kontrastní citlivosti v plné sférocylindrické korekci. U subjektivní refrakce jsme na zjištění sférické korekce použili metodu nejslabší rozptylky a nejsilnější spojky. K zjištění cylindrické korekce byl použit Jacksonův zkřížený cylindr a bodový test. Pro binokulární vyvážení byly použity 2 testy: Osterbergův a řádkový test za použití polarizačních filtrů. Po dosažení plné sférocylindrické korekce byl zahájen první test na kontrastní citlivost. Na měření kontrastní citlivosti se využil test se sinusovou mřížkou, u kterého se budou postupně zvyšovaly prostorové frekvence a snižoval se jas. Test obsahoval 9 úrovní kontrastu a 9 prostorových frekvencí z toho byly 3 nízké, 3 střední a 3 vysoké. Každý byl poučen o možnosti zvolit pouze jednu variantu ze 3 podle toho, jak byla sinusová mřížka pootočená. Před druhým měření kontrastní citlivosti se naměřená korekce snížila na zrakovou ostrost 0,5, která je průchozí na vydání řidičského průkazu pro neprofesionální řidiče, aby si testovaní probandí mohli vyzkoušet, jak daný člověk vnímá kontrast za těchto podmínek. Zraková ostrost byla snižována kombinací opakních skel ve velikosti 0,4 s plusovými čočkami. Výše hodnot plusových skel záležela na akomodační schopnosti očí, citlivosti na změny, refrakční vadě nebo věku probanda. Tyto aspekty však nebyly předmětem zkoumání. Druhý test na kontrastní citlivost byl o něco delší, protože bylo obtížnější rozlišit tmavé a světlé pruhy.

Cílem praktické části bylo potvrdit nebo vyvrátit 3 hypotézy. Hypotéza 1: Kontrastní citlivost s plnou korekcí a se sníženou korekcí je rozdílná. Hypotéza 2: Nejnížší hodnota kontrastní citlivosti je v nejvyšších prostorových frekvencích. Hypotéza 3: Mezi

naměřenými hodnotami kontrastní citlivosti u myopů a u hypermetropů je zanedbatelný rozdíl.

### 3. Výsledky a diskuze



**Obrázek 1:** průměrné hodnoty za plné a snížené korekce

Měření kontrastní citlivosti s plnou korekcí bylo pro většinu mnohem snadnější než za snížené korekce. Podle obrázku č. 1, na kterém je graf znázorňující křivky průměrných hodnot obou měření, lze říci, že v nízkých prostorových frekvencích za obou podmínek je kontrastní citlivost u měřených subjektů velmi dobrá. U dalších prostorových frekvencí se křivky liší. Při zvyšujících se prostorových frekvencích se kontrastní citlivost se sníženou korekcí rapidně zhoršuje, kdežto druhá křivka znázorňující plnou korekci se snižuje až od 6 c/st. I tak může být přijata hypotéza 1, že kontrastní citlivost s plnou korekcí a se sníženou korekcí je rozdílná.

Poslední, nejnižší bod křivky u snížené korekce je o 88 % nižší než poslední bod plné korekce. I u tak velkého rozdílu bodů je nejnižší kontrastní citlivost u plné korekce také v poslední testované prostorové frekvenci. Díky tomu je možné přijmout hypotézu 2, že nejnižší hodnota kontrastní citlivosti je v nejvyšších prostorových frekvencích.

U jednotlivých 9 prostorových frekvencí v plné a ve snížené korekci bylo zjišťováno, zda je jejich rozdíl statisticky významný ( $p < 0,05$ ). Ve všech měřených prostorových frekvencích, vyjma dvou (2,12; 3,0 c/st), byla tato podmínka splněna, proto jejich rozdíl je statisticky významný.

Z 30 subjektů bylo 28 (9 hypermetropů, 19 myopů) použito při porovnání měřených výsledků podle refrakční vady. Zbylí dva probandi nezapadali ani do jedné skupiny refrakčních vad. U výsledných hodnot při plné korekci byl největší rozdíl mezi myopy a hypermetropy 13,7 % u prostorové frekvence 16,97 c/st. Při snížené korekci už jsou rozdíly hodnot o něco větší, avšak největší je 42,9 % v nejvyšší prostorové frekvenci 24,0 c/st. To znamená, že při snížené korekci je rozdíl hodnot 3,14krát větší než u hodnot za plné korekce. Proto hypotézu 3, a to že, mezi naměřenými hodnotami kontrastní citlivosti u myopů a u hypermetropů je zanedbatelný rozdíl, lze přijmout pouze u hodnot za plné korekce. Pro přesnější data by bylo vhodné mít stejný počet probandů a měřit na větším množství subjektů.

#### **4. Závěr**

Závěrem je, že kontrastní citlivost i za výborných světelných podmínek za snížené korekce je zhoršená ve středních a vysokých prostorových frekvencích. Proto řízení automobilu za snížené korekce a třeba i při zhoršených světelných podmínkách, musí být velmi stěžejní a může docházet k více dopravním nehodám.

## Vision therapy for convergence insufficiency

**Klára Veselovská<sup>1</sup>, Ondřej Polícar<sup>1</sup>, Přemysl Kučera<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítná sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [veselkl5@fbmi.cvut.cz](mailto:veselkl5@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Vergence disorders insufficiency convergence, simple binocular vision  
vergence folder, visual training insufficiency convergence

**Abstract:** Insufficiency of convergence causes learning difficulties that affect the course of receiving new information. In the bachelor thesis 5 case studies of patients with convergence insufficiency disorder are treated. The age limit of probands for the experimental part was 27 years. The method for visual training was used in the form of Brock's fiber. The development of PFV, NPC, exophoria and subjective difficulties were assessed. The aim was to see how much these binocular visual functions improve after the training. And whether the results are sustainable in the long term. Basic visual training using Brock's fiber is successful for patients with mild convergence insufficiency. For patients with large deviations and significant suppression, favorable results have not been achieved. Larger deviations require orthoptic treatment using appliances.

## Zrakový tréning pre insuficienciu konvergenzie

**Klára Veselovská<sup>1</sup>, Ondřej Polícar<sup>1</sup>, Přemysl Kučera<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: [veselkl5@fbmi.cvut.cz](mailto:veselkl5@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Poruchy vergencie insuficiencia konvergenzie, jednoduché binokulárne videnie, zložky vergencie, zrakový tréning pre insuficienciu konvergenzie

**Abstrakt:** Insuficiencia konvergenzie spôsobuje ťažkosti spôsobené s učením ktoré ovplyvňujú priebeh prijímania nových informácií. V bakalárskej práci je spracovaných 5 kazuistík pacientov s poruchou insuficiencie konvergenzie. Veková hranica probandov pre experimentálnu časť bola 27 rokov. Metóda pre zrakový tréning bola použitá formou Brockovho vlákna. Posudzoval sa vývoj PFV, NPC, exofórie a subjektívne ťažkosti. Cieľom bolo zistiť, nakoľko sa zlepšia tieto binokulárne zrakové funkcie po absolvovaní tréningu. A či sú výsledky dlhodobo udržateľné. Základný zrakový tréning za pomoci brockovho vlákna je úspešný pre pacientov s miernou insuficienciou konvergenzie. U pacientov s veľkými odchýlkami a významnou supresiou neboli dosiahnuté priaznivé výsledky. Väčšie odchýlky si vyžadujú ortoptickú liečbu za pomoci prístrojov.

### 1. Úvod

Problémy spoločnosti sa menia v závislosti na požiadavkách. Keď ešte v 20. storočí neboli zariadenia ako ich poznáme dnes, začal ich vývoj veľkou rýchlosťou napredovať. S týmito zariadeniami sa v súčasnosti enormne zvýšili požiadavky na videnie na blízko. Smartfóny sa vyrábajú stále menšie čo núti približovať objekt bližšie. A spoločne s týmito požiadavkami sa odkryli problémy ktoré sú s tým spojené ako je napríklad insuficiencia konvergenzie.

Doba sa vyvíja a hranice sa posúvajú. Vyskytuje sa to naprieč všetkými odvetvami, či už je to v športe alebo v už spomenutej digitalizácii sveta a mnohých iných odvetviach. S toho samozrejme vyplýva, že sa hranice posúvajú aj v oblasti učenia a konzume nových informácií. Zrakový aparát je do blízka extrémne zaťažovaný. Je to veľký nápor aj pre zdravého jedinca. Pre pacienta s insuficienciou konvergenzie je nápor niekoľkonásobne väčší. V roku 2019 prebehla

rozsiahla štúdia [1] , ktorá dokázala, že zrková terapia účinne pomáha pri zlepšení kvality čítania. Zdôrazňuje však, že ako ukazovateľ by nemali slúžiť len subjektívne pocity pacienta. Pri hodnotení úspešnosti by mali byť zahrnuté aj objektívne faktory ako je NPC a PFV [1]. Jeho úspešnosť potvrdila aj ďalšia veľká štúdia, ktorá tvrdí, že zrkový tréning je úspešným prostriedkom na liečbu symptomatickej insuficiencie konvergenzie [2]. Nie len, že zrkový tréning je účinným riešením ale v súčasnosti je primárnym riešením pre insuficienciu konvergenzie.

Pacienti s insuficienciou konvergenzie sú symptomatický pri činnostiach ktoré si vyžadujú fixáciu na blízku vzdialenosť. Medzi tieto symptómy patrí namáhané oči, bolesti hlavy, diplopia, pohyb písmen na stránke, časté strácanie miesta pri čítaní, neschopnosť sústrediť sa alebo astenopia [3; 4]. A preto sa spája s rôznymi poruchami čítania alebo slabými študijnými výsledkami. V súčasnosti však nebol dokázaný kauzálny vzťah medzi poruchou čítania ako je napríklad dyslexia [5] alebo ADHD [6].

K tomu, aby boli dosiahnuté čo najlepšie výsledky, je nevyhnutný vhodný výber pacientov. Pri výbere sa treba zamerať na tých, ktorí sú motivovaní k dodržiavaniu pravidiel. Taktiež by mal byť štandardizovaný liečebný protokol a inštrukcie. Dodržiavanie by malo byť vedené formou denníku, pre možnú kontrolu [4].

Cieľom práce bolo tréningom znížiť symptómy a zlepšiť objektívne výsledky pre diagnózu insuficienciu konvergenzie. Taktiež preskúmať dlhodobý účinok tréningu na binokulárne zrkové funkcie. Zrkový tréning bol vykonaný za pomoci brockovho vlákna.

## 2. Výsledky a diskusia

Štúdia bola zameraná na zrkový tréning symptomatickej insuficiencie konvergenzie za pomoci brock string a jeho možný dlhodobý účinok.

Experiment v celom svojom rozsahu trval 50 dní. Toto obdobie bolo rozdelené na 25 dní intenzívneho denného tréningu v dobe trvania 5 minút. Nasledujúcich 25 dní bezprostredne po absolvovaní tréningu boli probandi bez tréningu. Sledované parametre boli merané pred nastavením zrkového tréningu, po absolvovaní tréningu a po uplynutí obdobia bez tréningu.

Štúdia z roku 2008 [2] síce hovorí, že home based tréning, kam spadá aj brock string nie je účinný. Ale nie je to z dôvodu, že by tréning ako taký nebol účinný. Tréning je neefektívny, keď nie je vykonávaný v pravidelných intervaloch. Aby bol home based zrkový tréning úspešný, musí byť vykonávaný denne, bez akýchkoľvek prestávok. Push up pen nezlepšili NPC, PFV a ani symptómy, zmeny nastali len pri terapii zraku v ordinácii [7].

Existujú štúdie, ktoré naopak dokazujú, že zrková terapia za určitých podmienok môže byť úspešný [4 ; 8 ; 9] taktiež to môže byť veľmi užitočná pomôcka v liečbe, pokiaľ nie je možné realizovať terapiu zraku v ordinácii napríklad z finančných alebo iných dôvodov. Neúspešnosť tréningov sa tiež prisudzuje tomu, že dieťa môže chcieť potešiť rodiča a aj, keď nedosahuje moment aký by mal, tak ho chybné zahlási [10 ; 2] Dôvody neúspechu môžu byť

napríklad aj chybný výber tréningových postupov, nepochopenie postupov cvičení - chybná komunikácia, disciplína a úsilie pacienta [4].

Je snaha skúmať a zisťovať účinné liečby, pretože ortoptické cvičenia pre dospelých na Slovensku a v Česku prakticky neexistujú. Snaha skúmať a hľadať účinné home based tréningy je hlavne tá, že sú dostupné. Pre vyťaženosť zariadení s ortoptickou činnosťou je veľkou výhodou napríklad aj to, že si nevyžaduje neustály dohľad odborníka a stačia dobre nastavené kontroly. Tým pádom lekár, ortoptista alebo optometrista pojme výrazne viac pacientov.

Aziz v roku 2006 [4] preukázal účinnosť domácej terapie u exofórií. Normalizáciou hodnôt NPC aj PFV. Priemerné nálezy PFV po ukončení liečby boli významne vyššie. Čo sú najčastejšie sledované parametre v klinickej praxi - NPC a PFV. Všetky štúdie, ktoré skúmali vývoj PFV po absolvovaní zrakového tréningu sledovali aj vývoj hodnôt NPC. V štúdii od Aziz a spol. aj napriek prísnemu kritériu 6 cm bola dosiahnutá vysoká miera úspešnosti. Zo zlepšením NPC aj PFV korelovalo aj zlepšenie symptómov [4]. Taktiež štúdia od Thiagarajana [11] spolu zo štúdiou z roku 2008 [2] je v súlade s ostatnými štúdiami a preukázala významné zlepšenie hodnôt NPC.

V práci sme sledovali aj vývoj hodnôt NPA. NPA bolo merané monokulárne pre pravé oko a pre ľavé oko a taktiež binokulárne. Pri tomto teste sme však nevykonali kontrolu supresie.

Ďalším sledovaným parametrom boli pozitívne fúzne rezervy. Viaceré štúdie a akademické práce [4 ; 11 ; 12 ; 2 ; 13] preukázali zlepšenie v oblasti pozitívnych fúzných rezerv po absolvovaní zrakového tréningu. A to naozaj za pestrého výberu metód. Napríklad v akademickej práci [12] bola použitá metóda „troch mačiek“ ktorá sa ukázala tiež ako veľmi úspešná. V súlade s týmito výsledkami bola aj táto práca. Pozitívne fúzne rezervy po absolvovaní zrakového tréningu boli navýšené u prvých štyroch respondentov.

Nejasné výsledky v oblasti heterofórie preukazujú aj iné štúdie a akademické práce. Napríklad bakalárska práca od Švejdovej [12] z roku 2018, ktorá vo výskumnej oblasti mala taktiež 5 probandov, tak u každého z nich sa fória vyvíjala inak. Podobné výsledky boli aj v bakalárskej práci od Halbrštátovej [13] z roku 2011. K rovnakému záveru prišiel aj Daum [8] v štúdii z roku 1982. Naopak zlepšené výsledky evidovali v štúdii z roku 2010 [11]. Vývoj hodnôt odchýlky heterofórie sa takmer u každého správal odlišne. Dôvodov je hneď niekoľko. Najdôležitejším je veľkosť odchýlky. Ďalším dôvodom môže byť aj frekvencia tréningov

Najdôležitejší dôvod k výkonu zrakového tréningu sú ťažkosti a symptómy s ňou spojené. Ortoptické cvičenia sú veľmi účinné na ich elimináciu [11 ; 4] Taktiež už zmienená akademická práca [12] dokázala zlepšenie subjektívnych pocitov všetkých probandov. Významné zlepšenie preukázala aj randomizovaná štúdia z roku 2008 [2]. Pozitívny výsledok v oblasti zlepšenia subjektívnych ťažkostí sme zaznamenali aj v tejto práci.

Najnovšie sa výskum zameriava na porovnanie rôznych techník vizuálneho tréningu s cieľom určiť ten najúčinnnejší [14]. Bol taktiež vyvinutý software ktorý umožňuje vykonávať tréning, ktorý bolo možné vykonávať len v ordinácii, už aj doma. Pridalo sa to už k známym technikám ako je push up pen, stereogramy, brock string. Keď sú tieto neúčinné a nespoľahlivé z vyššie

zmienených dôvodov. Systém domácej terapie (HTS Vergence and Accommodation) je počítačový program pre terapiu zraku ktorý prekoná každý z vyššie zmienených problémov. Počítač sám udržiava vhodnú liečbu a rodič nemusí dohliadať. Tento software používa predovšetkým stereogramy. Cooper a kol.[15] alebo Cooper [16] preukázali účinnosť tohto programu. Tieto štúdie však ešte nezahrňovali domácu terapiu. Technika bola študovaná v kancelárskom prostredí.

### 3. Závěr

Každé storočie vynára problémy ktoré sú charakteristické pre dané obdobie. Všetky problémy, ktoré spôsobujú ťažkosti je nutné riešiť pre zlepšenie kvality života ľudí. Preto sa táto práca zaoberá problematikou diagnózy insuficiencie konvergence.

Podľa veľkej randomizovanej štúdie bolo dokázané, že zrakový tréning je úspešným prostriedkom na liečbu symptomatickej insuficiencie konvergence [2]. Čomu zodpovedá aj táto akademická práca, je však nutné aby zrakový tréning bol úspešne dokončený. Úspešný zrakový tréning je popísaný v bakalárskej práci.

Táto bakalárska práca je v súlade aj s ostatnými štúdiami [11 ; 2 ; 4 ; 15] Ktoré všetky dokazujú úspešnosť zrakového tréningu. Zlepšenie hodnôt PFV, NPC exofórie alebo subjektívnych ťažkostí. Bakalárska práca mala však ešte jeden zámer. Zistenie dlhodobého účinku zrakového tréningu. V návaznosti na štúdiu z roku 1982 [8] kde zrakový tréning prebiehal 3 týždne, čo malo za následok zlepšenie binokulárnych funkcií. Bezprostredne po ukončení štúdie prebehlo obdobie bez zrakového tréningu v trvaní 6 mesiacov (21 týždňov). Počas tohto obdobia sa hodnoty opäť zhoršili. Čo zodpovedá aj tejto bakalárskej práci, až na dve respondentky. Dôvodov, prečo zrakový tréning nepriniesol dobré výsledky u týchto, môže byť niekoľko. Napríklad väčšia veľkosť odchýlky s významnou supresiou, kedy je nutné nastaviť liečbu ortoptistkou za pomoci prístrojového vybavenia. Ďalším dôvodom mohla byť pridružená jedna alebo viac porúch, kedy je nutné zistiť, ktorá porucha je primárna a riešiť to v poradí od tej ktorá spôsobuje najväčšie ťažkosti.

### 4. Zoznam použitej literatúry

- [1] Treatment of Symptomatic Convergence Insufficiency in Children Enrolled in the Convergence Insufficiency Treatment Trial–Attention & Reading Trial: A Randomized Clinical Trial. *Optometry and Vision Science*. 2019, 96(11), 825-835. Dostupné z: doi:10.1097/OPX.0000000000001443
- [2] A randomized Clinical Trial of *Treatments* for Symptomatic Convergence Insufficiency in Children. American Medical Association: *Archives of ophthalmology*. 2008, 126(10), 1336-1349. Dostupné z: doi:10.1001/archophth.126.10.1336

- [3] SCHEIMAN, M., J. GWIAZDA a T. LI. Non-surgical interventions for convergence insufficiency: (Review). Wiley. 2011, (-), 1-58. Dostupné z: doi:10.1002/14651858.CD006768.pub2
- [4] AZIZ, S., M. CLEARY a C.R. WEIR. Are Orthoptic exercises an effective treatment for convergence and fusion deficiencies?. *Strabismus*. 2006, **14**(4), 183-189. Dostupné z: doi:10.1080/09273970601026185
- [5] VIKESDAL, Gro, Mark MON-WILLIAMS a Trine LANGAAS. Optometric Disorders in Children and Adults with Dyslexia. *Scandinavian Journal of Educational Research*. 2019, (-), 1-11. Dostupné z: doi:10.1080/00313831.2019.1595715
- [6] PHILIPS, Paul H. Pediatric ophthalmology and childhood reading difficulties. *American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. 2017, **21**(6), 444-446. Dostupné z: doi:10.1016/j.jaapos.2017.08.001
- [7] SCHEIMAN, Mitchell, G MITCHELL, Susan COTTER et al. A randomized clinical trial of treatments for convergence insufficiency in children. *Archives of Ophthalmology*. 2005, **123**(1), 14-24. Dostupné z: doi:10.1001/archophth.123.1.14
- [8] DAUM, Kent M. The Course and Effect of visual training on the vergence system. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*. 1982, **59**(3), 223-227. Dostupné z: doi:10.1097/00006324-198203000-00004
- [9] DAUM, Kent M. A comparison of the results of tonic and phasic vergence training. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*. 1983, **60**(9), 769-775. Dostupné z: doi:10.1097/00006324-198309000-00005
- [10] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders. 4th ed. Philadelphia: LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, a WOLTERS KLUWER, 2014. ISBN 978-1-4511-7525-7.
- [11] THIAGARAJAN, Preethi, Vasudevan LAKSHMINARAYANAN a William BOBIER. Effect of vergence adaptation and positive fusional vergence training on oculomotor parameters. *Optometry and Vision Science*. 2010, **87**(7), 487-493. Dostupné z: doi:10.1097/OPX.0b013e3181e19ec2
- [12] ŠVEJDOVÁ, Petra. Vliv zrakového tréninku na výsledky vyšetření binokulárních funkcí. Kladno, 2018. Bakalárska práca. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ.
- [13] HALBRŠTÁTOVÁ, Markéta. ZRAKOVÝ TRÉNINK VERGENCE A AKOMODACE. Olomouc, 2011. Bakalárska práca. UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA KATEDRA OPTIKY.

- [14] GRISHAM, J. David. Visual Therapy Results for Convergence Insufficiency: A Literature Review. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*. 1988, 65(6), 448-454. Dostupné z: doi:10.1097/00006324-198806000-00004
- [15] COOPER, Jeffrey, Arkady SELENOW, Kenneth CIUFFREDA, Jerry FELDMAN, James FAVERTY, Steven HOKODA a Jayne SILVER. Reduction of Asthenopia in patients with convergence insufficiency after fusional vergence training. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*. 1983, 60(2), 982-989. Dostupné z: doi:10.1097/00006324-198312000-00007
- [16] COOPER, Jeffrey. Review of computerized orthoptics with specific regard to convergence insufficiency. *Optometry and Vision Science*. 1988, 65(6), 455-463. Dostupné z: doi:10.1097/00006324-198806000-00005

## Biocompatible laser-treated material for improving the properties of implants

**Lucie Košinová<sup>1</sup>, Petr Písařík<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [kosinluc@fbmi.cvut.cz](mailto:kosinluc@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Laser Shock Peening method, Biocompatible materials, Laser treatment

**Abstract:** Today, current biocompatible materials are running up against their limits and need to be improved. This work investigated the effect of laser shock peening (LSP) on a medical grade Ti6Al4V alloy. This method is used for material surface treatment, mainly to increase the strength and reliability of metallic materials. The results showed that the compressive residual stresses caused by this process accumulate in a surface layer several hundred micrometers thick. The hardness was 12% higher at the surface for the treated LSP specimen than for the untreated specimen and decreased progressively with depth. Positron lifetime measurements showed an increase in dislocation density. These results show the improved properties of the titanium alloy and thus the applicability for better quality joint replacements.

# Biokompatibilní materiál ošetřený laserem pro zlepšení vlastností implantátů

**Lucie Košinová<sup>1</sup>, Petr Písařík<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [kosinluc@fbmi.cvut.cz](mailto:kosinluc@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Metoda laserového vytvrzování povrchu, Biokompatibilní materiály, Laserové ošetření

**Abstrakt:** V dnešní době současné biokompatibilní materiály naráží na jejich limity a je potřeba je zdokonalovat. Tato práce zkoumala vliv laserového vytvrzování (LSP) na medicínskou slitinu Ti6Al4V. Tato metoda se používá pro povrchovou úpravu materiálu, a to hlavně pro zvýšení pevnosti a spolehlivosti kovových materiálů. Výsledky ukázaly, že v povrchové vrstvě silně několik stovek mikrometrů se tlakové zbytkové napětí způsobené tímto procesem akumuluje. Tvrdost byla vyšší na povrchu o 12 % u ošetřeného vzorku LSP než u vzorku bez ošetření a postupně klesala s hloubkou. Měření doby života pozitronů ukázalo zvýšení hustoty dislokací. Tyto výsledky ukazují zlepšení vlastností titanové slitiny, a tím i použitelnost pro kvalitnější kloubní náhrady.

## 1. Úvod

Díky neustále se vyvíjející medicíně a technologiím se prodlužuje i délka života. Implantáty proto musí splňovat stále náročnější požadavky. U kyčelních implantátů je to především pevnost a životnost. Je proto nutné neustále vyvíjet nové techniky, které s tímto vývojem dokáží držet krok [1].

Slitiny titanu (Ti6Al4V) jsou materiály pro lékařské účely. Tyto materiály vykazují vynikající biokompatibilitu a vysokou odolnost proti korozi, takže jsou vhodné pro biomedicínské aplikace, jako jsou zubní a ortopedické implantáty, kardiovaskulární stenty, umělé chlopně, kraniofaciální destičky a šrouby. Implantáty jsou neustále vystaveny statickému i únavovému zatížení v korozivním prostředí, a proto jsou výše uvedené materiály pro tyto aplikace ideální. I přes široké využití a velkou výrobu titanových slitin

jsou však součástí z těchto materiálů ve srovnání s jinými kovy stále drahé, a to kvůli tavení a obrábění [2, 3].

Výše uvedené výrobní postupy vyžadují delší dobu obrábění, a proto jsou pro výrobce méně žádoucí. Laserové obrábění je považováno za jednu z rychlých nekonvenčních výrobních technik. Vyznačuje se vyšší mírou obrábění [1].

Techniky úpravy povrchu se staly nedílnou součástí průmyslových provozů. Tyto techniky zlepšují mechanické a metalurgické vlastnosti, jako je únavová životnost a odolnost proti korozi.

Jednou z pokročilých technik modifikace povrchu je laserové rázové zpevňování (LSP). LSP je pracovní proces, při kterém na povrch dopadají vysoce výkonné laserové pulzy a vznikají rázové vlny [3].

V této studii je zkoumána mikrostruktura biomedicínského materiálu Ti6Al4V před a po úpravě LSP pomocí rentgenové difrakce (XRD), měření tvrdosti a pozitronové spektroskopie doby života.

## 2. Metody

Proces laserového vytvrzování (LSP) byl zvolen za účelem zlepšení vlastností materiálu používaného pro endoprotézy kyčelního kloubu, jako je tvrdost a životnost.

Vytvrzené i nevytvrzené vzorky Ti6Al4V byly po elektrochemickém leštění analyzovány pomocí XRD analýzy, přičemž byla měřena tvrdost a doba života pozitronů.

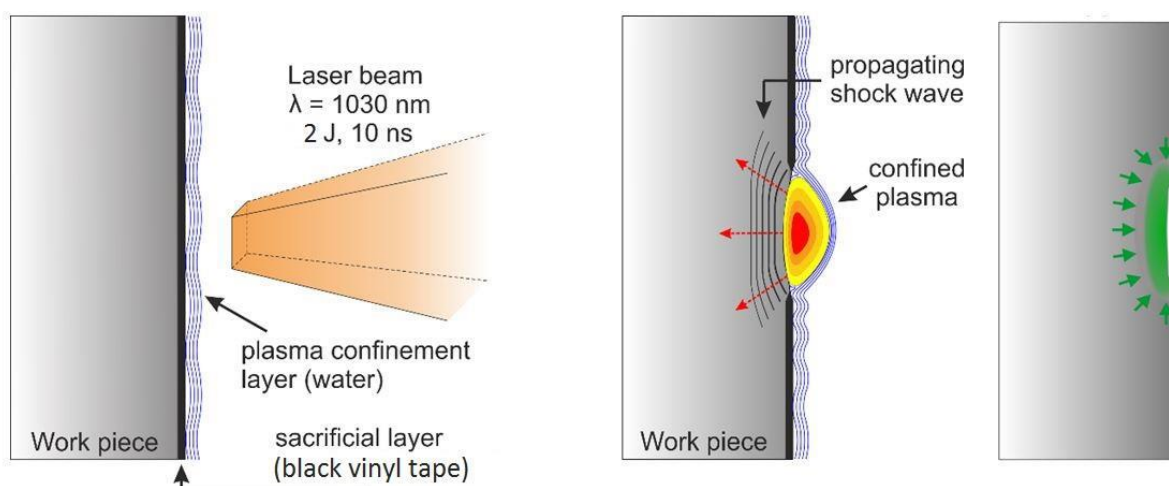
### 2.1. Laser Shock Peening (LSP)

Laser Shock Peening (LSP) je pokročilá technika povrchové úpravy, která umožňuje modifikovat povrchové mikrostruktury a zlepšit mechanické vlastnosti kovových součástí. Při typickém procesu LSP se na povrch kovových součástí aplikuje laser o vysoké hustotě výkonu (v rozsahu  $\text{GW} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) s krátkou dobou trvání pulzu (v nanosekundách) [2, 3].

Vzniklé plazma okamžitě vytváří rázovou vlnu, která se přenáší do cílového materiálu a intenzivně interaguje s okolními materiály. Při této interakci dochází k plastické deformaci a zbytkovému napětí v povrchové vrstvě, což může účinně zlepšit mechanické vlastnosti materiálů, jako je mikrotvrdost, únavová odolnost a odolnost proti korozi. Obrázek 1 ukazuje schéma LSP [3, 4].

### 2.2. Rentgenová difrakční analýza

Rentgenová difrakční analýza (XRD) je nedestruktivní technika mikrostrukturální analýzy používaná v materiálových vědách k určení krystalové struktury materiálu [5]. XRD funguje tak, že se materiál ozáří dopadajícím rentgenovým zářením a poté se měří intenzita a úhel rozptylu rentgenového záření, které materiál opustí [6].



**Obrázek 1:** Schéma průběhu LSP. Vzorek před LSP, během LSP, s plastickou deformací po LSP [4]

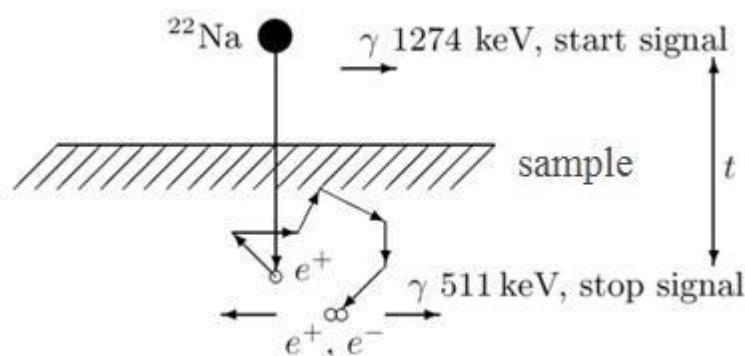
### 2.3. Měření tvrdosti

Vickersova metoda měření tvrdosti je nedestruktivní metoda. Tvrdost kovů je mechanická vlastnost materiálu, která vyjadřuje odolnost proti vniknutí zkušebního tělesa (indentoru) do povrchu [7]. Při zkoušce tvrdosti podle Vickerse se používá pyramidový diamantový hroty ve tvaru jehlanu (čtvercový jehlan) s vrcholovým úhlem  $136^\circ$  [7].

### 2.4. Pozitronová anihilační spektroskopie

Pozitronová anihilační spektroskopie (PLS) je nedestruktivní metoda s vysokou citlivostí na defekty v pevných látkách, jejichž velikost je často pod rozlišovací schopností transmisní elektronové mikroskopie (TEM) [8]. PLS je založena na studiu interakce nízkoenergetických pozitronů s materiálem, poskytuje informace o elektronické struktuře oblasti defektů, identifikaci typů defektů a jejich hustoty v materiálu [7].

Měřenou hodnotou je časový interval  $t$  mezi signálem start a stop. Během několika pikosekund je během pozitronové emise emitován pozitron o energii 1274 keV (viz obrázek 2), který slouží jako startovací signál. Po průniku pozitronu do materiálu je pozitron termalizován a poté anihiluje s jedním z okolních elektronů, čímž dojde k emisi dvou fotonů o energii 511 keV. Čas detekce jednoho z těchto fotonů je detekován a zaznamenán jako signál zastavení, tedy konec doby života pozitronu. Délka časového intervalu mezi detekcí startovacího a stopovacího fotonu je rovna době života pozitronu v materiálu. Měří se tedy zpožděné koincidence [7, 9].



**Obrázek 2:** Princip měření doby života pozitronů. [7]

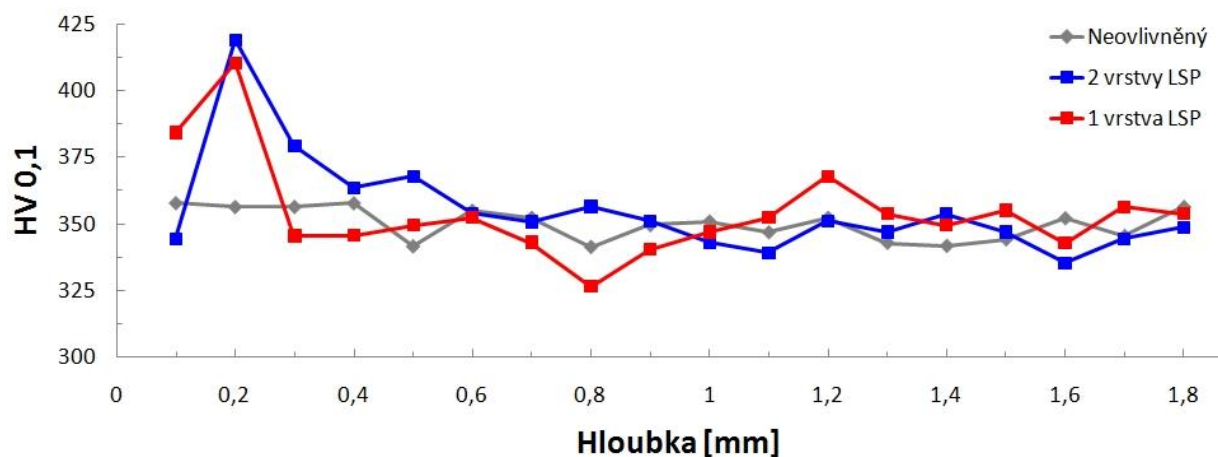
### 3. Výsledky a diskuze

Při experimentu byly použity válcové substráty z materiálu Ti6Al4V o průměru 15 mm a tloušťce 3 mm.

Postup LSP je znázorněn na obrázku 1. Před LSP byla na povrch vzorku nalepena černá vinylová páska. Tato vrstva povlaku zvyšuje absorpci laserové energie a zabráňuje přehřátí povrchu vzorku při ozáření vysoce výkonným laserovým paprskem [10]. Na ozářeném povrchu se v důsledku interakce laseru s hmotou vytvořilo plazma. Vrstva vody byla přidána proto, aby se plazma nerozšiřovalo směrem od povrchu a vznikla tak rázová vlna o vysoké magnitudě, která se následně přenáší do vzorku. V tomto experimentu byl použit laser Yb:YAG s vlnovou délkou 1030 nm, čtvercovým bodem  $2 \times 2$  mm a dobou trvání impulsu 10 ns.

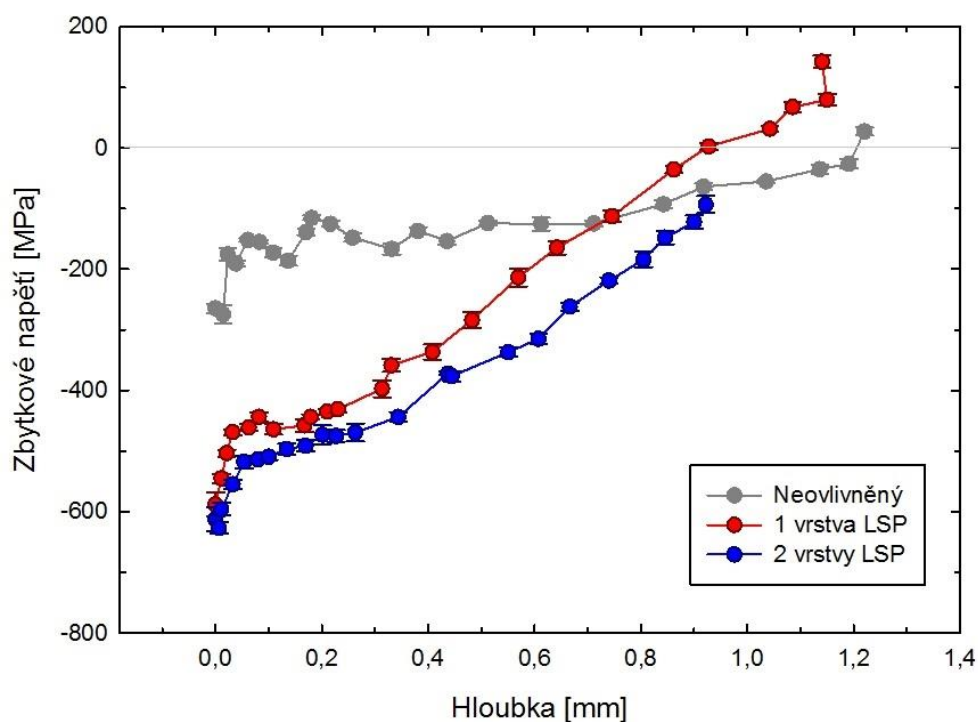
Jeden typ vzorku byl zpevněn jednou s energií laserového impulsu 2 J, druhý typ vzorku byl zpevněn dvakrát se stejnou energií. Jedna vrstva se skládá ze 4 sekvencí laserových otisků na povrchu. Každá sekvence se skládá ze stop, které jsou zarovnané vedle sebe, aniž by se překrývaly. Každá následující sekvence je vůči předchozí posunuta o 1 mm. Kombinací čtyř sekvencí se získá celkem 50 % překrytí.

Tvrdoost byla měřena Vickerovou metodou. Byl použit standardní Vickersův indentor se zatížením 100 g a dobou setrvání 10 s a povrch byl před měřením mírně vyleštěn. Graf na obrázku 3 ukazuje závislost mikrotvrdoosti Ti6Al4V na vzdálenosti od povrchu pro nevytvrzené a vytvrzené vzorky. Těsně pod povrchem je materiál se dvěma vrstvami LSP tvrdší než po zpevnění jednou vrstvou a také tvrdší než neovlivněný materiál. Materiál je také zpevněn do větší hloubky. Chyba v naměřeném bodě na povrchu může být způsobena nesprávně zvoleným místem v důsledku deformace otisku, kdy nebylo zvoleno stejné místo vtisku jako u jedné vrstvy.



**Obrázek 3:** Závislost tvrdosti materiálu HV 0,1 na vzdálenosti od povrchu opracovaného technologií LSP. [7]

Obrázek 4 ukazuje hloubkové rozložení zbytkového napětí tří typů vzorků. Je vidět, že LSP způsobila, že vzorky v určité hloubce generovaly vysoké tlakové zbytkové napětí. Největšího vlivu bylo dosaženo na povrchu se dvěma lasery, kde se tlakové napětí zvýšilo o 300 MPa a více ve srovnání s neovlivněným povrchem.

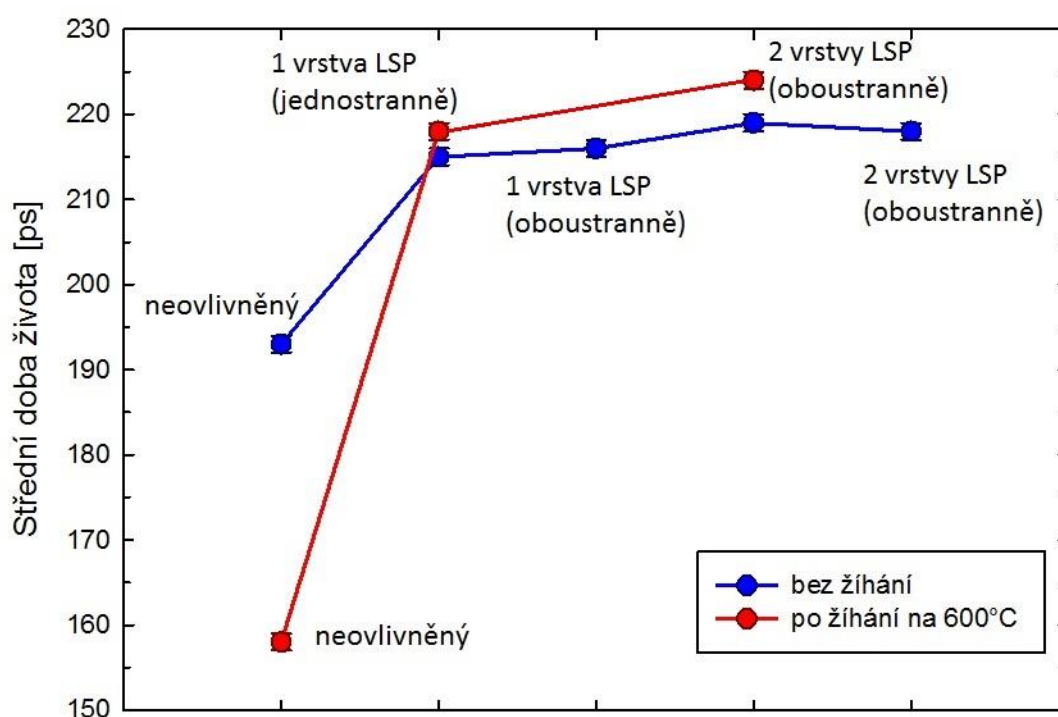


**Obrázek 4:** Rozložení zbytkových napětí u nezasazeného vzorku, vzorku s jednou vrstvou LSP a vzorku se dvěma vrstvami LSP. [7]

Maximální zbytková napětí na povrchu materiálu dosáhla u vzorků ošetřených jednou vrstvou 588 MPa a u vzorků ošetřených dvěma vrstvami 627 MPa. Tlaková napětí vznikala kombinovaným působením plastické deformace a objemového omezení. Tato tlaková napětí klesala s tím, jak se rázová vlna šířila do zpevněného vzorku.

Zkoumaný materiál byl lokálně ozářen zářičem  $\beta^+$ . Tento zdroj pozitronů byl připraven nanesením roztoku  $^{22}\text{NaCl}$  na tenkou fólii ( $\sim\mu\text{m}$ ), poté se nechal odpařit a následně byl překryt stejnou fólií. Takto připravený zářič byl umístěn mezi dva identické vzorky studovaného materiálu Ti6Al4V. Doba života pozitronů se pak určuje měřením zpožděných koincidencí mezi detekcí fotonu radionuklidového záření a detekcí anihilačního fotonu o energii 511 keV.

Obrázek 5 ukazuje střední dobu života pozitronů. Na obrázku 5 je vidět, že výchozí vzorek má střední dobu života  $\approx 193$  ps. To je výrazně vyšší doba života než doba života volných pozitronů v dokonalém (tj. bezdefektním) titanu, která je 144 ps. Vzorek ve výchozím stavu obsahuje značnou koncentraci defektů. Po ozáření laserem se průměrná doba života pozitronů zvyšuje, což svědčí o vzniku dalších defektů.



**Obrázek 5:** Doby života pozitronů měřené na výchozím vzorku (neovlivněném), LSP s jednou vrstvou na jedné straně a na obou stranách, LSP se dvěma vrstvami na jedné straně a na obou stranách. [7]

## 4. Závěr

LSP může mírně zvýšit mikrotvrdost. Původní tvrdost neošetřeného vzorku byla v průměru 350 HV<sub>0,1</sub>. Hodnoty povrchové tvrdosti vzorků ošetřených 2 J byly HV<sub>0,1</sub> 410 pro jednu vrstvu LSP a HV<sub>0,1</sub> 418 pro dvě vrstvy LSP.

Zlepšení titanové slitiny Ti6Al4V po LSP bylo přičítáno zvýšení povrchové tvrdosti a tlakového zbytkového napětí. Zbytkové napětí podle grafu na obrázku 4 dosahovalo vyšších hodnot v tlaku při ovlivnění dvěma vrstvami. Zřetelné zlepšení bylo patrné i po ošetření jednou vrstvou.

Po ozáření laserem se zvýšila hustota dislokací i koncentrace vakančních klastrů. Koncentrace defektů je tak vysoká, že prakticky všechny pozitrony anihilují v zachyceném stavu buď v dislokaci, nebo ve shluku vakancí. Po ozáření laserem vznikají nové defekty: dislokace vzniklé plastickou deformací a shluky vakancí vzniklé aglomerací vakancí vzniklých nekonzervativním pohybem dislokací.

Metoda LSP se jeví jako vhodná metoda pro zlepšení vlastností implantátů.

## 5. Poděkování

Poděkování patří kolegům z HiLASE centra (Fyzikální ústav AV ČR) Ing. Janu Brajerovi, Ph.D., Ing. Janu Kaufmanovi, Ing. Petru Hauschwitzovi, Ph.D. za pomoc při experimentu a cenné odborné rady. Poděkování také patří Ing. Jiřímu Beránkovi (HiLASE), prof. Mgr. Jakubu Čížkovi, Ph.D. z MFF UK, Ing. Janu Krčilovi z FS ČVUT, Ing. Janu Mikšovskému, Ph.D. a Ing. Janu Remsovi, Ph.D. z FBMI ČVUT za pomoc při měření opracovaných vzorků.

Tato práce byla podpořena Studentskou grantovou agenturou Českého vysokého učení technického v Praze (grant č. SGS22/131/OHK4/2T/17).

## 6. Literatura

- [1] GUJBA, A., M. MEDRAJ. Laser Peening Process and Its Impact on Materials Properties in Comparison with Shot Peening and Ultrasonic Impact Peening. *Materials* [online]. 2014, **7**(12), 7925-7974 [cit. 2021-7-5]. ISSN 1996-1944. doi:10.3390/ma7127925
- [2] GUO, W., et al. Laser shock peening of laser additive manufactured Ti6Al4V titanium alloy. *Surface and Coatings Technology* [online]. 2018, **349**, 503-510. ISSN 02578972. doi:10.1016/j.surfcoat.2018.06
- [3] YIN, *et al.*, Improving impact wear resistance of Ti-6Al-4V alloy treated by laser shock, *Transaction of Nonferrous Metal Society of China*, 2019, **29**(7), 1439-1448. ISSN 10036326. doi:10.1016/S1003-6326(19)65051-X

- [4] BRAJER, J, Vliv metody Laser Shock Processing na integritu povrchu, Disertační práce, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 2018. Available from: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/79047>
- [5] KOŠINOVÁ, L., et al., Improving properties of titanium alloy used for modern hip prosthesis. *Proceedings of IMBM 2020*, 40-43(2020). ISBN 978-80-01-06796-3.
- [6] REN, X. D., et al., Microstructure evolution and grain refinement of Ti-6Al-4V alloy by laser shock processing. *Applied Surface Science* 363 (2016) 44-49. doi: 10.1016/j.apsusc.2015.11.192
- [7] KOŠINOVÁ, L. *Moderní endoprotéza kyčelního kloubu*, Kladno, 2021. Diplomová práce, ČVUT v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, 2021
- [8] SINGH, A. N. Positron annihilation spectroscopy in tomorrow's material defect studies, *Applied Spectroscopy Reviews*. 2016, **51**(5), 359-378. ISSN 0570-4928, doi:10.1080/05704928.2016.1141290
- [9] ČÍŽEK, J. Měření doby života pozitronů a jeho využití při studiu kovových materiálů, *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, ročník 44 (1999), č.3, p. 201-217
- [10] FENGZE, D., et al., Effects of laser shock peening with contacting foil on micro laser texturing surface of Ti6Al4V, *Optics and Lasers in Engineering* 101 (2018) 99-105. doi: 10.1016/j.optlaseng.2017.09.024.

## Orientation of blind in space and obstacle detection aids that help with it

**Iva Klimešová<sup>1</sup>, Ján Lešták<sup>1</sup>, Karel Hána<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [iva.klimesova@cvut.cz](mailto:iva.klimesova@cvut.cz)

**Keywords:** Contrast sensitivity, space frequency, visus, sine-wave gratings

**Abstract:** The aim of the study was to find out which electronic aids blind people use for the orientation in the space, their positive and negative sites. Questionnaire and interviews were used for the study. The questionnaire answered 22 people, the white cane is used by 20 subjects, the electronic aid by 12 (11 orientation apps on the smartphone, 1 do not specified). Only 5 subjects found the current market with orientation assistive aids satisfactory. Object detection was chosen by 17 subjects as an important property, and outdoor navigation by 16. No respondent mentioned the use of obstacle detection aid. Because of it, the users of these aids or blind, who have tried some of these aids, were searched to make an interviews to find out positives and negatives. Organizations for the blinds were asked to help with a search of respondents. It was found that there are almost no users of obstacle detection aids in the Czech Republic, and experiences with the aids are mostly negative because of too many detected impulses. Blind have a dismissive attitude to trying them or answering questionnaires about them. In summary, there is a need for a blind-friendly navigation and obstacle detection aid. By development, it is necessary to work closely with blind and consistently take into account their habits and needs.

# Orientace nevidomých při pohybu v prostoru a detektory překážek k tomu pomáhající

**Iva Klimešová<sup>1</sup>, Ján Lešták<sup>1</sup>, Karel Hána<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [iva.klimesova@cvut.cz](mailto:iva.klimesova@cvut.cz)

**Klíčová slova:** Kontrastní citlivost, prostorová frekvence, vízus, sinusové pruh

**Abstrakt:** Cílem studie bylo formou dotazníku a rozhovorů zjistit, jaké elektronické pomůcky pro pohyb nevidomých v prostoru jsou využívány, jejich pozitiva a nedostatky. Dotazníkového šetření se zúčastnilo 22 respondentů, 20 používá bílou hůl, 12 potvrdilo využití elektronické pomůcky (11 aplikaci k navigaci na chytrém telefonu, 1 nespecifikoval). Pouze 5 respondentů je spokojeno se současným výběrem pomůcek pro orientaci v prostoru. Za důležitou vlastnost pomůcky 17 osob jmenovalo rozpoznávání překážek a 16 navigaci venku. Používání elektronické pomůcky pro rozpoznávání překážek nejmenoval žádný respondent. Proto v druhé fázi bylo cílem najít uživatele takové pomůcky nebo nevidomé, kteří mají s jejich používáním zkušenost, a formou rozhovorů zjistit přínosy a nevýhody pomůcek. Pro hledání byli požádáni o pomoc organizace nevidomých. Ze získaných informací vychází, že dostupné pomůcky v ČR nemají téměř žádné pravidelné uživatele a zkušenosti nevidomých s nimi jsou ve většině případů negativní pro nadměrné množství snímaných impulsů. Přístup je proto odmítavý nejen k jejich dalšímu zkoušení, ale i k dotazníkovým šetřením na toto téma. Závěrem lze říci, že je potřebná navigace přizpůsobená potřebám nevidomých a pomůcka pro pomoc s rozpoznáním překážek. Při vývoji je ale nutná úzká spolupráce s cílovou skupinou a důsledné zohlednění jejich zvyků a potřeb.

## 1. Úvod

Pro udržení kvality života postižených lidí je důležitá schopnost nezávislého pohybu. Pro zrakově postižené osoby je náročný pohyb v neznámém prostředí, rozpoznání překážek nebo odhad vzdálenosti a rychlosti pohybu, vše co zdravé oko vidí. Asi nejznámější pomůckou pro pohyb v prostoru je bílá hůl. Je to jednoduchá, cenově nenáročná a stále nenahraditelná

pomůcka. Má ale omezení v oblasti, kterou dokáže detekovat. Rozpozná překážky pouze od pasu dolů, nechrání hlavu. Při rozhovoru s nevidomými není výjimečné slyšet poznámku „zase jsem narazil hlavou do ...“. Nebezpečím můžou být neoznačené nebo chybně označené stavby, neoznačené reklamní plakáty v nízké výšce, neostříhané větve přesahující přes plot a mnoho dalšího. Studií a projektů zabývajících se problematikou rozpoznávání překážek nejen v oblasti hlavy je k nalezení nespočet, už méně je k nalezení pomůcek dostupných na trhu a ještě těžší je nalézt uživatele těchto elektronických pomůcek.

Druhým velkým tématem pro pohyb v prostoru je kudy jít, jak se dostat k cíl. Běžným navigacím vytvářeným pro vidící uživatele chybí přesnost (GPS signál není vždy dostupný a dostatečně přesný) a dále upravené zvukové pokyny. Téměř samostatným tématem je pak navigace uvnitř neznámých budov. Studie navrhuje možnost pomoci majáčků umístěných uvnitř budov. To samozřejmě vyžaduje spolupráci vlastníka budovy. V České republice funguje systém TYFLOSET®. Je to soubor akustických majáčků, které slouží k orientaci ve městě, v dopravě, na křižovatkách a v okolí úřadů a nemocnic. Nevidomý musí vlastnit povellový vysílač VPN, pomocí kterého aktivuje akustické a hlasové orientační systémy. Příkladem může být majáček u budovy pošty, jeho aktivaci je nevidomému popsáno, jak vypadá vstup do budovy, podobně popis vstupu do metra nebo oznámení o čísle linky MHD a konečné stanici. [1]

Nevidomému potencionálnímu uživateli elektronických pomůcek by pomohl přehled dostupných pomůcek a jejich zhodnocení, nejlépe na základě uživatelských recenzí, testování. Pro vývoj nové pomůcky je pak nezbytný nejen přehled dostupného, ale také zjištění potřeb. Při vývoji pomůcky pro takto specifickou skupinu uživatelů je nezbytné znát přesně její potřeby a zvyklosti a co nejlépe se jim přizpůsobit.

### *1.1. Požadavky na elektronickou pomůcku k orientaci v prostoru nevidomých*

Byla vydána různá doporučení, jaké vlastnosti by pomůcka pro pohyb prostoru nevidomých měla mít. Dakopoulos a Bourbakis [2] ve svém výzkumu uvádí následující:

- Volné ruce: Je potřeba si uvědomit, že uživatel bude stále mít v jedné ruce bílou hůl, tedy je potřeba, aby druhá ruka zůstala volná a nedržela pomůcku.
- Volné uši: Sluch je pro nevidomé velmi důležitý smysl, nejen pro echolokaci, ale také orientaci v prostoru, rozpoznání nebezpečí, pomůcka proto nesmí narušovat zvukové vnímání
- Nositelná: Umožňuje nositeli flexibilitu.
- Jednoduchá: Jednoduše použitelná pomůcka bez zbytečných nepotřebných funkcí, aby se s ní uživatel mohl rychle naučit zacházet.

Dále se jako velmi důležitý faktor ukazuje cena. [2] V neposlední řadě je pak tématem volba zpětné vazby pomůcky. Je nezbytné si uvědomit, že i zrakově postižení mají různé potřeby a případně různá další omezení. Klasicky je používán buď zvuk, nebo vibrace. Zvuk nepřichází

v úvahu pro hluchoněmé, na druhou stranu pro lidi se sníženou citlivostí např. při diabetu melitu nemusí být vhodná vibrace (častým důvodem slepoty je právě diabetická retionopatie).

### 1.2. Dostupné pomůcky pro rozpoznávání překážek

Pomůcky určené přímo k rozpoznávání překážek byly na českém trhu nalezeny dvě: Ray a Sunuband. **Ray** je ultrazvuková pomůcka vyráběná rakouskou firmou CareTec. Překážky rozpoznává do vzdálenosti 2,85 nebo 1,7 metrů. Má možnost zvukové nebo vibrační odezvy. Je veliká 120x29x19 mm, váží 60 g a je navržena pro držení v ruce. [3] V České republice ji prodávají Tyflopomůcky SONS za cenu 7 300 Kč. [4] **Sunuband** je ultrazvuková pomůcka ve formě náramku. Princip je v možnosti aktivního skenování prostředí pomocí pootáčení ruky. Detekce překážek je oznamována vibrací, detekovaná vzdálenost od 0,7 do 5 metrů. Pro ovládání náramku lze využít propojení s mobilní aplikací, která dále nabízí možnost navigace, vyhledávání míst v okolí nebo třeba kompas. [5] V České republice je k dostání u dodavatele GiebHelp s.r.o. za 10 500Kč. [6].

Další pomůckou je **BAWA Cane**, ultrazvukový sensor k připevnění na bílou hůl, rozpoznává překážky po úhlem 45° do vzdálenosti 4,5 m. Pomůcku lze propojit s mobilní aplikací. Cena je £1,078.80 (Malajsie). [7] **Buzzclip** je ultrazvuková pomůcka ve formě klipu k upevnění na oblečení nebo na bílou hůl, detekovaná vzdálenost je 1, 2 nebo 3 metry, odezva vibrační. Cena je \$249 (iMerciv Inc., Kanada). [8] **Independent** je další přístroj k upevnění na oblečení, ultrazvukový sensor detekuje překážky v oblasti 80°, laserový ve 27°. K dostání je u Marland GmbH (Německo) za 850 €. [9] **Miniguide** je ultrazvuková pomůcka držena v ruce, detekce do 8, 4, 2, 1 nebo 0,5 metru, nabízí výběr akustické a vibrační odezvy. Cena je 699,89 € (Německo). [10] **UltraCane** je ultrazvukový sensor v madlu bílé hole, detekce do 1,5 m v oblasti hlavy a 2 nebo 4 metry v oblasti země, zpětná vazba vibrací, cena £625 (UK). [11] **WeWalk** je opět ultrazvukový sensor v madlu bílé hole, zpětná vazba je vibrací a umožňuje propojení s mobilní aplikací, cena 649 € (UK). [12] **Laser-Langstock** se upevňuje na bílou hůl, pomocí laseru snímá oblast nad bílou holí vertikálně 30° a horizontálně 10 mm, cena 1.990,90 EUR (Německo). [13] **Minitact** a **Tom POUCE** jsou přístroje používající infračervené záření, jeden k držení v ruce, druhý k upevnění na bílou hůl. Nabízí je Visioptronic (Francie). [14]

## 2. Metody

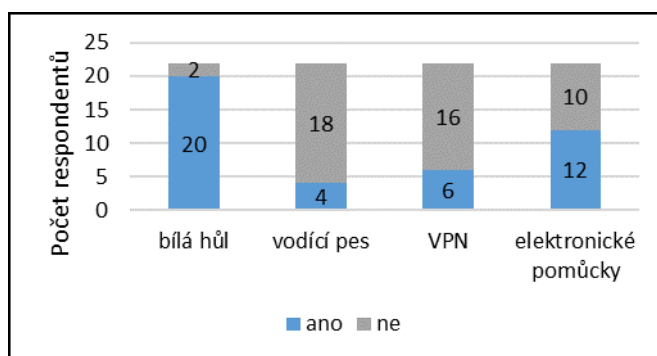
Pro zjištění užívaných pomůcek a jejich nedostatků byl vytvořen dotazník, který byl mezi nevidomé osoby rozeslán pomocí emailové konference Inpora. Odpovědi zaslalo 22 respondentů ve věku 37-79 let (průměr 57 let), 5 žen a 17 mužů. Dle klasifikace WHO byli 3 respondenti slabozrací (zraková ostrost 6/18 až 1/50), 8 prakticky nevidomí (zraková ostrost 1/50 až světlocit nebo do 5° zrakového pole) a 11 úplně nevidomí (bez světlocitu nebo chybná světelná projekce).

V druhé fázi byli hledáni přímo uživatelé elektronických pomůcek pro detekci překážek nebo aspoň lidé, kteří s jejich používáním mají nějakou zkušenost, a byl s nimi veden rozhovor

(telefonicky, online nebo osobně). Pro hledání byli o pomoc požádány organizace nevidomých a distributoři pomůcek.

### 3. Výsledky

20 respondentů používá bílou hůl, 2 ne (jeden slabozraký a druhý prakticky nevidomý). Vodičí pes pomáhá 4 respondentům. Z elektronických pomůcek 6 používá povelový vysílač VPN, 6 smartphone, aplikace Google maps, BlindSquare, Lazarilo a Apple maps, focení ke čtení jízdních řádů nebo video hovor s asistentem. Dále byl jmenován itinerář trasy od SONS navigačního centra, reliéfní mapy, dalekohled, speciální brýle, diktafon s popisem trasy a přátelské optání kolemjdoucích. Shrnutí je uvedeno na obrázku 1.



Obrázek 1. Používané pomůcky.

17 respondentů je spokojených s pomůckou, kterou používají. Jako důvod pro nespokojenost byla zmíněna potřeba sluchátek (zamezují echolokaci) nebo problém s ovládáním dotykového displeje (1 respondent). Oproti tomu současný výběr pomůcek pro orientaci v prostoru hodnotilo jako dostatečný pouze 5 respondentů, 3 se nezajímají. 12 respondentů výběr jako dostatečný nehodnotí kvůli nedostatečně přesné navigaci především v cíli trasy (najít konkrétní vchod), neadaptované zvukové navigaci pro slepé (např. informace nacházíte se na pravé straně ulice, zde je světelná křižovatka, udávání směru pohybu ne pomocí světových stran). Dále je postrádána pomůcka pro rozpoznávání předmětů před sebou (dětský kočárek, zaparkované vozidlo, větve, dopravní značky a podobně), pomůcka pro rozpoznávání děr v chodníku nebo signalizace nevidomé osoby na přechodu. Jmenována byla i potřeba modernizace VPN majáčků a sjednocení navigačního systému do jedné mobilní aplikace. Problém je dále viděn v legislativě, nedodržování předpisů a bezpečnosti staveníšť.

Jako důležité vlastnosti pomůcky 17 lidí jmenovalo rozpoznávání překážek (12 nad a 14 pod úrovní pasu a 12 pod zemí – schody, prohlubně). 16 respondentů považuje za důležitou navigaci venku a 11 navigaci uvnitř, 9 možnost video hovoru s asistenční linkou a 4 záchranné tlačítko. Pro komunikaci s přístrojem preferuje 8 respondentů zvukový signál, 6 vibrační a 8 kombinaci obojího.

Jako další připomínky na závěr dotazníku byla jmenovaná špatná viditelnost skleněných dveří (u slabozrakých). Uvedena byla i důležitost volných rukou (problém při video hovoru), ale kamera na brýlích byla respondentem považována za nevhodné řešení z důvodu omezení zorného pole brýlovou obrubou a nezvyku jejího nošení. Dále bylo zmíněno rozpoznání čísla domu jako užitečné a komunikace s již fungujícími systémy. Pro navigaci by byla užitečná aplikace vytvářející itinerář trasy. Důležitými faktory je cena a životnost baterie systému.

V druhé fázi se nepodařilo najít ani jednoho pravidelného uživatele pomůcky pro rozpoznávání překážek v prostoru s výjimkou distributora jedné pomůcky. Nevidomí, kteří některou z pomůcek vyzkoušeli, si stěžují na nadměrné množství impulzů, které odvádí pozornost od vnímání okolí, a nevhodné vyřešení upevnění. Připevnění na hůl považují za nevhodné pro narušení jejího těžiště, brýle vnímají jako rušivý element a jsou nevhodné pro častý problém nevidomých se směřováním hlavy dopředu. Konkrétně se podařilo získat zpětnou vazbu pouze k náramku SunuBand. Byl jmenován problém, jak vyřešit v zimě s bundou (pod nedetekuje, na necítí vibrace). Dále byla zmiňována nutnost dlouhého návyku a naučení se složitým rozhraním systému.

#### 4. Diskuze

Během hledání respondentů pro dotazník a dále uživatelů pomůcek bylo vždy znovu naráženo na stejný problém. Skupina, které se problematika týká, je relativně malá a je příliš často žádána o vyplňování různých dotazníků, a proto již o vyplňování nemá zájem. Je velmi těžké respondenty získat. Druhým problémem je pak konkrétně u pomůcek pro rozpoznávání překážek, že jich bylo představeno mnoho, fungovali na podobném principu a žádná z nich se neprosadila. Je často slyšet názor, že je „vyvinuli inženýři v kanceláři,“ ale již nezohledňovali skutečné potřeby nevidomých. Jasně je viděn problém ve velkém množství detekovaných předmětů (často nepotřebně) a tedy příliš časté odezvě, která pak nevidomé ruší v soustředění se na cestu. Nevidomý je oproti vidícím chodcům odkázán na vnímání zvuků okolí. I přes dlouhé hledání a pomoc organizací nebyl nalezen ani jeden pravidelný uživatel elektronické pomůcky pro rozpoznávání překážek, není tedy možné pomocí nasbíraných dat vytvořit porovnání pomůcek. Je otázkou, zda takové porovnání by bylo přínosné, vzhledem k převažující kritice nevidomých, kteří pomůcku zkoušeli. Jisté je, že by bylo těžké sehnat respondenty, kteří by se byli ochotni zúčastnit. Druhým problémem je koncept testování vzhledem k potřebě si na pomůcku zvyknout.

Z výsledků dotazníku je ale vidět potřeba, zájem o pomůcky a to jak pro rozpoznávání překážek, tak pro navigaci venku i v budovách. Pomůcky musí ale respektovat potřeby nevidomých, aby byly dobře použitelné, dále musí být spolehlivé a cenově dostupné. Pro vývoj je proto nezbytné rozsáhlé testování mezi instruktory prostorové orientace a nevidomými. Další pomocí by byla samozřejmě úprava legislativy a dodržování předepsaného označení staveb a pevných překážek. Je možné, že v budoucnu bude obrazová analýza tak daleko, že bude spolehlivě nahrazovat i například bílou hůl. V současné době ale je viděno za vhodnější pomůcky koncipovat jako doplněk bílé hole. Zvládnutí techniky pohybu s ní umožňuje

nevidomým spolehlivé rozeznání velkého množství potřebných podnětů a případných nebezpečí (včetně například zmiňovaného problému se schody dolů nebo prohlubněmi na chodníku.)

## 5. Závěr

Ze získaných informací vyplývá, že je potřeba navigace přizpůsobená zrakově postiženým (pro pohyb venku i uvnitř budov) a pomůcka pro pomoc s rozpoznáním překážek. Při vývoji je ale nutná úzká spolupráce s cílovou skupinou a důsledné zohlednění jejích zvyků a potřeb.

## 6. Reference

- [1] APEX. *APEX* [online]. APEX® spol. s r. o. [cit. 2021-05-25]. <http://www.apex-jesenice.cz/>
- [2] DAKOPOULOS, D. a N.G. BOURBAKIS. Wearable Obstacle Avoidance Electronic Travel Aids for Blind: A Survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*. 2010, 40(1), 25-35. ISSN 1094-6977. doi:10.1109/TSMCC.2009.2021255
- [3] *CareTec* [online]. Austria: Caretec International GmbH, 2016 [cit. 2021-05-18]. <https://www.caretec.at/>
- [4] *BraillNet* [online]. SONS ČR [cit. 2021-05-18]. <http://is.braillnet.cz/>
- [5] *Sunu Band* [online]. USA: Sunu Inc., 2021 [cit. 2022-01-06]. <https://www.sunu.com/>
- [6] *GiebHelp s.r.o.* [online]. Czech Republic, 2019 [cit. 2022-01-06]. <https://giebhelp.eu/>
- [7] *BAWA* [online]. Malaysia: A WANGI LAI PLT, 2020 [cit. 2021-06-15]. <https://www.bawa.tech/>
- [8] IMerciv Inc. *IMerciv* [online]. Canada, 2018 [cit. 2021-04-13]. <https://imerciv.com/index.shtml>
- [9] *Marland: Marland GmbH* [online]. Germany [cit. 2021-04-15]. <https://www.marland.eu/>
- [10] *Blinden Hilfsmittel Vertrieb Dresden: Hilfen für Blinde und Sehbehinderte* [online]. Germany [cit. 2021-04-15]. <https://www.bhvd.de/index.html>
- [11] *UltraCane* [online]. United Kingdom: Sound Foresight Technology Ltd [cit. 2021-06-24]. <https://www.ultracane.com/>
- [12] *WeWalk* [online]. UK: WeWALK LIMITED UK, 2020 [cit. 2021-05-23]. <https://wewalk.io/en/>
- [13] *REHADAT Hilfsmittel* [online]. Germany: Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V., 2021 [cit. 2021-05-23]. <https://www.rehadat-hilfsmittel.de/de/>

- [14] *Visioptronic* [online]. France: Fondation VISIO [cit. 2021-05-25].  
<http://www.visioptronic.co.uk/en>

## 7. Poděkování

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS22/197/OHK4/3T/17.

## Ultrasenzitive detector based on functionalized nanofibers in odorology

**Ján Varga <sup>1</sup>, Tat'ána Jarošíková <sup>1</sup>, Evžen Amler <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Second Faculty of Medicine (2. LF UK), Charles University, V Úvalu 84, Prague 5, Czech Republic

**E-mail:** [vargajan@student.cvut.cz](mailto:vargajan@student.cvut.cz)

**Keywords:** Human smell, nanofibers, odorology, odor trail

**Abstract:** The composition of human odor is unique and individual for each person. In forensic odorology, it is used to investigate individual identification. The presence of a specific person at the crime scene is proven in criminology by examining and identifying a specific human odor. The determination of human odor as an extremely low mass amount concentrated in molecules that are predominantly of a volatile nature is performed on special materials that create a forensic odor trail. The odor trail secured on special absorbents has its qualitative and quantitative phenomena suitable for further investigation. Such special materials are nowadays the subject of research as a suitable absorbent that can target human odor to such an extent that it can be used in forensic odorology even several years after its capture. The special material is the result of more complex electrophysical processes, and the product is generally called a nanofiber. Suitable nanofibers are polycaprolactone (PCL) and polyvinylbutyrate (PVB). These materials are characterized by extremely low weight for the extent of their area, resistance and sufficient strength. They are excellent for binding and preserving human scent for further investigation.

# Ultrasenzitivní detektor na bázi funkcionizovaných nanovláken v odorologii

Ján Varga <sup>1</sup>, Tat'ána Jarošíková <sup>1</sup>, Evžen Amler <sup>2</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, V Úvalu 84, 150 06 Praha 5, Česká republika

E-mail: [vargajan@student.cvut.cz](mailto:vargajan@student.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Lidský pach, nanovlákná, odorologie, pachová stopa

**Abstrakt:** Složení lidského pachu je jedinečné a individuální pro každého člověka. Ve forenzní odorologii se používá ke zkoumání individuální identifikace. Přítomnost konkrétní osoby na místě činu se v kriminalistice prokazuje zkoumáním a identifikací konkrétního lidského pachu. Stanovení lidského pachu jako extrémně nízkého hmotnostního množství koncentrovaného v molekulách, které jsou převážně těkavého charakteru, se provádí na speciálních materiálech, které vytvářejí forenzní pachovou stopu. Pachová stopa zajištěná na speciálních absorbentech má své kvalitativní i kvantitativní jevy vhodné pro další zkoumání. Takovéto speciální materiály jsou dnes předmětem výzkumu jako vhodný absorbent, který dokáže zacílit na lidský pach natolik, že jej lze ve forenzní odorologii využít i několik let po jeho zachycení. Speciální materiál je výsledkem složitějších elektrofyzikálních procesů a produkt se obecně nazývá nanovláknem. Vhodnými nanovláknami jsou polykaprolakton (PCL) a polyvinylbutyrát (PVB). Tyto materiály se vyznačují extrémně nízkou hmotností na rozsah své plochy, odolností a dostatečnou pevností. Jsou vynikající pro vazbu a uchování lidského pachu pro další zkoumání.

## 1. Úvod: Kriminalistická odorologie

Kriminalistická odorologie se zabývá zkoumáním lidského pachu, jehož zdrojem je člověk mající vztah k místu trestného činu. Jeho pach vytváří v materiálním prostředí lidským okem neviditelnou změnu. Lidský pach je relativně neměnného charakteru a pro každého člověka individuální. Pomocí zootechnického prostředku (psa) takzvanou metodou pachových konzerv (MPK) se provádí srovnávání, tedy srovnávání kriminalistických pachových stop, kterou se zjišťuje přítomnost člověka na místě činu. Z hlediska dokazování

trestné činnosti, neproказuje kriminalistická pachová stopa spáchání trestného činu konkrétním člověkem, ale dokazuje jeho přítomnost na místě činu, ať už před spácháním, během spáchání, nebo po spáchání trestného činu.

Pojem kriminalistická stopa znamená, že zkoumání i hodnocení výsledků se řídí pravidly kriminalistické identifikace. Kriminalistická stopa je předmětem kriminalistiky, přičemž cílem kriminalistiky je individualizace objektu a stopy, která se uskutečňuje srovnáváním [1]. Srovnávání se v kriminalistice provádí různými metodami, ale žádná z nich nemá svůj základ v chemické analýze. Výsledky chemické analýzy stopy a srovnávacího materiálu neumožňují individualizovat objekty, a tak je snaha o jakoukoli podrobnou analýzu pachu zcela zbytečná. Tento fakt spočívá v nedostatečné definici matrix efektu. V chemické analýze má matrice zásadní vliv na způsob, jakým se analýza provádí a na správnost i přesnost získaných výsledků. Každopádně v daném případě je matrice jiná u stopy a jiná u srovnávacího materiálu. Dalším omezujícím faktorem je rovnovážný stav reakcí, který znemožní zjistit absolutní hodnotu analyzované složky.

V současnosti nemáme jinou možnost jenom využít spolehlivou metodu porovnávání cestou využití fyziologických schopností zvířat [2].



**Obrázek č. 1:** Aratex (vpravo) v porovnání s novým materiálem.

Problematikou a předmětem kritiky je sorpční materiál, který se používá na zajišťování kriminalistické pachové stopy i zajišťování srovnávacího materiálu. V současnosti a prakticky od samého počátku metody pachových konzerv, je jako sorpční materiál využíván ARATEX (obrázek č. 1), což v překladu vyjadřuje původ textilie – arabský textil, kterého podstatou je bavlna se složením:

- celulóza 91,00%
- voda 7,85 %
- protoplazma, pektin 0,55%
- vosky, mastné látky 0,40%
- minerální soli 0,20%

Absorpční schopnost materiálu je mimořádně vysoká a v zásadě nikdy nebyla určena jako příčina chybovosti. Uznáváme však, že kromě vynikající sorpční schopnosti je toto složení, jako u každého přírodního materiálu jiné a materiál může být zdrojem matrix efektu.

Nový sorpční materiál proto hledáme mezi materiály syntetickými. Jejich chemická „čistota“ není problémem neřešitelným. Problémem je jejich sorpční vlastnost, kde je prakticky k dispozici nepatrná adsorpce a prakticky žádná absorpce. Zvyšování sorpčních vlastností (sání potu i pachu) umělých vláken je možné zvýšit úpravou vnějších tvarů vláken, a to bez změny jejich textilních vlastností.

Pro účely MPK taková úprava sorpčních vlastností nebyla dostatečná. Snižováním průměru vláken a dosahováním rozměrů – mikrojsme dosáhli obrovskou změnu adsorpčních vlastností textilií, no absorpční vlastnosti těchto textilií byly pořád nedostatečné. Přípravou vláken a dosažením nano rozměrů se textilie z uvedených vláken vyrovnaly a překročily sorpční vlastnosti bavlny. Stálost a udržitelnost pachu osoby je stále předmětem výzkumného úkolu.

Z uvedených faktů vyplývá, že lidský pach nemůžeme ke zkoumání zajistit jinak, jenom jeho přenosem na vhodný absorpční materiál.

## 2. Nanovláknenné vrstvy

Nanovláknena nebo přesněji nanovláknenné vrstvy se využívají nejen v technických výrobcích (filtry, senzory, separátory v bateriích), ale také ve zdravotnictví (příprava umělých orgánů, cévní transplantáty, cílené dodávání léčiv) a v průmyslu. Jejich dominantní charakteristikou je velmi vysoký poměr mezi jejich povrchem a objemem. Průměr vláken se pohybuje od desítek nanometrů až po mikrometr. Využití nanotechnologií pro výrobu membrán a filtrů obsahujících nanovláknennou vrstvu je v dnešní době zcela neodmyslitelné v mnoha průmyslových oblastech. Díky vysokému měrnému povrchu a prodyšnosti nanovláken vykazují membrány vysokou filtrační účinnost, umožňují větší průtok, mají silnou chemickou odolnost, vynikají pozoruhodnou kapacitou pro absorpci a mohou také sloužit k dočasnému zachycení funkčních skupin nebo biochemických látek. Nanovláknenné membrány se rovněž využívají k získání pitné vody z geotermálních pramenů, jakož i v procesu odsolování [3].

Výchozím materiálem pro přípravu nanovláken je syntetický nebo přírodní polymer, většinou ve formě polymerního roztoku nebo taveniny. Zařízení k přípravě nanovláknenné vrstvy (obrázek č. 2) je složeno ze tří základních komponentů: zvláknovací elektrody (kovová tyčinka, jehla nebo váleček), kolektoru (pevný, rotující) a zdroje vysokého napětí.

Bez jakéhokoliv mechanického popudu pouhým vystavením polymerního materiálu vyšším hodnotám napětí (10–70 kV) se kapička polymerního roztoku rozruší a na jejím povrchu se objeví tzv. Tay–lorovy kužely, ze kterých je emitováno vlákno směrem k uzemněnému kolektoru. Polymerní jet (vysokorychlostní proud) letící směrem k uzemněnému kolektoru je prodloužen za současného odpařování rozpouštědla. Na kolektor již



**Obrázek č. 2:** Zvlákňovací zařízení.

pak dopadají tuhá vlákna nahodile nebo uspořádaně dle jeho typu. Tentovýrobní proces je ovlivněn řadou faktorů, zejména materiálovými parametry, tj. vlastnostmi polymeru a rozpouštědla, které dohromady tvoří polymerní roztok, a procesními parametry, tj. elektrickým napětím, vzdáleností zvlákňovací elektrody od sběrného kolektoru, teplotou a vlhkostí prostředí. Jedním z nejdůležitějších materiálových parametrů pro vznik nanovláken jsou reologické (tokové) vlastnosti polymerního roztoku: viskozita a viskoelasticita, které ovlivňují tvorbu a kvalitu nanovláknenné vrstvy, včetně průměru vlákna [4].

Přidání nanočástic aktivních látek (hydrofobní, hydrofilní, antibakteriální, magnetické) do polymerních roztoků vede zpravidla k výrazným změnám reologických vlastností polymerních roztoků. Viskozita (odpor proti tečení) polymerního roztoku ovlivňuje nejen inicializaci procesu, ale i průměr výsledných nanovláken. Viskoelasticita polymerního roztoku přispívá ke zpevnění jetu během dloužení a ukládání vláken na sběrný kolektor.

Nanovlákná mohou být definována jako vlákna o průměru menším než 1000 nm. Jsou studovaným a experimentálně ověřeným materiálem pro aplikace napříč medicínskými, ale i průmyslovými obory, a představují proto zajímavý zdroj inovací pro nejrůznější produkty a technologie.

Nanovlákná má tisícinásobně větší povrchovou plochu než např. mikrovlákná. Nanovláknenné materiály se vyznačují vysokou porozitou. Mechanické vlastnosti nanovláknenných materiálů vytvořených ze syntetických nebo přírodních polymerů nedosahují vysokých hodnot. Pro zlepšení mechanických vlastností se nanovlákná nanášejí na podkladový materiál, který je obecně z polypropylenu a je vytvořen technologií spunbond (obrázek č. 3).



**Obrázek č. 3:** Nonovláknenná vrstva bílé barvy na nosiči.

### Kladné vlastnosti nanovláken

- Velký měrný povrch – poměr povrchu vlákna k jeho objemu, vysoká pórovitost vláknenné vrstvy – dobrá prodyšnost, malé rozměry pórů, výborné bariérové vlastnosti, možnost inkorporace aktivních látek přímo do celého objemu jednotlivých nanovláken pro Drugdelivery systémy – dopování antibiotiky a vitaminy).
- Možnost povrchového navázání aktivních látek.
- Výroba nanovlákenze široké škály polymerů (biopolymery, technické polymery apod.).
- Variabilita technologického procesu při výrobě nanovláken umožňuje designovat tvar a formu nanovláknenné truktury podle požadavků zadavatele.

Technologie výroby se zakládá na principu výroby bikomponentních vlákenz taveniny. Zvláknovací tryska je konstruována tak, že jeden polymer (např. polypropylen, polyester nebo polyamid) se protlačuje několikasty otvory („ostrový“), kolem kterých protéká tryskou polystyren (jako druhá komponenta) a tvoří „moře“. Vzniklý multifilament se dluží a jako příze zpracovává na tkaninu nebo pleteninu. Na textilií se potom působí vhodnou chemikálií, která rozpustí materiál z „moře“, takže v přízi zůstanou jen (zpravidla velmi jemná) vlákna z „ostrovů“.

V současné době v kriminalistické odorologii využíváme dvou polymerů, u kterých lze již dnes predikovat pro své vlastnosti jejich využití.

PVB – Polyvinylbuterate–syntetický polymer s dobrou odolností proti vodě, dobrou elasticitou a vysokou kompatibilitou s jinými polymery. PRŮMĚRY VLÁKEN: 400 nm–1,1 μm. APLIKACE: Technické aplikace, filtrace.

PCL – Polykaprolakton – čistý a flexibilní polyester s elastomerními vlastnostmi. Má dobrou biokompatibilitu a biologický rozklad, širokou mísitelnost, mechanickou kompatibilitu s mnoha druhy polymerů a dobrou přilnavost k širokému spektru substrátů. PRŮMĚRY VLÁKEN: 100–300 nm. APLIKACE: Biomedicínské aplikace, dodávání léčiv, scaffoldy pro 2D a 3D kultivaci, filtrace.

Výhodou nanovláknenního polymeru je jejich velká zachytná a absorpční plocha, kterou lze následně složit do velmi malého objemu, čímž dochází po zachytu pachových molekul ke koncentraci pachu a snadnějšímu sumování pro psy (obrázek č. 4).



**Obrázek č. 4:** Složení nanovláknenného nosiče o rozměru 150 x 200 mm do cca: 1 cm<sup>3</sup>.

Nanovláknenný snímač o rozměru 150x200mm má hmotnost 4 g/m<sup>2</sup> a umíme jej složit do objemu 1cm<sup>3</sup>. Tato vlastnost přispívá k výrazně snazšímu porovnávání kriminalistické pachové stopy při výkonu pachové identifikace s použitím psa.

### **3. Pachová identifikace psa s použitím elektroencefalografu**

Pachová identifikace s použitím psa jako zootechnického prostředku je velmi novou metodou v rámci světového měřidla. Využívá vysoce vyvinutý chemoreceptor psa, čili jeho čich a technické zařízení elektroencefalograf, kterým se zaznamenává mozková aktivita během výkonu pachové identifikace [5].

K pachové identifikaci byla vyvinuta speciální přilba pro psa, na které jsou umístěny jednotlivé elektrody, kterými lze zaznamenávat elektro aktivitu mozku psa (obrázek č. 5).



**Obrázek č. 5:** Přilba EEG na psa.

Celý průběh pachové identifikace je následně zaznamenáván obrazovým záznamem s posouzením časové sekvence. Následně je přes software vyhodnocena mozková aktivita psa.

Průběh výkonu pachové identifikace je rozdělen na několik částí. Každá jedna část se posuzuje individuálně. První část pachové identifikace je záznam načichání pachu se psem ze srovnávací pachové stopy od konkrétní osoby. Mozková aktivita je graficky a numericky zaznamenána na jednotlivé mozkové vlny. Ve speciálním zařízení jsou rozmístěny zajištěné pachy od různých lidí a z různých absorbentů, přičemž pes musí pročichat každou jednu pachovou stopu na nanovláčkách. Při nalezení shody pachů pes, konkrétní individualizované pachovou stopu na nevlákně označí naučeným způsobem. (obrázek č. 6).



**Obrázek č. 6:** Pachová identifikace lidského pachu s použitím psa.

Záznam mozkové aktivity je patrný na amplitudě elektroencefalogramu. Při identifikaci lidského pachu psem je mozková aktivita srovnatelná se srovnávacím materiálem. Z dosud získaných výsledků zkoumání bylo zjištěno, že nanovláknenný nosič dokáže uchovávat lidský pach v dostatečném čase i při jeho nízké koncentraci. Nepatrná kontaminace nanovláknenného snímače lidským pachem dokáže vyvinout u psa podnět k jeho identifikaci. Pachové molekuly v nízkých koncentracích lze sbalením do objemově menší plochy soustředit do celku s vyšší dávkou intenzity zápachu.

#### 4. Závěr

Nanovláknenné nosiče v odorologii jsou opodstatněnou složkou k dalšímu zkoumání. Jsou schopny vázat lidské pachové molekuly, které se nacházejí i v nepatrném množství v prostoru. Zootechnickým prostředkem je zachycený lidský pach na nanovláknenech lze později identifikovat psem a mozkovou aktivitu psa při výkonu dále skládat a porovnávat.

#### 5. Poděkování

Práce byla podpořena - Studentskou grantovou soutěží ČVUT (SGS22/198/OHK4/3T/17) a Oddělením pachové identifikace Prezidia Policejního sboru SR.

## 6. Literatura

- [1] STRAUS, J. et al., Kriminalistická odorológia, 2012, ISBN 978-80-7380-238-7
- [2] KRAJNÍK, V. et al., Policajná kynológia, 2009, ISBN 978-80-8054-476-8
- [3] AMLER, E., Praktická aplikace inteligentních nanovláken v odorologii, 2020, ISBN 978-80-908017-3-8
- [4] MUTLU, G. et al., Curcumin-loaded electrospun PHBV
- [5] DURISIN, V., et al., Systém policajnej kynológie, 2020, ISBN 978-80-8077-669-5

## Optimalizace parametrů nanovláknenných membrán vhodných pro záchyt patogenů

**Leontýna Varvařovská<sup>1</sup>, Tat'ána Jarošíková<sup>1</sup>, Bruno Sopko<sup>2</sup>,  
Evžen Amler<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> Laboratoř pokročilých biomateriálů, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, České vysoké učení technické v Praze, Trinecká 1024, 273 43 Buštěhrad, Česká Republika

**E-mail:** [varvaleo@fbmi.cvut.cz](mailto:varvaleo@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** PAN nanovláknena, Nanovláknenné filtry, Filtrační membrány, Záchyt patogenů

**Abstrakt:** Jak je patrné ze situace z posledních let, kdy došlo k celosvětovému rozšíření onemocnění Covid-19, kontrola životního prostředí a jeho kontaminace hraje v dnešní době velkou roli. Patogeny přenášené vzduchem a vodou (*Legionella*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, apod.) způsobují množství vážných onemocnění, kterým by se monitorováním životního prostředí a správnou ochranou dalo zabránit. Ať už se jedná o detekční metody nebo tvorbu zdravotnických pomůcek (roušky, respirátory), které mají za úkol chránit jedince před nákazou, využití nanomateriálů, jako jsou nanovláknena, přináší množství výhod. Nanovláknena, která jsou charakteristická velkým povrchem vůči objemu, mají výjimečné filtrační schopnosti, které lze vhodnou volbou parametrů nanovláknenné struktury dále upravovat. Tím je možné získat membrány propustné pro tekutiny a plyny, které však zachytí patogenní či nežádoucí částice ohrožující bezpečnost prostředí, ve kterém žijeme.

# The Optimization of the Parameters of Nanofiber Membranes Suitable for the Pathogen Interception

Leontýna Varvařovská <sup>1</sup>, Tat'ána Jarošíková <sup>1</sup>, Bruno Sopko <sup>2</sup>,  
Evžen Amler <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Laboratory of Advanced Biomaterials, University Centre for Energy Efficient  
Buildings, Czech Technical University in Prague, Třinecká 1024, 273 43 Buštěhrad,  
Czech Republic

E-mail: [varvaleo@fbmi.cvut.cz](mailto:varvaleo@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** PAN nanofibers, Nanofibrous filters, Filtration membranes, Pathogen interception

**Abstract:** As seen in recent years, when the Covid-19 disease was spread globally, nowadays, control of the environment and its contamination play a significant role. Airborne and waterborne pathogens (*Legionella*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, etc.) cause several serious diseases that could be prevented by environmental monitoring and proper protection. Whether it is detection methods or the creation of novel medical aids (masks, respirators) that protect individuals from infection, nanomaterials such as nanofibers bring many advantages. Nanofibers, characterized by a large surface-to-volume ratio, have exceptional filter capabilities that a suitable choice of the parameters of the nanofiber structure can further modify. Thus, it is possible to obtain membranes permeable to liquids and gases, which, however, capture pathogenic or unwanted particles threatening the safety of our environment.

## 1. Introduction

In recent years, one-dimensional nanostructures such as nanoparticles and nanofibers gain an exceptional meaning in the field of biomedicine and environment monitoring [1, 2]. In addition to wound dressing, drug delivery systems, and scaffolds, 1 D nanomaterials are suitable as filters and detectors for the monitoring of environmental pollution. [3] After the situation with Covid-19, the method of fast, continual, and reliable control of water and air pollution by pathogens (such as *Legionella*, *Staphylococci*, *Streptococci*, etc.) is essential.

One of the most commonly used nanomaterials for the mentioned application is nanofibers. Nanofibers are unique polymer fibers with diameters ranging from tens to hundreds of nanometres. The nanofibers possess a high surface-to-volume ratio and a number of pores [4]. Their exceptional structure allows additional functionalization with bioactive molecules such as mRNA, enzymes, or antibodies [5].

The properties of nanofibers depend on the fabrication method (the most common is electrospinning) and used polymer, which is either synthetic (PVA, PVP, PAN, etc) or natural (cellulose). Composite materials are also used in many cases [4, 6].

As mentioned earlier, in the field of environmental monitoring and biomedicine, nanofibers are used mainly due to their filter capabilities. This property is, among other things, dependent on area density. By influencing the area density, the permeability of nanofiber membranes can be modified for the interception of unwanted particles such as PM<sub>2.5</sub>, viruses, or bacterial cells [6, 7, 8, 9]. Nanofibers with sufficient filter capability, which would meet the health requirements, are an attractive material for the production of medical masks and respirators. [10, 11]

This work focuses on the optimization of the nanofiber parameters which would be suitable to produce nanofiber membranes for the interception of pathogens. To ensure effective filtration through the membrane, used nanofibers had to be fabricated from a suitable water-insoluble polymer material. The second parameter that fundamentally affects the filtration ability of the membrane is already mentioned area density. In our work, we present PAN nanofiber membranes with three different area densities, that were used to filter the liquid medium with the model pathogenic organism *Escherichia coli*.

## 2. Experimental

### 2.1. Materials

The polymer polyacrylonitrile (PAN) was purchased from Sigma Aldrich (USA) and used to fabricate homogenous and fine electrospun nanofibers.

Prepared PAN nanofibers were used for the interception of gram-negative bacteria *Escherichia coli*, which was provided by the bacterial collection of the University of Chemistry and Technology, Prague, Czech Republic. To cultivate the bacterial cells, a liquid medium was prepared from yeast extract, peptone, and NaCl. All the ingredients for the liquid medium were obtained from Sigma Aldrich (USA).

### 2.2. Fabrication and characterization of nanofibers

Electrospun polyacrylonitrile nanofibers were fabricated from a mix of PAN polymer and N, N-dimethylformamide (DMF) and made to order by Syndat company (Czech Republic). By the electrospinning method, which uses high voltage (in kV) to create fine fibers with diameters

in the nanometer range [12, 13, 14], three PAN nanofibrous textiles with different area densities were prepared.

After fabrication, nanofibers were visualized and characterized by a scanning electron microscope. First, a small sample from each nanofibrous textile was placed on the metal target and gilded (Sputter Coater Q150R, Quorum Technologies, UK). After that, the samples were visualized through the microscope Vega3 SB, Tescan, Czech Republic [12].

### 2.3. Bacterial cultivation

Gram-negative bacteria *Escherichia coli* was used as a model organism for the experiments. The cultivation of *E. coli* was performed in a liquid medium from 1.5 g of yeast extract, 2.5 g of peptone, and 2.5 g of NaCl in 500 ml of distilled water. Before use, the nutrient broth was sterilized in the autoclave at a temperature of 121 °C for 30 minutes [15].

Bacterial cells were transferred to 30 ml of liquid medium and cultivated at 37 °C for 24 hours. The cultivation was performed in the thermostat with a shaker, so the liquid medium was constantly homogenized [15].

### 2.4. Experimental setup

The experiments for the evaluation of the nanofiber filter capabilities were based on the filtration of the liquid medium with bacterial cells through the membranes with defined size. For the filtration under the lowered pressure, a filter frit with the porosity S1 (pore size in the range of 100-160 µm) was used. The ceramic frit was used as a nanofiber membrane carrier. The frit was connected to the filter flask and vacuum pump. With this setup, it was possible to perform fast and effective filtration through the prepared membranes.

First, the number of bacterial cells in the nutrient broth (hereinafter “bacterial suspension”) was evaluated by measuring the optical density of the samples. Then, bacterial suspension was filtered through the filter frit, so the filter capability of the frit could be determined. After every filtration, the frit was cleaned with distilled water.

In the second step, the nanofiber membrane with the lowest area density was placed on the filter frit so the membrane covered the whole surface of the frit. Then, 2 ml of the bacterial suspension was filtered through the system. The experiment was repeated with two other samples of the membrane.

The same process was performed for all the prepared nanofibers with different area densities. The filter capability of used membranes was evaluated through the measurement of the optical density of the filtered bacterial suspensions. The optical density was measured at 600 nm, which is the most suitable wavelength for the bacteria *E. coli*.

After the collection of the optical density data, the effectivity of the filtration  $\eta$  for each nanofiber membrane was mathematically calculated:

$$\eta = \frac{(OD_F - OD_{NF}) \cdot 100}{OD_F} \quad (1)$$

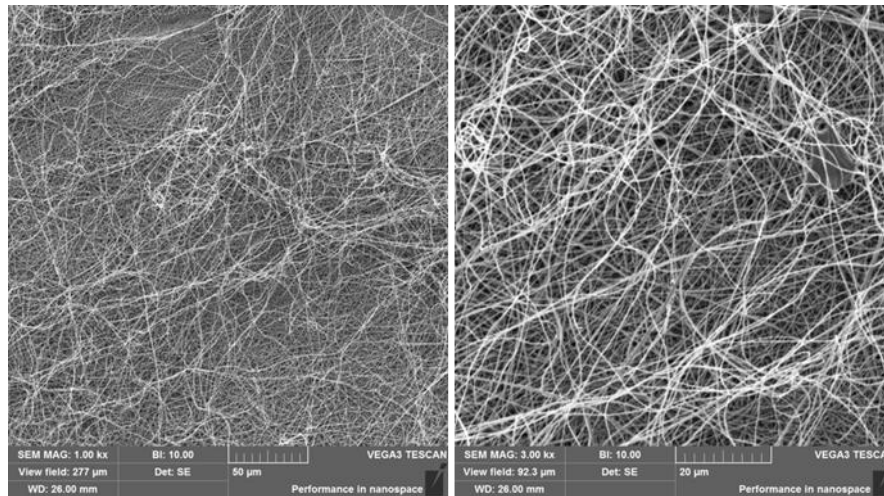
In the equation,  $OD_F$  stands for the optical density of the bacterial suspension, after the filtration through the filter frit.  $OD_{NF}$  then shows the optical density value of the bacterial suspension after the filtration through the nanofiber membrane.

### 3. Results and discussion

#### 3.1. Nanofiber visualization and characterization

PAN nanofibers with area densities of  $1.34 \text{ g/m}^2$ ,  $2.68 \text{ g/m}^2$  and  $4.02 \text{ g/m}^2$  were fabricated through the electrospinning method and used as a filter membrane for the polluted liquids. The polymer polyacrylonitrile was used to prepare water-insoluble nanofibers with great stability, and mechanical and chemical properties. This material is frequently used in nanobiomedicine, especially in biosensing and filtration methods [16, 17].

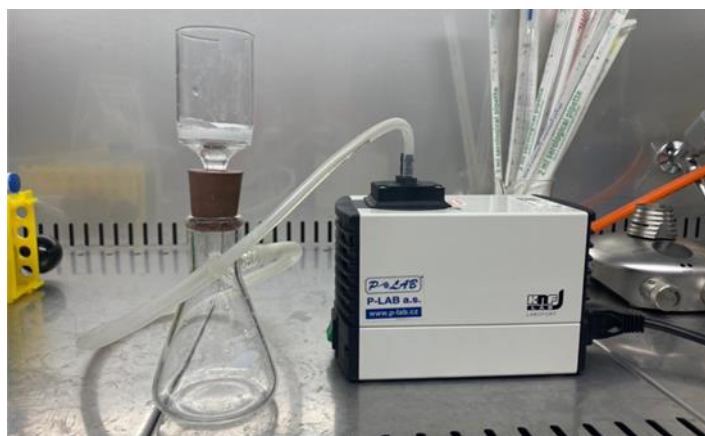
The fibers were characterized through the scanning electron microscope. As shown in Figure 1, prepared nanofibers are mostly regular, and the structure is homogenous. The mean diameter of the fibers ranges from 600 nm to  $1 \text{ }\mu\text{m}$ .



**Figure 1:** SEM visualization of the electrospun PAN nanofibers with an area density of  $2.68 \text{ g/m}^2$

#### 3.2. Experimental setup

The experimental setup consisted of a filtration frit, a filtration flask, and a vacuum pump (Figure 2).



**Figure 2:** Layout of the experimental setup

The size of the nanofiber membranes was defined by the size of the ceramic frit. If the frit would not be fully covered with nanofiber, the bacterial suspension could be filtered just through the frit which would affect the results.

The vacuum pump connected to the system enabled the filtration of the whole volume of the bacterial suspension within a short time period and with high effectiveness.

### *3.3. Measured optical densities and calculated filter capabilities*

The filter capability of the nanofiber membranes was determined through the measurement of the optical densities of filtered bacterial suspensions. Optical densities measured at 600 nm and calculated values of the filter capabilities are shown in Table 1.

**Table 1:** Measured optical densities and calculated values of filter capabilities of the nanofibers.

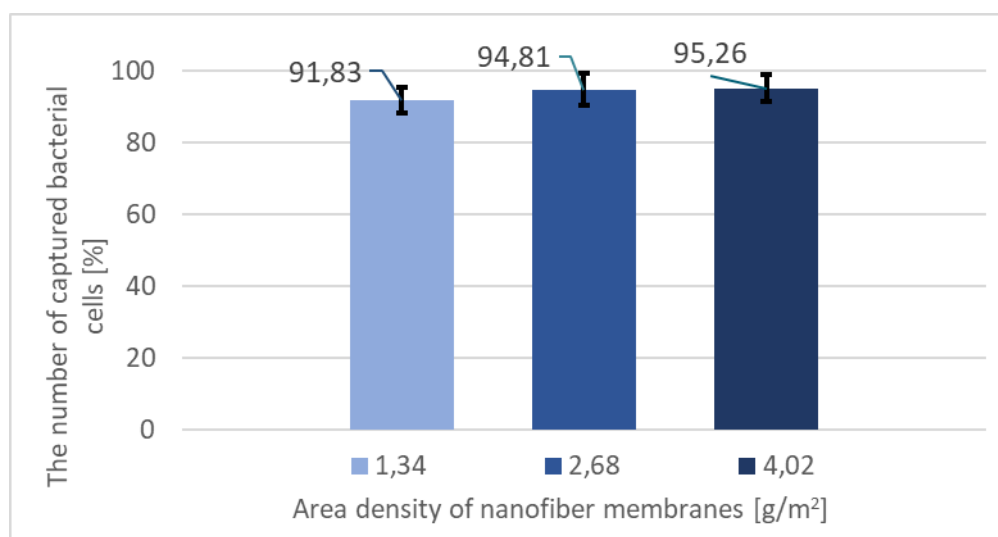
Sample	Optical density [-]	Filter capability [%]
Filter frit	1.2028	-
PAN 1.34 g/m <sup>2</sup>	0.0962	91.83
PAN 2.68 g/m <sup>2</sup>	0.0628	94.81
PAN 4.02 g/m <sup>2</sup>	0.0473	95.26

Given that nanofibers are not woven fabric, the structure of nanofibrous textiles differs in the area. Textiles of electrospun nanofibers are in the middle area denser than the parts in the edges. Because of that, the filter capability of each nanofiber sample varies. Values shown in Table 1 are the averages of measured and calculated data.

For the comparison, Table 2 shows the required filter capabilities values for the FFP respirators class. As can be seen from the results, electrospun PAN nanofibers with area densities of 2.68 and 4.02 g/m<sup>2</sup> could be used for the filtration in the FFP 2 respirator class.

FFP class	Filter capability [%]
FFP 1	$\geq 80$
FFP 2	$\geq 94$
FFP 3	$\geq 99$

The dependence of filter capability on the area density of the nanofiber membranes is shown in Figure 4. Due to the uneven density of the nanofibrous textile, the standard deviation determined by error bars in Figure 4 shows the range of the filtration effectiveness of each nanofiber membrane.



**Figure 4:** The dependence of the filtration effectiveness on the nanofiber area density

## 4. Conclusion

In our work, we present the use and parameter optimization of the PAN nanofibers for liquid filtration. The electrospun nanofibers fabricated from polyacrylonitrile, a water-insoluble, mechanically, and chemically durable synthetic polymer, were prepared with three different area densities (1.34, 2.68, and 4.02 g/m<sup>2</sup>). Each nanofiber membrane was tested for filter capability and pathogen interception. The filter capability was tested through the filtration of a liquid medium with the model bacteria *Escherichia coli*. Used nanofibers were able to capture more than 90 % of bacteria in the medium. The dependence of the filtration effectiveness on the area density of the fibers was evaluated. With increasing area density of the nanofibers filter capabilities also increased.

With the suitable optimization of parameters, nanofibers are very attractive one-dimensional nanomaterials for the creation of environmental filters or medical protective equipment such as masks and respirators.

## 5. Acknowledgments

We appreciate the possibility of working in the laboratories of the Department of natural sciences, Faculty of biomedical engineering, Czech Technical University in Prague. The experiments were supported by the Student Grant Competition of Czech Technical University (SGS22/199/OHK4/3T/17).

## 6. References

- [1] S. Yuan, Q. Zhang. Application of One-Dimensional Nanomaterials in Catalysis at the Single-Molecule and Single-Particle Scale. *Front. Chem.* 9, 2021. DOI: 10.3389/fchem.2021.812287
- [2] Y. Zhao, H. Hong, Q. Gong, L. Ji. 1D Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications. *Journal of Nanomaterials*. 2013. DOI: 10.1155/2013/101836
- [3] E. F. Mohamed, G. Awad. Development of nano-sensor and biosensor as an air pollution detection technique for the foreseeable future. *Comprehensive analytical chemistry*. 99: 163-188, 2022. DOI: 10.1016/bs.coac.2021.11.003
- [4] Kenry, Ch. T. Lim. Nanofiber technology: current status and emerging developments. *Progress in Polymer Science*. 70: 1-17, 2017. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2017.03.002
- [5] D. Kulkarni et al. Surface Functionalization of Nanofibers: The Multifaceted Approach for Advanced Biomedical Applications. *Nanomaterials*. 12(21), 2022. DOI: 10.3390/nano12213899
- [6] A. Canalli Bortolassi et al. Composites Based on Nanoparticle and Pan Electrospun Nanofiber Membranes for Air Filtration and Bacterial Removal. *Nanomaterials*. 9(12), 2019 DOI:10.3390/nano9121740
- [7] S. Fahimirad, Z. Fahimirad, M. Sillnapää. Efficient removal of water bacteria and viruses using electrospun nanofibers. *Science of The Total Environment*. 751, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141673
- [8] G. Ungur, J. Hrůza. Modified Nanofibrous Filters with Durable Antibacterial Properties. *Molecules*. 26(5), 2021. DOI: 10.3390/molecules26051255
- [9] Thakur, A. Kumar. Recent advances on rapid detection and remediation of environmental pollutants utilizing nanomaterials-based (bio)sensors. *Science of the Total Environment*. 834, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.155219
- [10] W. K. Essa, S. A. Yasin, I. A. Saeed, G. A. M. Ali. Nanofiber-Based Face Masks and Respirators as COVID-19 Protection: A Review. *Membranes*. 11(4), 2021. DOI: 10.3390/membranes11040250

- [11] V. S. Naragund, P. K. Panda. Electrospun nanofiber-based respiratory face masks—a review. *Emergent Materials*. 5: 261-278, 2022. DOI: 10.1007/s42247-022-00350-6
- [12] E. Bayrak. Nanofibers: Production, characterization, and tissue engineering applications. *21<sup>st</sup> Century Nanostructured Materials*. 2022. DOI: 10.5772/intechopen.102787
- [13] S. Ramakrishna, K. Fujihara, W. E. Teo, T. C. Lim, Z. Ma. An introduction to electrospinning and nanofibers. *New Jersey: World Scientific*. 2005. ISBN 98-125-6454-3.
- [14] P. J. Brown, K. Stevens ed. Nanofibers and Nanotechnology in Textiles. *Cambridge: Woodhead Publishing*. 2007. ISBN 978-1-84569-373-2.
- [15] K. Elbing, R. Brent. Growth of *E. coli* in liquid medium. *Curr Protoc Mol Biol*. 125(1), 2019. DOI: 10.1002/cpmb.81
- [16] A. I. Yardimci et al. Electrospun polyacrylonitrile (PAN) nanofiber: preparation, experimental characterization, organic vapor sensing ability and theoretical simulations of binding energies. *Applied Physics A*. 128(173), 2022. DOI: 10.1007/s00339-022-05314-5
- [17] R. Awad, A. H. Mamaghani, Y. Boluk, Z. Hashisho. Synthesis and characterization of electrospun PAN-based activated carbon nanofibers reinforced with cellulose nanocrystals for adsorption of VOCs. *Chemical Engineering Journal*. 410(7), 2021. DOI: 10.1016/j.cej.2021.128412

## Ultrasensitive bionanosensors based on functionalized nanofibers for orthopedic periprosthetic complications

**Aleksei Pashchenko<sup>1,2</sup>, Jiří Beznoska<sup>1,3</sup>, Leontýna Varvařovská<sup>4</sup>, Sara Cruciani<sup>2</sup>, Bruno Sopko<sup>1</sup>, Tat'ána Jarošíková<sup>4</sup>, Margherita Maioli<sup>2</sup> and Evžen Amler<sup>1,5</sup>**

<sup>1</sup> *Department of Biophysics, Second Faculty of Medicine, Charles University, v Úvalu 84, Prague 5, Czech Republic*

<sup>2</sup> *Department of Biomedical Sciences, University of Sassari, Piazza Università 21, 07100 Sassari, Italy*

<sup>3</sup> *Rudolph and Stephanie Hospital, Máchova 400, 256 01 Benešov, Czech Republic*

<sup>4</sup> *Faculty of Biomedical Engineering, Czech Technical University in Prague, Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic*

<sup>5</sup> *University Centre for Energy Efficient Buildings, Czech Technical University in Prague, Trinecka 1024, 27343 Bustehrad, Czech Republic;*

**E-mail:** [alexpko@seznam.cz](mailto:alexpko@seznam.cz)

**Keywords:** Diagnosis, nanotechnologies, periprosthetic infection, septic arthritis

**Abstract:** Bionanosensors based on functionalized nanofibers technology - equipped with selectively specific antibodies and/or miRNAs - allow the development of highly sensitive and specific test systems for ultrasensitive detection of early-stage markers of pathological processes and are very suitable for smart active-targeted and controlled drug delivery systems. Especially important is the quick and highly specific diagnosis of pathological biomarkers predating post-prosthetic complications such as periprosthetic infection, periprosthetic osteolysis, and others. This study aims to develop and test bionanosensors for the detection of specific biomarkers in human fluids (urine, synovial fluid, and others) for the early detection of developing periprosthetic complications. The main result of this study and the overall development of the application of the bionanosensors in clinical practice would be the reduction of the number of complications, also the reduction of severe courses, and the overall reduction of the financial burden on the health care system.

**Support:** The research was supported by the Charles University Grant Agency (project no. 312123).

## Ultrasenzitivní bionanosenzory založené na funkcionalizovaných nanovlákních pro vyšetření ortopedických periprotetických komplikací

**Aleksei Pashchenko<sup>1,2</sup>, Jiří Beznoska<sup>1,3</sup>, Leontýna Varvařovská<sup>4</sup>, Sara Cruciani<sup>2</sup>, Bruno Sopko<sup>1</sup>, Tat'ána Jarošíková<sup>4</sup>, Margherita Maioli<sup>2</sup> and Evžen Amler<sup>1,5</sup>**

<sup>1</sup> Ústav biofyziky 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, v Úvalu 84, Praha 5, Česká republika

<sup>2</sup> Katedra biomedicínských věd, Univerzita v Sassari, Piazza Università 21, 07100 Sassari, Itálie

<sup>3</sup> Nemocnice Rudolfa a Stefanie, Máchova 400, 256 01 Benešov, Česká republika

<sup>4</sup> Fakulta Biomedicínského inženýrství, České vysoké učení technické v Praze, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>5</sup> Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, České vysoké učení technické v Praze, Trinecká 1024, 273 43 Buštěhrad, Česká Republika

**E-mail:** [alexpko@seznam.cz](mailto:alexpko@seznam.cz)

**Klíčová slova:** Diagnostika, nanotechnologie, periprotetická infekce, septická artritida

**Abstrakt:** Bionanosenzory založené na technologii funkcionalizovaných nanovláken – se selektivně specifickými protilátkami a/nebo miRNA – umožňují vývoj vysoce citlivých a specifických testovacích systémů pro ultrasenzitivní detekci markerů patologických procesů v časném stadiu a jsou velmi vhodné pro aktivně-cílené a řízené systémy dodávání léčiv. Mimořádně důležitá je rychlá a vysoce specifická diagnostika patologických biomarkerů, které předcházejí postprotetickým komplikacím, jako je periprotetická infekce, periprotetická osteolýza a další. Cílem této studie je vyvinutí a testování bionanosenzorů pro detekci specifických biomarkerů v lidských tekutinách (moč, synoviální tekutina atd.) pro včasnou detekci rozvíjejících se periprotetických komplikací. Hlavním výsledkem tohoto výzkumu a celkového rozšíření aplikací biosenzorů v klinické praxi by bylo snížení výskytu komplikací, stejně jako snížení počtu těžkých průběhů a celkové snížení finanční náročnosti systému zdravotnické péče.

**Poděkování:** Výzkum byl podpořen Grantovou agenturou Univerzity Karlovy (projekt č. 312123).

## Modification of implant surface properties by thin layer

Štěpánka Tomášková <sup>1</sup>, Jan Remsa <sup>1,2</sup>, Jan Mikšovský <sup>1,2</sup>, Petr  
Písařík <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, Na Slovance 2, 182 21 Prague  
8, Czech Republic

E-mail: [tomasstl@fbmi.cvut.cz](mailto:tomasstl@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Contact angle, surface free energy, surface roughness, biocompatibility

**Abstract:** The goal of this thesis was to create a program that would help determine the suitability of a thin layer for cell adhesion and proliferation using topology and surface energy measurements. To calculate the free surface energy, it was necessary to create a code in Matlab, in which the method of least squares and the OWRK method of calculating the surface energy were used. The surface roughness was tested depending on the contact angle. Suitability for cell adhesion and proliferation cannot be accurately predicted from the values of the mentioned physical parameters (free surface energy, roughness). Cell- surface interaction depends on multiple parameters and that's why we need more research.

**Support:** This work has been supported by the Grant Agency of the Czech Technical University in Prague (grant No. SGS22/131/OHK4/2T/17).

## Modifikace povrchových vlastností implantátu tenkou vrstvou

Štěpánka Tomášková <sup>1</sup>, Jan Remsa <sup>1,2</sup>, Jan Mikšovský <sup>1,2</sup>, Petr Písařík <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8, Česká republika

E-mail: [tomasstl@fbmi.cvut.cz](mailto:tomasstl@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Kontaktní úhel, volná povrchová energie, drsnost, biokompatibilita

**Abstrakt:** Cílem této diplomové práce bylo vytvořit program, který by napomohl předurčit vhodnost tenké vrstvy pro adhezi a proliferaci buněk za pomoci měření topologie a povrchové energie. Pro výpočet volné povrchové energie bylo nutné vytvořit kód v Matlabu, ve kterém byla použita metoda nejmenších čtverců a OWRK metoda výpočtu povrchové energie. Drsnost povrchu byla otestována v závislosti na kontaktním úhlu. Z hodnot zmíněných fyzikálních parametrů (volná povrchová energie, drsnost) nelze přesně predikovat vhodnost pro adhezi a proliferaci buněk. Interakce buňky a povrchu závisí na více parametrech a proto je potřeba se tímto výzkumem více zabývat.

**Poděkování:** Tato práce byla podpořena Studentskou grantovou agenturou Českého vysokého učení technického v Praze (grant č. SGS22/131/OHK4/2T/17).

# Analysis of mechanical properties of cells

**Radka Staňková<sup>1</sup> and Martin Otáhal<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [stankrad@student.cvut.cz](mailto:stankrad@student.cvut.cz)

**Keywords:** Cell, mechanical properties of cell, atomic force microscopy (AFM), force curve, force map, Young's modulus.

**Abstract:** Analysis of the mechanical properties of cells provides new insight into changes in their behaviour due to their environment and changes in their structure that may be caused by pathological changes. In particular, the structure of the cell in the form of the cytoskeleton, cytoplasmic membrane and extracellular matrix has a major influence on mechanical properties. Consequently, cell pathology can disrupt this structure and cause changes in the biomechanical behaviour of the cell.

The aim of this thesis is to elaborate on the theoretical research from previous studies and focus on the fabrication of a tool that will be able to evaluate the mechanical properties of cells, specifically the Young's modulus of elasticity using mathematical models such as the Hertz contact pressure model and the Oliver-Pharr model. Furthermore, the work is aimed at automatically separating the results from different parts of the cell such as the nucleus, cytoplasm and its surroundings.

The work results in automation, speeding up the processing of measured data and comparison of results. The specific results were written in the conclusion of the paper.

## Analýza mechanických vlastností buněk

**Radka Staňková<sup>1</sup> and Martin Otáhal<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [stankrad@student.cvut.cz](mailto:stankrad@student.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Buňka, mechanické vlastnosti buňky, mikroskopie atomárních sil (AFM), silová křivka, silová mapa, Youngův modul pružnosti.

**Abstrakt:** Analýza mechanických vlastností buněk umožňuje nový pohled na změny jejich chování vlivem prostředí, ve kterém se nacházejí a na změny jejich struktury, které mohou být způsobené patologickými změnami. Zejména struktura buňky v podobě cytoskeletu, cytoplazmatické membrány a extracelulárního matrixu má velký vliv na mechanické vlastnosti. Následně patologie buněk může tuto strukturu narušit a způsobit změny v jejím biomechanickém chování.

Tato práce je zaměřena na měření mechanických vlastností buněk pomocí mikroskopie atomárních sil (AFM) neboli metody zvané nanoindentace. Cílem práce je zpracování teoretické rešerše z předešlých studií a zaměření na zhotovení nástroje, který bude schopný vyhodnocovat mechanické vlastnosti buněk, a to konkrétně Youngův modul pružnosti, pomocí matematických modelů jako je Hertzův model kontaktních tlaků a Oliver Pharr model. Dále je práce zaměřena na automatické separování výsledků z jednotlivých částí buňky jako je jádro, cytoplazma a její okolí.

Výsledkem práce je automatizace, urychlení práce při zpracovávání naměřených dat a porovnání výsledků. Konkrétní výsledky byly sepsány v závěru práce.

# Mechanical properties of biocompatible layers for use in medicine

**Petra Průchová<sup>1</sup>, Jan Remsa<sup>1,2</sup>, Petr Písařík<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, Na Slovance 2, 182 21 Prague 8, Czech Republic

**E-mail:** [petra1.pruchova@seznam.cz](mailto:petra1.pruchova@seznam.cz)

**Keywords:** Biocompatibility, Titanium, Silver Chromium, Implantology, Diamond like carbons

**Abstract:** The aim of the thesis is the theoretical development of biocompatible materials for use in the field of implantology. It includes the treatment of individual materials, surface treatments of specific materials to improve biocompatibility and an explanation of the general concept of biocompatibility. Included is a chapter discussing the material Diamond-Like Carbon (DLC) which is very important for improving the overall properties of the material implanted into the human body. In terms of mechanical properties, layers of this material together with another element (dopant) are suitable for biomedical applications and three types of such doped layers are the subject of the practical section where the adhesion of these layers was measured. They are DLC layers doped with three different elements (chromium, titanium, silver). Their mechanical properties were assessed through an indentation test, the so-called: scratch test. These scratches were first analyzed using a Keyence VHX7000 microscope and the resulting adhesion was semi-automatically calculated in Matlab. In the case of chromium-doped DLC layers, the layer with the best adhesion was the layer containing 8.22 at.% chromium. Both indentations of this layer had very similar results with good-quality adhesion. In the case of silver doping of the layer, the best adhesion value was measured for the layers with a silver content of 3.49 at.%, 4.9 at.% and 9.34 at.%. Here, the penetration of the layers occurred only at values of approximately 19 N. In contrast, layers with a silver element of more than 20 at.% did not have such high adhesion values. Titanium-doped layers showed the highest adhesion with 3.26 at.% and 5.21 at.% titanium. With higher dopant content, a large improvement in adhesion values was no longer observed. As a result, the mechanical

properties of three types of doped diamondlike layers were measured, where we found that the adhesion value does increase with increasing dopant content, but with the risk of becoming increasingly softer and more likely to push off after the surface when higher forces are applied.

**Support:** This work has been supported by the Grant Agency of the Czech Technical University in Prague (grant No. SGS22/131/OHK4/2T/17).

## Mechanické vlastnosti biokompatibilních vrstev pro použití v medicíně

**Petra Průchová<sup>1</sup>, Jan Remsa<sup>1,2</sup>, Petr Písařík<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8, Česká republika

**E-mail:** [petra1.pruchova@seznam.cz](mailto:petra1.pruchova@seznam.cz)

**Klíčová slova:** Biokompatibilita, titan, stříbro, chrom, implantologie, diamantu podobný uhlík

**Abstrakt:** Cílem projektu jsou biokompatibilní materiály pro použití v oboru implantologie. Součástí je zpracování jednotlivých materiálů, povrchových úprav konkrétního materiálu pro zlepšení biokompatibility a vysvětlení obecného pojmu biokompatibilita. Součástí je kapitola pojednávající o materiálu Diamantu podobný uhlík (DLC), který je velmi důležitý pro zlepšení celkových vlastností implantovaného materiálu do lidského organismu. Z hlediska mechanických vlastností jsou pro biomedicínské aplikace vhodné vrstvy z tohoto materiálu společně s jiným prvkem „dopantem“. Tři druhy takto dopovaných vrstev jsou předmětem praktické části, kde byla měřena adheze těchto vrstev. Jsou to DLC vrstvy dopované třemi různými prvky (chrom, titan, stříbro). Jejich mechanické vlastnosti byly posuzovány pomocí vrypové zkoušky, tzv.: Scratch testu. Tyto vrypy byly nejdříve analyzovány pomocí mikroskopu Keyence VHX7000 a výsledná adheze byla poloautomaticky spočítána v programu Matlab. V případě chromem dopovaných diamantu podobných uhlíkových vrstev vyšla vrstva s nejlepší adhezí vrstva s obsahem 8,22 at.% chromu. Oba vrypy této vrstvy měly velmi podobné výsledky s kvalitní adhezí. V případě dopace vrstvy stříbrem byla nejlepší hodnota adheze naměřena u vrstev s obsahem stříbra 3,49 at.%, 4,9 at.% a 9,34 at.%. K prodření vrstev docházelo až při hodnotách přibližně 19 N. Oproti tomu vrstvy se stříbrem s koncentrací více než 20 at.% už tak vysoké hodnoty adheze neměly. Vrstvy dopované titanem vykazovaly největší adhezi s obsahem 3,26 at.% a 5,21 at.% titanu. S vyšším obsahem dopantu už nebylo pozorováno velké zlepšení hodnoty adheze. Výsledkem bylo změření mechanických vlastností tří druhů dopovaných DLC vrstev, u kterých jsme zjistili, že hodnota adheze s rostoucím

obsahem dopantu sice stoupá, ale s rizikem, že je stále měkčí a po povrchu se při aplikaci vyšších sil spíše odtlačí.

**Poděkování:** Tato práce byla podpořena Studentskou grantovou agenturou Českého vysokého učení technického v Praze (grant č. SGS22/131/OHK4/2T/17).

# Automatic evaluation of origami DNA images from atomic microscopy

**Kristýna Jirásková<sup>1</sup> and Vladimíra Petráková<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [jiraskri@student.cvut.cz](mailto:jiraskri@student.cvut.cz)

**Keywords:** DNA origami, atomic field microscopy, image processing, classification of image structures

**Abstract:** The goal of the work was to design and implement a tool for automatic evaluation of DNA origami images taken by atomic force microscopy (AFM). The evaluation should include image processing leading to its segmentation and subsequent classification of broken and complete DNA origami structures. The aim of the classification was also to evaluate the binding of nanoparticles to the DNA origami structure.

This work deals with the synthesis of a DNA origami sample, its measurement on AFM and its processing in the ImageJ and Python environments. The resulting product is a simple detector of DNA origami structures, both intact and broken, and a nanoparticle detector. The specificity of the classification algorithm for the detection of decayed structures was 0.87 and the sensitivity was 0.77. The sensitivity of nanoparticle detection is 0.93.

The developed algorithm solves the problem of manual counting of DNA origami structures in the image.

## Automatické vyhodnocení obrázků DNA origami z mikroskopie atomárních sil

**Kristýna Jirásková<sup>1</sup> and Vladimíra Petráková<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [jiraskri@student.cvut.cz](mailto:jiraskri@student.cvut.cz)

**Klíčová slova:** DNA origami, mikroskopie atomárních sil, zpracování obrazu, klasifikace struktur obrázku

**Abstrakt:** Cílem práce bylo navrhnout a implementovat nástroj pro automatické vyhodnocení obrázků DNA origami pořízené mikroskopií atomárních sil (AFM). Vyhodnocení mělo obsahovat úpravu obrázku vedoucí k jeho segmentaci a následné klasifikaci rozpadlých a úplných struktur DNA origami. Cílem klasifikace bylo také zhodnocení navázání nanočástic na strukturu DNA origami.

Práce se zabývá syntézou vzorku DNA origami, jeho měření na AFM a jeho zpracování v prostředích ImageJ a Python. Výsledným produktem je jednoduchý detektor struktur DNA origami jak v celistvé, tak v rozpadlé podobě, a detektor nanočástic. Specifická klasifikační algoritmu pro detekci rozpadlých struktur vyšla na 0,87 a senzitivita na 0,77. Senzitivita detekce nanočástic je 0,93.

Vyvinutý algoritmus řeší problematiku ručního počítání struktur DNA origami na obrázku.

# Cultured neurons as a platform for assessing psychoactive substances

**Kateřina Nevšimalová<sup>1</sup> and Václav Petrák<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [nevsikat@student.cvut.cz](mailto:nevsikat@student.cvut.cz)

**Keywords:** Neuronal activity, microelectrode array, new psychoactive substances

**Abstract:** The aim of this study was to assess the effects of the neurostimulation substances MDMA and 25CN-NBOMe on the nervous system by stimulating a cultivated hippocampal neural line. We investigated whether the effects of these substances are dose-dependent, hence several different concentrations were tested. In vitro microelectrode arrays were used to measure electrical neural signals. Changes in neuronal activity were assessed based on seven electrophysiological parameters such as Mean Firing Rate (MFR), Inter Spike Interval (ISI), and others. After stimulating neurons with 1  $\mu$ M MDMA, we observed a significant change in MBR, which dropped almost to zero, while MFR and network synchronization did not change significantly. We observed a significant inhibitory effect when stimulating with 25CN-NBOMe at concentrations of 3 mg/L and 30 mg/L, at which both MFR and MBR dropped almost to zero. However, it is strange that this significant effect of reducing nerve activity was not caused by the 25CN-NBOMe stimulation at a concentration of 10 mg/L. To confirm these results, it would be necessary to repeat these experiments.

## Kultivované neurony jako platforma pro hodnocení psychoaktivních látek

**Kateřina Nevšimalová<sup>1</sup> and Václav Petrák<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [nevsikat@student.cvut.cz](mailto:nevsikat@student.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Neuronální aktivita, mikroelektrodové pole, nové psychoaktivní látky

**Abstrakt:** Cílem této práce bylo posouzení vlivu neurostimulačních látek MDMA a 25CN-NBOMe na nervovou soustavu formou stimulace kultivované hipokampální linie neuronů. Zkoumali jsme, zda jsou účinky těchto látek dávkově závislé, proto bylo testováno několik různých koncentrací. Pro měření elektrických neurálních signálů byla použita in vitro mikroelektrodová pole. Změny neuronální aktivity neuronů byly posouzeny na základě sedmi elektrofyziologických parametrů jako např. Mean Firing Rate (MFR), Inter Spike Interval (ISI), a další. Po stimulaci neuronů 1 $\mu$ M MDMA jsme pozorovali významnou změnu v MFR, která klesla téměř na nulu, zatímco MFR a synchronizace sítě se statisticky významně nezměnily. Dále jsme pozorovali významný inhibiční účinek při stimulaci 25CN-NBOMe o koncentracích 3 mg/L a 30 mg/L, při kterých MFR i MBR klesly téměř na nulovou hodnotu. Je však zvláštní, že tento významný účinek redukce nervové aktivity nezpůsobila stimulace 25CN-NBOMe o koncentraci 10 mg/L. Pro potvrzení těchto výsledků by však bylo potřeba tyto experimenty zopakovat.

## Miniaturized sensor node for three-electrode ECG signal sensing in the field conditions

**Jiří Kubín**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [kubinji2@fbmi.cvut.cz](mailto:kubinji2@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** Miniaturized sensor node, PCB design, microcontroller, electrocardiogram, myocardial pathophysiology, dry electrode, conductive fabric, ADS1293, AD8232, QRS detector

**Abstract:** The aim of the project is to design and test a miniaturized node for three-electrode sensing of stress ECG signals in the terrain, adapted for connection of dry electrodes and its integration into work clothes. The resulting solution will be selected from several built sensor nodes, where the quality of the provided ECG signal with different types of dry electrodes will be assessed as part of the proposed stress test with human. A designed sensor node using modern integrated circuits will be used in a system for remote monitoring of human in the field. Systems for remote monitoring have been developed at the Department of Information and Communication Technologies for several years. The proposed device will be used in a new version of the system, which should be integrated into work wear. The system in question is already used in practice, for example, in the training of integrated rescue team.

## Miniaturizovaný senzorový nod pro tříelektrodové snímání EKG signálu v terénu

**Jiří Kubín**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [kubinji2@fbmi.cvut.cz](mailto:kubinji2@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Miniaturizovaný senzorový nod, návrh DPS, mikrokontrolér, elektrokardiogram, patofyziologie myokardu, suchá elektroda, vodivá tkanina, ADS1293, AD8232, QRS detektor

**Abstrakt:** Cílem projektu je navrhnout a otestovat miniaturizovaný nod pro tříelektrodové snímání signálu EKG v terénu, uzpůsobený pro připojení suchých elektrod a jeho integraci do pracovního oděvu. Výsledné řešení bude vybráno z několika zhotovených senzorových nodů, u kterých bude posuzována kvalita poskytovaného signálu EKG s různými typy suchých elektrod v rámci navrženého zátěžového testu s probandy. Navržený senzorový nod využívající moderní integrované obvody bude použit v systému pro dálkovou monitoraci probandů v terénu. Systémy pro dálkovou monitoraci jsou na Katedře informačních a komunikačních technologií vyvíjeny již několik let. Navržené zařízení bude použito v nové verzi systému, jež by měla být vestavěna do pracovního oděvu. Zmíněný systém se již používá v praxi například při výcviku jednotek IZS.

## 3D UWB radar system for non-invasive breast cancer diagnosis

**Matěj Krása**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítná sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [krasama3@student.cvut.cz](mailto:krasama3@student.cvut.cz)

**Keywords:** UWB, DAS, EM field simulator, radar, VNA, 3D designs, 3D printing, UWB antenna, breast cancer, magnetic nanoparticles, homogeneous breast model, homogeneous with nanoparticles with nanoparticles, anthropomorphic breast model, anthropomorphic model of a tumor in the breast

**Abstract:** The aim of this project is to conduct research of the problematic of breast tumor diagnostic and the use of ultrawideband (UWB) radar system for breast tumor diagnostic designed for 3D imaging. Knowledge previously attained from my past works and research has been transferred into EM field simulator and I've created multiple numeric models (homogeneous, homogeneous with nanoparticles and anthropomorphic numeric breast model). During the simulations I've studied the ideal distribution of antennas, their polarities and the accuracy of the system. On the basis of the data obtained from the simulations I have created an innovated prototype of the measuring device using 3D printing. I've placed self-made antennas into the prototype and conducted a series of measurements. All of the data were then processed using the "Delay and Sum" algorithm, which I've modified for 3D imaging and enhanced by automatic searching of tumor locations. Afterwards I've come to the conclusion, that the simulated data have better contrast than the data from real measurements. Another finding was, that the system with magnetic nanoparticles was 17% more accurate than the one without.

## 3D UWB radarový systém pro neinvazivní diagnostiku nádorů prsu

**Matěj Krásá**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [krasama3@student.cvut.cz](mailto:krasama3@student.cvut.cz)

**Klíčová slova:** UWB, DAS, simulátor EM pole, radar, VNA, 3D návrh, 3D tisk, UWB anténa, rakovina prsu, magnetické nanočástice, homogenní model prsu, homogenní model prsu s nanočásticemi, antropomorfní model prsu, antropomorfní model nádoru v prsu

**Abstrakt:** Cílem tohoto projektu je provést rešerši problematiky diagnostiky nádorů prsu a využití širokopásmového (UWB) radarového systému pro diagnostiku nádorů prsu určeného pro 3D zobrazování. Poznatky získané z rešerše a mých minulých prací jsem přenesl do simulátoru EM pole a vytvořil několik numerických modelů (homogenní, homogenní s nanočásticemi a antropomorfní numerický model prsu). V rámci simulací jsem zkoumal ideální rozložení antén, jejich polaritu a přesnost systému. Na základě dat, získaných ze simulací, jsem inovoval prototyp měřícího přístroje, za pomoci 3D tisku. Do prototypu jsem umístil mnou vyrobené antény a provedl sérii měření. Všechna data jsem poté zpracoval pomocí algoritmu „Delay and Sum“, který jsem upravil pro 3D zobrazení a obohatil o automatické hledání nalezených pozic nádoru. Následně jsem porovnal výsledky ze simulací s výsledky z reálných měření. Při porovnání jsem došel k závěru, že simulovaná data mají lepší kontrast oproti datům z reálných měření. Další zjištění bylo, že systém s magnetickými nanočásticemi je o 17 % přesnější než systém bez nich.

# A tool for RNAseq data processing in patients with leukemia

**Michaela Součková**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [souckmi2@fbmi.cvut.cz](mailto:souckmi2@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** RNAseq, fusion gene, Nextflow

**Abstract:** The aim is to develop a bioinformatic Nextflow pipeline that would analyse RNAseq data of leukemic patients with the emphasis on fusion gene detection. Since gene fusions are believed to be associated with tumour phenotype, they have been of significant importance for clinical purposes, as well as for understanding tumorigenesis. With mapping current trends in RNAseq data processing and fusion detection, we provide a modular workflow consisting of processes that leverage suitable bioinformatic tools and manage fusion gene detection along with pre-processing and validation. The detected fusion candidates are preprepared as a formatted summary table for subsequent expert analysis.

## Nástroj pro zpracování dat RNAseq u pacientů s leukémií

**Michaela Součková**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [souckmi2@fbmi.cvut.cz](mailto:souckmi2@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** RNAseq, fúzní gen, Nextflow

**Abstrakt:** Cílem je vytvoření bioinformatické pipeline v Nextflow, která bude analyzovat RNA-seq data leukemických pacientů se zaměřením na detekci fúzních genů. Protože jsou fúzní geny spojeny s fenotypem nádorů, mají značný význam pro klinické účely i pro porozumění vzniku nádorů. S ohledem na současné trendy ve zpracování RNA-seq dat a detekci fúzních genů poskytujeme modulární workflow skládající se z procesů jak pro detekci fúzních genů, tak pro předzpracování dat a validaci výsledků, za použití vhodných bioinformatických nástrojů. Detekování kandidáti na fúze jsou předpřipraveni pro následnou expertní analýzu jako formátovaná souhrnná tabulka.

## Correlation of brain morphology and gait of patients with presymptomatic and manifested Parkinson's disease

**Kateřina Štěpánová**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [stepaka4@student.cvut.cz](mailto:stepaka4@student.cvut.cz)

**Keywords:** Parkinson's disease, Time Up & Go Test, SPM12, Voxel Based Morphometry, Deformation Based Morphometry

**Abstract:** The project is to search for a correlation between brain morphology and gait in patients in the manifest and presymptomatic phase of Parkinson's disease. The theoretical part of the thesis serves to familiarize the reader with the subject and the relevant terminology. It progressively discusses Parkinson's disease, REM Sleep Behavior Disorder, Time Up & Go testing, Magnetic Resonance Imaging and finally the principles of data analysis and image processing. The practical part of the thesis describes the methods used for processing gait parameters in R language, performing ANOVA tests, then it discusses the way of processing image information using SPM12 and CAT12 toolboxes in Matlab and finally the methods of analyzing the relationship between the examined data – Voxel Based Morphometry, Deformation Morphometry and ROI analysis, also performed using the mentioned toolboxes. As a result of this work, the relationship between the processed data is not demonstrated and the possible reasons for this result are discussed in more detail in the Discussion section.

## Vztah mezi morfologií mozku a chůzí pacientů v manifestní a presymptomatické fázi Parkinsonovy nemoci

**Kateřina Štěpánová**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

E-mail: [stepaka4@student.cvut.cz](mailto:stepaka4@student.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Parkinsonova choroba, Time Up & Go Test, SPM12, Voxel Based morfometrie, deformační morfometrie

**Abstrakt:** Cílem projektu je hledání korelačního vztahu mezi morfologií mozku a chůzí pacientů v manifestní a presymptomatické fázi Parkinsonovy nemoci. Teoretická část práce slouží k seznámení čtenáře s danou problematikou a příslušnou terminologií. Postupně se věnuje Parkinsonově nemoci, poruše chování v REM (Rapid Eye Movement) spánku, Time Up & Go testování, zobrazení magnetickou rezonancí a nakonec principům analýzy dat a zpracování obrazu. Praktická část práce popisuje použité metody pro zpracování chůzových parametrů v R jazyce, provedení ANOVA testů, dále pak se věnuje způsobu zpracování obrazové informace pomocí toolboxů SPM12 (Statistical Parametric Mapping) a CAT12 (Computational Anatomy Toolbox) v Matlabu a nakonec metodám analyzujícím vztah mezi zkoumanými daty – morfometrií založené na voxelu, deformační morfometrií a ROI (Region of Interest) analýze, provedených rovněž pomocí zmíněných toolboxů. Výsledkem práce je neprokázání vztahu mezi zpracovanými daty a možné příčiny tohoto výsledku jsou podrobněji probrány v kapitole Diskuse.

## Implementace metaverse v praktické výuce

**Jovan Gliguroski<sup>1</sup>, Christiane Malá<sup>1</sup>, Karel Hána<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [gliguroski.jovan@gmail.com](mailto:gliguroski.jovan@gmail.com)

**Klíčová slova:** Metaverse, virtuální realita, učení, studium anatomie člověka, virtuální prezentace

**Abstract:** Společně s neustálým vývojem virtuální reality se otevírá zcela nový svět možností různých každodenních využití VR. Potřeba kvalitnějších kurzů na dálku v době Korona krize vedla k zaměření se na uplatnění moderních komunikačních technologií ve školství. S pomocí této práce se podařilo tato dvě odvětví propojit. Cílem tohoto projektu bylo představit a připravit technické základy, které jsou nezbytné pro výuku v Metaverzu, aplikovat tyto znalosti v první zkušební výukové hodině ve virtuální realitě a připravit tři úlohy a dokumentaci pro další využití vyučujícími a studenty. Pro všechny úlohy byl využit headset "Meta Quest 2". Všechny potřebné aplikace byly staženy v obchodě Oculus Quest Store. Všechny aplikace testoval buď jen jeden student, nebo jeden učitel a dva studenti. Byly připraveny tři VR headsety pro výuku a studium v Metaverzu. Byly vytvořeny čtyři návody k různým úlohám a všechny úlohy byly otestovány potenciálními uživateli. Všichni uživatelé dokázali s návody pracovat a byli schopni absolvovat výuku v Metaverse. Kromě toho byla nainstalována a úspěšně vyzkoušena aplikace sloužící ke studiu lidské anatomie. Všichni uživatelé si s virtuálním prostředím dobře rozuměli. Nenacházeli se zde žádná omezení ve srovnání s běžnými výukovými technikami. Jedinými nevýhodami jsou krátká doba provozu (přibližně 1,5 hodiny při 100% baterii) a chybějící možnost neverbální komunikace (mimika, postoj). Tyto nevýhody budou s největší pravděpodobností v blízké budoucnosti vyřešeny. Touto prací bylo prokázáno, že výuka a studium ve virtuální realitě je možné pouze v případě, že je vše po technické stránce připraveno správně. Aby se ukázaly všechny možnosti této nové výukové strategie, jsou všechny výsledky otevřeně prezentovány a učitelé by měli být v budoucnu proškoleni k využívání této technologie.

# Implementation of the Metaverse in the practical teaching

**Jovan Gliguroski<sup>1</sup>, Christiane Malá<sup>1</sup>, Karel Hána<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [gliguroski.jovan@gmail.com](mailto:gliguroski.jovan@gmail.com)

**Keywords:** Metaverse, virtual reality, teaching, learning human anatomy, virtual presentations

**Abstrakt:** With the ongoing development of virtual reality, a whole new world of possibilities opens up for all sorts of daily use cases. The need for better remote courses during Corona crisis, led focus on applying modern communication technologies in the school sector. With the help of this work, these two sectors were connected. The goal of this project was to introduce and prepare the technical basics, which are necessary for teaching in the Metaverse, apply this knowledge in a first trial teaching lesson in Virtual Reality and prepare three tasks and documentation for further usage by teaching staff and students. The headset “Meta Quest 2” was used for all the tasks. All the necessary applications were downloaded at the Oculus Quest Store. All applications were tested by either just one student or one teacher and two students. Three Virtual Reality headsets were fully prepared for teaching and learning in Metaverse. Four instructions for different tasks were created and all tasks were tried out by potential users to test the systems. All users were able to work with the instructions and were able to complete a lesson in Metaverse. Additionally, an app used to study the human anatomy was installed and tried out successfully. All users came along well with the virtual environment. There were no restrictions compared to common teaching techniques. The only disadvantages are the short battery time of approximately 1.5hrs and the missing possibility of nonverbal communication (mimic, posture). These disadvantages will most likely be solved in the near future. With this work it was shown, that teaching and studying in virtual reality is possible, if it’s well prepared from the technical point of view. To show all the possibilities of this new teaching strategy, all results are openly presented, and teachers should be trained to use this technology in the future.

## 1. Introduction

After we all went through the Coronavirus pandemic in the years 2020 until 2022, a lot of people started using video conferencing apps as their main tool to communicate. In most cases it was Microsoft Teams or Zoom. The advantages of these apps are the easy setup and minimal hardware requirements. The biggest disadvantage is the absolute absence of physical contact with the person or people in front of you on your laptop screen. It's usually hard to stay focused for a few hours straight listening and watching your screen.

With the help of virtual reality (VR) headsets and Metaverse it is fairly easy to connect with people across the world within minutes. The commonly available systems are already affordable and offer sufficient quality for standard applications, which makes the access to VR achievable for almost everybody. The possibility to study and teach in Metaverse can be used for international conferences as well as for international courses. The presenter and all the listeners will just put their headsets on and connect with an app to a virtual room. This style of communication is not yet able to completely replace physical teaching, but improves the possibilities of so far common online teaching in several ways. As this technique is relatively new in the field of university teaching, it is yet unclear how teacher and students react to this form of teaching and how complex the process of set up is.

## 2. Material and Methods

For all testings, three headsets Oculus/Meta Quest 2 were used due to the best price/quality ratio and the easy availability. The headset comes with two controllers, which are optional and can be used for controlling the headsets operating system. The headset tracks its surroundings using four specially placed cameras enabling more than 180 degrees recording around the user.

Two apps in total were used. One was Meta's own Horizon Workrooms which can simulate a room in many different variants. The orientation and number of seats can be changed and different scenes can be activated.. A placement of an individual logo on the room walls is possible as well which enables an adaptation of the room design. A board can be used to draw or write on with the controller, to place a notes on it or to stream a PC screen. A direct streaming of your real laptop to the laptop in VR meeting is possible as well.

The second app MeetInVr offers similar functions but has some interesting additional features as for example placement of the VR-room into different countries. As well it enables the user to draw not just on the board but everywhere in the space around the users. The pen creates a 3D object which then can be moved by pulling or pushing around.

To test the possibilities of teaching medical topics in VR, the application Human Anatomy was installed in one of the headsets with a one-year licence for universities.

In a setup of one teacher and two students, all created tasks for the conference/presentation scenario were tested to ensure a problem-free function and good understandibility of the assignments. In the first try all the participants were located in different rooms. In the second

test scenario every user was sitting approximately three to five meters from each other but all sat in one room.

The usability of the Human Anatomy application during teaching was tested by twelve students within a standard workshop in the subject „Applied medical informatics“.

### 3. Results

As a first basic step a user guide was created, which helps the user understand all the parameters and technical specifications of the headsets. It for example informs the user to clean the lenses inside before using, to clean the lenses of the four outside cameras, to not cover the cameras with any objects etc. This guide is crucial, because for most users it might be their first time using a VR headset. The guide was written with the help of easy language which supports its understandability, so it is understandable to anyone.

In addition to this user guide a manual how to control the headset itself was created. Every hand gesture that controls the headsets operating system is described with detailed pictures and steps that occur during the gesture. Buttons and their specific functions on the controller were also included in the manual.

After creating the manual and user guide for the headset, a few tasks were created for the users to try. All the tasks are described step by step and tells the user exactly what to do and what to expect. Every task consists of a header and a body. The header informs the user of what the task is for and what he is supposed to learn from it, tells him what he needs to have learned before doing the task, tells him if downloading any app is required etc. The tasks are created for a teacher – student scenario but can be used by anyone.

The conference/presentation scenarios were performed without any major problems. For the variant in which all participants were located in different rooms the only limiting factor was the stability of the connection to the WiFi and the battery lifetime of the headsets of around 1.5hrs. For the scenario in which all participants were located in one room it was necessary to pay attention to the restriction of the movement of the people in the room. Every person had to stay in its own approx. 3mx3m area so the headsets could not mistakenly recognize the other persons hand gestures. With these precautions also this scenario worked without significant problems.

The feedback of the involved teacher and the students was mainly positive. After a short adaptation period of a few minutes, everybody was able to identify with their avatar and the situation. The only point of critique was the absence of non-verbal communication which in normal lectures is present and is an important tool for communication.

The test of the application for teaching human anatomy was rated positive from all students. Especially the possibility of a 3D sight to the anatomical structures and the simultaneously displayed information to the observed structure was emphasized compared to the normal teaching with pictures in a book. All students came along well with the VR glasses. Some precautions had to be taken before the students entered the so called Ant Mode, in which the anatomical structures got magnified and the user could „travel“ through the structures with the

help of the controllers. This feeling was for some students described as similar to a rollercoaster ride. The students were instructed that a feeling of falling might occur and that before entering the AntcMode it is good to check a secure and stable standing.

## 4. Discussion

It's hard to tell where the VR will take us in the near future. This project shows that with a little bit of effort it's fairly easy to create rooms for students and teacher to use in or outside of class. Students can also use the headset to study alone in other apps, for example the Human Anatomy VR. With the help of all created tasks, manual, instructions and guides, entering the Metaverse should be easier for everyone than before. Metaverse in this case shows all the benefits that it can offer as a solution or as new possibilities.

Teaching medical topics in VR could really help to make 3D models of anatomical structures more accessible for students and reduce problems occurring during human anatomy classes. The students can in VR train their abilities at all times, no supervision is necessary and no expensive real anatomy models are needed. The pleasant environment created in the app can help to motivate students to studying.

In general, one of the problems of VR is the acceptance of people. Most people are scared of these headsets because of their cameras or the displays that is placed right in front of their eyes. With getting VR more into the all day life of people for example by using it in schools and university they could be encouraged and hopefully see the advantages of this technique. The development of VR in the future mainly depends on enough active users, which will be the task of the developers to create a trustworthy relationship with their clients. Without people buying VR headsets or apps, trusting the platforms or developers, the Metaverse can't evolve and will be left behind because it can't generate money for the companies or developers.

## 5. Conclusion

Metaverse and virtual reality are on a good way of becoming everyday things for people to interact. The communication is better, because you can see the other person in front of you in 3D, not only on your laptop screen. Hand recognition is also very pleasant, because you can gesture to show other people your feelings or where you point at. Newer headsets also include face scanning which can transform your face gestures into your avatar, that means that when people look at you smiling, they will basically see your face smile in real time. This combination of interaction in Metaverse will be more and more needed to extend how we communicate.

In terms of the hardware of VR headsets, the headsets need to be smaller, easier to handle and more capable. Battery is in most cases the worst hardware component on these headsets. That is because of the power consumption of components inside the headset (processor, few cameras, audio chip, displays etc.).

Before we will see a general usage of VR in universities, progress in mainly the hardware of the VR-glasses is necessary which might take a few more years to develop it to a state which can be accepted for every day use. Nonetheless VR presentations and applications can be very useful in certain cases already today. The biggest advantage it has for presentations with participants which are absent from the main place of the conference or lecture and in teaching of very specialized and complex subjects such as human anatomy.

## Vzdělávací hra pro děti s diabetem 1. Typu se zaměřením na počítání sacharidů

**Natálie Baborová<sup>1</sup>, Jan Kašpar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [baborovanat@gmail.com](mailto:baborovanat@gmail.com)

**Klíčová slova:** C#, Unity, Hra, Diabetes 1. typu

**Abstrakt:** Cílem práce bylo vytvořit edukační hru v Unity, umožnit spuštění této hry na platformě Android, její publikování na Google Play a vypracování řešení o aktuálním stavu her pro dětské pacienty s diabetem 1. typu a edukačních her v medicíně. Hra je primárně určena pro dětské pacienty s diabetem prvního typu. Hra má informativní a zábavnou část, hráči sbírají collectables ve formě potravin, inzulínového pera a mincí a musí se aktivně vyhýbat překážkám a udržovat hladinu normoglykémie, která s postupem času klesá. Hráči prohrávají v momentě, kdy narazí do překážky, nebo neudrží hladinu normoglykémie. Hra byla otestována dobrovolníky a proběhlo krátké dotazníkové šetření.

# Educational game for children with type 1 diabetes focusing on carbohydrate counting

**Natálie Baborová<sup>1</sup>, Jan Kašpar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítná sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [baborovanat@gmail.com](mailto:baborovanat@gmail.com)

**Keywords:** C#, Unity, Hra, Diabetes 1. typu

**Abstract:** The aim of the project was to build an educational game created with Unity, to enable the launch of this game on the Android platform, to publish it on Google Play and research on the state of the art of games for pediatric patients with type 1 diabetes and educational games in medicine. The game (SugarSprint) is intended primarily for pediatric patients with type 1 diabetes. Within the structure and implementation of the game, the form of a 3D endless runner was chosen. I managed to implement it by creating scenes, objects, and textures, on which I then created scripts and defined their behavior. I connected them to each other and to the game subsequently. The game has an informative and an entertaining part; the players collect collectables, currently in the form of fruit and coins, and must actively avoid obstacles and maintain the level of normoglycemia, which decreases over time. Players lose the moment they hit an obstacle or do not maintain the level of normoglycemia. This game was tested by volunteers and a short questionnaire survey was conducted.

## 1. Introduction

Children with diabetes represent a particularly vulnerable patient group, as the disease is a major physical and psychological burden for them, and it is also more difficult for them to find relevant information about diabetes. SugarSprint provides information to children in a fun way through AI, by playing and sharing results and questions via an online Discord server, so it could be helpful in spreading information about the disease amongst children's groups and could make it easier for paediatric patients with diabetes search for information.

The game also includes a setting where the player, among other things, can set the speed of the game, to help them understand how the game works at the beginning. The game also includes a form from which players can submit their questions and feedback.

The first prototype of this game was created at the Faculty of Biomedical Engineering of the CTU, at The Department of Information Technology in Prague.

Part of the aim was also to have the game tested by volunteers, which is important because the feedback given for evaluation and possible discussion of the positives, negatives and future of these types of games and this game in particular.

## 2. Material and Methods

Unity is a cross-platform game engine for 2D and 3D games that offers support for graphics, animation and multiplatform solutions, through downloadable packagings that you can link to your game with servers, clouds, or other applications. To work in Unity with programming language C# is used, and compilers use C++. Visual Studio I used as a text editor and debugger for writing code or script in Unity.

I created the game in Unity version 2020.3.20f1. I built a Level scene, where I created the following objects: Player, TileManager, SwipeManager, AudioManager and Canvas. The object that is physical is the Player, the other objects are created as script hosts, for more possibilities of linking objects and different script applications. The other objects that can be seen in the game are objects that were created in this scene, but I later saved them in Prefabs so they wouldn't get mixed up between relevant functional elements of the scene. For the objects that are now in the Prefabs folder, I often applied various textures, colors, animations, and shading. The Canvas object is used to display the GameOverMenu, which appears in the game when the player fails to hold the level normoglycemia or crashes into an obstacle. Glycemia is maintained via an implemented health bar element.

For my project, sharing results via the Internet is essential, I first needed to upload the results to the internet, and to do that I used namely Playfab CloudScript.

CloudScript allows you to create server-side logic and functions that are scalable. You can create CloudScript functions that are only accessible through the game service, to better prevent tampering attempts as well. [1]

For the part of the assignment focusing on sharing results via the Internet, I used Discord, which is a social platform using VoIP for sending quick messages. Users have the ability to communicate through voice calls, video calls, text messages, media and files in private chats or within communities.

Discord also offers one of the clearer and easier ways to share data and connection to the cloud and users at the same time, as the urls that are created after text channels generated on the server can be directly inserted into the PlayFab cloud script. [2]

Additionally, for messaging it was necessary to create Discord bots, which are automatic programs that trigger certain activities in Discord channels, such as moderation and offering channel options to members [3].

In order to be able to publish on Google Play, I had to create a developer account and generate an app bundle file (.aab) and an .apk file. Next, I had to describe the app to Google Play, and wait for Google Play's approval.

### 3. Results

A research on the current state of educational games in medicine and educational games was conducted for patients with type I diabetes. In addition, a setting was created to allow for greater individualization for the games and interfaces for sharing results through Internet.

As a result, an .apk file was also generated for deployment on the Android platform and

Findings from the questionnaire survey testing.

Testing was conducted by sending the .apk file to 11 volunteers who tested the game and then completed an online questionnaire created using the Jotform web application, was mainly designed for children, so it uses more color and less text. The whole process took the respondents mostly 5 minutes.

### 4. Discussion

Respondents found the game audiovisually pleasing, but not educationally, and most respondents would rather not play the game again. I conclude that this is because it was already problematic for me to find the ideal respondents, children of younger school age. This game for children was therefore tested by adults who were most often proficient players. Some respondents found the questionnaire a little confusing, because of the distribution of preference values.

I think it is important for time to insert a tutorial part in the game for the player to learn, how to play the game, it might then seem more interesting and educational to the players than the principle they must figure out on their own.

In the future, the game could include a selection of characters, more food and information about them.

It would definitely be useful to create a privacy setting for sharing results. It could also be the graphical part of the game could be improved according to skill, for example the skybox could be replaced and generate a border for the playing area. A game shop and monetization could be implemented of the game to support further development. The possibility of promoting the game was also considered, for example using social media accounts.

## 5. Conclusion

I have created a game that playfully introduces patients to how the and the approximate carbohydrate content of each food. The game shares results and questions on an online Discord server. I implemented the game in the Unity framework, compiled for the Android platform and published on Google Play. Now I'm waiting for the Google Play authorities to approve the game.

The game takes the form of an endless-runner where the player's goal is to maintain normoglycemia by eating the appropriate foods, otherwise the player loses and can run the game again.

Part of the project included writing a research paper on educational games in medicine, which are part of the so-called Games for Health and educational games for patients with type I diabetes.

The game also includes a setting where the player, among other things, can set the speed of the game, which will help them to understand the game at the beginning of the game. The game also includes a form from which players can submit their questions and feedback.

## 6. References:

- [1] CloudScript [online]. USA: Microsoft, 2023 [cit. 2023-05-12]. Available from: <https://learn.microsoft.com/en-us/gaming/playfab/features/automation/cloudscript/43>
- [2] What is PlayFab? [online]. USA: Microsoft, 2023 [cit. 2023-05-19]. Available from: <https://learn.microsoft.com/en-us/gaming/playfab/what-is-playfab>
- [3] Discord Bots for Online Communities: Reviews, How to Use, Examples [online]. USA: NP Digital, 2023 [cit. 2023-05-14]. Available from: <https://neilpatel.com/blog/discord-bots/>

# Processing, storage and aggregation of genetic variants

**Veronika Bůžková**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [vercik.buzkova@centrum.cz](mailto:vercik.buzkova@centrum.cz)

**Klíčová slova:** Population database, genetic variants analysis, human genome variability, Hail

**Abstrakt:** Population databases help in the interpretation of genetic variants. These databases contain information about the frequency of variants in different populations to help determine whether a variant found in a patient is common in their population. The goal of the project was to create a solution enabling the creation of a Czech population database in the future. The first task was to design the workflow and to select methods and tools for subsequent implementation. Next use the designed workflow and implement it and run it on the sample data. Among other tools, Docker, Hail and VEP (Variant Effect Predictor) were used for the implementation. The result of the work is the created scripts and the created environment in Docker for their proper execution. From using these scripts on the sample data was successfully created a population database.

## Zpracování, uložení a agregace genetických variant

**Veronika Bůžková** <sup>1</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství,  
Sítná. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [vercik.buzkova@centrum.cz](mailto:vercik.buzkova@centrum.cz)

**Keywords:** Populační databáze, analýza genetických variant, variabilita lidského genomu, Hail

**Abstract:** Populační databáze pomáhají při interpretaci genetických variant. V těchto databázích jsou informace o frekvenci variant v různých populacích, které pomáhají určit, zda je varianta nalezená u pacienta běžná pro jeho populaci. Cílem projektu bylo vytvořit řešení umožňující v budoucnu tvorbu české populační databáze. Prvním úkolem bylo navrhnout řetězec zpracování a pro něj vybrat metody a nástroje pro následnou implementaci. Navržený řetězec zpracování implementovat a spustit na vzorku dat. Pro implementaci bylo využito krom jiných nástrojů Docker, Hail a VEP (Variant Effect Predictor). Výsledkem práce jsou navržené skripty a vytvořené prostředí v Dockeru pro jejich správné spuštění. Pomocí těchto skriptů byla úspěšně vytvořena ze vzorku dat populační databáze.

## Surface modification of 3D-printed metal samples using thin films

**Petr Písařík<sup>1,2</sup>, Jan Remsa<sup>1,2</sup>, Jan Mikšovský<sup>1,2</sup> a Zdeněk Weiss<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, Sítňá sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

<sup>2</sup> Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, Na Slovance 2, 182 21 Prague 8, Czech Republic

**E-mail:** [pisarpet@fbmi.cvut.cz](mailto:pisarpet@fbmi.cvut.cz)

**Klíčová slova:** 3D-printed samples, Gradient multilayer structures, Corrosion

**Abstrakt:** The main motivation was to develop and produce a coating to prevent or reduce corrosion of 3D printed moulds (DIN 200-69) in the area of the coolant channels and a coating applicable to the melt-mould interface. Three materials with properties suitable for the application and at the same time prepared by available methods were selected: diamond-like carbon (DLC), titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) and yttria-stabilized ZrO<sub>2</sub> (YSZ). Despite the undeniable advantages of DLC coatings, it was difficult to prepare a DLC layer of higher thickness due to internal stresses that caused poor adhesion to the metallic substrates. Therefore, a way to improve the adhesion was sought. The options explored were an interlayer (buffer) between the substrate and the DLC layer, by subsidizing the element throughout the volume of the layer or by creating a gradient (multilayer) structure. In the case of the gradient layer, another material with good adhesion to the substrate was used. The concentration of this material decreased as the layer grew until eventually only the carbon surface remained. For physical reasons, metals are the usual choice for increasing adhesion. Given our previous experience with titanium and chromium, these metals were used. In this paper, the corrosion, composition, contact angle and surface energy of the prepared layers were studied.

# Úprava povrchu 3D-tištěných kovových vzorků pomocí tenkých vrstev

**Petr Písařík<sup>1,2</sup>, Jan Remsa<sup>1,2</sup>, Jan Mikšovský<sup>1,2</sup> a Zdeněk Weiss<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<sup>2</sup> Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8, Česká republika

**E-mail:** [pisarpet@fbmi.cvut.cz](mailto:pisarpet@fbmi.cvut.cz)

**Keywords:** 3D-tištěné vzorky, Gradientní vícevrstvé struktury, Koroze

**Abstract:** Hlavní motivací bylo vyvinout a vyrobit povlak zabraňující nebo snižující korozi forem z 3D tištěného materiálu (DIN 200-69) v oblasti kanálů pro chladících kapalinu a povlak použitelný pro rozhraní mezi taveninou a formou. Byly vybrány tři materiály s vlastnostmi vhodnými pro aplikaci a současně připravenými dostupnými metodami: diamantu podobný uhlík (DLC), oxid titaničitý (TiO<sub>2</sub>) a yttriem stabilizovaný ZrO<sub>2</sub> (YSZ). Přes nesporné výhody DLC povlaků bylo obtížné připravit DLC vrstvu o vyšší tloušťce díky vnitřnímu pnutí, které způsobilo špatnou adhezi ke kovovým podkladům. Proto byla hledána cesta jak adhezi zlepšit. Zkoumanými možnostmi byly mezivrstvy (buffer) mezi podložkou a DLC vrstvou, dotace prvek v celém objemu vrstvy nebo pomocí vytvoření gradientní (vícevrstvé) struktury. V případě gradientní vrstvy se využilo jiného materiálu s dobrou adhezí k podložce. Koncentrace tohoto materiálu se snižovala s rostoucí vrstvou, až nakonec zůstal pouze uhlíkový povrch. Z fyzikálních důvodů jsou obvyklou volbou pro zvýšení adheze kovy. Vzhledem k našim předchozím zkušenostem s titanem a chromem byly tyto kovy použity. V tomto článku byla studována koroze, složení, kontaktní úhel a povrchová energie připravených vrstev.

## 1. Úvod

Tisk 3D kovových materiálů otevřel nové perspektivy v oblasti biomedicíny, umožňující vytváření komplexních struktur a dílů s přesností a detaily, které byly dříve nedosažitelné. Tato technologie má široký potenciál pro vývoj a výrobu lékařských implantátů, nástrojů a zařízení.

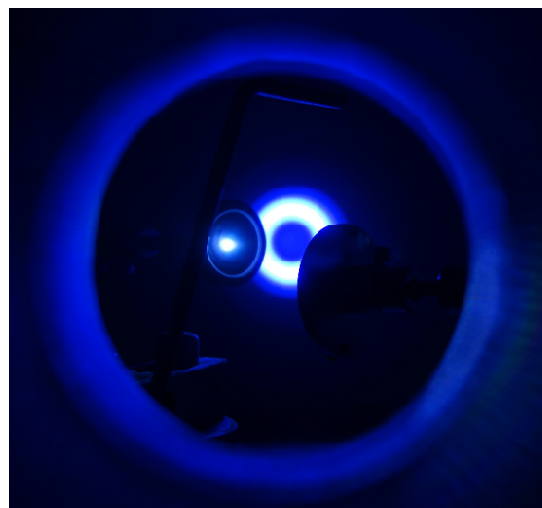
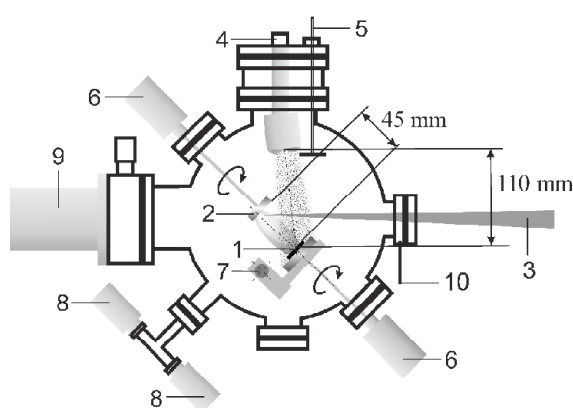
Jedním z hlavních přínosů 3D tisku kovových materiálů v biomedicině je schopnost vytvářet přizpůsobené implantáty. Každý pacient je unikátní, a proto je důležité mít implantáty, které dokonale odpovídají anatomickým a funkčním potřebám jednotlivce.

Vývoj nových kovových materiálů pro tisk 3D v biomedicině je také zásadním faktorem. Materiály musí splňovat specifické požadavky na biokompatibilitu, mechanickou pevnost, odolnost proti korozi a další vlastnosti. Což je velmi obtížné dosáhnout, a proto se tato studie zaměřuje na zlepšení možnosti využití 3D tisku v medicíně použitím tenkých vrstev jako povrchové úpravy 3D tištěného implantátu. Celkově lze říci, že 3D tisk kovových materiálů a jejich povrchová úprava má potenciál změnit způsob, jakým se vyrábějí a používají implantáty.

## 2. Experimentální část

### 2.1. Příprava vzorků

Příprava povlaků byla provedena metodou pulsní laserové depozice (PLD) a magnetronového naprašování (MS) – depoziční schéma je na obrázek 1. Využito bylo zařízení Fyzikálního ústavu: excimerový laser Compex 205 F, magnetron Kurt. J. Lesker a vakuové aparatury uzpůsobené pro fyzikální metody nanášení vrstev (včetně aplikace radiofrekvenčního výboje). V rámci experimentů byly pokryty substráty z 3D tištěného materiálu ve tvaru tyček (průměr 6 mm) a plochých destiček (30×10×2 mm). DLC a YSZ vrstvy byly připraveny za normálních podmínek. Příprava TiO<sub>2</sub> za nízké teploty (bez zahřívání podložky) vyžadovala využití RF výboje v kyslíkové atmosféře během depozice. Gradientní struktury byly připraveny technologicky náročnější kombinací technik. V našem případě jsme zvolili magnetron jako zdroj chromu/titanu a pulsní laserovou depozici pro zdroj DLC. Mezivrstvy CrN a TiN byly připraveny pomocí magnetronu v dusíkové atmosféře.



**Obrázek 1:** Hybridní systém používaný pro přípravu gradientních vícevrstevných struktur:  
1 - Substrát, 2 – Terč pro PLD, 3 - Laserový svazek, 4 - Magnetron, 5 - Záslepka magnetronu,  
6 - Rotace, 7 - RF elektroda, 8 - Vakuová měřky, 9 - Turbomolekulární pumpa, 10 - Průtok  
plynu (Ar, O, N)

## 2.2. Analýza vzorků

Měření koroze bylo prováděno na přístroji VersaSTAT 3 - 400 a vyhodnoceno v programu Versa Studio 2.42.3. Pro měření bylo zvoleno potenciodynamické měření pro získání Tafelových křivek (obrázek 2), ze kterých byly následně dopočítány korozní parametry. Pro měření byla zvolena otevřená měřicí cela s fyziologickým roztokem jako elektrolytem. Jako referenční elektroda sloužila kalomelová elektroda a jako pomocná byla použita platinová elektroda. Testovaná plocha planárních vzorků byla 33 mm<sup>2</sup>.

Měření kontaktního úhlu probíhalo na přístroji DSA 100 (firma Krüss). Měření bylo prováděno nejméně na třech místech pro každou ze tří kapalin - destilovaná voda, diiodomethan a etylen glykol. Objem kapek byl (0,5 ÷ 0,8) µl. Použita byla metoda přisedlé kapky po dropnutí kapky na povrch. Vyhodnoceno bylo provedeno pomocí programu DSA 4. Povrchová energie vyhodnocena pomocí metody OWRK. Měřené hodnoty jsou průměrem z 15 snímků pořízených po ustálení obrazu typicky do 2 sekund po dropnutí kapky na povrch měřené vrstvy.

Složení vrstvy bylo určeno pomocí emisní spektroskopie s doutnavým výbojem (GD-OES).

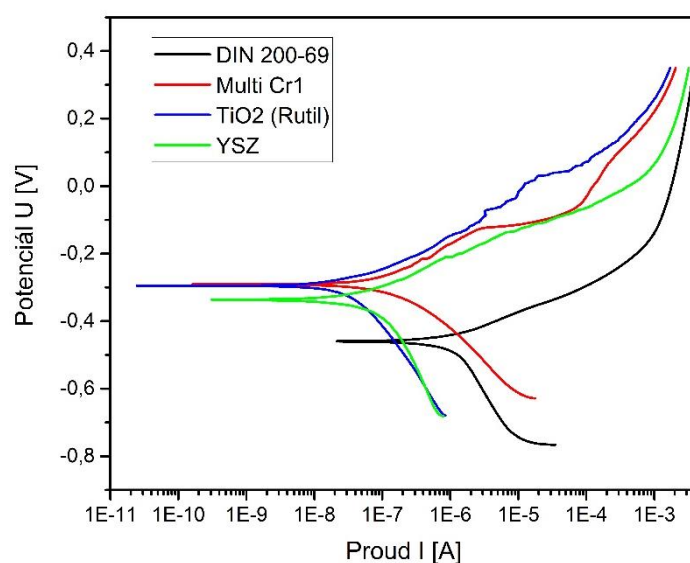
## 3. Výsledky a diskuze

### 3.1. Korozní měření

Výsledky korozního proudu a potenciálu jsou uvedeny v tabulce 1 a na obrázku 2 jsou uvedeny tafelovy křivky. Z dat je vidět, že všechny vrstvy snižovaly korozní proud. Na základě těchto výsledků byly navrženy vícevrstvé gradientní struktury pro dosažení co nejlepšího výsledku.

**Tabulka 1:** Výsledky korozního proudu a potenciálu pro základní vrstvy a 3D tištěný materiál

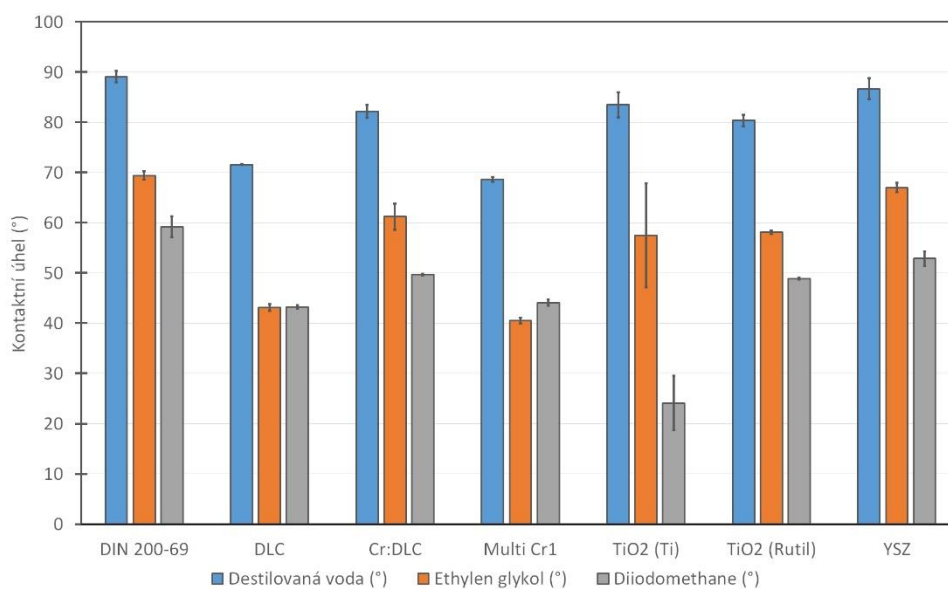
Vzorek	Korozní proud $I_{corr}$ [nA]	Korozní potenciál $E_{corr}$ [mV]
DIN 200-69	1287	-459,678
YSZ	23,046	-338,305
TiO <sub>2</sub> (Rutil)	42,083	-295,725
DLC	819,277	-339,113
Cr:DLC	283,994	-322,682
Multi CrI	181,557	-290,204



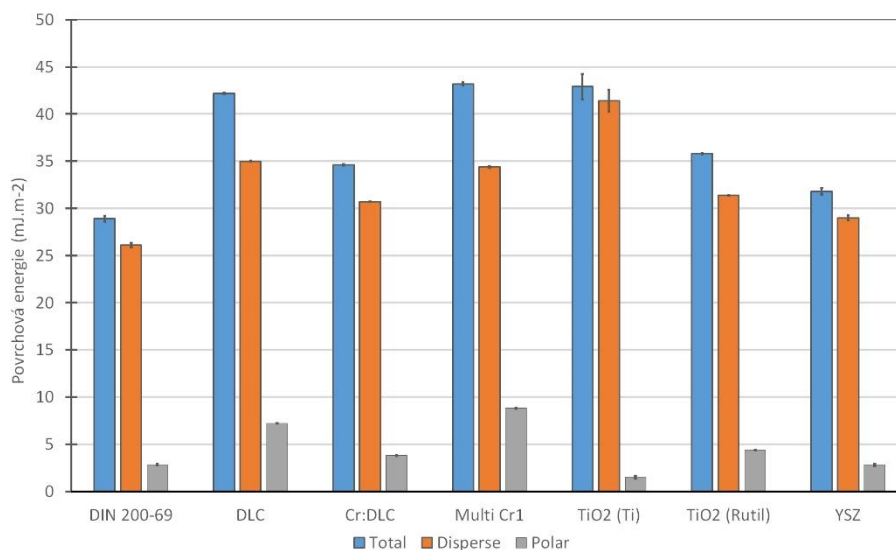
**Obrázek 2:** Naměřené hodnoty Tafelových křivek pro základní vrstvy a 3D tištěný materiál

### 3.2. Kontaktní úhel, Povrchová energie

Výsledky kontaktního úhlu (obrázek 3) a povrchové energie (obrázek 4) odpovídají dříve připraveným vrstvám.



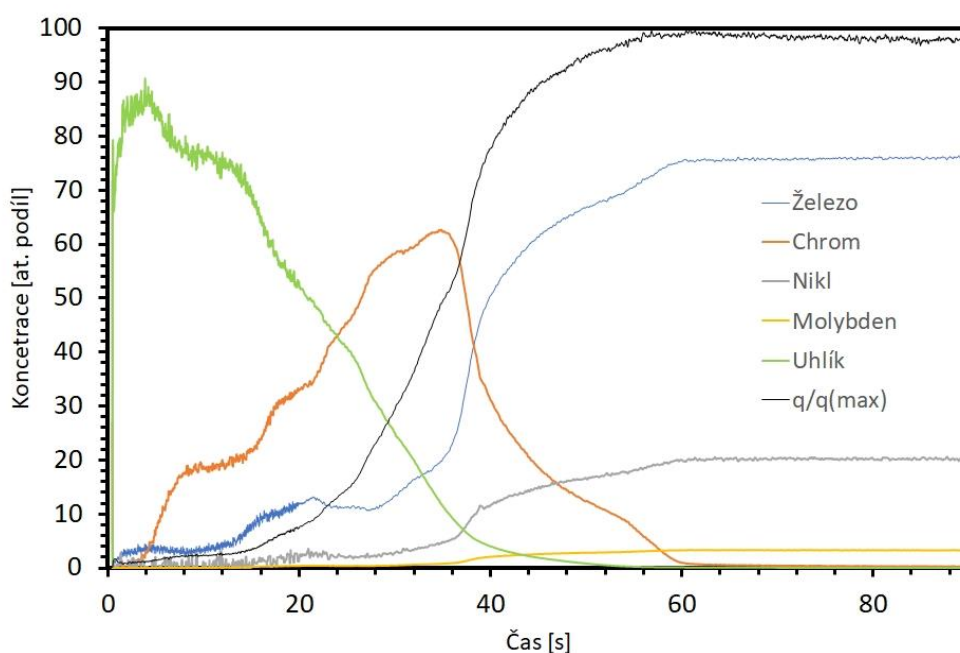
**Obrázek 3:** Kontaktní úhel některých připravených vrstev



**Obrázek 4:** Povrchová energie některých připravených vrstev

### 3.3. Složení vícevrstvé struktury

Složení vrstev kopírovalo navržené struktury. Na obrázku 5 je zobrazen hloubkový profil gradientní struktury  $\nabla$ Cr:DLC na 3D tištěné oceli (DIN 200-69). Výsledky u vrstvy prokázaly gradientní změnu koncentrace chromu v DLC dle předpokladů. Z obrázku je vidět, jak se vrstvy DLC (uhlík) mění postupnými kroky na Chrom a ten pak v ocelový substrát (Železo, Nikl, Molybden). V obrázku je zakreslena i odprašovací rychlost  $q/q(\max)$ .



**Obrázek 5:** Hloubkový profil gradientní struktury  $\nabla$ Cr:DLC na 3D tištěné oceli

## 4. Závěr

V rámci práce byly připraveny vrstvy DLC,  $\text{TiO}_2$ , YSZ, CrN a TiN, dotované vrstvy Cr:DLC, Ti:DLC, gradientní vrstvy  $\nabla\text{Cr:DLC}$  a  $\nabla\text{Ti:DLC}$  a gradientní vícevrstvé struktury CrN/ $\nabla\text{Cr:DLC}$ ,  $\text{TiO}_2/\nabla\text{Ti-DLC}$  a TiN/ $\nabla\text{Ti:DLC}$  za účelem snížení koroze 3D tištěných struktur z oceli (materiál DIN 200-69).

Pomocí GD-OES bylo změřeno složení vrstev, kterým byla ověřena navržená struktura postupné změny Ti nebo Cr na DLC.

Kontaktní úhel a povrchová energie vyšly obdobně, jak je uváděno v literatuře. Naměřená data potvrdily předpoklad, že hodnoty jednotlivých vrstev budou odpovídat povrchu gradientních a vícevrstvých struktur.

Výsledky korozních měření prokázaly snížení koroze pro všechny typy jednotlivých vrstev oproti základnímu materiálu. Na základě těchto měření byly navrženy nové vícevrstvé gradientní struktury, které budou dále testovány a zdokonalovány.

## 5. Poděkování

Tato práce byla podpořena Studentskou grantovou agenturou Českého vysokého učení technického v Praze (grant č. SGS22/131/OHK4/2T/17).

## Examination of vergence facility as an alternative to the examination of fusional reserves

**Magdaléna Zbořilová<sup>1</sup>, Přemysl Kučera<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering,  
Sítná sq. 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

**E-mail:** [magdalena.zborilova@gmail.com](mailto:magdalena.zborilova@gmail.com)

**Keywords:** Vergence facility, horizontal fusional reserves, vergence disorders

**Abstract:** This work called Examination of vergence facility as alternative to the examination of fusional reserves deals with the field of binocular vision, focusing on vergence and its disorders. The work describes the anatomical and physiological prerequisite for the proper functioning of the vergence apparatus. Introduces the development and components of binocular vision, the interrelationship of accommodation and convergence. The core part is devoted to the examination of the vergence facility as an alternative to the examination of fusional reserves. The practical part is dedicated to comparing the values of the vergence facility and the values of the horizontal fusion vergence. Then the work statistically processes and compares these measured data. I will confirm whether the values are match. If they are the same, the examination of the vergence facility can be used as separate test in the diagnosis of vergence disorders.

## Porovnání zrakové ostrosti v závislosti na využití korekční pomůcky

**Magdaléna Zbořilová<sup>1</sup>, Přemysl Kučera<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Biomedicínského inženýrství, Sítňá. 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

**E-mail:** [magdalena.zborilova@gmail.com](mailto:magdalena.zborilova@gmail.com)

**Klíčová slova:** Vergenční facilita, horizontální fúzní rezervy, vergenční poruchy

**Abstrakt:** Tato práce s názvem Zjišťování vergenční facility jako alternativa k vyšetření fúzních rezerv se zabývá oblastí binokulárního vidění, zaměřené na vergenci a její poruchy. Práce popisuje anatomické a fyziologické předpoklady pro správnou funkci vergenčního aparátu. Představuje vývoj a složky binokulárního vidění, vzájemného vztahu akomodace a konvergence. Stěžejní část se věnuje vyšetření vergenční facility jako alternativě k vyšetření fúzních rezerv pro diagnostiku vergenčních poruch. Praktická část se věnuje porovnávání naměřených hodnot fúzních rezerv a jejich porovnávání s hodnotami vergenční facility. Naměřené hodnoty budou statisticky porovnány a bude potvrzena, případně vyvrácena jejich shoda. V případě že ano, lze vyšetření vergenční facility využít jako samostatný test k diagnostice vergenčních poruch.

### 1. Úvod

Bakalářská práce se zabývá vyšetřením vergenční facility a vyšetřením horizontálních fúzních rezerv. Tyto testy jsou součástí celého komplexu vyšetření pro diagnostiku vergenčních a akomodačních poruch. Využití obou testů při vyšetření nebývá příliš časté. Buď se používá pouze jeden, nebo se vyšetření neprovádí vůbec. Přesto je hodnocení vergenčního aparátu pomocí těchto testů velmi důležité. Pomocí nich můžeme zlepšit kvalitu vidění u lidí, kteří mají různé symptomy, například dvojité vidění, časté migrény, nebo tlaky za očima.

Téma bakalářské práce jsem si vybrala proto, abych zjistila, zda si optometrista může diagnostiku ulehčit tím, že by využíval pouze jeden typ z těchto dvou testů. Podle dostupných zdrojů se uvádí, že by měly být výsledky naměřených hodnot ve shodě, takže by si optometrista mohl volit rychlejší, tedy časově úspornější variantu. Pokud by to bylo umožněno, mohlo by to mít pozitivní vliv pro větší zájem vyšetření vergenčního aparátu a zároveň častějšího diagnostikování vergenčních poruch.

V teoretické části bakalářské práce se budu stručně věnovat anatomii a fyziologii oka, která souvisí s vergenčním aparátem. Dále se budu věnovat popisu binokulárního vidění. Popíšu jeho vývoj, složky a jednotlivé stupně. Představím vztah mezi akomodací a konvergencí, dále představím možnosti diagnostiky vergenčních poruch a jejich klasifikaci. Na závěr se zmíním o vergenční facilitě a možnosti jejího vyšetření.

V experimentální části se provedu studii, ve které u určitého množství probandů, provedu vyšetření vergenční facility a vyšetření horizontálních fúzních rezerv. Na základě těchto měření určím pomocí diagnostické tabulky vergenční poruchy. Dále stanovím, zda jsem při vyhodnocování vergenčních poruch zaznamenala shodu mezi oběma využitými metodami. Na závěr naměřené hodnoty statisticky zpracuji a potvrdím, zda jsou ve vzájemné shodě.

## 2. Experimentální část

Cílem experimentální části bylo porovnání výsledků vyšetření horizontálních fúzních rezerv a vyšetření vergenční facility. Zajímalo mě, zda jsou výsledky obou vyšetření ve shodě a zda můžeme vyšetřením vergenční facility nahradit vyšetření horizontálních fúzních rezerv při diagnostice nestrabických vergenčních poruch. Vedlejším cílem byla diagnostika vergenčních poruch jednotlivých probandů.

Měření experimentální části probíhalo od začátku března do poloviny dubna 2023 ve vyšetřovně optiky Fielmann v Praze na Zličíně. Měření probíhalo za standardních podmínek, při osvětlení 1220 luxů. Při měření Maddoxovým cylindrem probíhalo měření při osvětlení 10 luxů. Během měření byla dodržena standardní vyšetřovací vzdálenost.

Experimentu se účastnilo 53 náhodně vybraných osob. Jednalo se především o zákazníky optiky Fielmann ve věku od 20 do 30 let.

Na základě stanovené metodiky předpokládám, že je možné nahradit vyšetření fúzních rezerv vyšetřením vergenční facility. Předpoklad není podložen žádným realizovaným výzkumem, jelikož žádný výzkum porovnávající tyto metody nebyl doposud proveden. Na základě provedené rešerše jsem vybrala respondenty pro tuto práci a stanovila následujících 5 předpokladů.

**Předpoklad 1** - Odchylka od norem vergenční facility bude shodná s odchylkou norem u horizontálních fúzních rezerv.

**Předpoklad 2** - Hodnoty pozitivních fúzních rezerv a negativních fúzních rezerv budou ve shodě u 2/3 vyšetřovaných osob.

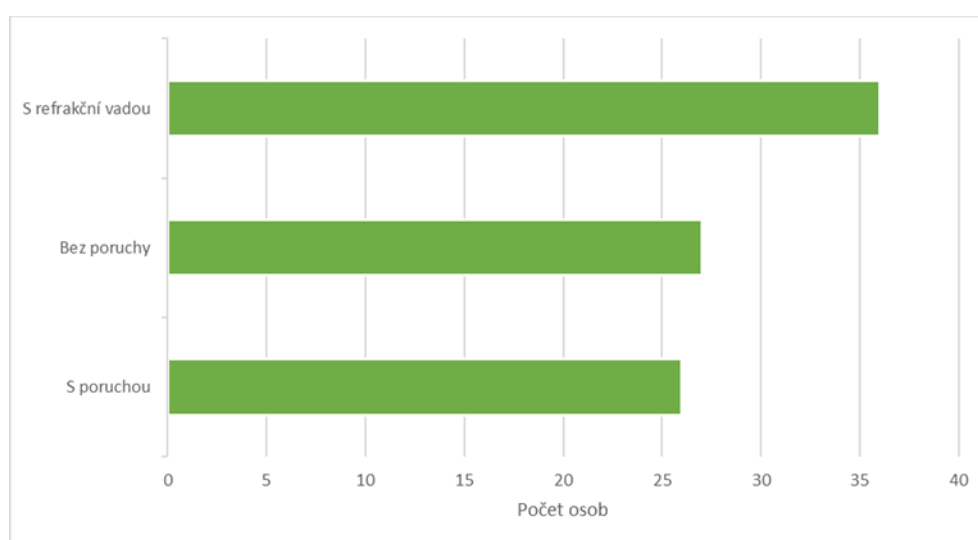
**Předpoklad 3** - Hodnoty pozitivních fúzních rezerv budou ve shodě s výsledky časové odpovědi vergenční facility stanovené pomocí hranolu 12 BO u 2/3 vyšetřovaných osob.

**Předpoklad 4** - Hodnoty negativních fúzních rezerv budou ve shodě s výsledky časové odpovědi vergenční facility stanovené pomocí hranolu 3 BI u 2/3 vyšetřovaných osob.

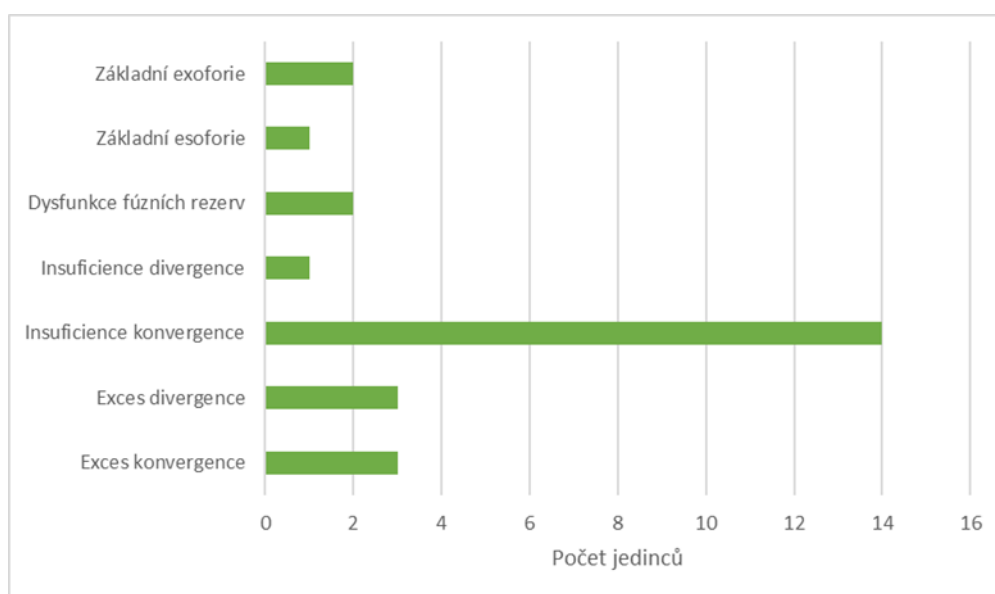
**Předpoklad 5** - U probandů, kterým budou naměřené nízké hodnoty fúzních rezerv, budou zjištěny nízké hodnoty reakce na předsazený hranol při kontrole vergenční facility v daném směru.

### 3. Výsledky

Do výzkumné části bylo zahrnuto celkem 53 osob, z tohoto souboru zaujímali 66 % ženy a 34 % muži. Věkové rozmezí probandů se pohybovalo od 20 do 30 let. Průměrný věk tvořil 24 let. Celkem bylo nalezeno 49 % probandů, u kterých byla prokázána nějaká vergenční porucha. Z celkového očku vyšetřovaných bylo 67 % zatíženo refrakční vadou.



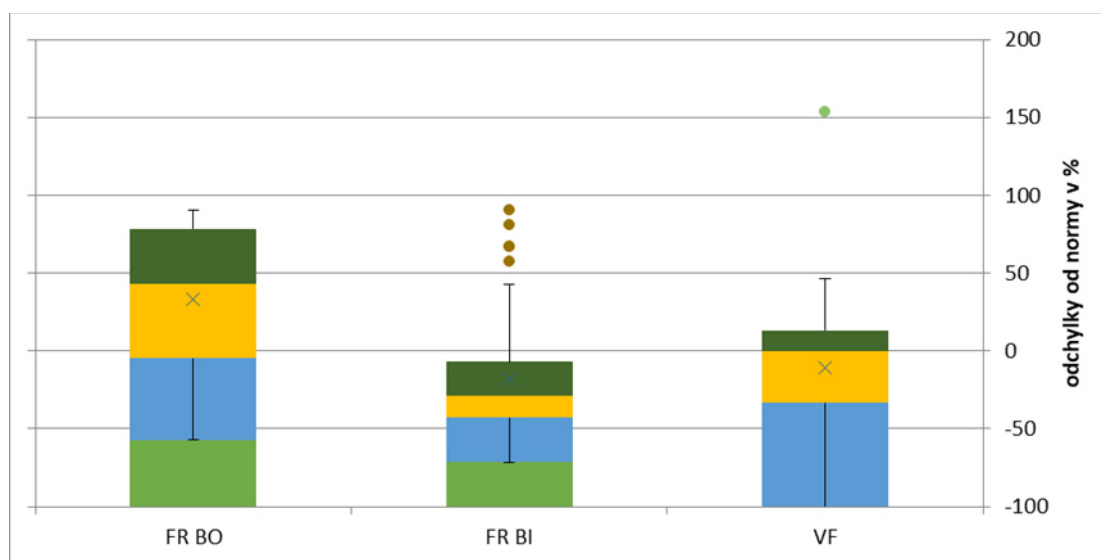
**Obrázek 1** Zastoupení refrakčních vad a vergenčních poruch



**Obrázek 2** Výskyt jednotlivých vergenčních poruch

Dále jsem rozdělila probandy podle zastoupení vergenčních poruch. Nejvíce zastoupenou vergenční poruchou byla insuficience konvergence, a to u 55 % všech diagnostikovaných. Následoval exces konvergence a exces divergence, který byly zjištěny shodně u 12 % probandů. Dysfunkce fúzních rezerv a základní exoforie byla zastoupena shodně u 8 % diagnostikovaných. Nejmenší procentuální část tvoří insuficience divergence a základní esoforie, a to 4 % pro každou poruchu.

První předpoklad P1 Cílem předpokladu bylo porovnat odchylky u dvou diagnostických metod. Vzhledem k tomu, že zjištěná data nelze porovnávat z důvodu používání různých metod, norem a jednotek, bylo nutné abych si vypočetla u každého metody odchylku od skutečnosti. Poté jsem na 5% hladině významnosti předpoklad otestovala a zamítla jsem platnost tohoto předpokladu.



**Obrázek 3** Porovnání odchylek u jednotlivých vyšetření

Druhý předpoklad P2 Cílem předpokladu bylo zhodnotit, zda se výsledky měření pozitivních a negativních fúzních rezerv shodují s hodnotami vyšetření vergenční facility. Pomocí testu na relativní četnost jsem určila hypotézu  $H_0$ , která nám sdělovala, že podíl pacientů se shodou je  $2/3$ . K tomu jsem určila alternativu hypotézy  $H_1$ , tj, že podíl pacientů se shodou je odlišný od  $2/3$  shody. Test jsem prováděla na 5% hladině významnosti. Vypočítala jsem si hodnotu  $P = 0,00033$ . Jelikož  $p$  hodnota je menší, než zvolená hladina významnosti 0,05, zamítám hypotézu  $H_0$ . Podíl pacientů se shodou je nižší než původně předpokládané  $2/3$ . U tohoto souboru je shoda 43,4 %. Tímto se můj předpoklad zamítá. Následně jsem provedla test 95 % intervalu spolehlivosti pro podíl pacientů se shodou, který mi vyhodnotil, že podíl pacientů se shodou se pohybuje mezi 30-57 %.

**Tabulka 1** Probandi, u kterých byla prokázána shoda u všech hodnot

Subjekt	VF 12 BO	VF 3 BI	FR BO	FR BI	Shoda
3	2,17	2,04	14	13	Ano
4	1,93	2,07	28	14	Ano
6	1,57	1,97	40	24	Ano
8	1,44	2,40	40	11	Ano
12	>59,59	>59,59	9	6	Ano
13	1,42	1,27	40	35	Ano
14	0,79	0,79	33	30	Ano
18	2,11	1,96	13	20	Ano
20	2,70	1,78	14	6	Ano
23	1,60	1,80	40	17	Ano
24	1,89	6,27	25	12	Ano
32	3,61	7,30	35	14	Ano
33	1,53	1,55	30	23	Ano
34	>59,59	> 59,59	11	10	Ano
36	1,75	4,82	35	13	Ano
37	1,62	2,22	15	9	Ano
41	1,40	1,95	40	24	Ano
42	1,69	1,62	40	19	Ano
44	1,68	2,00	38	11	Ano
47	2,92	5,23	12	10	Ano
49	1,66	1,50	40	38	Ano
50	1,96	1,21	38	19	Ano
52	1,91	1,75	20	33	Ano

Třetí Předpoklad P3 Cílem předpokladu bylo zjistit, zda naměřené hodnoty pozitivních fúzních rezerv jsou ve shodě s naměřenou časovou odpovědí při předložení prizmatického hranolu o velikosti 12 pdpt BO u 2/3 vyšetřovaných. Opět jsem využila test na relativní četnost. Jako hlavní hypotézu  $H_0$  jsem určila tu, kde je podíl pacientů se shodou 2/3 vyšetřovaných a alternativní hypotézu  $H_1$ , kde se podíl pacientů výrazně liší od 2/3. Výpočty byly prováděny na 5% hladině významnosti. Vypočetla jsem hodnotu  $p=0,9226243$ . Z toho vyplývá, že hodnota  $p$  je vyšší než zvolená hladina významnosti  $\alpha=0,05$ . Nezamítám tedy hypotézu  $H_0$ . Podíl pacientů se shodou je menší než 2/3. U našeho souboru je shoda 66 %. Můj předpoklad je potvrzen. Podle 95% intervalu spolehlivosti se podíl pacientů se shodou pohybuje mezi 53 – 79 %.

**Tabulka 2** Probandi se shodou pro pozitivní fúzní rezervy a hranol 12 BO (vlevo) a  
Probandi se shodou negativních fúzních rezerv a hranolu 3 BI (vpravo)

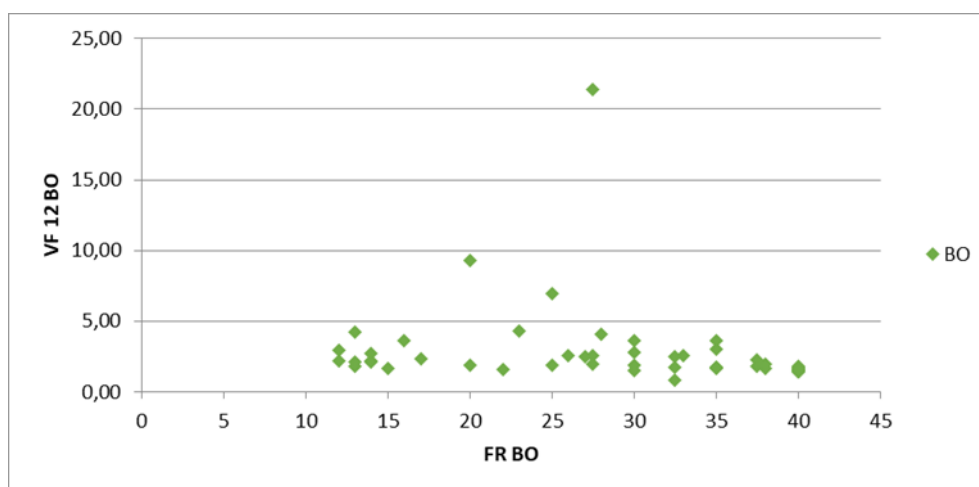
Subjekt	VF 12 BO	FR BO	Shoda
1	1,44	40	Ano
2	2,18	12	Ano
3	2,17	14	Ano
4	1,93	28	Ano
6	1,57	40	Ano
7	1,74	35	Ano
8	1,44	40	Ano
11	1,63	35	Ano
12	> 59,59	9	Ano
13	1,42	40	Ano
14	0,79	33	Ano
16	1,84	38	Ano
17	1,72	35	Ano
18	2,11	13	Ano
20	2,70	14	Ano
22	1,52	40	Ano
23	1,60	40	Ano
24	1,89	25	Ano
26	2,10	14	Ano
27	1,75	33	Ano
28	4,25	13	Ano
29	1,83	40	Ano
33	1,53	30	Ano
34	> 59,59	11	Ano
35	1,55	22	Ano
36	1,75	35	Ano
37	1,62	15	Ano
41	1,40	40	Ano
42	1,69	40	Ano
44	1,68	38	Ano
47	2,92	12	Ano
49	1,66	40	Ano
50	1,96	38	Ano
51	1,86	30	Ano
52	1,91	20	Ano

Subjekt	VF 3 BI	FR BI	Shoda
3	2,04	13	Ano
4	2,07	14	Ano
6	1,97	24	Ano
8	2,40	11	Ano
9	2,09	14	Ano
10	4,55	12	Ano
12	>59,59	6	Ano
13	1,27	35	Ano
14	0,79	30	Ano
15	2,26	8	Ano
18	1,96	20	Ano
19	2,62	8	Ano
20	1,78	6	Ano
23	1,80	17	Ano
24	6,27	12	Ano
25	1,53	17	Ano
30	2,63	13	Ano
31	2,04	15	Ano
32	7,30	14	Ano
33	1,55	23	Ano
34	>59,59	10	Ano
36	4,82	13	Ano
37	2,22	9	Ano
38	2,60	16	Ano
40	3,77	14	Ano
41	1,95	24	Ano
42	1,62	19	Ano
43	2,57	15	Ano
44	2,00	11	Ano
45	1,29	17	Ano
47	5,23	10	Ano
48	2,09	12	Ano
49	1,50	38	Ano
50	1,21	19	Ano
52	1,75	33	Ano
53	2,37	14	Ano

Čtvrtý Předpoklad P4 Cílem předpokladu 4 bylo zjistit, zda naměřené hodnoty negativních fúzních rezerv jsou ve shodě s naměřenou časovou odpovědí při předložení prizmatického hranolu o velikosti 3 pdpt BI u 2/3 vyšetřovaných. Opět jsem využila test na relativní četnost. Jako hlavní hypotézu  $H_0$  jsem určila tu, kde je podíl pacientů se shodou 2/3 vyšetřovaných a alternativní hypotézu  $H_1$ , kde se podíl pacientů výrazně liší od 2/3. Výpočty byly prováděny na 5% hladině významnosti. Vypočetla jsem hodnotu  $p = 0,194257$ . Z toho vyplývá, že hodnota  $p$  je vyšší než zvolená hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ . Nezamítám tedy hypotézu  $H_0$ . Podíl pacientů se shodou je vyšší než 2/3. U našeho souboru je shoda 68 %. Můj předpoklad je potvrzen. Podle 95% intervalu spolehlivosti se podíl pacientů se shodou pohybuje mezi 55 – 80 %.

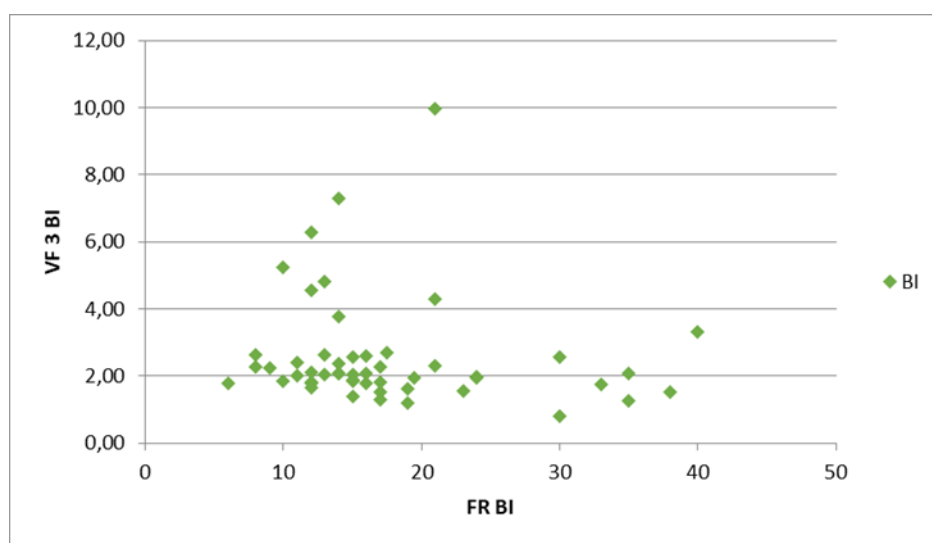
Pátý předpoklad P5 Cílem předpokladu bylo zjistit, zda u pacientů, kteří budou mít nízké fúzních rezerv, budou mít zároveň i pomalejší odpověď při předložení prizmatického hranolu o hodnotě 12 pdpt BO a pacientů, kteří budou mít nízké hodnoty negativních fúzních rezerv bude pomalejší odpověď při předsazení prizmatického hranolu o hodnotě 3 pdpt BI u měření vergenční facility. Pomocí Shapiro-Willkova testu na normalitu, jsem zjistila, že ani jeden soubor nemá normální rozdělení dat. Abych zjistila, zda mezi sledovanými veličinami existuje nějaká souvislost, tak jsem využila neparametrický Spearmanův korelační koeficient, který není ovlivnitelný extrémními hodnotami v datech.

Pro porovnání pozitivních fúzních rezerv a prizmatického hranolu o hodnotě 12 pdpt BO hodnota korelačního koeficient naznačovala, že zde může existovat středně silná nepřímá pořadová korelace. Statistickou domněnku jsem ověřila testem významnosti korelačního koeficientu. Testovala jsem na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Vzhledem k tomu, že hodnota  $p$  byla významně nižší než hladina významnosti, prokázala se středně silná pořadová korelace mezi hodnotami pozitivních fúzních rezerv a předloženého prizmatického hranolu 12 pdpt BO. To znamená, že čím jsou hodnoty fúzních rezerv nižší, tím se odpověď na prizmatický hranol prodlužuje.



**Obrázek 4** Bodový graf pro pozitivní fúzní rezervy a hranol 12 BO

Pro porovnání negativních fúzních rezerv a prizmatického hranolu o hodnotě 3 pdpt BI hodnota korelačního koeficientu naznačovala, že zde může existovat slabá nepřímá pořadová korelace. Statistickou domněnku jsem ověřila testem významnosti korelačního koeficientu. Testovala jsem na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ . 7. Praktická část 36 Vzhledem k tomu, že hodnota p byla významně vyšší než hladina významnosti, neprokázala se významná pořadová korelace mezi hodnotami negativních fúzních rezerv a předloženého prizmatického hranolu 3 pdpt BI. Protože byla hodnota p velmi těsně nad hladinou významnosti je možné, že kdybychom měli větší množství vyšetřených, mohla by se závislost prokázat.



**Obrázek 5** Bodový graf pro negativní fúzní rezervy a hranol 3 BI

#### 4. Závěr

Měření vergenční facility probíhalo pouze na blízkou vzdálenost, a to z toho důvodu, že zatím pro vyšetření vergenční facility na dálku není potvrzená nebo doporučená žádná konkrétní kombinace prizmatických hranolů. S ohledem na diagnostiku vergenčních poruch bylo na blízkou vzdálenost potvrzeno, že nejlepší variantou je 12 dpdt BO a 3 pdpt BI.

Když využíváme vyšetření vergenční facility pro diagnostiku vergenčních poruch, je potřeba, abychom se zaměřili na více parametrů. Prokázali jsme, že ve většině případů hodnoty fúzních rezerv odpovídají v daném směru výsledkům vyšetření vergenční facility. Také jsme potvrdili, že pokud jsou hodnoty fúzních rezerv velmi vysoké, může být reakce na předložený prizmatický hranol rychlejší, než když jsou fúzní rezervy v normě.

Na základě našeho výzkumu lze říci, že zjišťování vergenční facility jako alternativy k vyšetření fúzních rezerv do blízka nelze použít bez výhrad. Ovšem, v mnoha parametrech jsou obě metody ve shodě. V předpokladech postavených na empirickém fundamentu z praxe (při absenci dostupných studií), se výsledky blížily stanovenému kritériu dvoutřetinové shody mezi oběma technikami.

Naměřené hodnoty fúzních rezerv někdy ukazovaly významně vyšší hodnoty. U hodnocení tohoto testu bychom měli vzít v úvahu věk probandů a denní dobu vyšetření. Je známo, že denní 7. Praktická část 37 doba vyšetření může mít špatný vliv na celkový refrakční stav pacientů, tedy, že naměřené hodnoty v jinou denní dobu se mohou lišit. Vliv na výsledky měření lze také přičíst časové náročnosti vyšetření. Vysoké hodnoty fúzních rezerv také evokují myšlenku na riziko suprese do blízka. To jsme v našem výzkumu zredukovali poctivou kontrolou fúze do blízka v průběhu testování.

## Reference

- [1] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK. *Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders*. 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2014. ISBN 978-1-4511-7525-7.
- [2] EPERJESI, Frank a Michelle M. RUNDSTRÖM. *Practical Binocular Vision Assessment*. Butterworth-Heinemann, 2004. ISBN 978-0-7506-5010-6.
- [3] EVANS, Bruce J. W. *Pickwell's binocular vision anomalies*. 5th ed. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann, c2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.



