

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ  
Katedra přírodovědných oborů**

**Bakalářská práce**

**Květen 2016**

**Zuzana Havlíčková**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra přírodovědných oborů**

**Vliv šířky zornice na hloubku ostrosti**

**Effect of pupil size on depth of focus**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

**Autor bakalářské práce: Zuzana Havlíčková**

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Jiří Cendelín CSc.

---

**Kladno, Květen 2016**

Katedra přírodovědných oborů

Akademický rok: 2015/2016

## Z a d á n í   b a k a l á ř s k é   p r á c e

Student: **Zuzana Havlíčková**  
Obor: Optika a optometrie  
Téma: **Vliv šířky zornice na hloubku ostrosti**  
Téma anglicky: Effect of pupil size on depth of focus

Zásady pro vypracování:

Vysvětlit fyziologické principy zrakové ostrosti. Popsat různé metody zjišťování zrakové ostrosti a potřebné technické vybavení. Popsat postupy získávání defokusační křivky a pokusit se navrhnout principy standardizovaného postupu. Shrnout význam defokusační křivky při hodnocení různých stavů v optometrii a oftalmologii.

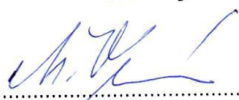
Student na základě vyšetření defokusační křivky zhodnotí vliv zúžení zornice na hloubku ostrosti.

Seznam odborné literatury:

- [1] LOVIE-KITCHINM, J. E., Validity and reliability of visual acuity measurements, *Ophthalmic Physiol Opt.*, ročník 8, číslo 4, 1988, 363-370 s.  
[2] KASCHKE, M., DONNERHACKE, K.-H., RILL, M. S., *Optical Devices in Ophthalmology and Optometry: Technology, Design Principles and Clinical Applications*, ed. 1, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2014, 638 s., ISBN 978-3-527-41068-2  
[3] RABBETTS, R. B., *Bennett & Rabbetts' clinical visual optics*, ed. 4, London : Butterworth-Heinemann, 2007, ISBN 978-0-7506-8874-1

zadání platné do: 11.09.2017

Vedoucí: MUDr. Jiří Cendelín, CSc.

  
.....  
vedoucí katedry / pracoviště

  
.....  
děkan

V Kladně dne 23.02.2016

## **Název bakalářské práce:** Vliv šířky zornice na hloubku ostrosti

### **Abstrakt:**

Tato práce se zabývá vlivem indukované miózy na hloubku ostrosti u pacientů s různým stavem refrakčního aparátu oka.

V teoretické části je popsána zraková ostrost, způsoby jejího měření a potřebné vybavení. Dále je vysvětlen princip defokusační křivky a popsán způsob jejího využití v praxi. V závěru teoretické části je vysvětlen pojem hloubka ostrosti.

Výzkum byl proveden u 13 ti pacientů ve věkovém rozmezí 23 – 72 let. Jako miotikum byl použit 4% roztok pilokarpinu. U mladších pacientů došlo zúžením zornice k významnému zmenšení hloubky ostrosti a jejímu posunu do minusových hodnot. K posunu hloubky ostrosti do minusu došlo i u mladšího presbyopa (43 let). Oproti tomu u staršího presbyopického pacienta (51 let) došlo ke zvětšení hloubky ostrosti v minusových i plusových dioptriích. Pacienti s implantovanými nitroočními čočkami vykazovali různé výsledky. Obecně ale můžeme říci, že u žádného z nich nedošlo ke zmenšení hloubky ostrosti.

### **Klíčová slova:**

Hloubka ostrosti, zraková ostrost, šířka zornice, mióza, defokusační křivka

## **Bachelor thesis title:** Effect of pupil size on depth of field

### **Abstract:**

This thesis deals the influence of induced miosis on the depth of field in patients with varying refractive state of the eye apparatus.

The theoretical part describes the visual acuity, methods of measurement of visual acuity and equipment needed for the measuring. Furthermore, it explains the principle defocus curves and describing its practical usage. In the conclusion of the theoretical part the concept of depth of field is explained.

The research was conducted on 13 patients in the age range of 23 - 72 years. As miotic 4% solution of pilocarpine was used. In younger patients the narrowing of the pupil occurred significantly reducing the depth of field and caused it to move to minus values. The movement of the depth of field also occurred by young presbyopic patient (43 years). In contrast, the older presbyopic patients (51 years) the depth of field in grew both in the minus and plus dioptres. Patients with implanted IOLs showed different results. Generally, however, it can be said that the reduction of depth of field occurred by none of the patients.

### **Key words:**

Depth of field, visual acuity, pupil diameter, miosis, defocus curve

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé práce MUDr. Jiřímu Cendelínovi, CSc. za cenné rady a připomínky. Dále bych chtěla poděkovat zaměstnancům Očního centra OFTA za ochotu a poskytnutí prostor k realizaci výzkumu k bakalářské práci. V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům za podporu.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Vliv šířky zornice na hloubku ostrosti*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k práci.

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

V ..... dne .....

.....

podpis

# Obsah

Úvod.....	8
Teoretická část.....	9
1. Zraková ostrost.....	9
1.1. Rozlišovací schopnost, minimální úhel rozlišení.....	9
1.2. Rayleightovo kritérium rozlišení.....	10
1.3. Centrální zraková ostrost.....	10
1.4. Periferní zraková ostrost.....	10
1.5. Prahové hodnoty pro zrakovou ostrost.....	10
1.6. Faktory ovlivňující zrakovou ostrost.....	11
1.7. Zápis zrakové ostrosti.....	11
1.7.1. Snellenův zlomek.....	11
1.7.2. LogMAR.....	11
1.7.3. Decimální zápis.....	12
2. Měření zrakové ostrosti.....	13
2.1. Optotypy podle odstupňování znaků.....	13
2.1.1. Optotypy s uplatněním aritmetické řady.....	13
2.1.2. Optotypy s uplatněním logaritmické řady.....	13
2.1.3. Optotypy s uplatněním Snellenovy řady.....	15
2.1.4. LogMAR ETDRS.....	16
2.2. Optotypy podle výběru znaků.....	17
2.2.1. Písmena a číslice.....	17
2.2.2. Landoltovy kruhy.....	18
2.2.3. Pflügerovy háky, Snellenovy háky.....	18
2.2.4. Obrázky.....	19
2.3. Jas a osvětlení optotypů.....	19
2.4. Formát optotypů.....	19
2.4.1. Tištěné.....	20
2.4.2. Projekční.....	20
2.4.3. LCD.....	20
2.4.4. Světelné.....	21



2.5. Optotypy do blízka .....	21
3. Defokusační křivka .....	22
3.1. Princip .....	22
3.2. Postupy získávání křivky .....	23
3.3. Vyhodnocení a zapsání křivky .....	23
3.4. Navržený postup.....	24
3.5. Využití defokusační křivky .....	24
3.6. Porovnání defokusační křivky s měřením zrakové ostrosti na různé vzdálenosti.....	26
4. Hloubka ostrosti .....	28
4.1. Faktory ovlivňující hloubku ostrosti oka .....	29
Praktická část.....	30
5. Cíl výzkumu .....	30
6. Metodika výzkumu.....	30
6.1. iTrace.....	30
6.2. Průběh vyšetření a interpretace výsledků.....	31
7. Výsledky.....	32
8. Diskuze.....	47
Závěr.....	49
Seznam použité literatury .....	50
Seznam obrázků .....	55
Seznam tabulek .....	57

# Úvod

Hloubka ostrosti je obecně známý pojem především z oblasti fotografování. Hloubka ostrosti lze definovat jako vzdálenost nejbližšího a nejvzdálenějšího předmětu, který se na fotografii jeví jako ostrý. V závislosti na velikosti clony fotoaparátu je možné dosahovat různých hloubek ostrostí snímků. Tento princip se dá přenést do oblasti optometrie dosazením oční čočky na místo objektivu fotoaparátu a zornice oka na místo clony. Nejen šířka zornice ovlivňuje výslednou hloubku ostrosti, další faktory jsou například: difrakce, stupeň akomodace a aberace optického systému oka.

V práci se zabývám vlivem šířky zornice na hloubku ostrosti. K této problematice se váže pojem zraková ostrost. V úvodní části práce popisuji její fyziologické principy a metody zjišťování včetně potřebného vybavení. V teoretické části se dále věnuji defokusační křivce a způsobům jejího měření. V rámci této kapitoly jsem se pokusila navrhnout standardizovaný postup jejího měření. V závěru teoretické části zmiňuji hloubku ostrosti a faktory, které ji mohou ovlivnit.

V praktické části se zabývám změnou hloubky ostrosti po zúžení zornice vlivem miotik.

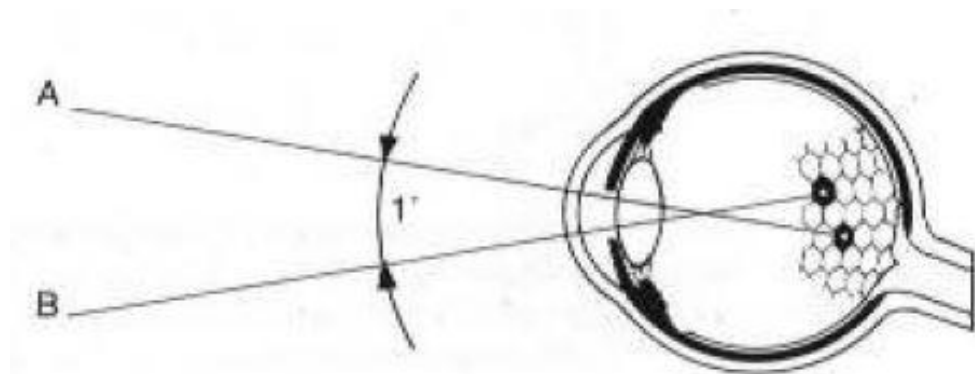
# Teoretická část

## 1. Zraková ostrost

Zraková ostrost neboli visus (z angl. visual acuity, VA) je definována jako „Schopnost oka rozeznat nejmenší symbol či písmeno“. Vyšetření zrakové ostrosti patří k základním vyšetřovacím metodám v optometrii i oftalmologii.

### 1.1. Rozlišovací schopnost, minimální úhel rozlišení

Zraková ostrost se určuje pomocí rozlišovací schopnosti oka. To je schopnost oka rozlišit dva co nejbliže ležící body (objekty). Dva body lze vzájemně rozlišit, pokud je na sítnici mezi jejich obrazy (rozptylovými kroužky) alespoň jeden nepodrážděný čípek, na který se promítne mezera mezi těmito body (znázorněno na Obrázku č. 1). V oblasti fovey sítnice mají čípky průměr 2 – 2,5  $\mu\text{m}$ . Lze vypočítat, že jedna oblouková minuta ( $1'$ ) v objektovém prostoru odpovídá na sítnici délce 5  $\mu\text{m}$ . V jednom čípku se tedy zobrazí objekt o úhlové velikosti 0,5-0,4. Tato úhlová velikost je také mírou minimálního úhlu rozlišení (MAR, minimum separabile). Pokud dopadne paprsek na sítnici pod menším úhlem, než je MAR, není oko schopno rozlišit 2 body a splynou v jeden vjem. [1, 25, 2, 16]



Obrázek 1 Minimum separabile. [16]

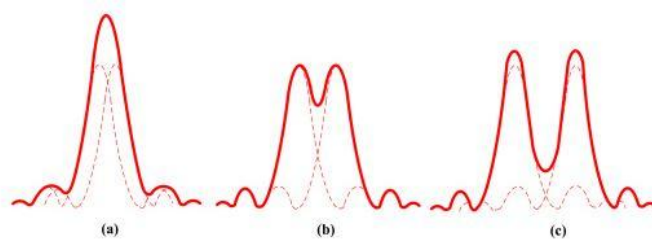
Visus je reciprokou hodnotou MAR v obloukových minutách:

$$VA = 1/MAR_{min} \quad (1)$$

Např. pro MAR 0,5 je visus roven 2. [4]

## 1.2. Rayleightovo kritérium rozlišení

Podle Rayleigha lze od sebe rozlišit dva bodové zdroje světla (objekty), pokud jsou od sebe vzdáleny jejich rozptylové kroužky (Airyho disky) minimálně o poloměr Airyho disku. Tato vzdálenost je asi 45 úhlových sekund (0,0125 stupňů). [9]



Obrázek 2 Rayleightovo kritérium - (a) - nerozlišené objekty, (b) - Rayleightovo kritérium, (c) - rozlišené objekty [19]

## 1.3. Centrální zraková ostrost

Centrální zraková ostrost odpovídá místu nejostřejšího vidění tzv. fovea centralis. Fovea centralis je 1,5 mm velká oblast na zadním pólu oka. Centrem je místo obsahující pouze čípky, foveola, o průměru 0,3 mm. Oblast kolem fovey centralis je 3-5 mm velká žlutá skvrna, macula lutea. Nej přesněji jsou viděny ty předměty, na které se díváme přímo (ve směru osy vidění). [5, 25]

## 1.4. Periferní zraková ostrost

Směrem od centra sítnice ubývá počet čípků, zvětšuje se jejich velikost a klesá pravidelnost uspořádání. Současně se zvyšuje počet tyčinek. Světločivné elementy jsou od sebe více vzdálené. V periférii je rozlišovací schopnost až 20 krát nižší než v centru. Uplatňuje se především pro rozlišení obrysů a definuje velikost zorného pole. [5, 9]

## 1.5. Prahové hodnoty pro zrakovou ostrost

Následující prahové hodnoty jsou důležité pro posouzení rozlišitelnosti:

**Minimum separabile** – mez pro rozlišení dvou bodů blízko sebe ležících. Paprsky vycházející z těchto bodů dopadají na sítnici pod úhlem  $1'$ .

**Minimum legibile** – práh vnímání souvislého textu o minimální velikosti (využívá se pro konstrukci optotypů do blízka)

**Minimum cognobile** – práh rozlišení tvaru či symbolu (využití u Landoltových kruhů či Pflüegerových háků)

**Minimum visible** – schopnost rozlišit malý předmět podle světelného kontrastu

**Minimum perceptibile** – práh vnímání slabých světelných podnětů. Závisí na stavu adaptace.[5, 16]

## **1.6. Faktory ovlivňující zrakovou ostrost**

Zraková ostrost je ovlivněna mnoha faktory. Obecně je můžeme rozdělit na fyzikální a fyziologické. Fyzikální jsou např. kontrast, intenzita osvětlení, prostupnost optických prostředí oka, výkonnost dioptrického aparátu oka, expoziční doba. Mezi fyziologické faktory patří velikost a hustota fotoreceptorů. Dále zrakovou ostrost ovlivňuje akomodace nebo velikost zornic. [1, 5, 14, 16]

Dle studií je nejvyšší zrakové ostrosti dosahováno při šířce zornice 2,5 mm. Při nižších šířkách zornice je patrný vliv difrakcí, naopak u širších zornic je optický systém více zatěžován aberacemi. [35]

## **1.7. Zápis zrakové ostrosti**

Zraková ostrost se dá zapisovat několika způsoby. Ve Spojených Státech je nejvíce používaný zápis pomocí tzv. Snellenova zlomku. Další způsoby, používané především v Evropě jsou LogMAR nebo decimální zápis. [1, 4]

### **1.7.1. Snellenův zlomek**

Snellenův zlomek obsahuje na místě čitatele hodnotu testovací vzdálenosti a na místě jmenovatele hodnotu vzdálenosti, při které je velikost písmen na nejlepším čteném řádku 5'. Zraková ostrost 6/60 znamená, že daný člověk přečte při vzdálenosti 6 metrů to, co by měl přečíst na vzdálenost 60 metrů. Běžně se místo metrů udává vzdálenost ve stopách. Visus 6/60 v metrech tedy odpovídá visu 20/200 ve stopách. [1, 3, 4]

### **1.7.2. LogMAR**

Zápis LogMAR je vyjádřen jako dekadický logaritmus MAR (minimum angle of resolution – minimálního úhlu rozlišení) nejlépe čteného řádku v dané testovací vzdálenosti.

$$VA_{LOG} = \log_{10}MAR \quad (2)$$

[1, 3, 4]

### 1.7.3. Decimální zápis

Decimální zápis zjednodušuje Snellenův zlomek na desetinné číslo. Např. Snellenův zápis 6/6 se dá napsat jako 1.0, 6/60 jako 0.1. Oproti Snellenovu zlomku nám neznázorňuje testovací vzdálenost. [3]

$$VA_{DEC} = \frac{1}{MAR} \quad (3)$$

Přepočítání decimálního zápisu na LogMAR zní:

$$VA_{DEC} = \text{antilog}(-\log MAR) = 10^{-\log MAR} \quad (4)$$

zpětně se dá LogMAR přepočítat takto:

$$\log MAR = -\log(VA_{DEC}) \quad (5)$$

[3, 4]

**Tabulka 1 Porovnání jednotlivých zápisů zrakové ostrosti**

Snellen	LogMAR	Decimální
6/6	0.0	1.000
6/12	0.3	0.500
6/15	0.4	0.400
6/24	0.6	0.250
6/30	0.7	0.200
6/48	0.9	0.125
6/60	0.10	0.100

## 2. Měření zrakové ostrosti

Zraková ostrost se vyšetřuje objektivními i subjektivními metodami pomocí tzv. optotypů. Objektivní metody jsou takové, které nejsou ovlivněny myslí pacienta. Je to např. metoda preferenčního vidění s vyvoláním optokinetického nystagmu. K objektivním metodám přistupujeme, pokud subjektivní metody selhávají. Využívají se např. u malých dětí nebo u pacientů s mentálním postižením. Přesnost výsledků subjektivního měření je podmíněna vůlí ke spolupráci a soustředěností vyšetřujícího a vyšetřovaného. Měření zrakové ostrosti také závisí na výběru optotypu, formátu optotypu, odstupňování znaků optotypu, výběru znaků, jejich kontrastu a úrovni osvětlení a jasu. [9, 14, 25]

### 2.1. Optotypy podle odstupňování znaků

#### 2.1.1. Optotypy s uplatněním aritmetické řady

U optotypů se používá různé odstupňování. U aritmetického odstupňování (z roku 1909) je rozdíl jednoho zlomku od předchozího 0,1. Tato řada obsahuje čísla:

0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,5; 2,0.

Ve zlomkovém zápisu tomu pro šesti metrovou vzdálenost odpovídá řada:

6/60; 6/30; 6/20; 6/15; 6/12; 6/10; 6/8; 6/7,5; 6/6,7; 6/6; 6/4; 6/3.

Nevýhodou jsou příliš velké skoky mezi hodnotami u horších vizů, to bývá problémem u amblyopických pacientů. Naopak okolo hodnoty vizu 1 je příliš velké přehuštění. [6]

#### 2.1.2. Optotypy s uplatněním logaritmické řady

Optotypy s uplatněním logaritmické řady (r. 1972) jsou ty, kdy se velikost znaků v každém řádku liší oproti předchozímu o  $\sqrt[10]{10}$ , to je o 1,2589. Tento způsob je oproti aritmetické řadě v souladu s Weber-Fechnerovým zákonem.

Při vyšetřovací zkoušce jsou na jednotlivých tabulkách dané skupiny řádků:

0,05 (popř. nižší visus)

0,1; 0,125

0,16; 0,2; 0,25; 0,33

0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0 [6]

Tento typ optotypů byl navržen australskými optometry: Bailey a Lovie – Kitchin. Výhody jsou:

1. V každém řádku je stejný počet písmen (zpravidla 5).
2. Mezi písmeny jednoho řádku je stejná vzdálenost, rovná se šířce písmene.
3. Sousední řádky jsou od sebe vždy stejně vzdálené. Tato vzdálenost se rovná výšce písmen spodního řádku.
4. Velikost písmen narůstá vždy o 0,1 logMAR. [9]

LogMAR ( $\log_{10}$  MAR) se rovná jedné pětině vertikální úhlové velikosti jednoho písmene. V řádku 6/6 se písmeno rovná MAR jedné obloukové minuty a logMAR 0 ( $\log_{10} (1)-0$ ). V každém řádku narůstá velikost písmen o 0,1, z toho vyplývá, že na každé písmeno z pěti připadá hodnota 0,02, tedy jedna pětina 0,1. To se může využít pro podrobnější zápis zrakové ostroty, čte-li pacient v tomto řádku špatně jen jedno písmeno, je LogMAR 0,02, pokud čte špatně písmena 2, je logMAR 0,04. Nutnost odečítání a přičítání hodnot vyžaduje nadměrné soustředění. Nevýhodou je také to, že záporné hodnoty logMAR mohou ve skutečnosti znamenat dobrou zrakovou ostrot. [9]

Existuje alternativní, snadnější metoda vyhodnocování tzv. Visual Acuity Rating (VAR). Rovnice na převedení logMAR na VAR zní:

$$VAR = 100 - 50 \times \log MAR \quad (6)$$

Log MAR 0 (vizus 6/6) se tedy dá zaměnit za VAR=100. Při jednom špatně přečteném písmenu se VAR rovná 99,2. Výhodou je, že se můžeme vyhnout minusovým hodnotám. [9,10, 22]





Obrázek 3 Bailey-Lovie optotyp – logaritmický [10]

### 2.1.3. Optotypy s uplatněním Snellenovy řady

Navržená Snellenova řada (r. 1890) zní:

0,1; 0,16; 0,25; 0,33; 0,5; 0,66; 1,0; 1,33; 2,0

Ve zlomkovém zápise to (po další úpravě) odpovídá řadě:

6/60; 6/36; 6/24; 6/18; 6/12; 6/8; 6/6; 6/5; 6/4

Ve zlomkovém zápisu je dnes k dispozici nejčastěji řada:

6/60; 6/30; 6/24; 6/18; 6/15; 6/12; 6/9; 6/6; 6/4

ve verzi pro vzdálenost 5 metrů:

5/50; 5/30; 5/20; 5/15; 5/10; 5/7,5; 5/5; 5/4 [6]

Tento typ optotypů má mnoho nedostatků, doc. MUDr. Milan Anton, CSc. popsal tyto:

1. Písmena nejsou stejně čitelná.
2. Počet písmen v řádcích se neshoduje. Je známo, že lépe se čte písmeno, které je v řádku samostatně.
3. Mezi jednotlivými písmeny v řádcích není vodorovná vzdálenost přímo úměrná jejich šířce, je v rozmezí mezi 40-120%.
4. Vzdálenost mezi řádky neodpovídá velikosti písmen.
5. V jednotlivých řádcích není pravidelná posloupnost zvětšování velikosti písmen. Např. u 6/5 a 6/6 je změna velikosti písmen o 120%, zatímco u 6/36 a 6/60 je 167%.
6. Optotypy nemají menší písmena než 6/5. Mladí lidé ale dosahují i vyšší zrakové ostrosti.

7. Mírou zrakové ostrosti je poslední řádek, kde pacient přečte všechna písmena. Vyšetřovaný může poznat některá písmena z nižších řádků, to se dá označit jako např. 6/9+, 6/9- nebo 6/12 částečně. [9, 22]



Obrázek 4 Snellenův optotyp [10]

#### 2.1.4. LogMAR ETDRS

ETDRS je dnes celosvětově standardizovaný optotyp. Jeho název vychází ze zkratky anglického Early Treatment Diabetic Retinopathy Study. Kromě této studie byl použit při Visual Acuity Impairment Study. Těmito studiemi se potvrdila jeho platnost a rozšířil se po celém světě. Optotyp má logaritmické řádkování. Standardně obsahuje 14 řádků. Na každém z nich je 5 písmen, popř. jiných znaků. Při zjišťování zrakové ostrosti čte klient řádky od největších znaků po nejmenší. Přečte-li jen některé znaky v řádku, vypočítá se zraková ostrost tak, jak je popsáno v kapitole 2.1.2. Tento způsob zjišťování zrakové ostrosti se nazývá prahová interpolační metoda. Bylo dokázáno, že je přesnější než celořádková metoda pomocí Snellenových optotypů. Při opakování měření bývá zpravidla vyšší shoda s předchozím měřením. Pro převod zjištěných hodnot pomocí těchto metod můžeme použít vztah:

$$\log MAR = -\log VA \quad (7)$$

kdy

$$VA = \frac{1}{MAR} \quad (8)$$

[17, 11, 22]

Při testování metodou log MAR ETDRS se využívají 2 metody bodování. Při prvním z nich čte pacient znaky od shora až po řádek, kde není schopen přečíst alespoň 3 znaky. Hodnotu zřakové ostrosti vypočítáme tak, že sečteme všechny nerozpoznané znaky, až po řádek označený hodnotou 0,0 log MAR. Jejich součet vynásobíme hodnotou 0,02 (při pěti písmenech na řádek). Druhá metoda je zpravidla rychlejší. Pacient čte řádek, který je pro něj zcela čitelný. Přečte-li některý znak z dalšího řádku, při výpočtu zřakové ostrosti log MAR ETDRS se postupuje tak, že od hodnoty přečteného řádku, uvažujeme, že pacient nejlépe přečetl pátý řádek, odečteme hodnotu 0,2 vynásobenou počtem přečtených znaků dalšího (šestého) řádku. Druhý způsob je vhodnější u pacientů s lepší zřakovou ostrostí. [11]

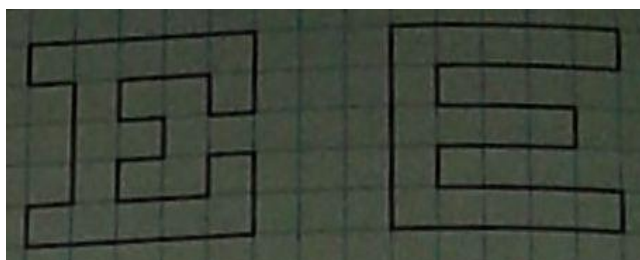
## 2.2. Optotypy podle výběru znaků

### 2.2.1. Písmena a číslice

Nejpoužívanější znaky pro zjištění zřakové ostrosti u dospělých jsou velká tiskací písmena. Je známo, že některá jsou lépe rozeznatelná. Při zjišťování zřakové ostrosti se využívají především: D, E, F, H, N, R, P, U, V a Z. Tato písmena jsou dle British Standards (1968) považována za stejně čitelná. Alternativou, která se příliš nepoužívá, jsou číslice. [6, 10]

#### Patková a bezpatková písmena

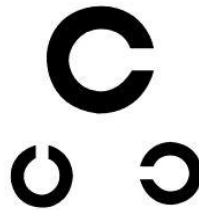
Dříve se běžně používalo patkové písmo. Takové písmeno bývá ozdobně zakončeno. Pro horší čitelnost již z většiny ustupuje bezpatkovému písmu. Porovnání těchto dvou variant je znázorněno na Obrázku č. 5. [10]



Obrázek 5 Patkové a bezpatkové písmo [10]

### 2.2.2. Landoltovy kruhy

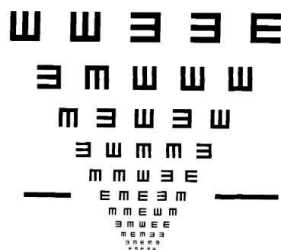
Landoltův optotyp obsahuje symetrické kruhy. Každý kruh je vždy v jednom ze čtyř (popř. osmi) základních směrů přerušen. Šířka přerušení se rovná 1/5 celkové velikosti znaku. Při vyšetření se dá počítat s 12,5% (při 8 základních směrech) pravděpodobností, že pacient orientaci znaku uhádne, aniž by znak rozeznal. Oproti tomu je výhodou tohoto optotypu možnost využití u osob s neznalostí abecedy. [1, 6, 8]



Obrázek 6 Landoltovy kruhy [11]

### 2.2.3. Pflügerovy háky, Snellenovy háky

Kromě Landoltových kruhů a často využívaných písmen abecedy se pro vyšetření používají tzv. Pflügerovy háky a Snellenovy optotypy. Rozdíl mezi jednotlivými znaky optotypů (Pflügerovými háky a Snellenovými háky) je znázorněn na obrázcích č. 7 a 8. Hákové optotypy nabízejí 4 pozice symbolu E. Proto je při vyšetření 25% pravděpodobnost uhádnutí jedné z pozic. Obdobně jako Landoltovy kruhy se tyto optotypy používají u pacientů s neznalostí abecedy a u dětí. Pacient může snadno naznačit pozici znaku rukou. [6]



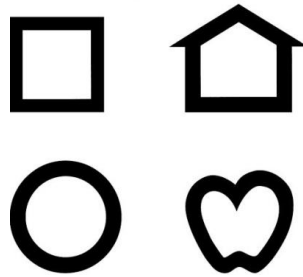
Obrázek 7 Optotyp se Snellenovými háky [12]



Obrázek 8 Optotyp s Pflügerovými háky [13]

## 2.2.4. Obrázky

Při zjišťování zrakové ostrosti u dětí, které ještě nejsou schopny rozeznat písmena nebo číslice, se využívají optotypy s obrázky. Je vhodné dětem nejdříve obrázky představit a pojmenovat je a až poté začít s vyšetřením. Příkladem obrázkových optotypů jsou např. Lea symboly. Na optotypu jsou čtyři různé obrázky: jablko, kruh, čtverec a „domeček“-pětiúhelník. Tyto symboly jsou znázorněny na Obrázku č. 9.[20,17]



Obrázek 9 Lea symboly [20]

## 2.3. Jas a osvětlení optotypů

Zraková ostrost je závislá na úrovni jasu optotypu. Z toho důvodu by optotypy měly mít standardně danou hodnotu jasu. Pro vnitřně osvětlené optotypy je doporučena hodnota jasu pozadí  $120 \text{ cd/m}^2$ . Nové optotypy by měly mít jas okolo  $150 \text{ cd/m}^2$ . Externě osvětlené optotypy mají mít minimální osvětlení o hodnotě 480 lux, nové 600 lux. Tyto hodnoty jsou doporučeny dle British Standard. [8]

Jas okolí také ovlivňuje zrakovou ostrost, proto by měl být shodný s jasnem pozadí optotypu, nebo maximálně nižší o  $1/10$  nebo vyšší nežli  $1/4$ . Optotyp má být umístěn tak, aby se předešlo nežádoucím odleskům na jeho ploše. [5]

## 2.4. Formát optotypů

Standardně jsou optotypy pro měření zrakové ostrosti do dálky konstruovány na vzdálenost 6 metrů (nebo 20 stop). Tato vzdálenost je posouzena jako dostatečná pro vyloučení akomodace. Po úpravě optotypu je možné použít vzdálenost 5 metrů, kdy se již nedá vyloučit možnost akomodace. Při nedostatečném rozměru vyšetřovací místnosti se dají využít zrcadla. Tehdy je potřebná vzdálenost snížena na 3 metry. Znaky optotypu jsou zrcadlově obrácené. Zraková ostrost do blízka se vyšetřuje ve 40 centimetrech. [3. 15]

Optotypy se dají dělit např. podle způsobu osvětlení na optotypy s nepřímým a aktivním osvětlením. S nepřímým osvětlením jsou optotypy tištěné – s externím osvětlením. S aktivním osvětlením jsou optotypy prosvětlené, LCD, projekční – osvětlení mají zabudované. [5]

### **2.4.1. Tištěné**

Optotypy tištěné jsou nejjednodušší a nejlevnější variantou optotypů. Nejčastěji jde o tabulky z plastového materiálu. Podkladový materiál musí být čistě bílý. Při používání těchto optotypů je nutné dostatečné difuzní osvětlení přibližně 500 lx s vyloučením oslnění. Nevýhodou je nemožnost výběru různých variant testových znaků. Tyto optotypy bývají v ambulancích praktických lékařů, kde slouží pro screening. [6, 17]

### **2.4.2. Projekční**

Projekční optotyp se skládá z projekční stěny (plochy) a projektoru. Projekční plocha musí být kvůli polarizaci matná a kovová. Dostatečnému osvětlení testového pole odpovídá již 400 lux. Oproti tištěným optotypům nabízí projekční optotyp velké množství testů a výběr testových znaků. Projekční optotypy nemusí vždy zajistit dostatečný kontrast znaků. Ten je závislý na osvětlení vyšetřovací místnosti. Proto není vhodné provádět vyšetření v tmavé místnosti. Nevýhodou těchto optotypů je také možnost optických vad objektivu. [5, 6, 15, 17]

### **2.4.3. LCD**

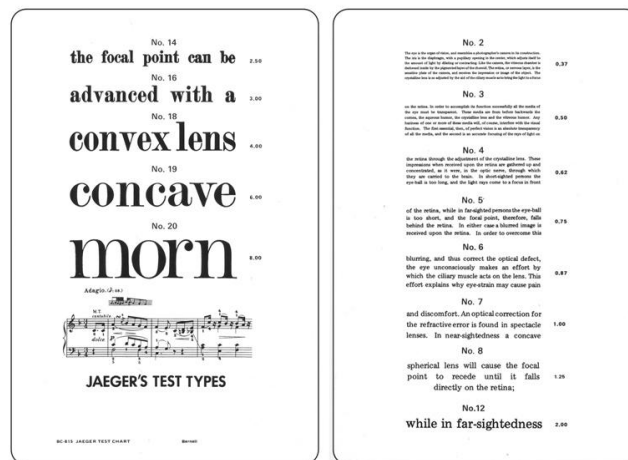
LCD optotypy jsou nejmodernějším druhem optotypů. Na rozdíl od projekčních optotypů není kontrast znaků ovlivněn osvětlením vyšetřovací místnosti. Kromě vysokého kontrastu LCD optotypy disponují vysokým jasem a dobrým pozorovacím úhlem. Technologie podsvícení displeje krystalické struktury umožňuje vysoké rozlišení volených testů a pestrost barev. Optotypy bývají vybaveny světelnými čidly, která kontrolují správnou intenzitu světla. Díky infrapřijímači není případně nutné kabelové spojení s digitálním foropterem. LCD optotypy zpravidla obsahují tzv. RANDOM funkci, jenž nabízí možnost měnit vyšetřované znaky, to umožňuje kvalitnější vyšetření. Výhodou je také možnost jednotlivé znaky na optotypu podtrhnout nebo skrýt. Další výhodou oproti předchozím typům optotypů je snadnost aktualizace testů pro vyšetřování. [7, 15, 17]

## 2.4.4. Světelné

Světelné panely bývají provedeny jako skříňka skládající se z přední a zadní části. Vpředu je panel se znaky. Ty mohou být natištěné, nebo umístěné na fólii. Čelní panel by měl mít matné sklo, pokud je čiré, je potřeba jej opatřit antireflexní úpravou. Zadní část panelu obsahuje osvětlovací zářivky. [17]

## 2.5. Optotypy do blízka

Kromě zrakové ostrosti do dálky (distance acuity) je běžnou součástí vyšetření i zjištění zrakové ostrosti do blízka (near acuity). U těchto optotypů se namísto samostatných písmen používají souvislé texty. Odstupňování velikosti textu a text samotný není dán standardně, závisí na autorovi daného optotypu. Jedním z nejpoužívanějších optotypů na zjištění zrakové ostrosti do blízka jsou tzv. Jägerovy tabulky (obr. 10). Kromě textu také obsahují např. notový zápis, ukázky jízdních řádů nebo křížovky. To se využívá pro posouzení reálných situací. [15,17]



Obrázek 10 Jägerova tabulka [18]

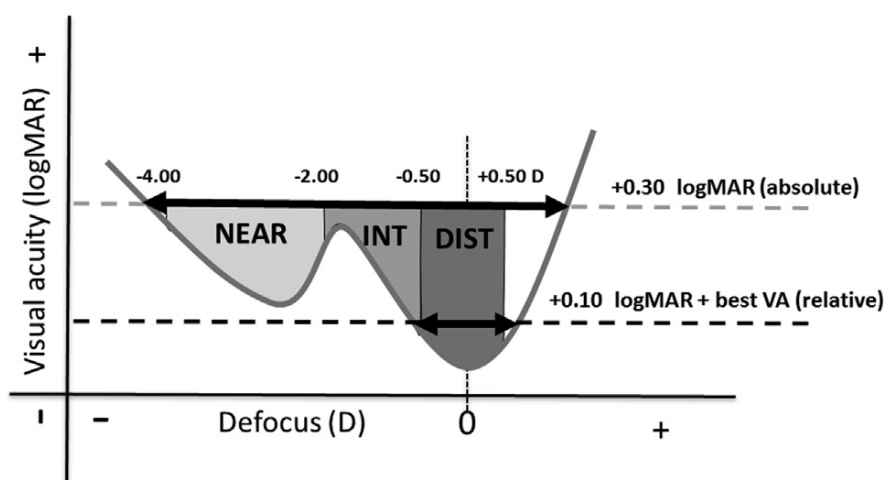
## 3. Defokusační křivka

Zjišťování a sestrojení defokusační křivky je metoda často využívaná v klinické praxi a to např. při ověřování korekce presbyopie pomocí nitrooční čočky. Defokusační křivka nám dává informaci o tom, jakou zrakovou ostrost na různé vzdálenosti může pacient (klient) očekávat. Simulujeme to pomocí plusových a minusových čoček, které vkládáme do zkušební obruby nebo za použití foropteru. Při použití optotypu na dálku předložením čoček změním jeho vergenci. [23, 21]

Defokusační křivka se může měřit monokulárně i binokulárně, v závislosti na důvodu jejího zjišťování. Obvykle se měří ve vzdálenosti 6 metrů s použitím optotypu s vysokým kontrastem. [23]

### 3.1. Princip

Princip defokusační křivky je jednoduchý. Namísto toho, abychom pro zjištění zrakové ostrosti na různé vzdálenosti posouvali optotyp, tak použijeme čočky, které změni vergenci tohoto optotypu. Výsledná křivka se dá interpretovat pomocí vztahu mezi vergencí čočky a zaostřené vzdálenosti. Pozorujeme-li vzdálený objekt (optotyp) přes předsazenou čočku o dioptrické hodnotě např.  $-2,00$  D je to opticky shodné s pozorováním objektu ve vzdálenosti  $0,5$  m. Předsazení čočky o dioptrické hodnotě  $-1,00$  D se tedy rovná vzdálenosti  $1$  m. Defokusační křivka se tedy dá využít jako metoda měření zraku pro různé vzdálenosti. [23, 21]



Obrázek 11 Průběh defokusační křivky. Levá oblast  $-4,00$  až  $-2,00$  D zastupuje vidění na  $0,5$  až  $0,25$  m - vidění do blízka (near vision). Prostřední oblast od  $-2,00$  až  $-0,50$  – vidění na střední vzdálenost ( $0,5$ - $2$  m), pravá oblast označuje vidění do dálky (distance vision) [24]



## 3.2. Postupy získávání křivky

Pro správné zjištění defokusační křivky je nezbytné nejdříve pacienta vykorigovat do dálky. Správné vykorigování tzv. nejlepší sférická korekce na dálku nám odstraní možnost variability výsledků spojenou se zbytkovou refrakční vadou pacienta. [23, 21]

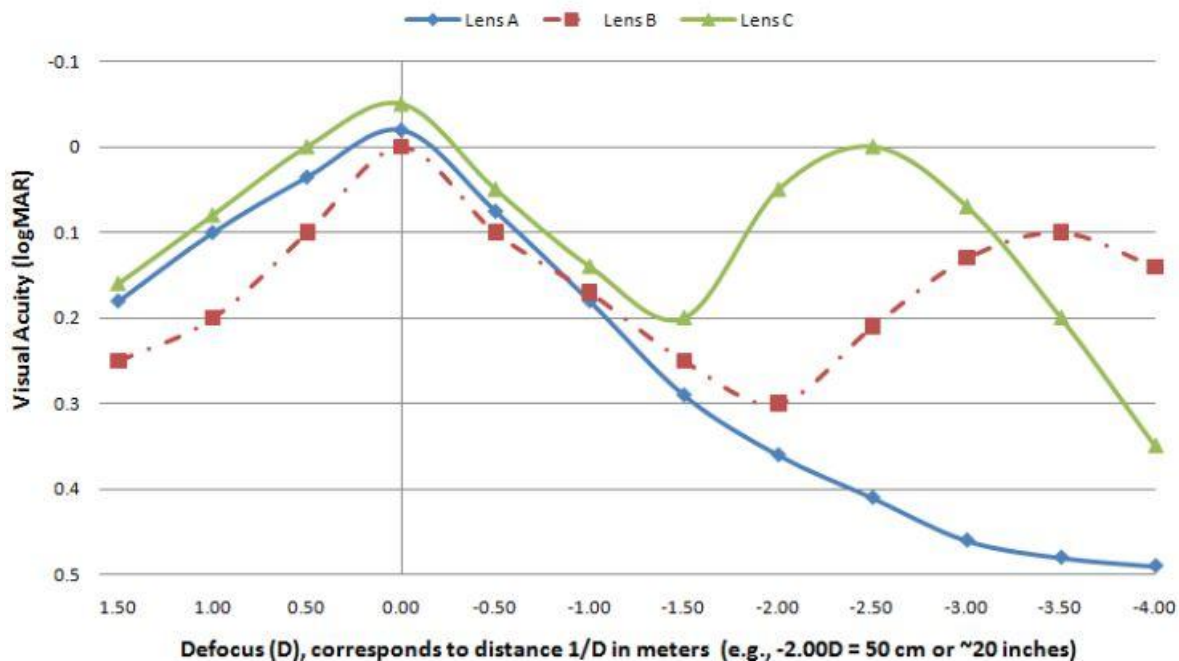
Poté se předkládají čočky o různé dioptrické hodnotě. Při zjišťování monokulární defokusační křivky čočky o různých dioptrických hodnotách se předkládají před jedno oko. Při zjišťování binokulární křivky je nutné dávat čočky před obě oči simultánně. Při předložení čočky se zjišťuje nejlepší čtený řádek optotypu. Pro různé účely se používají jiné rozsahy dioptrií. Často bývají od -4,00 D do +1,00 D (popř. +2,00 D). Některé studie uvádějí, že by se mělo začínat předložením čočky o hodnotě -0,5 D a dále přidávat další minusové čočky po -0,50 D. Není to však pravidlem. [23, 21]

V průběhu vyšetření je nezbytné měnit písmena v řádcích. Pokud by si pacient zapamatoval znaky v jednotlivých řádcích, mohlo by být vyšetření narušeno a znehodnoceno. Funkce měnící znaky se nazývá RANDOM a dnes je běžná u LCD optotypů. [7]

## 3.3. Vyhodnocení a zapsání křivky

Po získání dat se sestaví křivka. Možné zapsání výsledků a výsledná křivka je znázorněna na Obrázku č. 12. Na ose x se vynesou hodnoty dioptrií daných čoček a na osu y hodnoty zrakové ostrosti. Vrcholem křivky tedy nejvyšší dosaženou zrakovou ostrostí je naměřená nejlepší sférická korekce na dálku. Pokud jde o vyšetření monofokální nitrooční čočky, tak se zraková ostrost s přidáváním čoček pouze snižuje. Při vyšetření multifokální čočky má křivka na rozdíl od monofokální čočky jiný průběh s dalším vrcholem a to po předložení některé z minusových čoček. Dále je patrné, že se zvyšující se hodnotou předsazené dioptrické čočky se snižuje i zraková ostrost. [23]

Pro potvrzení nebo vyvrácení hypotéz je nutné výsledky statisticky zpracovávat. [21]



**Obrázek 12** Znárodnění získaných defokusačních křivek pro 3 různé nitrooční čočky. Na ose y je vynesena hodnota zrakové ostrosti a na ose x je hodnota předsazené dioptrické čočky. Během výpočtů znázorněných na obrázku byly použity čočky od 1,50 do -4, 00 D. Je zřejmé, že čočka A je monofokální na rozdíl od multifokálních čoček B a C. [23]

### 3.4. Navržený postup

Jak již bylo napsáno v předchozích kapitolách, zjištění defokusační křivky je metoda často sloužící k medicínským studiím, a nejen proto by měla být standardizována. Za standardní postup je považováno vyšetření, kdy rozsah předložených dioptrických čoček je od 4,00 do -4,00 D. Vhodné je postupovat nikoli dle dioptrických hodnot, ale zcela nahodile. Používají se čočky po půl dioptriích, to znamená -4,00; -3,50; -3,00; atd.

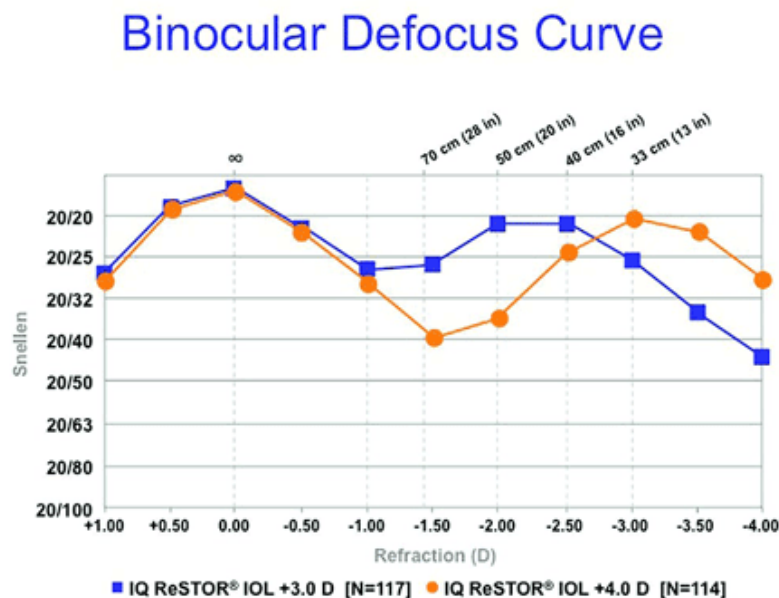
Pro rychlejší průběh vyšetření tedy i vyšší objektivnost a komfort pacienta bych zvažila vyšetření pomocí foropteru. Pro správnost výsledků také považuji za důležité měnit znaky na optotypu.

### 3.5. Využití defokusační křivky

Defokusační křivka má v oftalmologické praxi široké uplatnění. Využívá se například při ověřování presbyopické korekce nitrooční čočkou, při vyšetřeních před a po refrakčních operacích nebo při zjišťování rozsahu akomodace. Kromě těchto obvyklých využití byla

defokusační křivka společně s dalším vyšetřením použita např. při studii zabývající se porovnáním kvality vidění u různých designů kontaktních čoček. [21, 26]

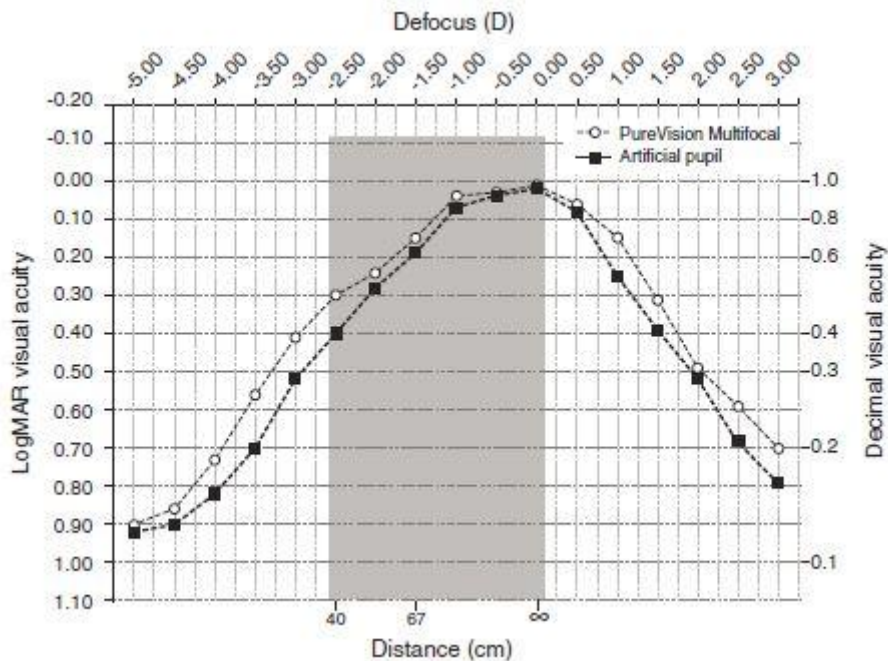
Po implantaci nitrooční čočky je součástí vyšetření změření defokusační křivky. Její podoba nám dává informaci o správnosti presbyopické korekce nitrooční čočkou. V mnoha studiích se porovnávají různé druhy nitroočních čoček pro zvýšení kvality výběru čoček. Příklad porovnání dvou nitroočních čoček je zobrazen na Obrázku č. 13. V zobrazené studii se porovnávají čočky Acrysof ReStor 4.0 a 3.0. Hodnoty 4.0 a 3.0 udávají velikost adice. Během studie bylo dokázáno, že největším rozdílem mezi čočkami je vidění na střední vzdálenost. Čočka s adicí +3,00 D prokazuje lepší vidění. Pacienti s touto nitrooční čočkou dosahovali v 68,7 % na střední vzdálenost zrakové ostrosti 20/25 (0,8). Oproti tomu pacienti s nitrooční čočkou s adicí +4,00 D dosahovali této zrakové ostrosti pouze v 27,3 %. [27]



**Obrázek 13** Porovnání dvou nitroočních čoček. Z průběhu křivek je patrné, že čočka s adicí +3,00 D má nižší úbytek ve střední vzdálenosti. Proto dosahuje vyšší zrakové ostrosti právě na střední vzdálenost. [27]

Jak již bylo řečeno, možné využití defokusační křivky je i u porovnávání designů kontaktních čoček. Jedna ze studií se zabývá srovnáním simultánního a stenopeického designu. Studie se zúčastnilo 22 presbyopických emetropických pacientů. Po dobu jednoho měsíce používali stenopeické kontaktní čočky a poté stejně dlouhou dobu simultánní čočky (PureVision Multifocal). Na konci daných období byli binokulárně přeměřeni. Ze studie vychází (Obr. 14), že oba typy čoček zaručují stejnou zrakovou ostrost do dálky a střední vzdálenosti. Do blízka ani jeden typ čoček neprokázal uspokojivé výsledky. Přesto se dá říci,

že při studii více vyhověly simultánní multifokální čočky. [26]

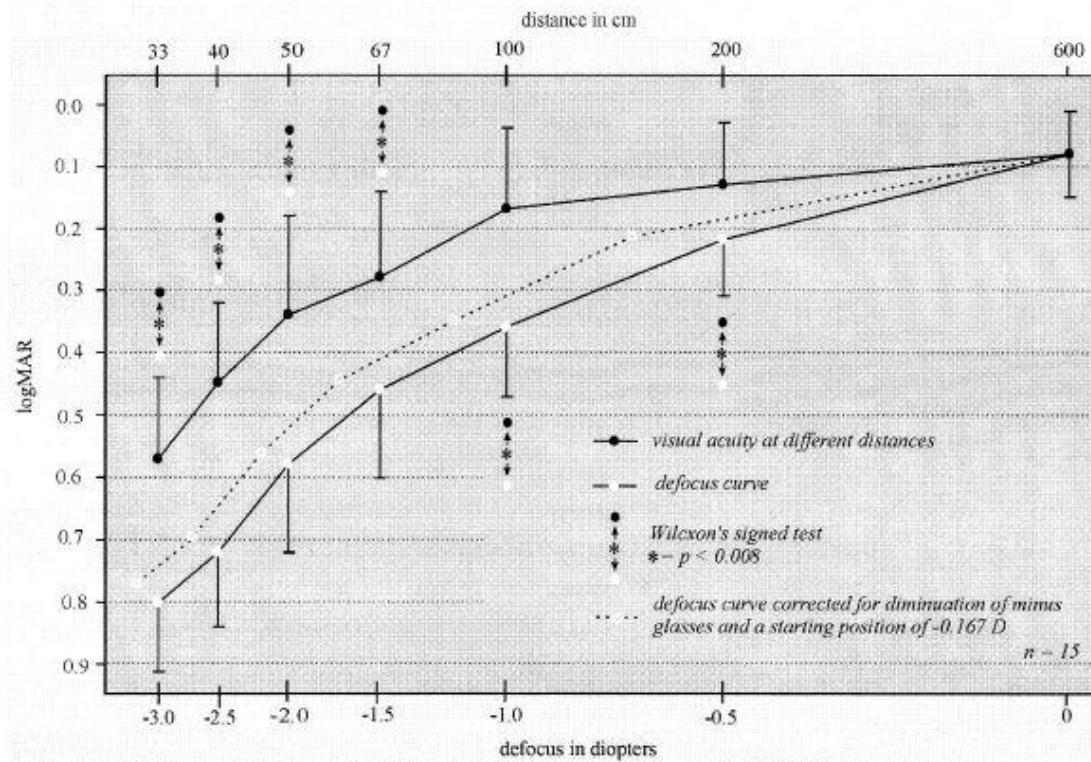


Obrázek 14 Defokusační křivky pro oba typy čoček [26]

### 3.6. Porovnání defokusační křivky s měřením zrakové ostrosti na různé vzdálenosti

V roce 2002 byla vydána studie zabývající se porovnáním změřené zrakové ostrosti na různé vzdálenosti s naměřenými defokusačními křivkami. Všichni testovaní pacienti měli implantované monofokální nitrooční čočky. V průběhu studie testovali zrakovou ostrost na vzdálenosti 6 m, 2 m, 1 m, 67 cm, 50 cm, 40 cm a 33 cm. Poté na vzdálenost 6 m změřili defokusační křivky. Rozmezí použitých čoček bylo -0,50 až -3,00 D (po půl dioptriích). Z porovnání těchto měření je patrné, že naměřená zraková ostrost byla vždy vyšší než hodnota defokusační křivky. Významné rozdíly jsou v rozmezí 2 m (-0,50 D) do 33 cm (-3,00 D). Obě měření jsou znázorněna na Obrázku č. 15. Ze studie vyplývá, že mezi metodami je znatelný rozdíl. Ten je ve studii vysvětlen třemi způsoby. Jedním z důvodů je, že minusové čočky způsobují zmenšení retinálních obrazů. Jako další důvod je uvedeno, že 6 m, tedy vzdálenost, na kterou jsou měřeny defokusační křivky, je považována za nekonečno. Pro přesnější měření ale musí být již při počátečním měření 0 D přičten přídavek -0,167 D [1/6 (m)]. Defokusační křivka, která uvažuje tyto skutečnosti je na Obrázku č. 15 znázorněna tečkovanou čarou. Jako třetí důvod, pro rozdíly v měření je zmíněno to, že při přiblížení předmětu k pacientovi dochází ke konvergenci, akomodaci a zúžení zornic (mióze). U posuzovaných pacientů byla

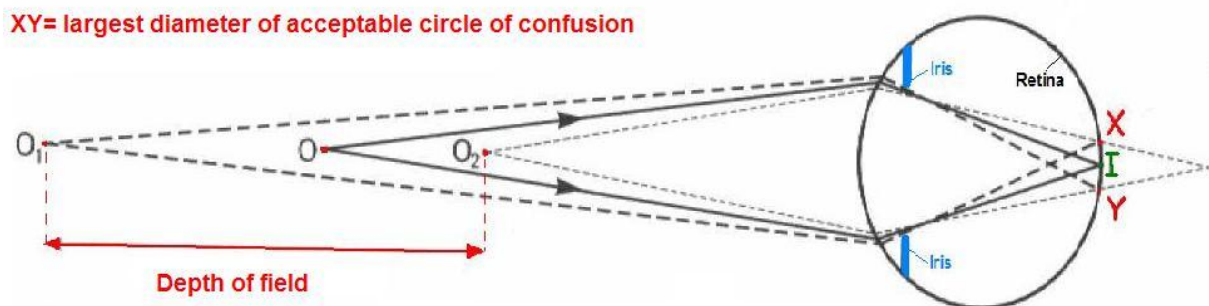
akomodace vyloučena z již uvedeného důvodu monofokálních nitroočních čoček. Jako hlavní důvod rozdílných výsledků je uvedena mióza. Pro velké rozdíly v měření je v závěru studie doporučeno defokusační křivku využívat pouze jako srovnávací metodu při hodnocení hloubky ostrosti. [28]



Obrázek 15 Porovnání defokusační křivky a zrakové ostrosti pro různé vzdálenosti [28]

## 4. Hloubka ostrosti

Lidské oko podobně jako jiný optický systém (např. fotoaparát) má omezenou citlivost na rozostření pozorovaného předmětu. S tím souvisí hloubka ostrosti. Samotný termín je interpretován více způsoby. Hloubka ostrosti je popisována například jako rozsah vzdáleností pozorovaného předmětu, pro které je předmět dokonale zaostřen, respektive zaostřen s velmi nízkou, zanedbatelnou chybou. Jiná definice říká, že hloubka ostrosti je vzdálenost nejbližšího a nejvzdálenějšího předmětu, který je ještě ostrý. Také je popisována jako rozsah dioptrických hodnot, pro které nedojde k podstatné kvalitativní změně retinálních obrazů. Představíme-li si optický systém bez hloubky ostrosti, pak není-li předmět umístěn právě v optimální předmětové rovině, jeho obraz je rozostřený. Pokud uvažujeme jako optický systém právě oko, můžeme říci, že za nejbližší a nejvzdálenější body (vzdálenosti), kdy je předmět hodnocen jako ostrý, můžeme dosadit daleký a blízký bod oka. [31, 32, 33]



Obrázek 16 Hloubka ostrosti - schéma zobrazuje rozpětí vzdáleností ( $O_1$ - $O_2$ ), kdy je sledovaný předmět považován za ostrý [34]

Větší hloubka ostrosti může být v určitých případech výhodná. Příkladem je zlepšení, tedy rozšíření, věkem snížené šíře akomodace právě pomocí zvětšení hloubky ostrosti. Toho lze dosáhnout například redukováním aberací. U presbyopických pacientů byla tímto způsobem provedena studie s použitím kontaktních čoček. U zkoumaných pacientů ale došlo ke snížení zrakové ostrosti. [31]

## **4.1. Faktory ovlivňující hloubku ostrosti oka**

Hloubku ostrosti ovlivňuje více faktorů. Můžeme je dělit na optické vlastnosti oka, vlastnosti sítnice a vizuálního zpracování obrazu a vlastnosti přímo nesouvisející s pozorovatelem. Mezi optické vlastnosti oka patří: šířka zornice, stupeň akomodace, aberace a difrakce. Mezi vlastnosti sítnice a vizuálního zpracování patří: velikost a hustota rozmístění fotoreceptorů a gangliových buněk, zraková ostrost a prahová hodnota kontrastní citlivosti nebo patologie zrakových drah. Mezi faktory nesouvisející s pozorovatelem řadíme např. svítivost nebo kontrast. [31]

### **Průměr pupily a aberace**

V rámci více studií, které se zabývaly vlivem šířky zornice na hloubku ostrosti, bylo zjištěno, že s rostoucí šířkou zornice neklesá hloubka ostrosti tak rychle, jako je tomu v optickém systému bez aberací. Tuto skutečnost vysvětlují některé studie pomocí Stiles–Crawfordovo jevu. Novější studie tvrdí, že právě aberace jsou u širších zornic důvodem vyšší hloubky ostrosti. [33]

# Praktická část

## 5. Cíl výzkumu

Cílem našeho výzkumu bylo zhodnotit vliv šířky zornice na hloubku ostrosti u různých typů pacientů.

## 6. Metodika výzkumu

Při výzkumu jsme se konkrétně zabývali o miotiky vyvolané zúžení zornice. Celkově jsme změřili 13 pacientů (13 očí), 9 žen a 4 muže. Jejich věkové rozpětí bylo 23 – 72 let. V rámci těchto pacientů jsme evidovali 5 pacientů po refrakčních operacích s implantovanými nitroočními čočkami, 3 pacienty s implantovanými monofokálními nitroočními čočkami, 1 pacienta s implantovanou multifokální nitrooční čočkou, 2 pacienty presbyopického věku a 2 mladé akomodující.

Výzkum byl proveden v Očním centru OFTA s r. o. v Plzni. Každý pacient byl nejdříve vyšetřen na přístroji iTrace. Dále jsme naměřili monokulárně defokusační křivku. Výběr oka pro měření byl dán dvěma kritérii. Přednostně bylo měřeno oko, které bylo dle sighting dominance nedominantní. Někteří pacienti byli méně než měsíc po operačním zákroku daného oka, proto jsme byli nuceni v jejich případě sighting dominanci nezohledňovat.

V rámci měření defokusační křivky jsme také změřili šířku zornice. Poté jsme do oka aplikovali připravené miotikum – 4% roztok pilokarpinu v očních kapkách FOTIL FORTE. Tyto kapky se běžně používají při léčbě glaukomu. Po dostatečně dlouhé době (minimálně 10 minut) jsme za stejných světelných podmínek, jako při prvním měření, naměřili defokusační křivku. Současně jsme změřili šířku zúžené zornice. Dle rozdílu v naměřených defokusačních křivkách jsme zhodnotili míru změny hloubky ostrosti.

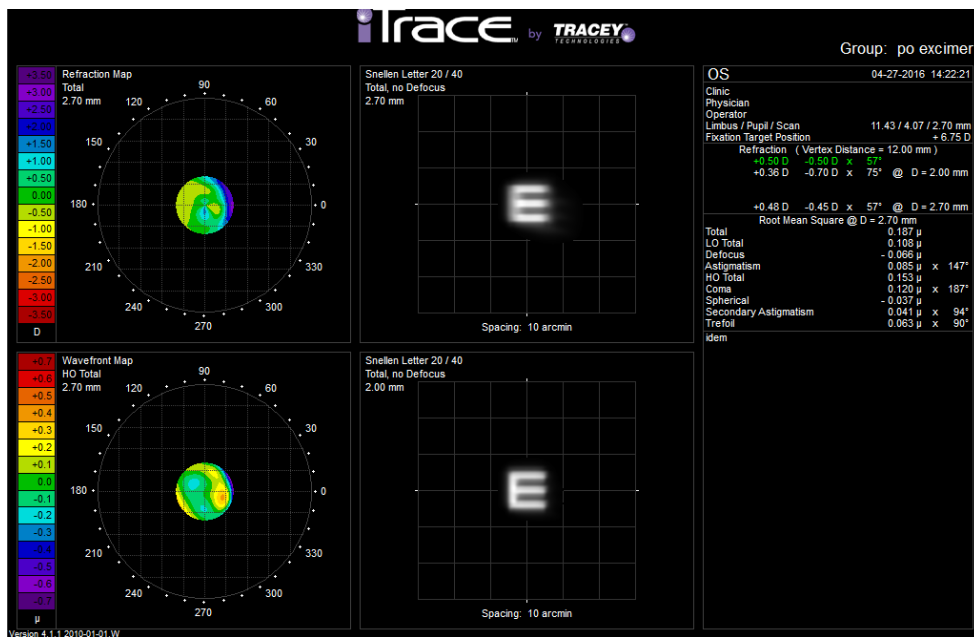
### 6.1. iTrace

iTrace je diagnostický přístroj označovaný také jako analyzátor zrakových funkcí. Zahrnuje v sobě aberometr, refraktometr, autokeratometr, rohovkový topograf a pupilometr. Přístroj využívá technologii sledování laserových paprsků tzv. „ray tracing“. Principem je postupné promítání infračervených laserových paprsků přes optický systém oka. Následně



jsou vyhodnoceny paprsky odražené od sítnice a zjišťuje se jejich odchylka způsobená aberacemi optického systému oka. [30]

Nejdříve přístroj detekuje průměr zornice, následně vyšle 256 laserových paprsků v soustředných kruzích a to tak, aby byla využita celá plocha zornice. Výsledný obraz nám poskytuje informaci o refrakci oka a analýzu aberací nižších a vyšších řádů. [30]



**Obrázek 17** Ilustrativní měření přístrojem iTrace

Na Obrázku č. 17 je znázorněn výstup měření přístrojem iTrace. V levé části je zobrazena refrakční a wavefront mapa. Pro posouzení vlivu šířky zornice na hloubku ostrosti a zřakovou ostrost jsme využili simulaci Snellenova písmena (konkrétně písmena E) pro daného pacienta a to pro výchozí šířku zornice, tedy její maximální plochu a pro užší zornici (2 mm). Při simulaci těchto písmen byl zanedbán vliv defokusace (myopie a hypermetropie).

## 6.2. Průběh vyšetření a interpretace výsledků

Měření jsme prováděli na LCD a projekčním optotypu. Vyšetřovací vzdálenost byla stanovena na 6 metrů. K měření jsme zvolili optotyp Snellenova typu. Při měření na LCD optotypu jsme uplatnili random funkci, která nám vzhledem k časové náročnosti měření zaručila vyšší objektivnost. Pacient byl nejdříve vykorigován na tzv. nejlepší sféru a poté jsme v potřebném rozmezí dioptrických hodnot naměřili konkrétní zřakové ostrosti. Předsazovali jsme čočky po půl dioptriích v náhodném pořadí. Pokud pacient přečetl nad polovinu písmen v daném řádku (3 z 5), hodnotili jsme tento řádek za přečtený. Naměřené hodnoty jsme

sepsali do tabulky a vynesli v grafu. Na osu x jsme vynesli dioptrické hodnoty předsazovaných čoček, na osu y hodnoty naměřených zrakových ostrostí v decimálním zápisu. Dále jsme pacientovi aplikovali miotikum (pilocarpin). Při dostatečném zúžení zornice jsme měření defokusační křivky zopakovali. Výsledky jsme rovněž zapsali a sestavili graf. Při porovnání obou měření a následném hodnocení jsme zohlednili měření přístrojem iTrace i subjektivní pocity pacienta.

Pro posouzení hloubky ostrosti a její změny jsme si určili její rozsahy. Pacienti, kteří při obou měřeních defokusačních křivek dosahovali při nejlepší sférické korekci hodnot vizu 1,0 a více, měli hloubku ostrosti omezenou hodnotou vizu 0,8. Pro pacienty s nižšími dosahovanými ostrostmí jsme zvolili pravidlo, kdy hloubka ostrosti měla spodní hranici stanovenou na hodnotě o dva řádky nižší, než byla naměřená nejlepší sféra. Pro ilustraci můžeme uvažovat pacienta s nejlepší dosaženou zrakovou ostrostmí 0,6, tehdy do hloubky ostrosti zahrnujeme takové rozmezí dioptrické korekce, pro které nám vizus dosahuje minimálně hodnoty 0,4. V rámci těchto rozsahů jsme sestavili pro každého pacienta tzv. graf posunu hloubky ostrosti, který znázorňuje nejen posun hloubky ostrosti v rámci dioptrických korekcí, ale také případnou změnu nejvyšší dosahované ostrosti. Šipka v tomto grafu znázorňuje změnu v nejlepší dosahované ostrostmí.

Dle charakteristiky uvedené u jednotlivých pacientů jsme je rozdělili do skupin – pacienti po laserové korekci (dále LK) s nitroočními čočkami (dále IOL), pacienti s monofokálními IOL, presbyopové a mladí akomodující. Jeden pacient nebyl zařazen do žádné skupiny z toho důvodu, že měl multifokální IOL. Součástí výsledků je také grafické porovnání posunu hloubky ostrosti v rámci pacientů výše uvedených skupin.

## 7. Výsledky

Výsledky měření pro jednotlivé pacienty, které zahrnují tabulky s informacemi o daném pacientovi a měření defokusačních křivek, související grafy a výstupní data z přístroje iTrace, jsou uvedeny níže

**Tabulka 2 Přehled informací o pacientovi č. 1**

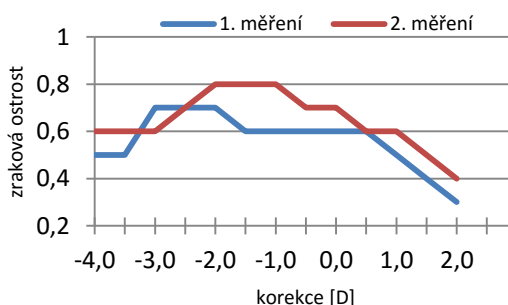
Pacient č. 1	
charakteristika:	LK + monofokální IOL
věk:	56 let
měřené oko:	levé
šířka zornice [1]:	3,5 mm
šířka zornice [2]:	1,5 mm

Pacientovi byla laserově korigována myopie. V měřeném oku má implantovanou monofokální nitrooční čočku.

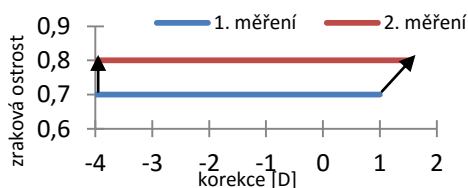
Aplikaci pilokarpinu snášel dobře. Vnímá zlepšení ostrosti.

**Tabulka 3 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 1**

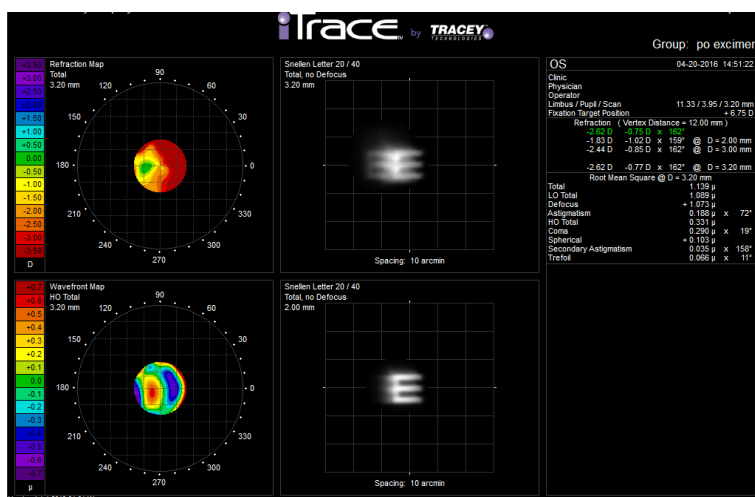
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-4,00	0,5	0,6
-3,50	0,5	0,6
-3,00	0,7	0,6
-2,50	0,7	0,7
-2,00	0,7	0,8
-1,50	0,6	0,8
-1,00	0,6	0,8
-0,50	0,6	0,7
0,00	0,6	0,7
0,50	0,6	0,6
1,00	0,5	0,6
1,50	0,4	0,5
2,00	0,3	0,4



**Obrázek 18 Defokusační křivky pacienta č. 1**



**Obrázek 19 Znázornění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 1**



**Obrázek 20 Výsledek iTrace u pacienta č. 1**

**Tabulka 4 Přehled informací o pacientovi č. 2**

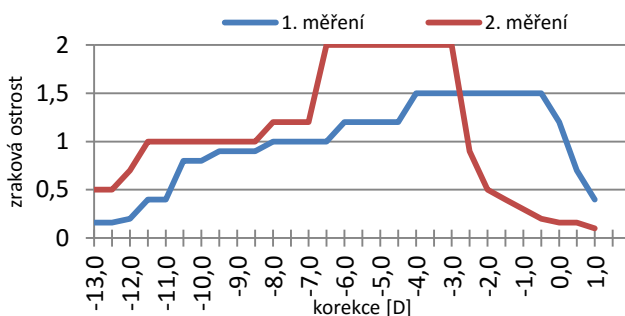
Pacient č. 2	
charakteristika:	mladý akomodující
věk:	23 let
měřené oko:	pravé
šířka zornice [1]:	4,5 mm
šířka zornice [2]:	2 mm

Pacient neprodělal oční operaci.

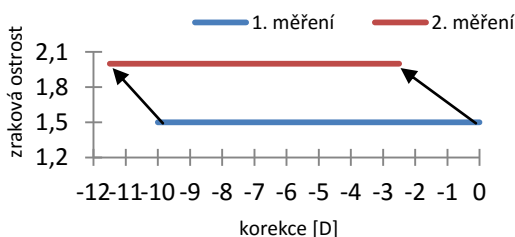
Aplikaci pilokarpinu snášel dobře, ale negativně vnímal zhoršení ostrosti.

**Tabulka 5 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 2**

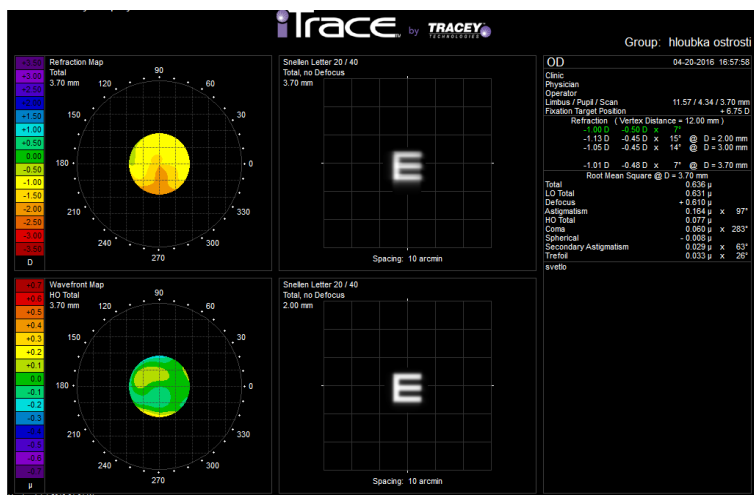
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-13,00	0,16	0,5
-12,50	0,16	0,5
-12,00	0,2	0,7
-11,50	0,4	1
-11,00	0,4	1
-10,50	0,6	1
-10,00	0,8	1
-9,50	0,9	1
-9,00	0,9	1
-8,50	0,9	1
-8,00	1	1,2
-7,50	1	1,2
-7,00	1	1,2
-6,50	1	2
-6,00	1,2	2
-5,50	1,2	2
-5,00	1,2	2
-4,50	1,2	2
-4,00	1,5	2
-3,50	1,5	2
-3,00	1,5	2
-2,50	1,5	0,9
-2,00	1,5	0,5
-1,50	1,5	0,4
-1,00	1,5	0,3
-0,50	1,5	0,2
0,00	1,2	0,16
0,50	0,7	0,16
1,00	0,4	0,1



**Obrázek 22 Defokusační křivky pacienta č. 2**



**Obrázek 21 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 2**



**Obrázek 23 Výsledek iTrace u pacienta č. 2**

**Tabulka 6 Přehled informací o pacientovi č. 3**

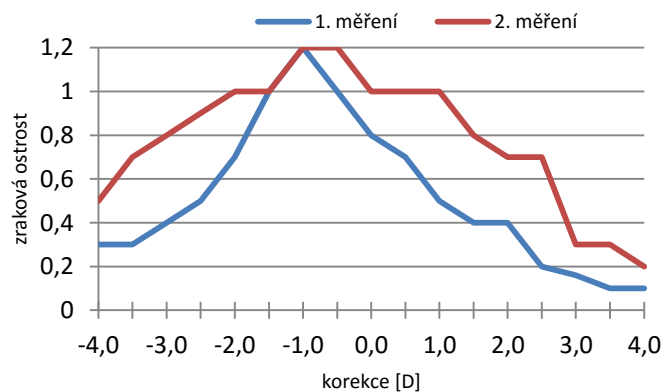
Pacient č. 3	
charakteristika:	monofokální IOL
věk:	70 let
měřené oko:	pravé
šířka zornice [1]:	3 mm
šířka zornice [2]:	0,5-1 mm

Pacient má implantovanou monofokální nitrooční čočku.

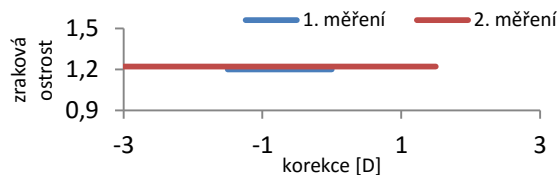
Aplikaci pilokarpinu snášel bez problémů. Změnu ostrosti nevnímal.

**Tabulka 7 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 3**

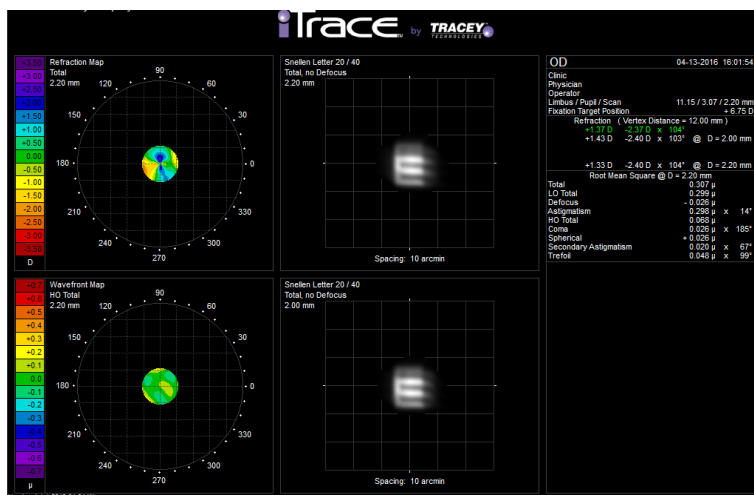
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-4,00	0,3	0,5
-3,50	0,3	0,7
-3,00	0,4	0,8
-2,50	0,5	0,9
-2,00	0,7	1
-1,50	1	1
-1,00	1,2	1,2
-0,50	1	1,2
0,00	0,8	1
0,50	0,7	1
1,00	0,5	1
1,50	0,4	0,8
2,00	0,4	0,7
2,50	0,2	0,7
3,00	0,16	0,3
3,50	0,1	0,3
4,00	0,1	0,2



**Obrázek 25 Defokusační křivky pacienta č. 3**



**Obrázek 24 Znázornění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 3**



**Obrázek 26 Výsledek iTrace u pacienta č. 3**

**Tabulka 8 Přehled informací o pacientovi č. 4**

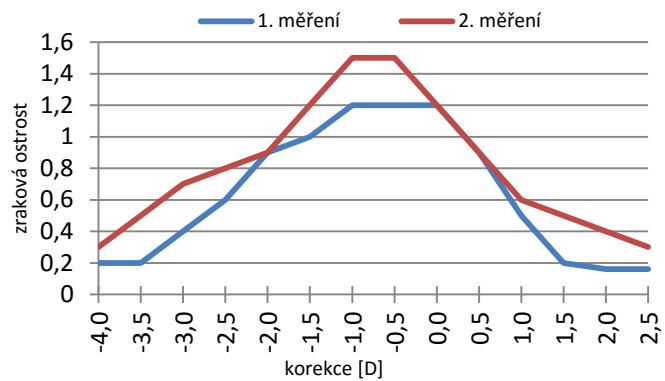
Pacient č. 4	
charakteristika:	LK + monofokální IOL
věk:	59 let
měřené oko:	levé
šířka zornice [1]:	3,5 mm
šířka zornice [2]:	1 mm

Pacient je po laserové korekci hypermetropie a implantaci monofokální nitrooční čočky.

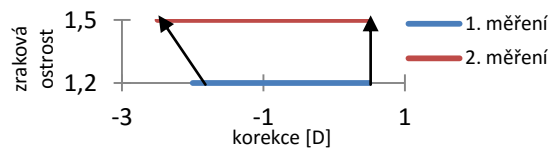
Aplikaci pilokarpinu snášel bez problémů, vnímal zlepšení ostrosti.

**Tabulka 9 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 4**

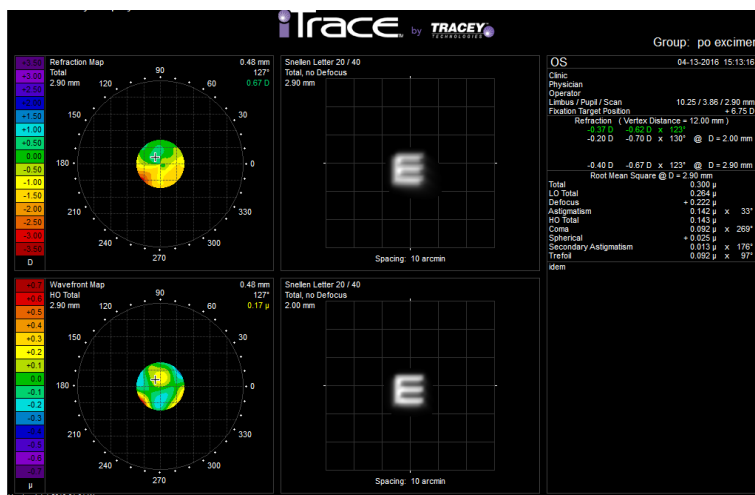
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-4,00	0,2	0,3
-3,50	0,2	0,5
-3,00	0,4	0,7
-2,50	0,6	0,8
-2,00	0,9	0,9
-1,50	1	1,2
-1,00	1,2	1,5
-0,50	1,2	1,5
0,00	1,2	1,2
0,50	0,9	0,9
1,00	0,5	0,6
1,50	0,2	0,5
2,00	0,16	0,4
2,50	0,16	0,3



**Obrázek 28 Defokusační křivky pacienta č. 4**



**Obrázek 27 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 4**



**Obrázek 29 Výsledek iTrace u pacienta č. 4**

**Tabulka 10 Přehled informací o pacientovi č. 5**

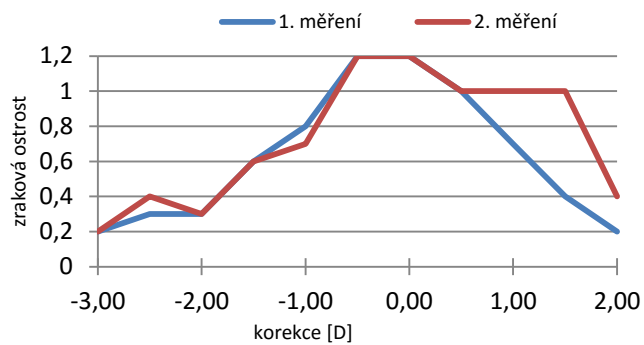
Pacient č. 5	
charakteristika:	monofokální IOL
věk:	69 let
měřené oko:	pravé
šířka zornice [1]:	3,5 mm
šířka zornice [2]:	1 mm

Pacient je po implantaci monofokální nitrooční čočky.

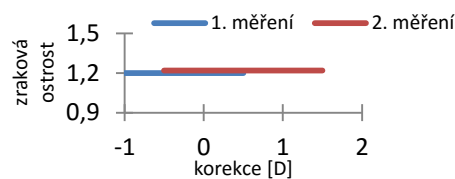
Aplikaci pilokarpinu snášel bez problémů, změnu ostrosti nevnímal.

**Tabulka 11 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 5**

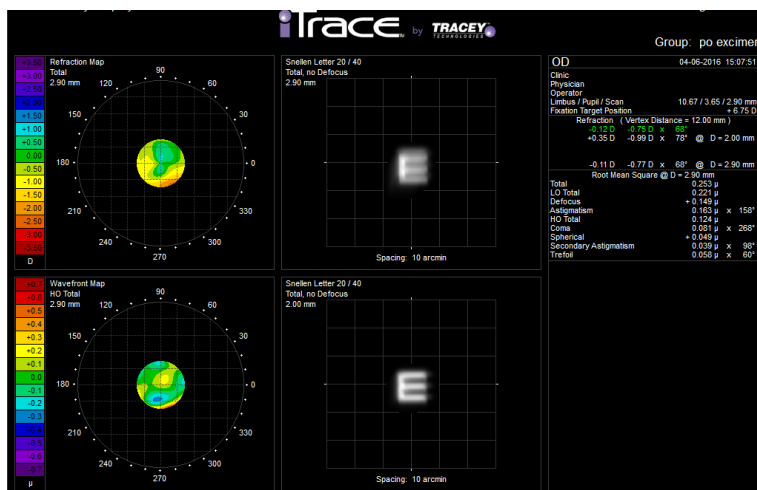
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-3,00	0,2	0,2
-2,50	0,3	0,4
-2,00	0,3	0,3
-1,50	0,6	0,6
-1,00	0,8	0,7
-0,50	1,2	1,2
0,00	1,2	1,2
0,50	1	1
1,00	0,7	1
1,50	0,4	1
2,00	0,2	0,4



**Obrázek 31 Defokusační křivky pacienta č. 5**



**Obrázek 30 Znázornění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 5**



**Obrázek 32 Výsledek iTrace u pacienta č. 5**

### Tabulka 12 Přehled informací o pacientovi č. 6

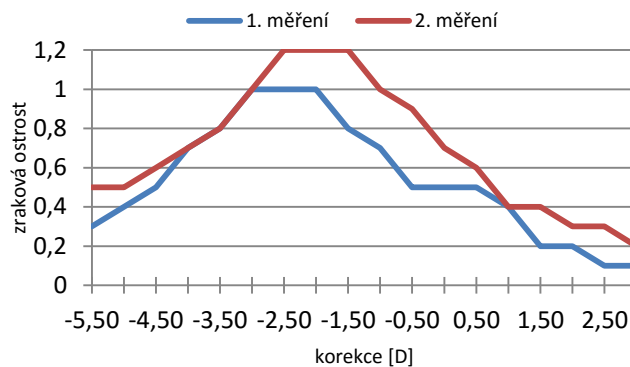
Pacient č. 6	
charakteristika:	monofokální IOL
věk:	60 let
měřené oko:	pravé
šířka zornice [1]:	4,5 mm
šířka zornice [2]:	1,5 mm

Pacient má implantovanou monofokální nitrooční čočku.

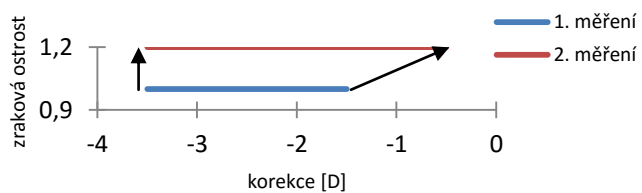
Aplikaci pilokarpinu snášel bez problémů. Vnímá zlepšení ostrosti.

### Tabulka 13 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 6

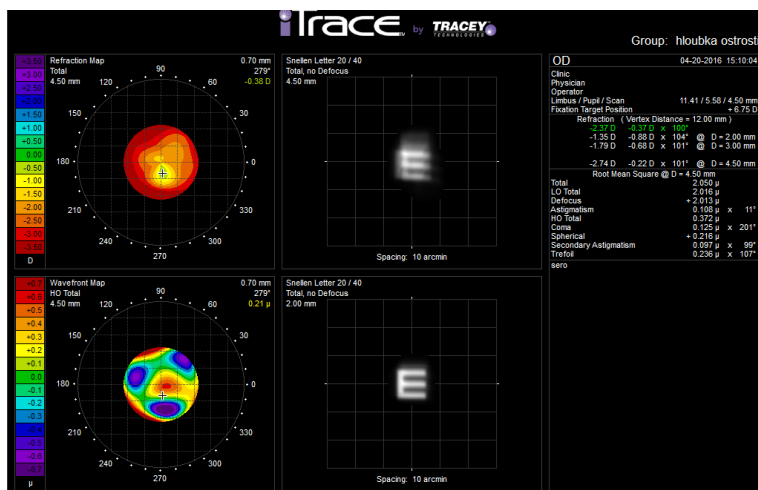
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-5,50	0,3	0,5
-5,00	0,4	0,5
-4,50	0,5	0,6
-4,00	0,7	0,7
-3,50	0,8	0,8
-3,00	1	1
-2,50	1	1,2
-2,00	1	1,2
-1,50	0,8	1,2
-1,00	0,7	1
-0,50	0,5	0,9
0,00	0,5	0,7
0,50	0,5	0,6
1,00	0,4	0,4
1,50	0,2	0,4
2,00	0,2	0,3
2,50	0,1	0,3
3,00	0,1	0,2



Obrázek 34 Defokusační křivky pacienta č. 6



Obrázek 33 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 6



Obrázek 35 Výsledek iTrace u pacienta č. 6



**Tabulka 14 Přehled informací o pacientovi č. 7**

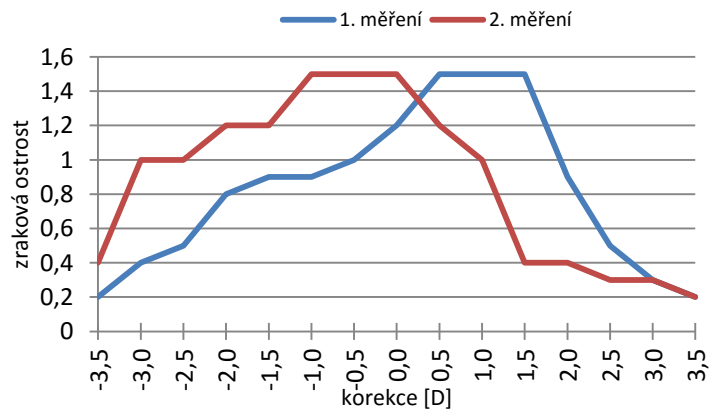
Pacient č. 7	
charakteristika:	počínající presbyopie
věk:	43 let
měřené oko:	levé
šířka zornice [1]:	4,5 mm
šířka zornice [2]:	2 mm

Pacient neprodělal žádnou oční operaci.

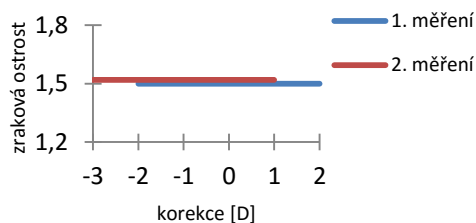
Kapky s pilokarpinem mu byly nepříjemné.

**Tabulka 15 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 7**

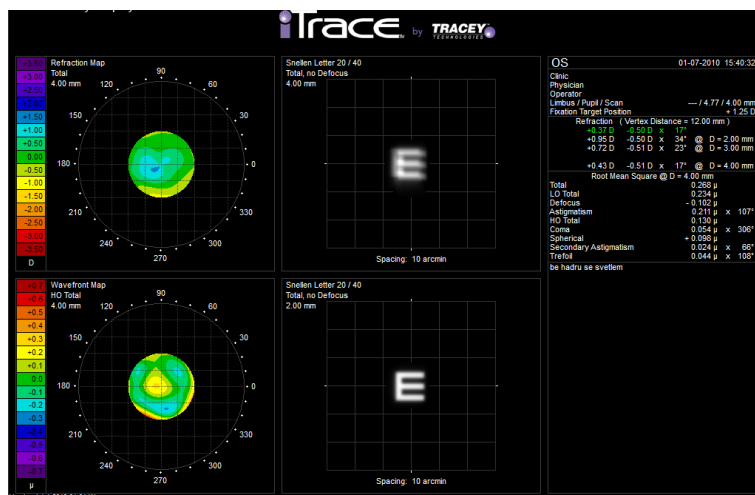
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-3,50	0,2	0,4
-3,00	0,4	1
-2,50	0,5	1
-2,00	0,8	1,2
-1,50	0,9	1,2
-1,00	0,9	1,5
-0,50	1	1,5
0,00	1,2	1,5
0,50	1,5	1,2
1,00	1,5	1
1,50	1,5	0,4
2,00	0,9	0,4
2,50	0,5	0,3
3,00	0,3	0,3
3,50	0,2	0,2



**Obrázek 37 Defokusační křivky pacienta č. 7**



**Obrázek 36 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 7**



**Obrázek 38 Výsledek iTrace pro pacienta č. 7**

**Tabulka 16 Přehled informací o pacientovi č. 8**

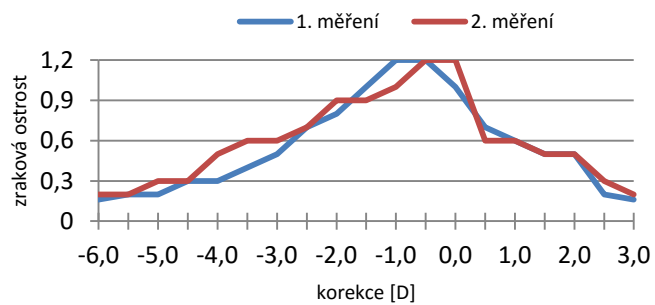
Pacient č. 8	
charakteristika:	LK + monofokální IOL
věk:	57 let
měřené oko:	levé
šířka zornice [1]:	3,5 mm
šířka zornice [2]:	2 mm

Pacient je po laserové korekci hypermetropie a má implantovanou monofokální nitrooční čočku.

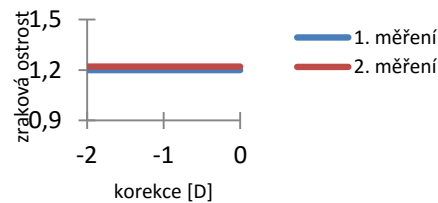
Aplikaci pilokarpinu snášel bez obtíží. Nevnímal změnu ostrosti.

**Tabulka 17: Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 8**

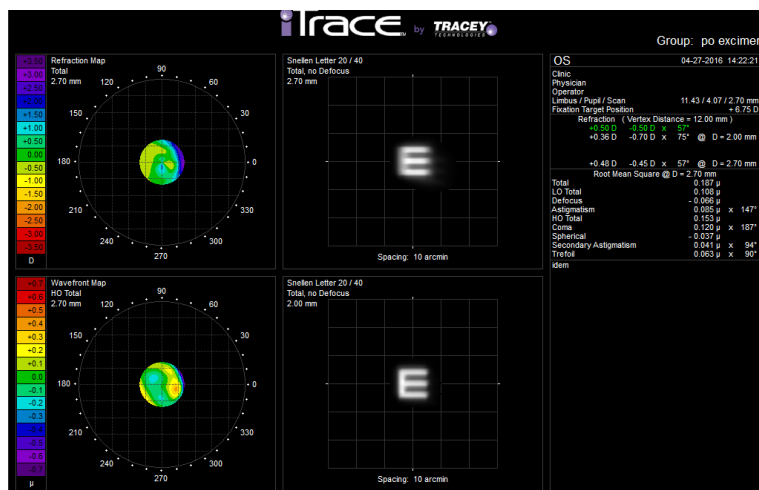
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-6,00	0,16	0,2
-5,50	0,2	0,2
-5,00	0,2	0,3
-4,50	0,3	0,3
-4,00	0,3	0,5
-3,50	0,4	0,6
-3,00	0,5	0,6
-2,50	0,7	0,7
-2,00	0,8	0,9
-1,50	1	0,9
-1,00	1,2	1
-0,50	1,2	1,2
0,00	1	1,2
0,50	0,7	0,6
1,00	0,6	0,6
1,50	0,5	0,5
2,00	0,5	0,5
2,50	0,2	0,3
3,00	0,16	0,2



**Obrázek 40 Defokusační křivky pacienta č. 8**



**Obrázek 39 Znázornění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 8**



**Obrázek 41 Výsledek iTrace u pacienta č. 8**

**Tabulka 18 Přehled informací o pacientovi č. 9**

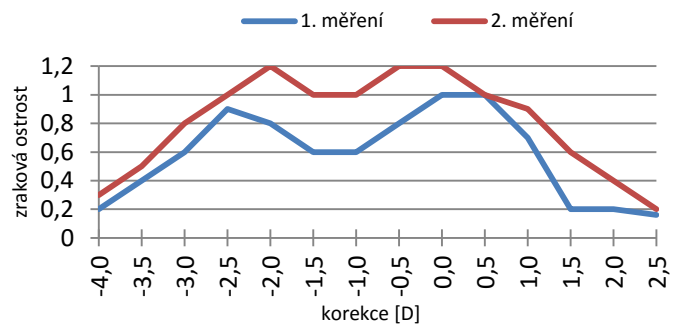
Pacient č. 9	
charakteristika:	multifokální difrakční IOL
věk:	54 let
měřené oko:	pravé
šířka zornice [1]:	4,5 mm
šířka zornice [2]:	2 mm

Pacient má implantovanou multifokální nitrooční čočku.

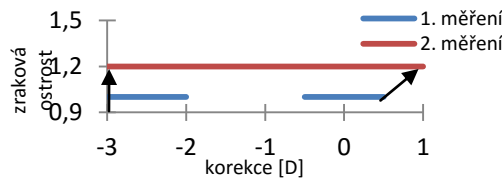
Aplikaci pilokarpinu snášel bez problémů. Pozitivně vnímal zlepšení ostrosti.

**Tabulka 19 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 9**

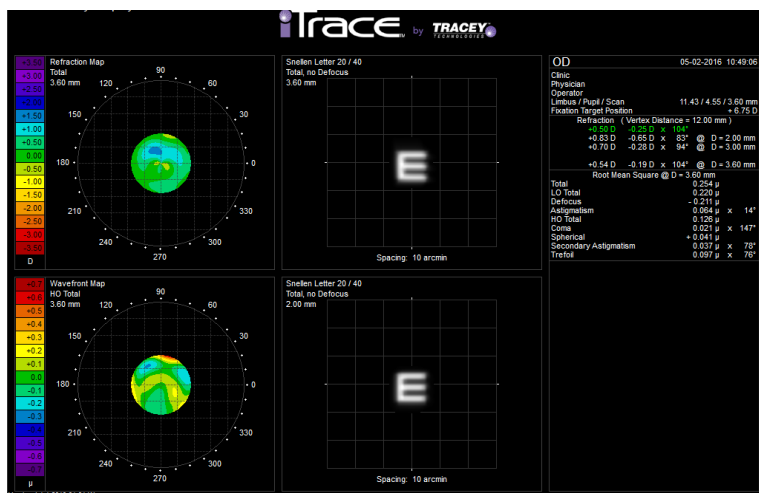
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-4,00	0,2	0,3
-3,50	0,4	0,5
-3,00	0,6	0,8
-2,50	0,9	1
-2,00	0,8	1,2
-1,50	0,6	1
-1,00	0,6	1
-0,50	0,8	1,2
0,00	1	1,2
0,50	1	1
1,00	0,7	0,9
1,50	0,2	0,6
2,00	0,2	0,4
2,50	0,16	0,2



**Obrázek 43 Defokusační křivky pacienta č. 9**



**Obrázek 42 Znázornění porovnání zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 9**



**Obrázek 44 Výsledek iTrace u pacienta č. 9**

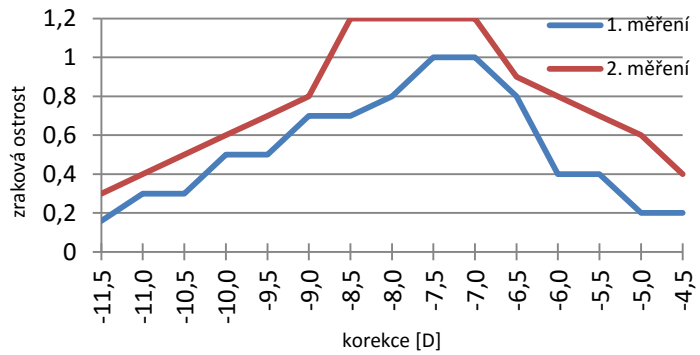
**Tabulka 20 Přehled informací o pacientovi č. 10**

Pacient č. 10	
charakteristika:	presbyopie
věk:	51 let
měřené oko:	pravé
šířka zornice [1]:	5,5 mm
šířka zornice [2]:	1,5 - 2 mm

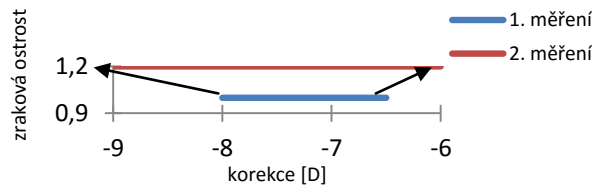
Pacient neprodělal oční operaci.  
Aplikaci pilokarpinu snášel bez problémů. Vnímá zlepšení ostroty.

**Tabulka 21 Hodnoty zrakové ostroty při defokusaci u pacienta č. 10**

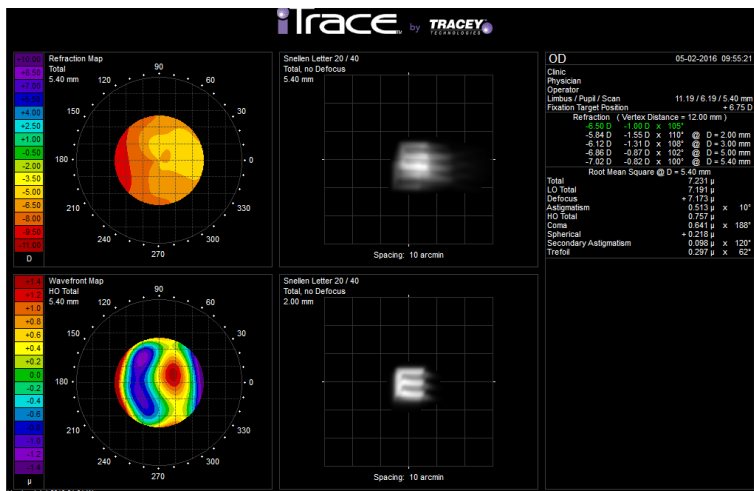
Korekce [D]	Zraková ostrota	
	1. měření	2. měření
-11,50	0,16	0,3
-11,00	0,3	0,4
-10,50	0,3	0,5
-10,00	0,5	0,6
-9,50	0,5	0,7
-9,00	0,7	0,8
-8,50	0,7	1,2
-8,00	0,8	1,2
-7,50	1	1,2
-7,00	1	1,2
-6,50	0,8	0,9
-6,00	0,4	0,8
-5,50	0,4	0,7
-5,00	0,2	0,6
-4,50	0,2	0,4



**Obrázek 46 Defokusační křivky pacienta č. 10**



**Obrázek 45 Znázornění posunu hloubky ostroty a zrakové ostroty u pacienta č. 10**



**Obrázek 47 Výsledek iTrace u pacienta č. 10**

**Tabulka 22 Přehled informací o pacientovi č. 11**

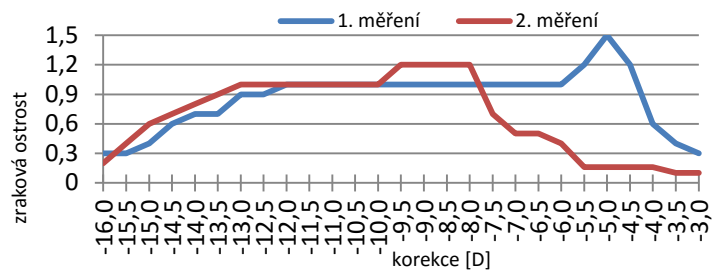
Pacient č. 11	
charakteristika:	mladý akomodující
věk:	23 let
měřené oko:	levé
šířka zornice [1]:	6,5 mm
šířka zornice [2]:	2,5 - 3 mm

Pacient neprodělal oční operaci.

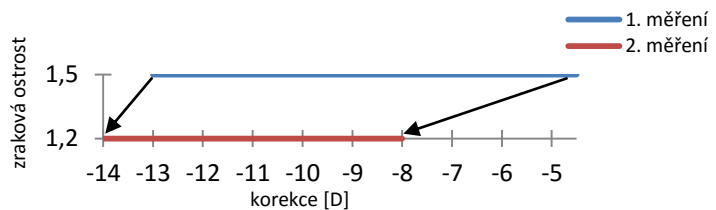
Po aplikaci pilokarpinu si stěžoval na zhoršení ostroty. Aplikaci kapek mu byla nepřijemná.

**Tabulka 23 Hodnoty zrakové ostroty při defokusaci u pacienta č. 11**

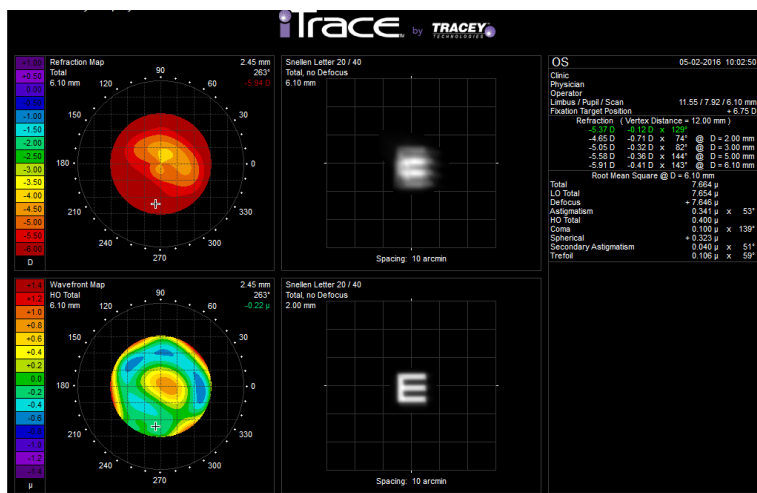
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-16,00	0,3	0,2
-15,50	0,3	0,4
-15,00	0,4	0,6
-14,50	0,6	0,7
-14,00	0,7	0,8
-13,50	0,7	0,9
-13,00	0,9	1
-12,50	0,9	1
-12,00	1	1
-11,50	1	1
-11,00	1	1
-10,50	1	1
-10,00	1	1
-9,50	1	1,2
-9,00	1	1,2
-8,50	1	1,2
-8,00	1	1,2
-7,50	1	0,7
-7,00	1	0,5
-6,50	1	0,5
-6,00	1	0,4
-5,50	1,2	0,16
-5,00	1,5	0,16
-4,50	1,2	0,16
-4,00	0,6	0,16
-3,50	0,4	0,1
-3,00	0,3	0,1



**Obrázek 49 Defokusační křivky pacienta č. 11**



**Obrázek 48 Znázornění posunu zrakové ostroty a hloubky ostroty u pacienta č. 11**



**Obrázek 50 Výsledek iTrace u pacienta č. 11**

**Tabulka 24 Přehled informací o pacientovi č. 12**

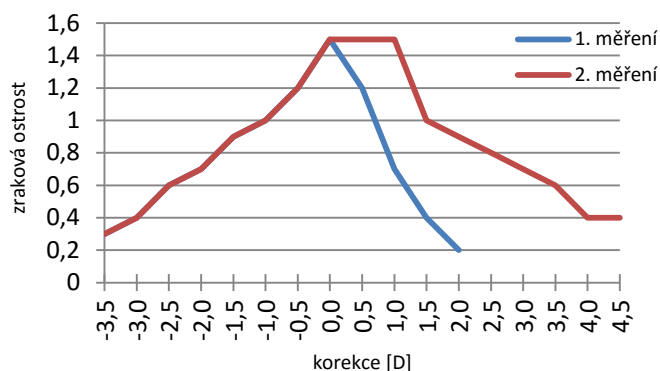
Pacient č. 12	
charakteristika:	LK + monofokální IOL
věk:	61 let
měřené oko:	levé
šířka zornice [1]:	3,5 mm
šířka zornice [2]:	2,5 mm

Pacient je po laserové korekci a implantaci monofokální nitrooční čočky.

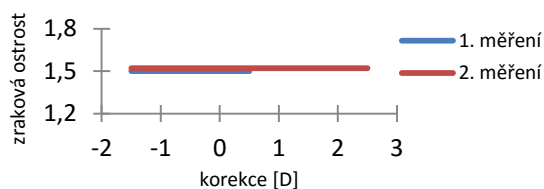
Aplikaci pilokarpinu snášel bez problémů, nevnímal změnu ostrosti.

**Tabulka 25 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 12**

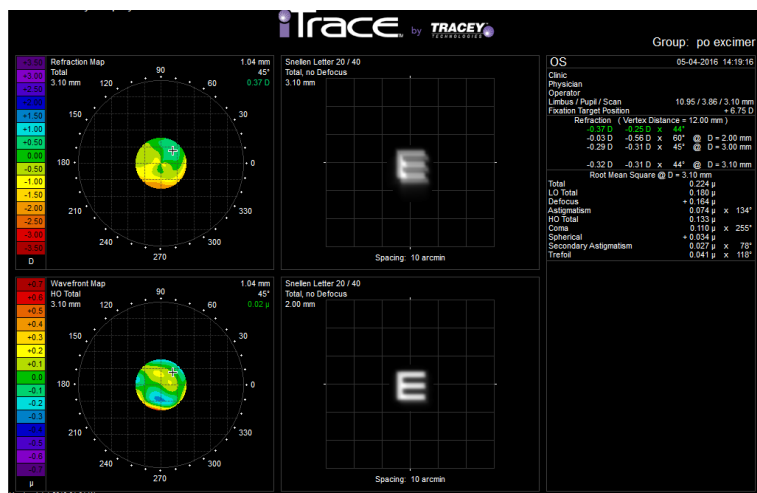
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-3,50	0,3	0,3
-3,00	0,4	0,4
-2,50	0,6	0,6
-2,00	0,7	0,7
-1,50	0,9	0,9
-1,00	1	1
-0,50	1,2	1,2
0,00	1,5	1,5
0,50	1,2	1,5
1,00	0,7	1,5
1,50	0,4	1
2,00	0,2	0,9
2,50		0,8
3,00		0,7
3,50		0,6
4,00		0,4
4,50		0,4



**Obrázek 52 Defokusační křivky pacienta č. 12**



**Obrázek 51 Znázornění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 12**



**Obrázek 53 Výsledek iTrace u pacienta č. 12**

**Tabulka 27 Přehled informací o pacientovi č. 13**

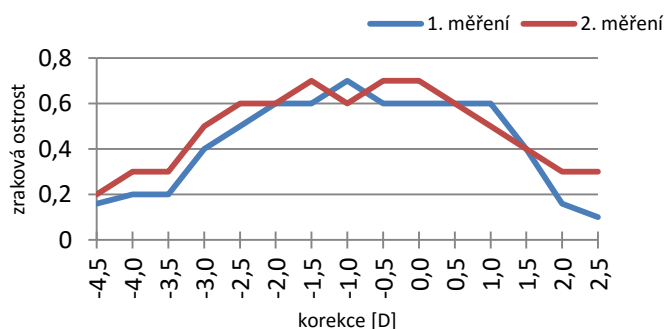
Pacient č. 13	
charakteristika:	LK + monofokální IOL
věk:	72 let
měřené oko:	levé
šířka zornice [1]:	3,5 mm
šířka zornice [2]:	2 mm

Pacient je po laserové korekci hypermetropie a implantaci monofokální nitrooční čočky.

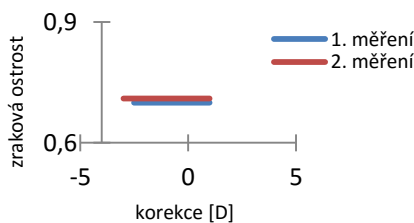
Aplikaci pilokarpinu snášel bez problémů, nevnímal změnu ostrosti.

**Tabulka 26 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 13**

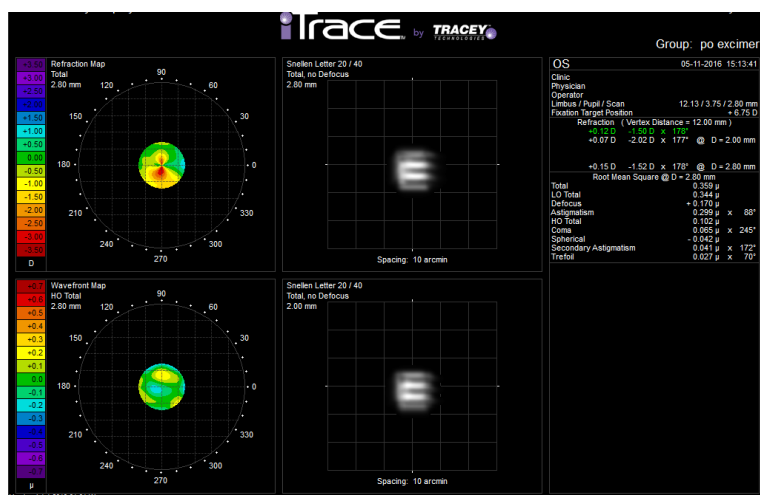
Korekce [D]	Zraková ostrost	
	1. měření	2. měření
-4,50	0,16	0,2
-4,00	0,2	0,3
-3,50	0,2	0,3
-3,00	0,4	0,5
-2,50	0,5	0,6
-2,00	0,6	0,6
-1,50	0,6	0,7
-1,00	0,7	0,6
-0,50	0,6	0,7
0,00	0,6	0,7
0,50	0,6	0,6
1,00	0,6	0,5
1,50	0,4	0,4
2,00	0,16	0,3
2,50	0,1	0,3



**Obrázek 55 Defokusační křivky pacienta č. 13**

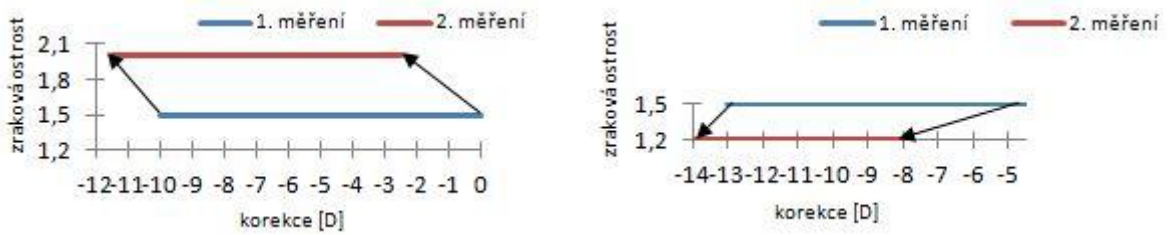


**Obrázek 54 Znázornění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 13**

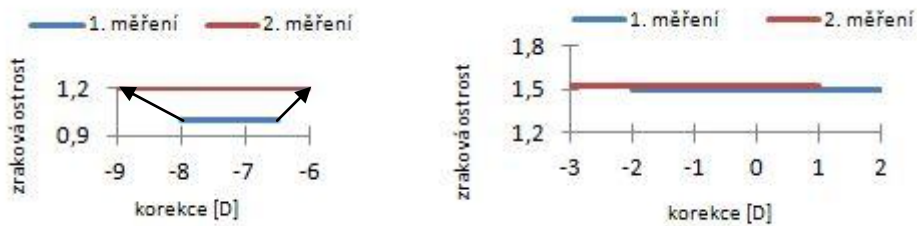


**Obrázek 56 Výsledek iTrace u pacienta č. 13**

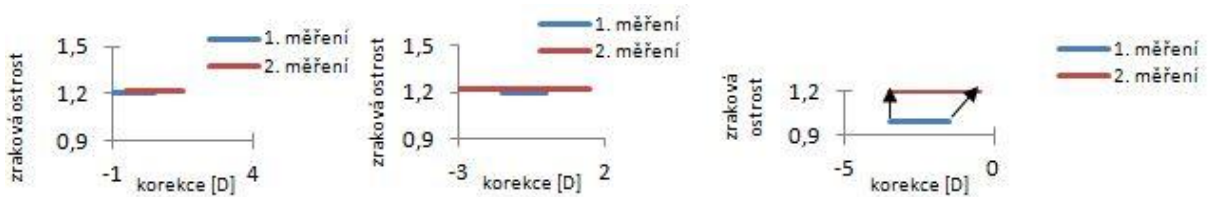




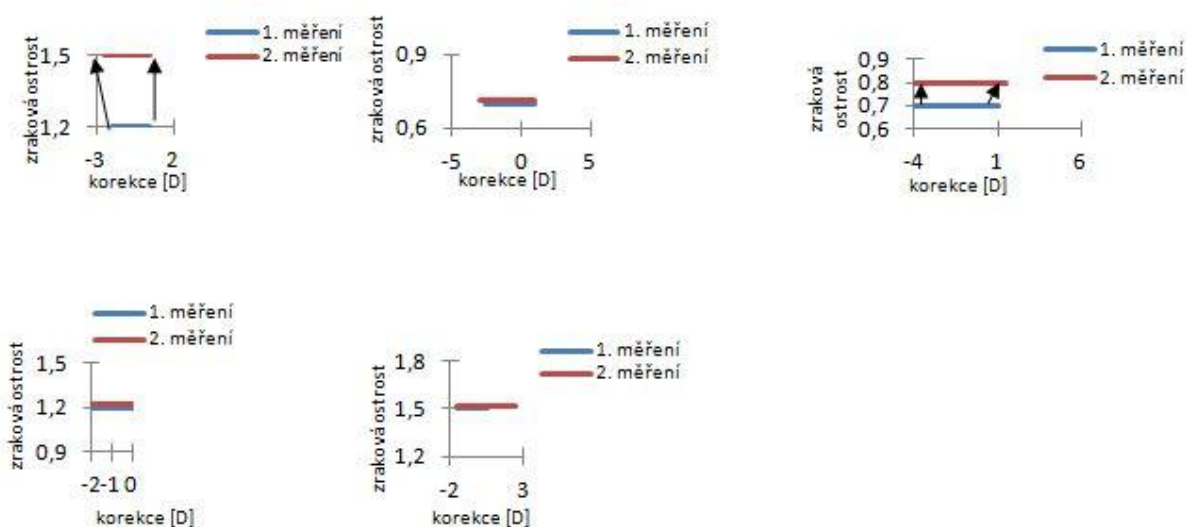
**Obrázek 57** Porovnání změny hloubky ostrosti a zrakové ostrosti v rámci mladých akomodujících pacientů (napravo pacient č. 11, nalevo pacient č. 2)



**Obrázek 58** Porovnání změny hloubky ostrosti a zrakové ostrosti mezi starším presbyopem (nalevo) a mladším presbyopem (napravo)



**Obrázek 59** Porovnání posunu hloubky ostrosti a zrakové ostrosti v rámci pacientů, kteří mají implantovanou monofokální IOL



**Obrázek 60** Porovnání posunu hloubky ostrosti a zrakové ostrosti v rámci pacientů, kteří prodělali laserovou korekce a mají implantovanou monofokální IOL



## 8. Diskuze

Tato práce vznikla na základě nedávných studií, které se zabývaly možnostmi snížení vlivu presbyopie pomocí miotik. Vzhledem k nedostatečnému počtu presbyopických pacientů, jsme se rozhodli výzkum uskutečnit v souboru nejen presbyopických pacientů.

Naše studie zahrnovala vyšetření celkem 13 ti pacientů. Posuzovali jsme vliv zúžené zornice na hloubku ostrosti, ale také na zrakovou ostrost. U mladých akomodujících pacientů došlo ke zmenšení hloubky ostrosti a jejímu posunu směrem k minusovým dioptriím. Posun hloubky ostrosti vznikl navozením spasmu akomodace. Pacient č. 2 dosahoval s užší zornicí vyšší zrakové ostrosti. To si můžeme vysvětlit tím, že zúžení zornice omezilo vliv aberací oka. Oproti tomu pacient č. 11 i přes předpokládané zlepšení zrakové ostrosti (mimo jiné dle simulace Snellenova písmene) dosahoval při zúžené zornici nižší zrakové ostrosti. V jeho případě můžeme předpokládat, že při zúžení zornice mohl být zvýšen vliv difrakce, také mohlo dojít ke snížení kontrastní citlivosti.

Mladší presbyopický pacient nevykazoval změnu ve zrakové ostrosti, v rámci hloubky ostrosti u něj došlo k posunu do minusových dioptrií. Druhý pacient (č. 10) vykazoval nejen větší hloubku ostrosti, ale také vyšší zrakovou ostrost. Jak již bylo řečeno, vyšší zraková ostrost může být dosažena snížením vlivu aberací. U tohoto pacienta došlo k zúžení zornice až o 4 mm, proto předpokládáme, že tím bylo odstraněno více aberací. Dle vyšetření přístrojem iTrace měl pacient vyšší hodnoty aberací vyšších řádů. V rámci presbyopických pacientů jsme chtěli posoudit, zda by miotiky zúžená zornice mohla zaručit snížení efektu presbyopie, aniž by se zhoršilo vidění do dálky. Vzhledem k počtu pouhých 2 změřených pacientů nemůžeme tento jev objektivně posoudit. Posun hloubky ostrosti do minusových dioptrií nám ale značí, že u obou pacientů by se dalo předpokládat zlepšení ostrosti do blízka.

Dále jsme měřili pacienta po implantaci multifokální nitrooční čočky. I tento pacient dosahoval vyšší zrakové ostrosti i hloubky ostrosti. Vnímá především zlepšení zrakové ostrosti do dálky. K posunu hloubky ostrosti u něj nedošlo. Předpokládáme, že vyšší zrakové ostrosti bylo dosaženo odstraněním aberací.

Pacienti s monofokální nitroočními čočkami obecně dosahovali po aplikaci kapek větších hloubek ostrosti a vyšších nebo alespoň stejných zrakových ostrostí. U těch pacientů, kteří kromě implantace nitrooční čočky podstoupili další oční operaci, jsme předpokládali

zvýšení zrakové ostrosti a zmenšení hloubky ostrosti (vlivem odstranění aberací). To se nám nepotvrdilo. U žádného pacienta této skupiny nedošlo ke zmenšení hloubky ostrosti.

V rámci měřených pacientů jsme zaznamenali dva, kteří byli po aplikaci kapek obsahujících pilokarpin nespokojeni. Většina pacientů kapky nepovažovala za nepříjemné, ale nevnímali významný rozdíl v ostrosti. Negativní reakce pacientů mohla být způsobena vysokou koncentrací pilokarpinu v použitých kapkách.

## Závěr

Cílem práce bylo posoudit vliv šířky zornice na hloubku ostrosti. V teoretické části jsou popsány důležité pojmy vázající se k této problematice, tedy zraková ostrost, defokusační křivka a hloubka ostrosti.

V praktické části byla stanovena hloubka ostrosti při původní šířce zornice a po jejím zúžení za pomoci miotik. Součástí výzkumu bylo vyšetření přístrojem iTrace a změření defokusační křivky před a po aplikaci miotika (4% roztok pilokarpinu).

Pro vyhodnocení měření bylo 13 měřených pacientů rozděleno do několika skupin. Akomoduující pacienti vykazovali po zúžení zornice zmenšení hloubky ostrosti a její posun v souvislosti s navozeným spasmem akomodace. Pacienti, kteří byli po implantaci nitrooční čočky a zároveň podstoupili další oční operaci, vykazovali ve čtyřech případech z pěti zvětšení původní hloubky ostrosti. V rámci skupiny pacientů, kteří měli implantované monofokální nitrooční čočky, došlo u všech ke zvětšení hloubky ostrosti. U jednoho pacienta došlo také k významnému posunu hloubky ostrosti. Jediný pacient s multifokální nitrooční čočkou vykazoval obousměrné zvětšení hloubky ostrosti.

Většina změřených pacientů dosahovala při miotiky zúžené zornici větší hloubky ostrosti. Pro statistické vyhodnocení je však soubor 13 ti pacientů nedostačující.

## Seznam použité literatury

- [1] KHURANA, AK. *Theory and Practice of Optics and Refraction*. 2. vyd. Chennai: Elsevier, 2008. ISBN 978-81-312-1132-8.
- [2] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1997, 341 s. ISBN 80-7169-079-1.
- [3] BENJAMIN, William J a Irvin M BORISH. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, 2006, xviii, 1694 p. ISBN 0750675241
- [4] MEISTER, D., SHEEDY, J. E. *Introduction to ophthalmic optics* [online]. 6. vydání. San Diego: CarlZeissVision, 2008, 2010-03-06 [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: [http://www.opticampus.com/files/introduction\\_to\\_ophthalmic\\_optics.pdf](http://www.opticampus.com/files/introduction_to_ophthalmic_optics.pdf)
- [5] NOVÁK, Jiří. *Nauka o refrakci*. [přednáška]. Kladno:ČVUT, FBMI, 24.listopadu, 1.prosince 2014.
- [6] RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, 189 s. ISBN 80-7013-301-5.
- [7] NOVÁK, Jiří (ed.) a Pavel NOVÁK (ed.). *Moderní metody a přístroje v oční optice 2009: sborník přednášek: 17. září, Praha 2009*. V Praze: České vysoké učení technické 2009, 106 s. ISBN 978-80-01-04396-7.
- [8] TUNNAcliffe, Alan H. *Introduction to visual optics*. 4th ed. Godmersham Park: Association of British Dispensing Opticians, 1993, vii, 603 s. ISBN 978-0-90009-928-1.
- [9] ANTON, Milan. *Nové poznatky o zrakové ostrosti*. *Česká oční optika*. Praha, 2006, **47**(4): 16-17. ISSN 1211-233X.
- [10] RABBETTS, Ronald B. *Bennett & Rabbetts' clinical visual optics*. 4.vyd. New York: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2007, 470 s. ISBN 9780750688741.
- [11] VESELÝ, Petr. *Testování zrakové ostrosti prahovou interpolační metodou log MAR ETDRS*. *Česká oční optika*. Praha, 2008, **49**(2): 12-14. ISSN 1211-233X.

- [12] LOVIE-KITCHIN, J. E. Validity and reliability of visual acuity measurements. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 1988, **8**(4): 363-370 [cit. 2016-01-05]. DOI: 10.1111/j.1475-1313.1988.tb01170.x. ISSN 0275-5408. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-1313.1988.tb01170.x>
- [13] Pflügerovy háky, In: *Pedagogika spolužákům a sobě* [online] [cit. 2016-01-06] Copyright © takoka 2016. Dostupné z: <http://pedagogika.skolni.eu/specialni-pedagogika/oftalmopedie/>
- [14] SMITH, George. Refraction and visual acuity measurements: what are their measurement uncertainties? *Clinical and Experimental Optometry* [online]. 2006, **89**(2): 66-72 [cit. 2016-01-05]. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2006.00022.x. ISSN 08164622. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1444-0938.2006.00022.x>
- [15] Furdová Alena, prof. MUDr. Oláh Zoltán, DrSc.: Centrálna ostrosť zraku a spôsoby jej vyšetrenia. *Multimediálna podpora výučby klinických a zdravotníckych odborov :: Portál Lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave* [online] 15.10.2012, posledná aktualizácia 31.3.2014 [cit. 2015-12-03] Dostupný z WWW: <<https://portal.fmed.uniba.sk/clanky.php?aid=213>>. ISSN 1337-9577.
- [16] Oláh Zoltán, doc.MUDr. Alena Furdová, PhD., MPH, doc.MUDr.Vladimír Krásnik, PhD.: PREHLAD FYZIOLOGICKÝCH FUNKCIÍ ORGÁNU ZRAKU. *Multimediálna podpora výučby klinických a zdravotníckych odborov :: Portál Lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave* [online] 20.5.2014, posledná aktualizácia 21.5.2014 [cit. 2015-12-03] Dostupný z WWW: <<https://portal.fmed.uniba.sk/clanky.php?aid=257>>. ISSN 1337-9577.
- [17] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Vydání první. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015, 250 stran. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [18] Jaeger Test Card, In:*Bernell*[online] © 2016 Bernell Corporation [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: <http://www.bernell.com/product/BC815/682>

- [19] LI, Kun, Guangyuan LI, Feng XIAO, Fan LU, Zhonghua WANG a Anshi XU. Unidirectionally optical coupling from free space into silicon waveguide with wide flat-top angular efficiency. *Optics Express* [online]. 2012, **20**(17), 18545- [cit. 2016-01-06]. DOI: 10.1364/OE.20.018545. ISSN 1094-4087. Dostupné z: <https://www.osapublishing.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-20-17-18545>
- [20] Becker R, Hübsch S, Gräf MH, Kaufmann H. Examination of young children with Lea symbols. *The British Journal of Ophthalmology*. 2002;86(5):513-516
- [21] CIONNI, Robert J., Guy M. KEZIRIAN a Scott M. MacRae MACRAE. Get to Know the Defocus Curve. *Cataract & Refractive Surgery TODAY* [online]. **10**(11), 39-42 [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: <http://crstoday.com/2010/11/feature-story-get-to-know-the-defocus-curve>
- [22] COLENBRANDER, August. The Historical Evolution of Visual Acuity Measurement. *Visual Impairment Research* [online]. 2008, **10**(2-3), 57-66 [cit. 2016-01-06]. DOI: 10.1080/13882350802632401. ISSN 1388-235x. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13882350802632401>
- [23] Dissecting the mean defocus curve. *Massachusetts Eye and Ear Waltham* [online]. [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: [http://www.lasikofboston.com/pdfs/Dissecting\\_the\\_mean\\_defocus\\_curve.pdf](http://www.lasikofboston.com/pdfs/Dissecting_the_mean_defocus_curve.pdf)
- [24] WOLFFSOHN, James S., Amit N. JINABHAI, Alec KINGSNORTH, Amy L. SHEPPARD, Shehzad A. NAROO, Sunil SHAH, Phillip BUCKHURST, Lee A. HALL a Graeme YOUNG. Exploring the optimum step size for defocus curves. *Journal of Cataract*. 2013, **39**(6): 873-880. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.01.031. ISSN 08863350. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335013001065>
- [25] MANDÁKOVÁ, Vojtěška. Objektivní metody vyšetření zrakové ostrosti [online]. Brno: Masarykova univerzita 2015 [cit. 2016-01-06]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/387806/lf\\_m/](http://is.muni.cz/th/387806/lf_m/).

- [26] GARCÍA-LÁZARO, Santiago, César ALBARRÁN-DIEGO, Teresa FERRER-BLASCO, Hema RADHAKRISHNAN a Robert MONTÉS-MICÓ. Visual performance comparison between contact lens-based pinhole and simultaneous vision contact lenses. *Clinical and Experimental Optometry* [online], 2013, **96**(1), 46-52 [cit. 2016-01-06]. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2012.00791.x. ISSN 08164622. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1444-0938.2012.00791.x>
- [27] OWEN, Jim. A Patient-Centric View of Premium IOLs. *Review of Optometry* [online]. [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: [http://www.reviewofoptometry.com/continuing\\_education/tabviewtest/lessonid/106387/](http://www.reviewofoptometry.com/continuing_education/tabviewtest/lessonid/106387/)
- [28] PIEH, Stefan, Christian KELLNER, Georg HANSELMAYER, Birgit LACKNER, Gerald SCHMIDINGER, Tony WALKOW, Markus STICKER, Herbert WEGHAUPT, Adolf Friedrich FERCHER, et al. Comparison of visual acuities at different distances and defocus curves. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [online]. 2002, **28**(11), 1964-1967 [cit. 2016-01-07]. DOI: 10.1016/S0886-3350(02)01317-2. ISSN 08863350. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335002013172>
- [29] ABDELKADER, Almamoun. Improved Presbyopic Vision With Miotics. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice* [online]. 2015, **41**(5), 323-327 [cit. 2016-05-07]. DOI: 10.1097/ICL.000000000000137. ISSN 1542-2321. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00140068-201509000-00015>
- [30] Spirit Medical. *SPIRIT MEDICAL spol. s r.o.* [online]. Brno, 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.spiritmedical.cz/cs/ocni-chirurgie/refrakcni-chirurgie/specializovane-diagnosticke-pristroje/analyzator-zrakovych-funkci-itrace.html>
- [31] GEORGE SMITH; DAVID ATCHISON. *Optics of the human eye*. Oxford [u.a.]: Butterworth-Heinemann, 2000. ISBN 0750637757

- [32] KEIRL, Andrew. a Caroline. CHRISTIE. *Clinical optics and refraction: a guide for optometrists, contact lens opticians, and dispensing opticians*. New York: Baillière Tindall Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 0750688890
- [33] MARCOS, Susana, Esther MORENO a Rafael NAVARRO. The depth-of-field of the human eye from objective and subjective measurements. *Vision Research* [online]. 1999, **39**(12), 2039-2049 [cit. 2016-05-12]. DOI: 10.1016/S0042-6989(98)00317-4. ISSN 00426989. Dostupné z:  
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0042698998003174>
- [34] Depth of field. In: *Cyberphysics.co.uk* [online] Cyberphysics © 2009 Webscaping.co.uk [cit. 2016-05-13]. Dostupné z:  
[http://www.cyberphysics.co.uk/topics/medical/Eye/Depth\\_of\\_field\\_and\\_focus.htm](http://www.cyberphysics.co.uk/topics/medical/Eye/Depth_of_field_and_focus.htm)
- [35] KASCHKE, Michael, Karl-Heinz DONNERHACKE, Michael Stefan RILL a Simone BENJAMIN. *Optical devices in ophthalmology and optometry: technology, design principles and clinical applications*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2014. ISBN 9783527648962



## Seznam obrázků

Obrázek 1 Minimum separabile. [16] .....	9
Obrázek 2 Rayleightovo kritérium [19] .....	10
Obrázek 3 Bailey-Lovie optotyp – logaritmický [10].....	15
Obrázek 4 Snellenův optotyp [10].....	16
Obrázek 5 Patkové a bezpatkové písmo [10] .....	17
Obrázek 6 Landoltovy kruhy [11] .....	18
Obrázek 7 Optotyp se Snellenovými háky [12] .....	18
Obrázek 8 Optotyp s Pflügerovými háky [13] .....	18
Obrázek 9 Lea symboly [20] .....	19
Obrázek 10 Jäegerova tabulka [18].....	21
Obrázek 11 Průběh defokusační křivky [24].....	22
Obrázek 12 Znárodnění získaných defokusačních křivek pro 3 různé nitrooční čočky. [23]..	24
Obrázek 13 Porovnání dvou nitroočních čoček. [27].....	25
Obrázek 14 Defokusační křivky pro oba typy čoček [26] .....	26
Obrázek 15 Porovnání defokusační křivky a zrakové ostrosti pro různé vzdálenosti [28].....	27
Obrázek 16 Hloubka ostrosti [34] .....	28
Obrázek 17 Ilustrativní měření přístrojem iTrace .....	31
Obrázek 18 Defokusační křivky pacienta č. 1.....	33
Obrázek 19 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 1 .....	33
Obrázek 20 Výsledek iTrace u pacienta č. 1 .....	33
Obrázek 21 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 2 .....	34
Obrázek 22 Defokusační křivky pacienta č. 2.....	34
Obrázek 23 Výsledek iTrace u pacienta č. 2.....	34
Obrázek 24 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 3 .....	35
Obrázek 25 Defokusační křivky pacienta č. 3.....	35
Obrázek 26 Výsledek iTrace u pacienta č. 3 .....	35
Obrázek 27 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 4 .....	36
Obrázek 28 Defokusační křivky pacienta č. 4.....	36
Obrázek 29 Výsledek iTrace u pacienta č. 4.....	36
Obrázek 30 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 5 .....	37
Obrázek 31 Defokusační křivky pacienta č. 5.....	37
Obrázek 32 Výsledek iTrace u pacienta č. 5 .....	37
Obrázek 33 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 6 .....	38
Obrázek 34 Defokusační křivky pacienta č. 6.....	38
Obrázek 35 Výsledek iTrace u pacienta č. 6.....	38
Obrázek 36 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 7 .....	39
Obrázek 37 Defokusační křivky pacienta č. 7.....	39
Obrázek 38 Výsledek iTrace pro pacienta č. 7.....	39
Obrázek 39 Znárodnění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 8 .....	40
Obrázek 40 Defokusační křivky pacienta č. 8.....	40
Obrázek 41 Výsledek iTrace u pacienta č. 8 .....	40

Obrázek 42 Znáznornění porovnání zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 9.....	41
Obrázek 43 Defokusační křivky pacienta č. 9.....	41
Obrázek 44 Výsledek iTrace u pacienta č. 9.....	41
Obrázek 45 Znáznornění posunu hloubky ostrosti a zrakové ostrosti u pacienta č. 10.....	42
Obrázek 46 Defokusační křivky pacienta č. 10.....	42
Obrázek 47 Výsledek iTrace u pacienta č. 10.....	42
Obrázek 48 Znáznornění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 11.....	43
Obrázek 49 Defokusační křivky pacienta č. 11.....	43
Obrázek 50 Výsledek iTrace u pacienta č. 11.....	43
Obrázek 51 Znáznornění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 12.....	44
Obrázek 52 Defokusační křivky pacienta č. 12.....	44
Obrázek 53 Výsledek iTrace u pacienta č. 12.....	44
Obrázek 54 Znáznornění posunu zrakové ostrosti a hloubky ostrosti u pacienta č. 13.....	45
Obrázek 55 Defokusační křivky pacienta č. 13.....	45
Obrázek 56 Výsledek iTrace u pacienta č. 13.....	45
Obrázek 57 Porovnání změny hloubky ostrosti a zrakové ostrosti v rámci mladých akomodujících pacientů (napravo pacient č. 11, nalevo pacient č. 2).....	46
Obrázek 58 Porovnání změny hloubky ostrosti a zrakové ostrosti mezi starším presbyopem (nalevo) a mladším presbyopem (napravo).....	46
Obrázek 59 Porovnání posunu hloubky ostrosti a zrakové ostrosti v rámci pacientů, kteří mají implantovanou monofokální IOL.....	46
Obrázek 60 Porovnání posunu hloubky ostrosti a zrakové ostrosti v rámci pacientů, kteří prodělali laserovou korekce a mají implantovanou monofokální IOL.....	46

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Porovnání jednotlivých zápisů zrakové ostrosti.....	12
Tabulka 2 Přehled informací o pacientovi č. 1.....	33
Tabulka 3 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 1 .....	33
Tabulka 4 Přehled informací o pacientovi č. 2.....	34
Tabulka 5 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 2 .....	34
Tabulka 6 Přehled informací o pacientovi č. 3.....	35
Tabulka 7 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 3 .....	35
Tabulka 8 Přehled informací o pacientovi č. 4.....	36
Tabulka 9 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 4 .....	36
Tabulka 10 Přehled informací o pacientovi č. 5.....	37
Tabulka 11 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 5 .....	37
Tabulka 12 Přehled informací o pacientovi č. 6.....	38
Tabulka 13 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 6 .....	38
Tabulka 14 Přehled informací o pacientovi č. 7.....	39
Tabulka 15 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 7 .....	39
Tabulka 16 Přehled informací o pacientovi č. 8.....	40
Tabulka 17: Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 8 .....	40
Tabulka 18 Přehled informací o pacientovi č. 9.....	41
Tabulka 19 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 9 .....	41
Tabulka 20 Přehled informací o pacientovi č. 10.....	42
Tabulka 21 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 10 .....	42
Tabulka 22 Přehled informací o pacientovi č. 11.....	43
Tabulka 23 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 11 .....	43
Tabulka 24 Přehled informací o pacientovi č. 12.....	44
Tabulka 25 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 12 .....	44
Tabulka 26 Hodnoty zrakové ostrosti při defokusaci u pacienta č. 13 .....	45
Tabulka 27 Přehled informací o pacientovi č. 13.....	45